منشورات مجمع اللغة العربية الاردني

البيولوجيا

تأليف

ريتشارد أ. جولدز بي

الجزء الثاني

ترجم هذا الكتاب وطبع بنفقة مجمع اللغة العربيه الاردني
في نطاق مشروعه لتعريب التعليم العلمي الجامعي

ترجمة الاساتذة التالية اسماؤهم

الدكتور عدنان علاوي	الجامعة الاردنية
الدكتور حميد الحاج	الجامعة الاردنية
الدكتور احمد الديسي	الجامعة الاردنية
الدكتور ناجي ابو رميلة	جامعة اليرموك
الدكتور سامي عبدالحافظ	جامعة اليرموك

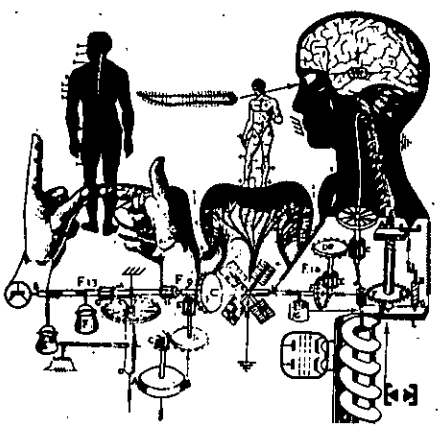
اشرف على الترجمة وراجعها الدكتور عدنان علاوي

(حقوق الطبع والترجمة محفوظة لمجمع اللغةالعربية الاردني)

١٩٨٠

محتويات الكتاب

الفصل الثامن عشر ـ علم بيولوجيا الاعصاب ١

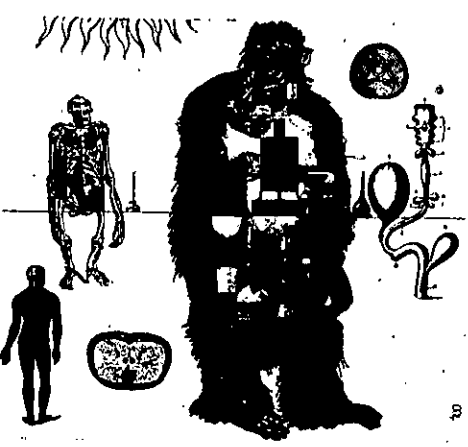


نقل السيال العصبي ٢، العصبون ٣، الطبيعة الكهروكيماوية للسيال العصبي ٥، التشابك العصبي ١٤، وظيفة التشابك العصبي ١٧، **المستقبلات** ٢١، الشم والذوق ٢٢، الرؤية ٢٥، السمع والتوازن ٣٤، الحرب بين الخفاش والعث ٤٠، اللمس، والضغط، والحرارة، والالم ٤١، تحسس البيئة الداخلية ٤٢، **الجهاز العصبي** ٤٤، تطور الجهاز العصبي ٤٥، الجهاز العصبي للفقريات ٤٩، الدماغ ٥٤، **اعضاء الاستجابة** ٥٩، العضلات الهيكلية ٦١، العضلات القلبية ٦٤، العضلات الملساء ٦٥.

ملخص الفصل الثامن عشر ٦٨

نظرة فاحصة: التغذية الراجعة الحيوية ٧١

الفصل التاسع عشر ـ التنظيم والتآزر الكيماوي ٧٥

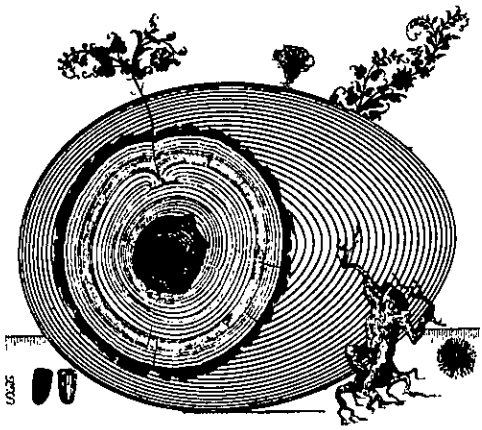


الهرمونات ٧٦، **هرمونات اللافقاريات** ٧٩، هرمونات **الفقاريات** ٨١ **البنكرياس**، ٨٣، الغدة الدرقية ٨٥، الغدد **للجاردرقية** ٨٩، الغدة الكظرية ٩٠، الغدة النخامية ٩٣، الغدة الزعترية ٩٩، الغدة الصنوبرية ٩٩، هرمونات اخرى ٩٩، التنظيم الهرموني للتكاثر ١٠١، **ميكانيكية العمل الهرموني** ١٠٥، الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي ١٠٧،

ملخص الفصل التاسع عشر.....١٠٩

نظرة فاحصة : الكرب ١١٣

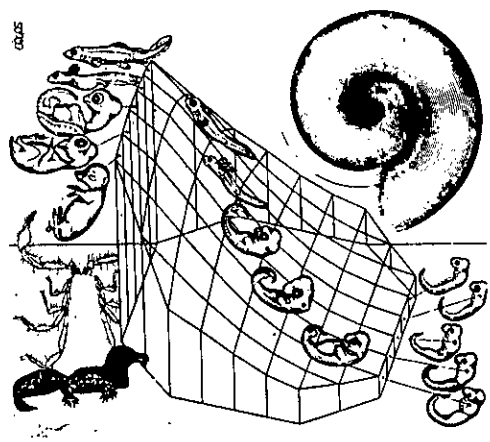
الفصل العشرون ـ تطور النبات ١١٧



دورة حياة النبات ١١٨، الانبات والنمو الاولي ١٢٠، كيف تتكون الاجزاء الخضرية من النبات ١٢٢، **النمو التكاثري** ١٢٤، الازهار ١٢٤، نمو الثمار ونضجها ١٢٥، **الركود والشيخوخة** ١٢٦، سكون البذور ١٢٨، تساقط الاوراق ١٢٩، سر موت النبات ١٣٠، الاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية ١٣١، الفترة الضوئية ١٣٤، التزامنات اليومية المنتظمة ١٣٦، الايناع ١٣٧، **ادراك الضوء (الفايتوكروم)** ١٣٨، **الهرمونات وكيفية عملها** ١٤١، الاكسين ١٤٢، الجبريلينات ١٤٧، السايتوكينات ١٥١، الفلورجين ١٥٤، الاثيلين ١٥٥، الحامض الابسيسي ١٥٧.
ملخص الفصل العشرين ١٥٨

نظـرة فاحصـة : **دراسـة النباتـات الخضراء في المختبر** ١٦١

الفصل الحادي والعشرون ـ نمو الحيوان



تكوين الامشاج ١٧٥، **الاخصاب** ١٧٨، التفاعـل القشري ١٧٩، تنشيط انزيمات البويضـة ١٨١، **عدم التماثل وتنظيم الحيز** ١٨٢، المحور الامامي ـ الخلفي ١٨٣، المحور الظهري ـ البطني ١٨٤، الاتصال الخلوي ١٨٥، آليات الترابط ١٨٦، حدود النمو ١٨٨، **التحفيز والتخلق النسيجي** ١٨٩، **تنظيم الانسجـة** ١٩٤، مبادئ التصميم ١٩٥، **مراحل النمو المتأخرة** ١٩٨، الانسلاخ ونمو اليرقة ١٩٩، ترميـم الجـروح ٢٠٣، الشيخوخة ٢٠٩.
ملخص الفصل الحادي والعشرين ٢١٥

نظرة فاحصة : اطفال انابيب الاختبار ٢١٧

الفصل الثاني والعشرون – نمو الانسان وتطوره ٢٢٩

الحمل ٢٣١، الاخصاب ٢٣٣، الجنين ٢٣٥، التفلج ٢٣٥، جنين الشهر الثالث حتى الوضع ٢٤٠، انجاب الاولاد ٢٤٩، الطلق ٢٥٠، الولادة ٢٥١، فترة ما بعد الولادة ٢٥٢، الارضاع ٢٥٣، تحديد النسل ٢٥٥، الطرق الطبيعية لمنع الحمل ٢٥٦، الطرق الآلية لمنع الحمل ٢٥٧، الطرق الكيميائية لمنع الحمل ٢٥٩، طرق جذرية ٢٦١.

ملخص الفصل الثاني والعشرين ٢٦٣

نظرة فاحصة : الفحص الطبي للجنين قبل الولادة ٢٦٧

التكاثر (لوحات ملونة) ٢٧١

الفصل الثالث والعشرون – وراثة الجماعات ٢٨٣

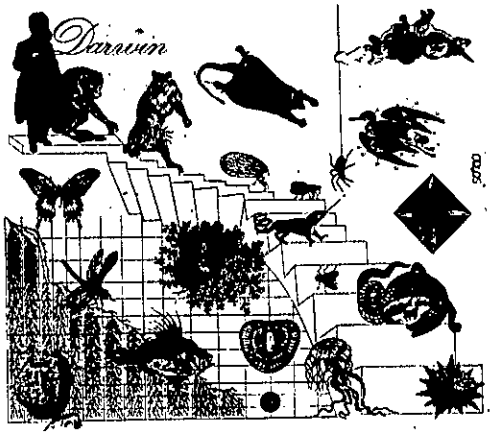
نظرية الاختيار الطبيعي ٢٨٦، اكتشاف مندل ٢٨٩، الجماعات: اساس التطور ٢٩٠، التنوع: الطراز الجيني والطراز الشكلي ٢٩١، مبدأ هاردي وايتبيرج ٢٩٤، معادلة هاردي – وايتبيرج ٢٩٨، منشأ التنوع ٢٩٩، اعادة الاتحاد والطفرات ٢٩٩، الهجرة ٣٠١، التنوع المقيد ٣٠٣، الضغط الاختياري ٣٠٤، الانجراف الجيني ٣٠٩، حفظ التنوع ٣١٢، تعاظم قدرة الزيجوت ذي الاليلات المختلفة ٣١٤، ظاهرة التشكل المتعدد المتوازن ٣١٦، طريقة التكاثر ٣١٩،

ملخص الفصل الثالث والعشرين ٣٢١

٣٢٥

نظرة فاحصة : انيميا الخلايا المنجلية والتطور





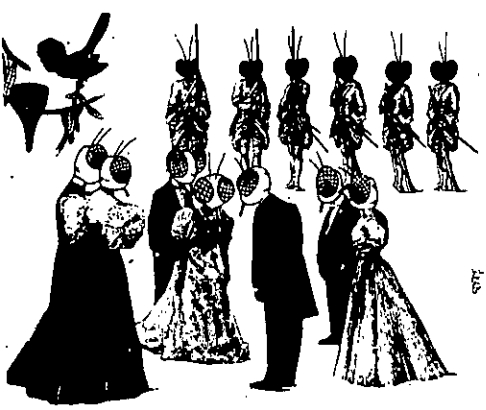
الفصل الرابع والعشرون ـ الانواع والتنوع ٣٣١



النوع البيولوجي ٣٣٢، الانواع المآخية ٣٣٥، التنوع ٣٣٦، التنوع بالعزل (وجود حواجز طبيعية، او بيئية، او سلوكية) ٣٧٧، عصافير دارون: (او العصافير الدورية) ٣٣٨، التنوع الطبيعي ٣٤٢، التسلسل ضمن النوع وتحت النوع (النويع) ٣٤٥، **ميكانيكية الانعزال** ٣٤٩، التهجين ٣٥٦، **سرعة التطور** ٣٥٨،
ملخص الفصل الرابع والعشرين ٣٦٤

نظرة فاحصة : بيولوجيا العرق ٣٦٧
التاقلم لوحات ملونة ٣٧١

الفصل الخامس والعشرون ـ السلوك والتطور ٣٨١

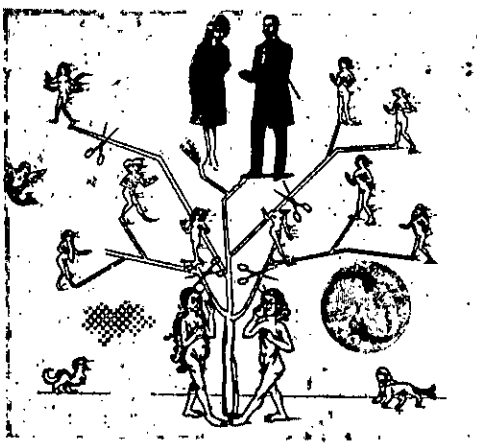


مستويات التنظيم ٣٨٢، **اشارات التنبيه** ٣٨٤، الاستجابة غير المناسبة لاشارات التنبيه ٣٨٧، **سلوك التوجيه** ٣٨٨، الاتجاه نحو المنبه ٣٨٩، الانجذاب ٣٩٠، السونار او اكتشاف الاجسام عن طريق الاصوات ٣٩١، ادراك العمق ٣٩٢، الهجرة والعودة ٣٩٣، الساعة البيولوجية ٣٩٥، المجال المغناطيسي ٣٩٦، **سلوك التعلم** ٣٩٧، التعلم بالربط ٣٩٨، التعلم بالتمييز ٣٩٨، التعلم بالتجربة والخطأ ٣٩٨، سلوك حل المشاكل ٤٠٠، الانطباع ٤٠٢، **السلوك الاجتماعي** ٤٠٣، وسائل الاتصال ٤٠٣، وسائل الاتصال الكيميائية ٤٠٥، رقص نحل العسل ٤٠٧، السلوك الدفاعي ٤٠٩، سلوك التناسل ٤١٣، المجتمعات الحيوانية ٤١٧، **تطور السلوك** ٤٢٢.
ملخص الفصل الخامس والعشرين ٤٢٥
نظرة فاحصة : استعمال الفضاء في الاتصالات ٤٢٩
ملخص الفصل الخامس والعشرين ٤٢٥

نظرة فاحصة : استعمال الفضاء في الاتصالات ٤٢٩

الفصل السادس والعشرون ـ تطور الانسان ٤٣٥

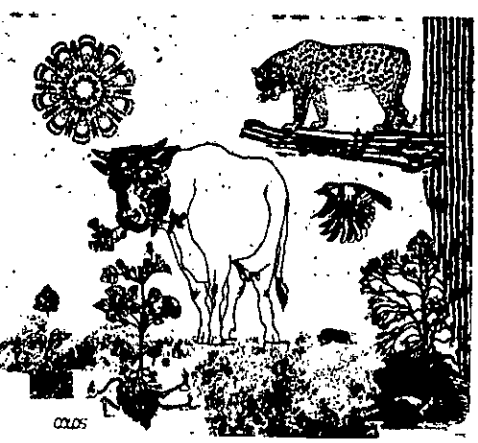
الرئيسيات الاولية ٤٣٦، رئيسيات الأوليجوسين ٤٤٠، القردة العليا التي عاشت في عصر الميوسين ٤٤١، درايوبيثيكس ٤٤٢، راما بيثيكس ٤٤٣، التطور كتجربة ٤٤٦، الانسانيات الاولى ٤٤٦، استرالوبيثيكس ٤٤٧، تصنيف استرالوبيثيكس ٤٤٩، الجنس البشري ٤٥١، الانسان المنتصب (انسان جاوا) ٤٥٧، انسان نيندرتالينسز ٤٦٠، اشكال الفترة الاخيرة من العصر الحجري القديم ٤٦٤، استمرار تطور الانسان ٤٦٧.
ملخص الفصل السادس والعشرين ٤٧٢



نظرة فاحصة : اصول الكلام ٤٧٧

الفصل السابع والعشرون ـ انماط في النظام البيئي ٤٨٣

تدفق الغذاء والطاقة ٤٨٨، تدفق الغذاء ٤٨٩، تدفق الطاقة ٤٩٥، الدورات البيوجيوكيميائية ٥٠١، دورة الكربون ٥٠٤، دورة النيتروجين ٥٠٦، دورات أخرى ٥٠٨، التداخلات البيولوجية ٥٠٩، العلاقات بين افراد النوع الواحد مقابل العلاقات بين افراد من عدة انواع ٥١٢، التكافل ٥١٤، الافتراس ٥١٩، المنافسة ٥٢٥، التعاون ٥٢٧.
ملخص الفصل السابع والعشرين ٥٣٣



نظرة فاحصة : تسرب الاوزون ٥٣٧
البيئات الحيوية لوحات ملونة ٥٤٣

الفصل الثامن والعشرون ـ علم بيئة الجماعة ٥٥٣

ديناميكية الجماعة ٥٥٤، معدلات الولادة والوفاة

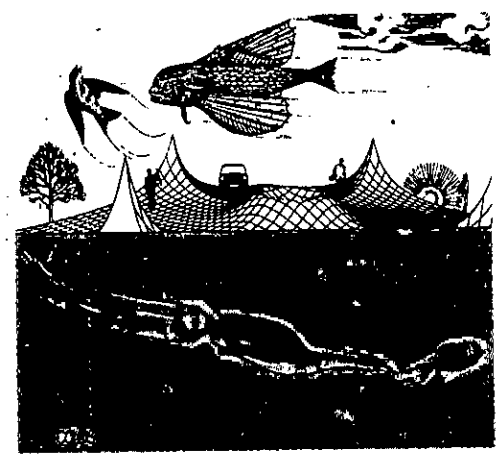


٥٥٥، منحنيات نمو الجماعة ٥٥٩، **كثافة الجماعة** ٥٦١، القدرة الحياتية والمقاومة البيئية ٥٦٢، التأرجحات بأحجام الجماعات ٥٦٤، **ضوابط الجماعة** ٥٦٥، العوامل المعتمدة على الكثافة ٥٦٦، العوامل غير المعتمدة على الكثافة ٥٧٠، **بيئة جماعة الانسان** ٥٧٣، النمو ٥٧٣، الضوابط ٥٧٤، توقعات مستقبلية ٥٧٦.

ملخص الفصل الثامن والعشرين ٥٧٨

نظرة فاحصة : الانقراض الجماعي ٥٨١

الفصل التاسع والعشرون ـ المجتمع الحيوي ٥٩١



المنطقة الحيوية ٥٩٤، المناطق الحيوية البرية ٥٩٤، المناطق الحيوية المائية ٦١٠، التعاقب ٦٢٠.

ملخص الفصل التاسع والعشرين ٦٢٥

نظرة فاحصة : زراعة المحيط ٦٢٩

الفصل الثلاثون ـ المصادر والتلوث ٦٣٣



استنزاف المصادر ٦٣٤، السكان ٦٣٤، الغذاء والمجاعات ٦٣٦، المعادن والوقود الخام ٦٣٧، اليابسة ٦٤٠، الماء ٦٤١، الهواء ٦٤٢، المناخ ٦٤٣، **التلوث : تدمير المصدر** ٦٤٤، مبيدات الحشرات والاعشاب ٦٤٤، فضلات الصناعة والنقل ٦٤٥، النفايات المنزلية ٦٤٧، المخلفات النووية ٦٤٧، **مشاريع حلول** ٦٤٩، اعادة التصنيع ٦٤٩، استصلاح الاراضي ٦٤٩، مصادر الطاقة الجديدة ٦٥٠.

ملخص الفصل الثلاثين ٦٥٢

نظرة فاحصة: مراقبة الارض بواسطة القمر الصناعي ٦٥٧

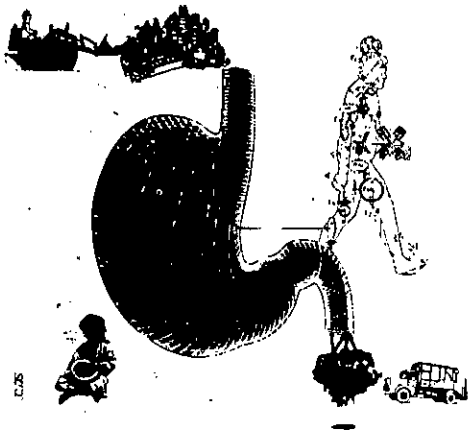
الفصل الحادي والثلاثون ـ الزراعة ٦٦٣



اصل الزراعة ٦٦٤، انتشار الزراعة ٦٦٥، المراحل الاولى في تطوير الزراعة ٦٦٦، **التكنولوجيا والزراعة** ٦٦٨، الري ٦٦٩، استخدام الطاقة ٦٧١، **تبادل الغذاء بين العالمين القديم والجديد** ٦٧٤، المواد الكيماوية الزراعية ٦٧٦، الوراثة ٦٧٧، **الثورة الزراعية الجديدة** ٦٧٧، زيادة انتاج الارض ٦٧٩، التحكم في الآفات الزراعية ٦٨٠، التزاوج المنتقى والوراثة ٦٨٣.
ملخص الفصل الحادي والثلاثين ٦٨٨

نظرة فاحصة : الثورة الخضراء ٦٩١

الفصل الثاني والثلاثون ـ التغذية ٦٩٧



المواد المغذية ٧٠٠، المواد المغذية الاساسية وغير الاساسية ٧٠٠، وظائف المواد المغذية ٧٠١، البروتينات ٧٠١، النشويات ٧٠٣، الدهون ٧٠٤، الفيتامينات ٧٠٥، المعادن ٧٠٩، الماء ٧١٢، **الطاقة** ٧١٣، استهلاك الطاقة ٧١٣، ميزان الطاقة ٧١٥، **مقاييس المواد المغذية والسعرات المتناولة** ٧١٥، النسب الغذائية اليومية الموصى بها ٧١٦، دليل الغذاء ٧١٨، التعرفة الغذائية ٧٢٠، الوضع الغذائي ٧٢١.
ملخص الفصل الثاني والثلاثين ٧٢٤

نظرة فاحصة : مدى فائدة المواد المضافة للطعام ٧٢٩

الفصل الثالث والثلاثون ـ علم العقاقير ٧٣٥

اساسيات فعل العقار ٧٣٧، العلاقة بين حجم الجرعة

واثرها ٧٤٣، العلاقة بين الزمن والاثر ٧٤٦، تفاعلات العقارات بعضها مع بعض ٧٤٨، **الاعتماد على العقاقير** ٧٥٠، حالة الاعتماد الطبيعي ٧٥٢، الاعتماد النفسي ٧٥٧، الادمان ٧٥٨، الوقاية والعلاج من حالة الاعتماد على العقار ٧٥٩.

ملخص الفصل الثالث والثلاثين ٧٦٣

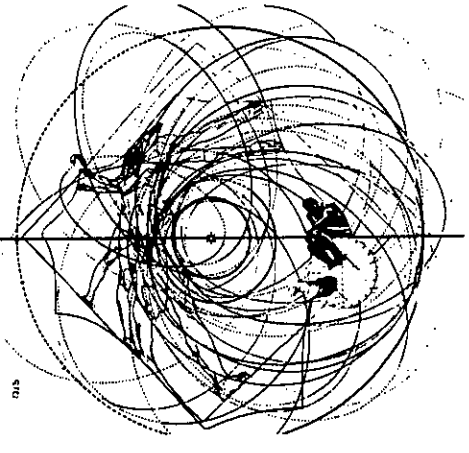


نظرة فاحصة : هل يصنع الجسم بنفسه ما يوقف الالم؟ ٧٦٧

الفصل الرابع والثلاثون ـ البيولوجيا الخارجية ٧٧١

الحياة خارج الأرض على الكواكب ٧٧٥، عطارد ٧٧٦، الزهرة ٧٧٨، القمر ٧٧٩، المريخ ٧٨٠، المشتري ٧٨٣، زحل ٧٨٥، يورانيوس ونبتون وبلوتو ٧٨٦، **الحياة فوق اجسام غير كوكبية** ٧٨٧، النيازك ٧٨٧، المذنبات ٧٨٨، الفضاء بين الكوكبي ٧٨٩، **وعد البيولوجيا الخارجية** ٧٩٠، الحياة الذكية خارج الارض ٧٩٠، الانسان كمخلوق من خارج الأرض ٧٩٢.

ملخص الفصل الرابع والثلاثين ٧٩٤



نظرة فاحصة : هل يجب ان تقوم الحياة على الكربون؟ ٧٩٧

ملحق كيمياء ٨٠١

العناصر ٨٠١، التركيب الذري ٨٠٢، **التكافؤ** ٨٠٣، المدارات الذرية والوضع النسبي للالكترونات ٨٠٤، الروابط الايونية ٨٠٥، الروابط المشاركة ٨٠٦، الروابط الهيدروجينية ٨٠٧، قوى فان دروالز ٨٠٨، الروابط الثنائية للكبريت ٨٠٨، الحرارة والتركيب ٨٠٨، البلورات الايونية ٨٠٩، البلورات المشاركة ٨٠٩، المحاليل والمزائج

٨١٠، المحاليل السائلة ٨١٠، المعلقات ٨١١، الغرويات ٨١١، المذيبات القطبية واللاقطبية ٨١٢، الإحماض ٨١٢، مقياس ال pH ٨١٣، القواعد ٨١٤، الاملاح ٨١٤، التفاعلات الكيميائية ٨١٤، سرعة التفاعل ٨١٦، الاتزان الكيميائي ٨١٧، تفاعلات الاكسدة والاختـزال ٨١٧، الكيمياء العضوية ٨١٨، الهيدروكربونات ٨١٨، التمثيل الجزيئي ٨٢٠.

قاموس المصطلحات الواردة في هذا الكتاب

الفصـــل الثامن عشر

علم بيولوجيا الاعصاب

Neurobiology

لقد رأينا ان كل عمليات الحياة تحتاج الى تبادل مستمـــر بين الكائـــن وبيئته . وهذا التبادل على اية حال غير مقصور على مـــــواد فيزيائية معينة كالاكسـجين والماء والمواد المغذية . فالكائن لا يتسلم مـــــن بيئته مواد الحياة الكيميائية الخام ، والطاقة اللازمة للاستفادة منها فقط وانما يتسلم ايضـــــا اشياء ذات قيمة مماثلة وبطريقة اساسية ، الا وهي المعلومات .

وكما ذ كرنا فان احدى مميزات الاشـــياء الحية هـــــي قدرتها علـــى الاستجابة والتكيف مع الاشياء المحيطة بها . وعبـــارة ــ الاشيـــاء المحيطـــة بها ــ مع ذلك هي عبارة غامضة ، والطبيعة تنفر من الغموض ولكي تستجيب المخلوقات للاشياء المحيطة بها فانها تحتاج الى سيـــــل دائم من المعلومـــات عن ظروف بيئيه معينة . والجهاز العصبي هو الميكانيكية التي طورتها الكائنات لاكتساب ونقل واستعمال المعلومات .

ان المعلومات لا تاتي فقط من خارج الكائن الحـــــى فهناك ايضا البيئـــة الداخلية التي يجب انترصد بحرص مماثل تمشيا مع انجاز الاجهزة الفيزيولوجية للكائن لحظة بلحظة . ولكي يستمر الكائن في العيش فان كلتا البيئتين يجب أن تنظم

بصورة دائمة ، ويشكل الجهاز العصبي الوسيلة التي تمارس بها هذه السيطرة.

وليست المعلومات او السيطرة على بيئة الكائن كافية لتأكيد بقاء الكائن ، فهما بلا قيمة ما لم تقم بينهما عملية تكامل بحيث أن الكائن يستطيع ان يضع الاستجابة الصحيحة للمعلومات التي يتسلمها . والوظيفة الثالثة للجهاز العصبي هي العمل كوسيلة تكامل للمنبه ورد الفعل ، مقيما وموحدا المعلومات بطريقة تعطي الاستجابة الاكثر تكيفا ، منسقة كل عناصر تلك الاستجابة (التي قد تتضمن نشاطات معقدة لاعضاء مختلفة في اجزاء مختلفة من الجسم) .

لانجاز هذه الوظائف طور الجهاز العصبي خلايا وتراكيب لاستقبال ونقل وتبادل المعلومات بالاضافة الى تنبيه نشاط اعضاء مستجيبة مختلفة كالعضلات والغدد . ومن المهم ان ندرك أن كل الخلايا تمتلك هذه القابليات ولو الى حد معين . ان قابلية التأثير هي ميزة أساسية للبروتوبلازم ، وحتى الكائنات وحيدة الخلية التي ينقصها الجهاز العصبي يمكنها ان تستفيد من المعلومات عن بيئتها الداخلية والخارجية في تنظيم نشاطاتها . فخلايا الجهاز العصبي اذن تمتلك الشكل الاعلى تطورا وتخصصا من خصائص الحياة العامة .

نقل السيال العصبي Transmission of nerve impulses

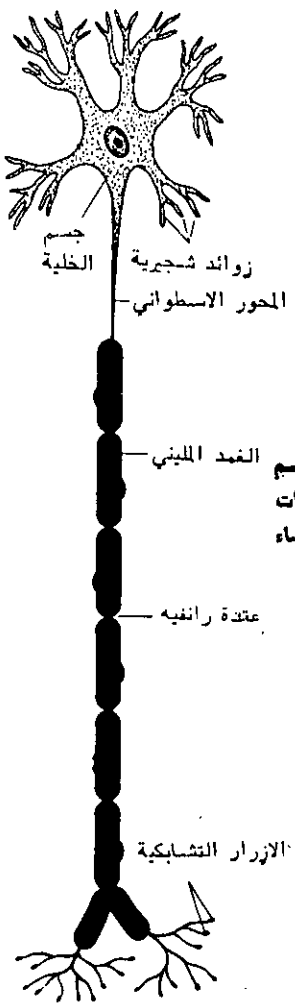
كلنا يعرف أن اجسامنا مملوءة بالاعصاب وان هذه الاعصاب تنقل رسائل ، احيانا عاجلة جدا كما هو الحال عندما ندرك كيف نتذكر متى كانت اخر زيارة احدنا لطبيب أسنانه . ولهذا فانه يبدو من المنطقي اعتبار العصب كوحدة وظيفية في الجهاز العصبي ، ومع ذلك فان هذا يعتبر مضللا نوعا ما فالعصب هو حزمة من محاور الخلايا العصبية وكل محور يحمل سيالاته العصبية الخاصة به والمحاور المتجاورة قد تنقل سيالات عصبية ناشئة عن او معنونة الى اجزاء من الجسم شديدة التباعد . فالاعصاب اذن تشبه بالاحرى كوابل الهاتف الارضية الغزيرة التي قد نصادفها في حفرياتنا والتي تحمل الاف الرسائل الى ومن مواقع مختلفة جدا . وكلا الشيئين هما وحدات تركيب اكثر منهما وحدات وظيفة . وانه لاكثر افادة أن نعتبر أن الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي هي **العصبون** .

كما رأينا في فصل سابق يعتبر العصبون او الخلية العصبية متخصصا لنقل السيالات العصبية واكبر أجزاء العصبون حجما هو **جسم الخلية** cell body الذى يحوي النواة مع كل الميتوكوندريا والعضيات الاخرى التى تدخل في الوظائف الايضية للخلية . ويمتد من جسم الخلية للخارج واحد أو أكثر من الالياف التي هي امتدادات طويلة رفيعة لسيتوبلازم الخلية . وهذه الالياف عموما من نوعين : الزوائد الشجرية dendrites وهي عادة قصيرة وبالغة التفرع ومحور اسطواني وحيد يكون عادة أكثر طولا (احيانا يبلغ طوله عدة أقدام في حيوان كبير كالزرافة او الحوت) والتفريق الحقيقي بين المحور الاسطواني والزوائد الشجرية لا يكون في مظهريهما بل في وظائفهما . فالزوائد الشجرية متكيفة لاستقبال السيالات العصبية أما المحاور الاسطوانية فمتكيفة لنقل هذه السيالات الى عضو استجابة كالعضلة أو خلية عصبية اخرى .

ما هي طبيعة الرسالة المحمولة بالعصبون وكيف يجرى انشاؤها ؟ : ان التجارب التي أجريت في الجزء المبكر من هذا القرن بينت أن تنبيه العصبون ينتج نبضا كهربائيا من نوع ما ولكنه نوع ذو خصائص مثيرة للاهتمام . فهو أولا يتولد فقط اذا كان المنبه فوق مستوى معين من الشدة يعرف **بالعتبة** threshold والمنبهات التي تحت العتبة لا تنتج استجابات اطلاقا والمنبهات فوق العتبة جميعها تنتج نبضات كهربائية وهذه دائما متماثلة بغض النظر عن شدة المنبه . وبعبارة أخرى فمنبه يكاد لا يتجاوز العتبة الا بقليل ينتج نبضا له نفس السرعة والقوة كما يفعل منبه أكثر منه بكثير . فالعصبون لهذا يمكن أن يوصف بأنه يبدي نمطا من الاستجابة من نوع الكل أو العدم . فعصبون معين اما أن يرسل سيالات عصبية أو أن لا يفعل اطلاقا وكل سيالاته العصبية متماثلة فهو لايستطيع ان يبعث بسيال له نصف القوة وآخر له قوة اضافية أو أن يرسل سيالا أسرع أو أبطأ من المعتاد (وان تكن هناك أنواع من العصبونات ترسل سيالات أسرع من غيرها) . ولقد وجد أيضا أن قدرة العصبون المعين على اطلاق السيالات بتعاقب سريع هي قدرة محدودة. فبعد كل سيال عصبي هناك فترة جموح refractory period وطولها اجزاء قليلة من الالف من الثانية وخلالها لا يستطيع

العصبون أن ينقل سيالات أخرى . ويبدو واضحا أن هناك نوعا من اعادة الشحن تحدث ضمن الخلية قبل أن يصبح العصبون جاهزا للاطلاق ثانية .

لقد أوحت هذه الاكتشافات أنه مع أن السيال العصبى بكل وضوح ذو طبيعة كهربائية فالعصبون لا يمكن أن ينظر اليه على أنه ناقل لتيار كهربائي



الشكل (١٨ ــ ١) : تركيب خلية عصبية نموذجية . تستلم الزوائد الشجرية البالغة التفرع السيالات العصبية من عصبونات أخرى . وينقل المحور الاسطواني السيالات العصبية الى اعضاء الاستجابة كالعضلات

صغير كما يفعل سلك رفيع وليس استجابة الكل أو العدم التي يبديها العصبون ولا حتى فترة الجموح يمكن أن تفسر على أساس هذا النموذج . واكثر من ذلك فالتيار الكهربائي العادى يتضاءل بنسبة مباشرة مع المسافة المقطوعة بينما وجد أن السيال العصبى يبقى ثابت الشدة بغض النظر عن البعد الذي ينقل اليه . وفي الحقيقة فان المقاومة الكهربائية لسيتوبلازم الخلية هي عالية لدرجة يصعب معها أن نرى كيف يسافر التيار الكهربائي مسافة أكثر من جزء

من البوصة خلال العصبون . واخيرا فالسيالات العصبية مع أنها بالغة السرعة (تصل عدة مئات من الاقدام في الثانية)فهى أبطأ بكثير من التيارات الكهربائية .

فالسيال العصبي اذن ليس تيارا كهربائيا عاديا بل يبدو انه عملية كهروكيماوية عالية التعقيد . ان حقيقة كون السيال العصبي لم يفقد من قوته اثناء انتقاله توحى بأن الخلية تلعب دورا ايجابيا بدلا من الدور السلبى في عملية النقل وان على العصبون أن يقوم بتزويد الطاقة على طول الطريق العصبي قائما بوظيفة تشبه البطارية او المولد بدلا من مجرد كونه موصلا . ان المبادىء الاساسية المنطوية تحت هذه العملية استنتجت مبكرا عام ١٩٠٢ ، ولكن في عام ١٩٣٩ صممت وسائل تجريبية مكنت العلماء من تحقيق النظريات الاولى او تعديلها جزئيا . ففي ذلك العام نجح مجموعة مكتشفين يعملون على الانسجة العصبية العملاقة الموجودة في الاخطبوط (وهي تصل احيانا ١ مم في القطر) في ادخال اقطاب كهربائية صغيرة داخل الليف العصبى نفسه وبهذه الطريقة فان الاصوات الكهربائية المتواكبة مع نقل السيال العصبى أمكن أن تقاس مباشرة وأن تدرس بصورة دقيقة للمرة الاولى . ان معرفتنا الحديثة للنقل العصبي تعتمد الى حد كبير على مثل هذه التجارب .

الطبيعة الكهروكيماوية للسيال العصبي Electrochemical nature of the nerve impulse

لكي نفهم انتقال السيال العصبي فانه من الضروري أن نعرف الظروف التي توجد على كل من جانبي غشاء العصبون . فالسائل الواقع خارج الغشاء ، ويعرف بالسائل خارج الخلايا ، هو اقل تركيزا من ماء البحر الموجود هذه الايام ولكن تركيبه يماثل كثيرا تركيب مياه المحيطات الاولى التي يعتقد بأن الحياة قد نشأت فيها.والتركيب الكيميائي للسائل الواقع ضمن الخلية يختلف عنه في سائل خارج الخلايا . والفرق الذى له اكبر الاهمية بالنسبة لانتقال السيال العصبى يكمن في تركيز أيونات غير عضوية معينة . فالخلايا تحتوي على تركيز عال من البوتاسيوم وتركيز منخفض من الصوديوم بينما العكس هو الصحيح بالنسبة للسائل خارج الخلايا . ويحيط بالخلية وبالتالي يفصل السائل داخل الخلايا عن السائل خارج الخلايا غشاء الخلية الذى يعتبر منفذا بصورة عادية للماء وأيونات

البوتاسيوم والكلور وغير منفذ نسبيا لايونات الصوديوم وغالبا غير منفذ كليا للايونات العضوية . ان هذه هذه هى خصائص غشاء الخلية التي تجعل امر انتقال السيال العصبي ممكنا .

دعنا نفحص نتائج هذه الظروف اخذين بعين الاعتبار حركة ايونات البوتاسيوم . بما أن البوتاسيوم أكثر تركيزا داخل الخلية من الخارج لهذا فان اعدادا أكبر من أيونات البوتاسيوم سوف تميل الى مغادرة الخلية بدلا من دخولها والنتيجة هي فيض صاف نحو الخارج من البوتاسيوم. فالان ، عندما يتحرك أيون مشحون عبر غشاء الخلية فان كلا من التركيز والقوى الكهربائية تتأثر ، ففى حالة البوتاسيوم نجد أن الحركة من داخل الى خارج الخلية تقلل فرق التركيز بين المنطقتين وهكذا تقل القوة الدافعة للبوتاسيوم خارج الخلية . وعلى أية حال فانه في نفس الوقت يتم انتقال شحنات موجبة من داخل الخلية للخارج . فاذا كان غشاء الخلية منفذا لكل المواد فان حركة الايونات الموجبة من الداخل الى الخارج ستكون مصحوبة بحركة أيون سالب خارج الخلية أو بالتعويض عن الشحنة الموجبة المفقودة بأيون موجب آخر (كالصوديوم) من السوائل خارج الخلايا . لكنه بسبب النفاذية التفاضلية لغشاء الخلية فانه عندما ينتشر الى الخارج أيون بوتاسيوم موجب الشحنة فانه لا يمكن ان يستعاض عنه بأيون موجب الشحنة اخر ولا يمكن لايون عضوي سالب الشحنة ان يغادر الخلية . وكنتيجة لذلك فان داخل الخلية يكتسب الشحنة السالبة . وهذه تميل الى معارضة حركة مزيد من أيونات البوتاسيوم نحو الخارج وبعبارة اخرى فان انخفاض فرق التركيز يخلق قوة كهربائية مضادة .

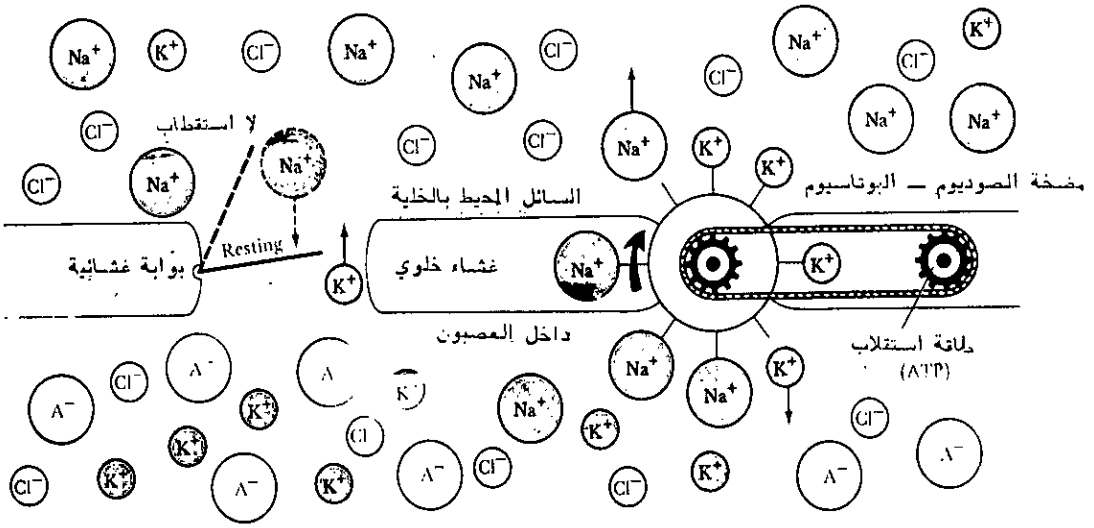
وهكذا فان هناك قوتين تعملان باتجاهين متضادين . القوة الاولى هي قوة التركيز وتميل لدفع البوتاسيوم خارج الخلية الى الفراغات بين الخلوية . والقوة الثانية هي القوة الكهربائية الناتجة عن خروج أيونات البوتاسيوم من الخلية وهي تميل لسحب البوتاسيوم ثانية الى الخلية ، ويبقى التنافس بين هاتين القوتين قائما الى أن تتساويا . وعند نقطة التوازن هذه فانه مقابل كل أيون بوتاسيوم يقذف الى الخارج نتيجة لفرق التركيز يدخل أيون بوتاسيوم ثانية الى الخلية بفعل القوة الكهربائية المضادة ، فلا يوجد محصلة حركة . وتحت هذه الظروف فان الخلية لا تزال تحوي تركيزا عاليا من البوتاسيوم في الداخل أكثر من السائل المحيط بها وان داخل الخلية سيكون مشحونا كهربائيا بشحنة

سالبة اكثر من الخارج . ان فرق الجهد الكهربائي عبر غشاء الخلية يعرف **بتوازن الخلية** او **الكمون الغشائي** resting potential ، وفي معظم الخلايا العضلية والعصبية فان هذا يقع بحدود ٧٠ ــ ٨٠ مليفولت ــ اى بحدود ١/٢٠ من فرق الجهد الذى تعطيه بطارية اضاءة عادية . ان تراكيز الايونات الاخرى تؤثر على فرق الجهد هذا قليلا ولكن اكثرها اهمية هو البوتاسيوم وانه ليمكن التنبؤ بفرق الجهد للخلية العصبية بدقة كبيرة من الفرق في تركيز ايونات البوتاسيوم داخل وخارج الخلية .

واذا كان غشاء الخلية غير منفذ اطلاقا لايونات الصوديوم ومنفذا لايونات البوتاسيوم فان فرق الجهد سيبقى بصورة غير محددة . وعلى أية حال فان غشاء الخلية منفذ لدرجة خفيفة لايونات الصوديوم وهكذا فان بعض ايونات الصوديوم تتسرب الى الخلية . فاذا سمح لهذا التسرب أن يستمر فان الصوديوم الداخل الى الخلية سيقلل تدريجيا من سالبية داخل الخلية وهكذا فانه يسمح لمزيد من البوتاسيوم بالخروج وستستمر هذه العملية الى أن يصبح تركيز الصوديوم والبوتاسيوم داخل الخلية مساويا لتركيزهما في الخارج وسيختفي انفصال الشحنات ولن يوجد فرق جهد كهربائي .

وكما راينا من قبل فغشاء الخلية يمتلك ميكانيكية تعرف بمضخة الصوديوم والبوتاسيوم وهذه تستخدم جزيئات ناقلة معينة لنقل الصوديوم الى خارج الخلية والبوتاسيوم الى داخلها . ولهذا فهي تعمل على المحافظة على فرق الكومون الغشائي عبر غشاء الخلية ، والمضخة هي نظام نشط اى تحتاج الى طاقة ايضية لعملها . وهذه تزود بتحطيم جزيئات TP . وأى شيء يتدخل بعمل هذه المضخة ، كمادة ouabain (مادة تستخرج من نباتات معينة وتستخدمها بعض القبائل الافريقية على رؤوس سهامهم) سوف تسبب الموت بسرعة لمنعها نقل السيالات العصبية .

السيال العصبي : ان النبض العصبي الحقيقي ويعرف باسم *action potential* يمكن أن ينتج بعملية لا استقطاب **depolarization** جزئية لغشاء الخلية العصبية . وهذا يمكن احداثه مباشرة بواسطة تيار كهربائي وهو منبه درج العلماء على استخدامه لدراسة انتقال السيال العصبي . وكما سنرى فيما بعد فانه يمكن احداثه أيضا بواسطة مواد كيماوية تأتي من خلية عصبية أخرى عند النقطة التي يتسم فيها



الشكل (١٨ — ٢) : نموذج تخطيطي لغشاء الخلية العصبية . تقوم مضخة الصوديوم — البوتاسيوم ، وهي ميكانيكية نقل نشط تزود بالطاقة الايضية المخزونة في جزيئات ATP بتحريك أيونات الصوديوم خارج الخلية وأيونات البوتاسيوم الى داخلها . وفي حالة الراحة ، تسمح ثقوب الغشاء لبعض البوتاسيوم أن يتسرب الى خارج الخلية . ولكن أيونات الصوديوم الاكبر حجما لا تستطيع التسرب ثانية الى الداخل . وهذا يجعل داخل الخلية اكثر سالبية من السائل الخارجي المحيط بمقدار ٦٠ — ٨٠ مليفولت وعند التنبه يغير الغشاء نفاذيته سامحا بدخول مفاجيء لايونات الصوديوم (الايونات المعلمة A^- هي ايونات سالبة عضوية والتي هي أيضا كبيرة الحجم ولا تستطيع المرور عبر الغشاء) .

اتصالات الخلايا العصبية بعضها ببعض.وأكثر من هذا فانه في عديد من الخلايا المتقلصة المتخصصة فان اللااستقطاب يمكن انتاجه بعديد من المنبهات المختلفة والتغير الناتج في فرق الجهد الكهربائي عبر غشاء الخلية يعرف بفرق الجهد المولد generator potential. فاذا وصل فرق الجهد المولد الى مستوى عتبة العصبون فان الغشاء يبدي زيادة مفاجئة ودراماتيكية في النفاذية للصوديوم ، وبايجاز يصبح منفذا للصوديوم أكثر من البوتاسيوم بمقدار ٥٠٠ مرة .

ان الطبيعة الدقيقة لمثل هذا التغير ليست معروفة على وجه التأكيد فمن المحتمل أن اللااستقطاب يشجع ميكانيكية بداية معينة في الغشاء مما يغير حجم أو شكل الثقوب التي تدخل خلالها الايونات والتغير نفسه يستمر لاقل من ٠.٠١ر من الثانية وهذا وقت كاف لان يدخل عدد كبير من أيونات الصوديوم الى الخلية مدفوعة بالتعاون الوثيق للقوى الكهربائية (فداخل الخلية سالب وايونات الصوديوم موجبة) وفرق التركيز (فالصوديوم موجود بتراكيز اعلى

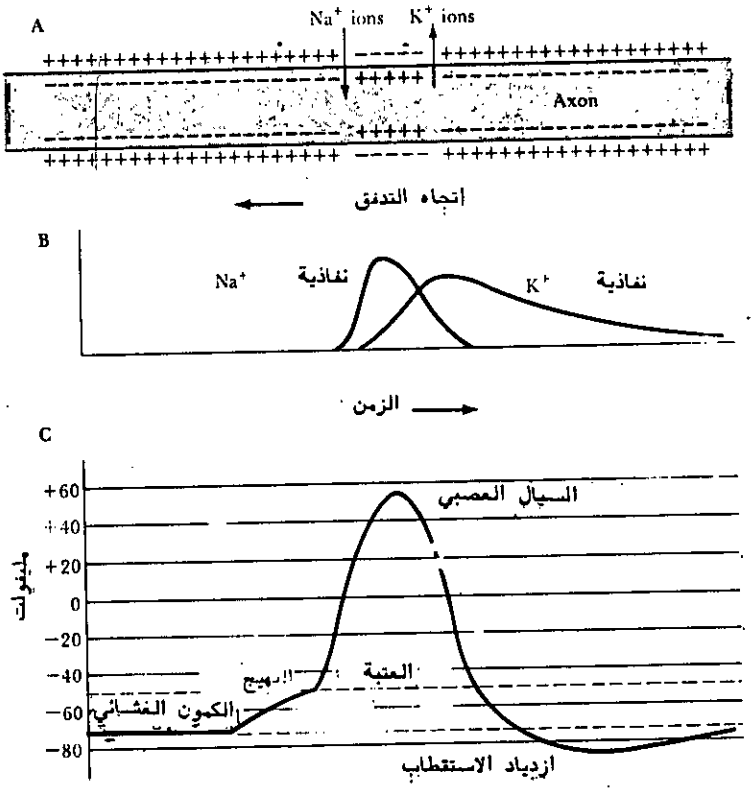
بكثير في الخارج منه في الداخل) .

ان دخول ايونات الصوديوم الى الداخل هو من الكبر بحيث انه لا يزيد استقطاب غشاء الخلية تماما فحسب بل انه يعكس وضع القطبية السابق ، ولجزء من الثانية يصبح داخل الخلية اكثر ايجابية من الخارج . وعلى اية حال فانه في الحال ستعاد خواص النفاذية الاصلية للغشاء . فمزيد من الصوديوم لا يسمح له بالدخول كما ان ايونات الصوديوم التي دخلت الخلية ستطردها المضخة اخيرا وفي تلك الاثناء فان الشحنة الموجبة التي اعطتها ايونات الصوديوم الى داخل الخلية تحدث اضطرابا في توازن البوتاسيوم . تذكر أن ميل العديد من ايونات البوتاسيوم الموجودة في الخلية الى الخروج الى السائل خارج الخلايا يضاد جزئيا بالقوى الكهربائية وان داخل الخلية السالب يجذب الايونات اما خارج الخلية الموجب فانه يطردها . وعندما تنعكس القطبية بفعل دخول الصوديوم الى الداخل فان ايونات البوتاسيوم مع ذلك تجبر بفعل كل من قوى التركيز والقوى الكهربائية على مغادرة الخلية وهكذا تعبر الغشاء بكميات كبيرة .

ان خروج الشحنات الموجبة الى الخارج هو من الكبر بحيث انه يعيد حالة الكومون الغشائي للخلية .. الداخل يصبح سالبا مرة اخرى (في الحقيقة ولمدة زمنية قصيرة يصبح الداخل اكثر سالبية من الحالة العادية) . ان عملية استعادة الاستقطاب repolarization تأخذ عادة بعض الوقت وخلال هذا الوقت لا تستطيع الخلية ان تنقل اي سيال عصبي اخر وهذا يفسر فترة الجموح بعد كل سيال عصبي . وعندما تتم اعادة الاستقطاب — وفي اجزاء قليلة من الالف من الثانية — تصبح الخلية جاهزة للاطلاق ثانية والعملية بكاملها يمكن أن تعاد عدة مرات . ومع كل سيال عصبي تكتسب الخلية بعض الصوديوم وتفقد بعض البوتاسيوم . واخيرا فان مضخة الصوديوم يجب أن تعطي بعض الوقت لكي تساهم ناقلة الصوديوم الى الخارج والبوتاسيوم الى الداخل بحيث يستعاد التوزيع الطبيعي للايونات .

ولقد وجد أن مادة التترودوتوكسين وهو مركب موجود في الغدد التناسلية للسمكة الكروية (المنتفخة) puffer fish تقاطع نقل السيال العصبي خلال الجسم بتعطيلها مرور ايونات الصوديوم خلال البوابات الموجودة في غشاء العصبون وهكذا يمنع السيال العصبي وتعتبر السمكة الكروية (المنتفخة) غذاء

فاخرا في اليابان وعلى الرغم من أن مستخدمي المطاعم الذين يحضرونها للطبخ يتلقون تدريبا خاصا ومجازون من قبل الدولة فان عدة مئات من اليابانيين يموتون كل عام نتيجة للتسمم بالتترودوتوكسين .



الشكل (١٨ ــ ٣) : عندما يزال استقطاب منطقة من غشاء الخلية العصبية ، تزداد نفاذيتها لايونات الصوديوم وتندفع هذه الى داخل الخلية محدثة انعكاسا مؤقتا في القطبية ــ الداخل يصبح موجبا بالنسبة للخارج . ان هذا التغير المفاجيء الكهربائي يشكل السيال العصبي . والنتيجة هي تدفق التيار الكهربائي بين المنطقة المتاثرة من الغشاء والمناطق المجاورة حيث لا يزال الكمون الغشائي موجودا . هذه المساحات يزال استقطابها بواسطة التيار وتصبح منفذة لايونات الصوديوم وهكذا تصبح مركز سيالات عصبية بدورها . ويرى التخطيط A التغيرات في شحنة الغشاء وتدفق الايونات عندما ينشأ السيال العصبي على طول المحور الاسطواني . ويرى التخطيط B التغيرات المرافقة في نفاذية غشاء العصبون للصوديوم والبوتاسيوم . ويوضح التخطيط C فرق الجهد على الغشاء خلال انتقال السيال العصبي . ان توهج الخلية العصبية يسبب لا استقطابا جزئيا للغشاء (الجهد المولد) . وعندما يصل اللااستقطاب درجة عتبة الخلية العصبية فان السيال العصبي ينتج .

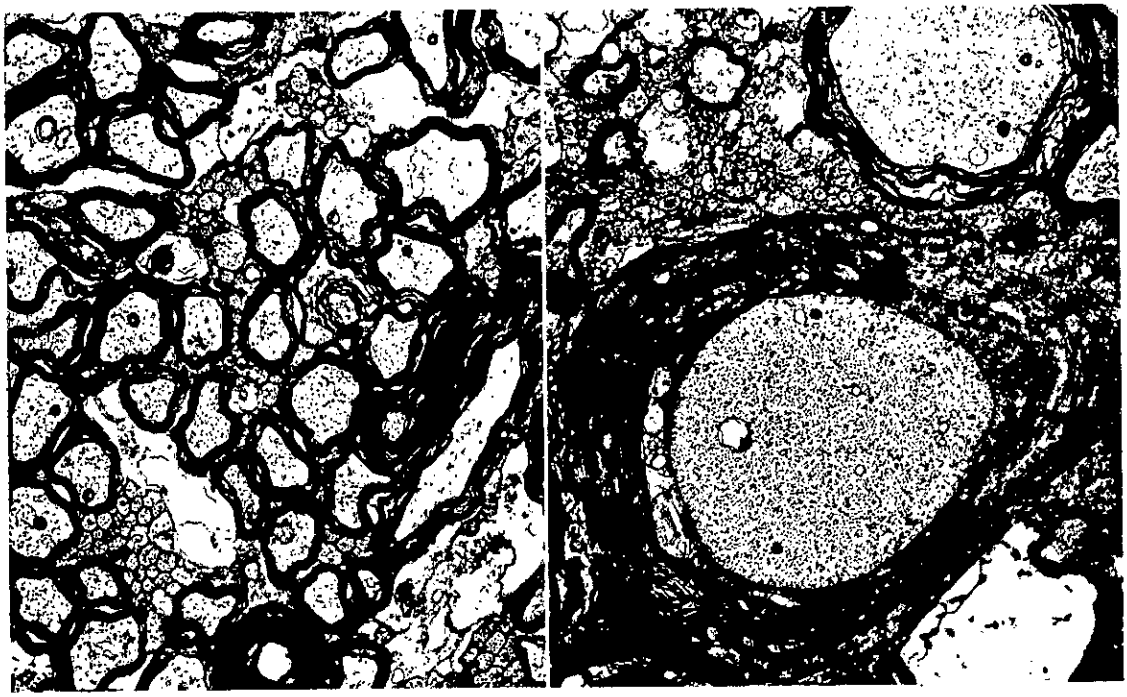
انتشاء السيال العصبي *Propagation of the action potential* : عندمـــا

يتولد السيال العصبي فانه لا يحدث في نفس الوقت تماما على طول العصبون بالكامل ولكنه يكون محددا في البداية بمنطقة صغيرة . ان التغيرات الكهربائية التي تحدث خلال الجزء من الالف من الثانية الذي يحدث فيه السيال العصبي ، تؤثر في المناطق المجاورة من الغشاء مسببة اللا استقطاب والتوليد التالي لسيال عصبي جديد في هذه المناطق كذلك ، وبعبارة اخرى فالسيال العصبي يتولـد من جديد وبشكل مستمر في كل منطقة تالية من العصبون . ان انتقال السيال العصبي يماثل بهذه الصورة اشتعال الفيوز اذ أن الاحتراق في منطقة يشعل حالا المناطق المجاورة .

ولكي نفهم فوائد نظام كهذا فان علينا أن ننظر الى مثيل مناظر له . افترض انك ترغب بارسال اشارة ـــ سلسلة من الومضات الضوئية ـــ الى نقطة بعيدة . فكلما كانت المسافة ابعد احتجت الى ضوء اقوى والى مزيد من الطاقة لارسال هذه الاشارة . فاذا كانت المسافة التي يجب قطعها بالغة الكبر اصبح من المستحيل ان نجد ضوءا واحـدا أو مصدر طاقة واحدا قويا بما فيه الكفاية لكـي يقـوم بهذه المهمة . حتى وان وجدت هذه فان الاشارة عندما تصل المستقبل المقصود ستكون من الضعف بحيث أن احتمال الخطأ في استقبالها سيكون عاليا جدا .

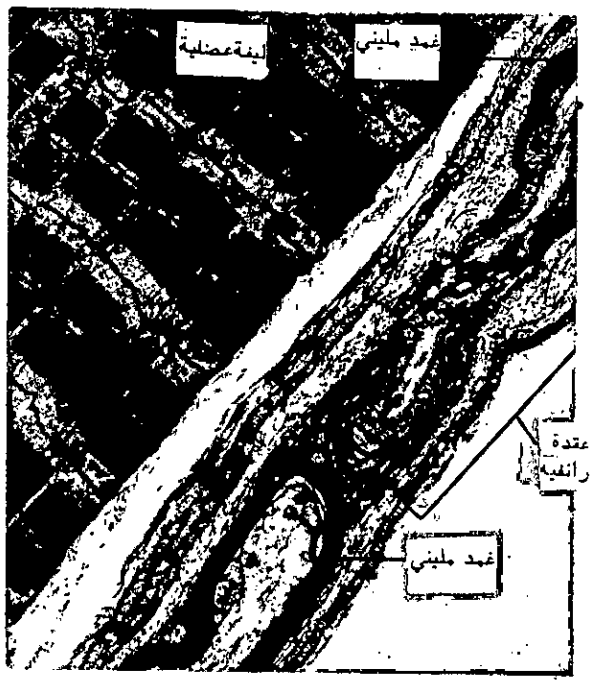
وفي هذه النقطة يفرض حل آخر نفسه . لنفرض ان لديك عددا مـن مصابيح صغيرة بدلا من ضوء واحد ومصدر قوة واحد ، وان كـــلا من هذه المصابيح له بطارية خاصة ومجهز بعين كهربائية تشعل الضوء كلما سقط ضوء على خلية ضوئية حساسة . ان هذه الوحدات يمكن أن توضع على فتـرات منظمة على طول طريق الاشارة . ان كل واحدة من هذه المصابيح عندمـــا تشع ضوءها فانها ستنشط المصباح المجاور لها بحيث أن الاشـارة ستنتقـل من مصباح لاخر حتى تصل الى النهاية . وبما انه يوجد لكل مصباح بطاريته الخاصة به فان قوة الاشارة ستبقى ثابتة بغض النظر عـن البعـد الـذي ستنقله وان طريقها يمكن ان يمدد الى مالا نهاية بدون خسارة في القوة او الخصوبة ، بمجرد اضافة وحدات جديدة من المصابيح . ولكي نكون متأكدين ، فان الاشارة ستصل الى النهاية بصورة ابطأ نوعا ما بسبب الوقت المستهلك في المحطات التي تشعل وتطفيء كل مصباح ولكن مع ذلك فهناك فائدة كبيرة في صدق هذا النظـام .

هذه هي ، بالنتحة ، كيفية انتقال السيالات العصبية على طول عصبونات



الشكل (١٨ ــ ٤) : المحاور الاسطوانية الميلينية وغير الميلينية في المقطع العرضي . والرسم الاعلى يمثل محورا اسطوانيا وحيدا بتكبير اعلى مبينا طبقات الميلين المحيطة بالمركز . اذ تلف خلايا شوان المتخصصة اغشيتها بشكل متكرر حول المحور الاسطواني لتصنع الغمد الميليني الذي يعزل غشاء الخلية العصبية ويسمح بانتقال اسرع للسيالات العصبية ــ وهي فائدة كبرى للكائن .

كائن ما . فلأن السيال العصبي يعتمد ليس فقط على المنبه الاساسي ، ولكن على وجود الكمون الغشائي على كل نقطة على طول غشاء الخلية العصبية ، فهو لا يفقد قوته اثناء الانتقال . ان السيال العصبي المتولد في كل منطقة تاليةمن العصبون متماثل في اتساعه ومدته وباقي ميزاته الاخرى . وهذا يعني ان السيال العصبي الواصل في نهاية محور اسطواني ما سيكون تماما نفس الشيء كذلك الذي نشأ في الزوائد الشجرية او في جسم الخلية على بعد عدة اقدامقبل كسر من الثانية . ان توليد السيالات العصبية في المناطق المتعاقبة من العصبون يستغرق وقتا ، ولكن الكائنات المختلفة طورت وسائل مختلفة لزيادة سرعة انتقال السيال العصبي في تلك المجاري العصبية التي تستدعي استجابة سريعة . ان هناك عديدا من اللافقاريات مثل حيوان ام الخلول وحيوان جراد البحر وكذلك بعض الفقاريات البدائية كحيوان اللابدى لها محاور اسطوانية عملاقة يمكن أن يصل قطرها الى ١ ملم . وبما أن المعدل الذي يسري فيه السيال



الشكل (١٨ ــ ٥) :
هذا المقطع الطولي لمحور ميليني يري عقدة رانفييه node of Ranvier وهي عدم استمرارية للغمد الميليني بين خلايا شوان متجاورة . وبما ان الايونات لا تستطيع المرور خلال العازل الميليني ، فالسيال العصبي يمكن أن يحدث فقط عند العقد . وتنتقل السيالات بسرعة على طول المحاور الميلينية لان السيال العصبي يقفز من عقدة لاخرى ، بدلا من أن يتكون بشكل متعاقب في كل نقطة على طول المحور الاسطواني .

العصبي يزداد تقريبا مع مربع قطر المحور الاسطواني ، فان هذه المحاور الاسطوانية العملاقة تقوم بوظيفة موصلات عالية السرعة ، ولا تستغرب انها تسيطر بشكل عام على العضلات التي يحتاج اليها الكائن للهرب من الخطر .

وفي الفقريات توجد طريقة اكثر اقتصادية للاسراع في نقل السيالات العصبية . ان معظم المحاور الاسطوانية في الفقريات محاطة بغمد من الميلين myelin ، ونظرا لان الميلين مركب من البروتين والدهون ، لهذا فانه يعتبر ردىء التوصيل للتيار الكهربائي . اى انه عازل جيد . ويقاطع غمد الميلين كما يتعرى المحور الاسطواني كل ملليمتر او اثنين عند نقاط تعرف بعقد رانفييه . nodes of Ranvier وبسبب العزل الذي يسببه الميلين فان السيالات العصبية لا يمكن توليدها الا عند العقد . فعندما يحدث سيال عصبي عند احدى العقد فان آخر ينطلق في الحال عند العقدة المجاورة ، وهكذا فان السيال العصبي يقفز من عقدة لعقدة ، ونتيجة لذلك فان التوصيل بواسطة الاعصاب الميلينية قد يكون اسرع بمائة مرة او اكثر منه في الالياف غير الميلينية .

التشابك العصبي The synapse

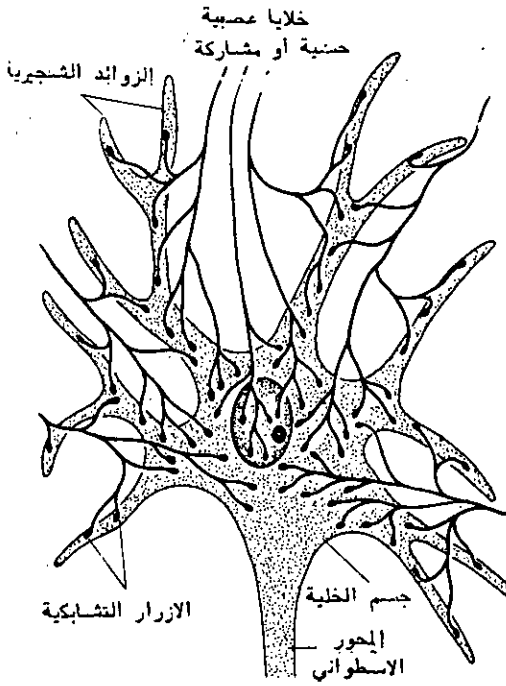
لقد ذكرنا أنه عندما ينبه عصبون ما في اية نقطة ، فان السيال العصبي الناتج سينتشر في كلا الاتجاهين على طول غشاء الخلية . وهذا يطرح سؤالين اثنين . اولا ، اذا كان السيال العصبي ينتقل في كلا الاتجاهين فما معنى قولنا سابقا بأن الزوائد الشجرية متخصصة في استقبال السيالات العصبية وان المحاور الاسطوانية متخصصة في بثها . وثانيا ، اذا كان السيال العصبي يمثل تغييرا كهروكيماويا على طول غشاء عصبون واحد فكيف ينتقل السيال العصبي من عصبون لاخر او الى عضو استجابة . وللاجابة عن هذين السؤالين فمن الضروري أن نعتبر وظيفة التشابك العصبي ــ المنطقة التي يصنع فيها المحور الاسطواني ــ تماسا وظيفيا مع خلية اخرى .

ان كلمة « تماس »تبدو للوهلة الاولى شاذة ، لان الخليتين في منطقة التشابك العصبي لا تلامس كل منهما الاخرى في الحقيقة . فالمحور الاسطواني او الخلية المرسلة(وتعرف بالعصبون قبل التشابكي presynaptic neuron) تنقسم عادة قرب نهايتها الى فروع صغيرة عديدة وكل واحد منها ينتهي بانتفاخ منبسط يعرف بالزر التشابكي synaptic knob او البصلة التشابكية . ان هذه الازرار تقع مجاورة للزوائد الشجرية او لاجسام الخلايا المستقبلة (وتعرف بالعصبون بعد التشابكي postsynaptic neurons) . وبينهما يوجد شق صغير يعرف بالشق التشابكي synaptic cleft يبلغ عرضه حوالي ٢٠ نانوميتر . ان النبضات العصبية تصل الى نهاية المحور الاسطواني على هيئة سيالات عصبية ولكنها لا تستطيع عبور الشق التشابكي بتلك الصورة . فالارسال الفعلي بين الخلايا المرسلة والمستقبلة يكون بوسائل كيماوية .

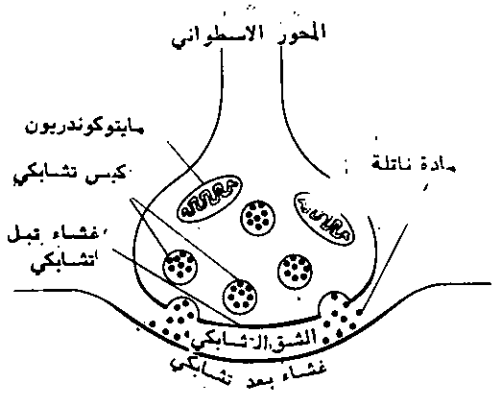
وتحتوي الازرار التشابكية على العديد من الحويصلات التشابكية synaptic vesicles الصغيرة وكل منها يحتوي كمية صغيرة من مادة كيماوية ناقلة transmitter .والسيال العصبي المسافر على طول المحور الاسطوانسي يسبب هجرة هذه الحويصلات باتجاه غشاء الخلية واطلاق محتوياتها باتجاه الشق التشابكي ، وتعبر المادة الناقلة الكيماوية الثغرة الى غشاء الخلية بعد التشابكية بالانتشار . وعلى الرغم من ضيق الشق التشابكي فان هذه

عملية بطيئة اذا قورنت بسرعة السيال العصبى على طول العصبون . ان كل تشابك عصبي يعيق مرور السيال العصبى واحدا او اثنين في الالف من الثانية .

وتتفاعل جزيئات المادة الكيماوية الناقلة مع مواقع معينة مستقبلة موجودة على غشاء الخلية بعد التشابكي وعموما فان تأثيرهـــا هو ازالة استقطـاب



الشكل (١٨ ــ ٦) : الوصلات التشابكية تسمح بانتقال السيالات من عصبون لاخر. والزر التشابكي في نهاية المحور الاسطواني يحتـوي العديد من الحويصـــلات التي يحتـــوي كل منها على مادة كيماوية ناقلة عصبية . وعندما يصل سيال عصبي نهاية المحور الاسطواني فان الناقل العصبي يطلق الى الشق التشابكـي وينتشر به ليحفز او يثبط غشاء الخلية بعـــد التشابكي .



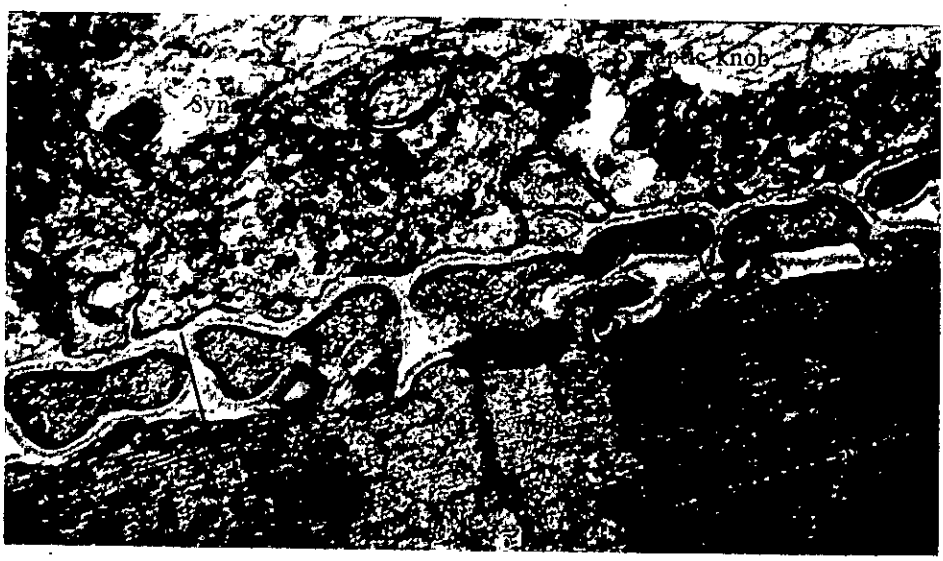
زائدة شجيرية أو جسم خلية

الغشاء منشئة بذلك سيالا عصبيا ، وبعبارة اخرى ، فهي تسبب اطلاق الخلية المستقبلة . ومع ذلك ، فبعض العصبونات تمرر مواد ناقلة ذات تأثير معاكس تماما — اى انها تزيد الاستقطاب لغشاء الخلية بعد التشابكي وهذا يميل لمنع الخلية من الانطلاق .

ولقد وجد عدد من المواد الكيماوية تعمل كنواقل عصبيةفي الفقريات،فبعض المحاور الاسطوانية للجهاز العصبي الودي ، على سبيل المثال ، تحرر مـــادة نورادرنالين noradrenalin لنقل السيال العصبى (وتعتبر الغدد الادرنالية التي تفرز مادة النورادرنالين كهرمون متطورةعن النسيج العصبي قبل التشابكي للجهاز الودى) . ان أكثر المواد الناقلة شيوعا ، هو الاستيل كولين ويخدم في اجزاء من الجهاز العصبي المركزي ، والجهاز الودى وشبه الودى . ومن اهم ادوار الاستيل كولين acetylcholine استخدامه كناقل فيالتشابك العصبي العضلي neuromuscular junction — وهى المنطقة المتخصصة التي تصنع فيها الخلية العصبية الحركية اتصالا تشابكيا مع ليف عضلي هيكلي .

وهناك ادوية تتنافس مع الاستيل كولين في الحصول على موقع مستقبل على غشاء الخلية بعد التشابكي وهكذا تمنع اللااستقطاب والعامل المنافس الكلاسيكي له هو الكيورار Curare ، وهو علاجمشتق من نباتـــات معينـــة وقديما كان يستخدمه بعض هنود جنوب امريكا لصنع سموم الاسهم .والكيورار يسبب الموت باغلاقه على العصب الحجابى الواصل للحجاب الحاجز وهكذا يتوقف التنفس ويموت الكائن بالاختناق . ويستخدم اليوم الكيورار والمركبات القريبة منه طبيا وبجرعات غير قاتلة كمادة مرخية للعضلات قبل عمليـــات جراحية معينة . وهناك علاجات اخرى تمنع تحرير الاستيل كولين من النهايات قبل التشابكية . فسم البوتيولين botulin المميت جدا والذي هو السبب في بعض اشكال الموت الناتجة عن تسمم الاغذية ليس الا مثالا على هذه . ان هذه المادة تفرز من قبل البكتيريا اللاهوائية *Clostridium* التي قد تجد لها احيانا موطىء قدم في بعض الاغذية المعلبة التي لاتستخدم فيها طريقة التعقيـم المناسبة ، وقد ظهرت بعض الحالات القاتلة من البوتيولين في العناوين الرئيسية للصحف ، مما اثار قلق المستهلكين واستوجب استرجاع الاف من علب المواد الغذائيـــة .

وهناك أمراض اخرى ايضا تتدخل في عمل الاستيـــل كولين ، فالمرض



الشكل (١٨ ــ ٧) : صورة ميكروفوتوغرافية للمفصل العصبي العضلي . النهايـــة التشابكية للمحور بحويصلاتها العديدة المحتوية على الناقل تحتل الجزء الاعلى من الصورة . وفي الاسفل توجد اندفاعات العضلة المتخصصة . وعندما تصل جزيئات الناقل العصبي الى هذه الاغشية فان العضلة تنبه للانقباض (اذا كان المحور ينقل نبضات تحفيزية) او الارتخاء (اذا كان المحور ينقل نبضات تثبيطية) .

المعروف بالوهن العضلي Myasthenia gravis سببه عدم مقدرة الجسم على صناعة الكميات المناسبة من الاستيل كولين في المفصل العصبي العضلي والنتيجة هـــي ضعف عضلي وشلل .

وبعد قيام المواد الكيماوية الناقلة بوظيفتها يشل نشاطها بسرعة أو تتحطم بفعل انزيمات في الخلايا بعد التشابكية لانه اذا لم يتم ذلـــك فان الخلية بعـــد التشابكية تستمر في الاطلاق ، وهكذا تفقد السيطرة العصبية وسيتبع ذلـــك الموت حالا . والكولين استريز ، على سبيل المثال ، هو الانـــــزيم الذي يحطم الاستيل كولين . وكثير من السموم ، ومنها انواع معينة من غـــــاز الاعصاب والمبيدات الحشرية تسلط تأثيرها السام بتدخلها في عمل الكولين استريز .

وظيفة التشابك العصبي The function of the synapse

ان النقل عبر التشابك العصبي هو دائما في اتجاه واحد ، لان الازرار التشابكية الموجودة في نهاية المحاور الاسطوانية فقط يمكنها ان تطلق المواد

التشابكية . ولهذا فالتشابك العصبي هو اذا اكثر من وسيلة لبث السيالات العصبية من عصبون لاخر . فاذا كانت تلك وظيفته الوحيدة فان من الصعب اعتباره امرا ضروريا . ان خليتين تتصلان احداهما بالاخرى عن طريق تشابك عصبي لا تقدمان فائدة اكثر مما لو بقيت هناك خلية عصبية واحدة أطول . أن نقل السيالات العصبية عبر التشابك العصبي ابطأ من نقله على طول العصبون . ولا يمثل التشابك العصبي مجرد نوع من المفتاح الذي يوجه السيالات العصبية على الممرات المختلفة في الجهاز العصبي المعقد ، ولو انذلك جزء من وظيفته . ان دور التشابك العصبي هو تبويب المعلومات .

وفي مناطق معينة من الجهاز العصبي ، فان الرسائل الممثلة بالسيالات يجب ان تفسر وتحلل وتقيم ويتخذ « قرار » ما حول رد الفعل . كما تقرر مدى عجلة كل اشارة وتعفى وتفصل الاشارات الضعيفة أو غير المهمة كما توازن بين مطالب الاشارات المتنافسة ، كما ان اشارات التعزيز ، والتعارض يجب ان تضاف أو تطرح وأخيرا تنشأ الاستجابة الملائمة وكل ذلك بدلالة السيالات العصبية . وهكذا يبدو ،آخذين بعين الاعتبار استجابة الكل او العدم للعصبون، ان الجهاز العصبي ليس لديه وسيلة لتسجيل شدة المؤثر . فالعصبونات المختلفة ، لها عتبات مختلفة ويحتمل ان المنبه القوي هو الذى يسبب اطلاق عدد أكبر من العصبونات فيسبب وصول العديد من السيالات الى الدماغ او الحبل الشوكى حيث تقيم السيالات العصبية . وأكثر من ذلك وحتى وان كان الامر يتعلق بخلية عصبية واحدة فان المنبه القوى سيجعلها تنطلق بشكل متكرر ، مرسلة عددا اكبر من السيالات في فترة معينة من الوقت ، والدماغ يفسر السيالات العديدة سواء كانت من عصبون واحد أو عديد من العصبونات على اساس انها تمثل منبها شديدا .

ومما يجعل عملية تبويب المعلومات المفصلة ممكنا على مقياس أوسع ، ميزتان للتشابك العصبي احداهما فيزيولوجية والاخرى تشريحية . والاولى هي أن استجابة غشاء الخلية بعد التشابكي للمواد الكيماوية الناقلة هي ليست من نوع الكل او العدم المميز للسيال العصبي ، فهو متدرج في الاتساع بدلا من ذلك . فكمية قليلة من المادة الناقلة العصبية ستسبب لاستقطابا خفيفا للغشاء بينما تسبب كمية اكبر لاستقابا مطابقا اكبر . وعندما يصل اللااستقطاب الى قيمة العتبة فقط فان الخلية تنطلق وتنقل سيالا عصبيا . وفي معظم التشابكات

العصبية فان كمية الناقل المتحررة بسبب سيال عصبي وحيد في الخلية قبل التشابكية لن تسبب في الخلية المستقبلة اللااستقطاب الكافي لكي تصل الى العتبة . وهكذا فعديد من السيالات العصبية تموت في التشابكات بدون ان تسبب اطلاق العصبونات بعد التشابكية ، ولكى يتولد سيال عصبي في خلية بعد تشابكية فانه يجب وجود التأثيرات المشتركة لجرعات متعددة من الناقل .

التجميع *Summation* : افترض على سبيل المثال ، ان السيال العصبي في خلية عصبية قبل تشابكية يسبب تحرير مادتها الناقلة في الشق التشابكي وان الكمية التي تصل الى الخلية بعد التشابكية ليست كافية لتسبب اللااستقطاب الذي يصل الى حد العتبة ، ومع ذلك فان غشاء الخلية سيزول استقطابه جزئيا وسيبقى في تلك الحال لبرهة قصيرة من الزمن ، فاذا تبعه سيال عصبي ثان من الخلية قبل التشابكية بعد ذلك بسرعة كافية فان مزيدا من الناقل سيتحرر ولهذا فالخلية بعد التشابكية سيزول استقطابها لبرهة اطول . ان التأثير المشترك قد يكون كبيرا لدرجة انه يسبب أنطلاق الخلية ولو ان كلا من السيالين ليس كافيا بحد ذاته . ان التأثيرات المتتالية للسيالات العصبية في الخلية قبل التشابكية ، بعبارة اخرى ، يمكن أن يعزز كل منها الاخر اذا كانت موزعة زمنيا بصورة متقاربة ويعرف هذا **بالتجميع الزمني** **temporal summation**. أما الميزة الثانية للتشابك العصبي فيمكن ان تنتج بسبب تركيب العصبونات نفسها . تذكر أن المحور الاسطواني نادرا ما ينتهي بزر تشابكي واحد ، فنهاية المحور الاسطواني تتشعب بشكل متزايد لدرجة انه يمكن ان يكون هناك مئات أو الوف منها وغالبا ما تتشابك هذه مع عدد مختلف من الخلايا بعد التشابكية ، وهكذا فان عصبونا واحدا يمكن ان يسلط تأثيراته على اخرى عديدة . وهو مبدأ يعرف **بالتوزع** وتأثيره على أية خلية بعد تشابكية معينة يعتمد طبيعيا على كم من التشابكات يصنع معها ـ أي على عدد الازرار التي تندفع منه نحوها . فاذا ساهمت خلية عصبية قبل تشابكية بألف من الازرار على خلية بعد تشابكية فان تأثيرها سيكون اكبر مما لو أعطت دزينة من الازرار . وبنفس الطريقة فالخلية بعد التشابكية يمكن أن تصنع تشابكات على ازرار من عدد كبير من الخلايا العصبية قبل التشابكية ، وهكذا فهناك التقاء **convergence** لعديد من التيارات الداخلة الى كل خلية بعد تشابكية ، وحتى وان كان تأثير التشابك العصبي الوحيد غير كاف ليسبب لااستقطابا من مستوى العتبة فان

التأثير المشترك لالف او مائة او حتى عشرة يمكن ان يكون كافيا لاطلاق خلية ما. بعبارة اخرى فتأثيرات النواقل العصبية على المساحات المختلفة من غشاء الخلية بعد التشابكي الحادثة في نفس الوقت يمكن ان تضاف بعضها الى بعض وهذا يدعى **بالتجميع المكاني** spatial summation.

ان بعض التأثيرات التي تتسلمها الخلية بعد التشابكية يمكن ان تكون تثبيطية كما يمكن أن تكون تحفيزية ، وهذه ايضا تتجمع ، فتأثير محفز قوي من عصبون يمكن ان يعادل بتأثير آخر مثبط قوي يحدث في نفس الوقت من خلية عصبية أخرى . والنتيجة الصافية لكل هذه التأثيرات سواء كانت محفزة او مثبطة ، تقرر فيما اذا كان السيال العصبي يتولد في الخلية بعد التشابكية وانه، اذا كان المحفز كبيرا جدا فهو يقرر كم عدد السيالات العصبية المتولدة . فكل خلية بعد تشابكية اذا بالنتيجة هي جهاز حاسب صغير ينجز عمليات حسابية متشابكة ، وكلها بلغة السيالات العصبية . وفي الدماغ والحبل الشوكي والعقد حيث تلتقي نهايات الاف المحاور الاسطوانية وحيث تتشابك معها الاف من اجسام الخلايا فان هذه العملية تعاد المرة بعد المرة جاعلة من الممكن اتمام ذلك المستوى العالي من التكامل والتعاون اللذين يتميز بهما الجهاز العصبي للفقريات .

المستقبلات Receptors

لاجل ان تبقى الكائنات الحية على قيد الحياة عليها ان تمتلك وسائل لاستقبال المعلومات حول بيئتها ونحن نعرف انه حتى النباتات قادرة على القيام بذلك ، الا ان الوسائل التي تستخدمها لاتزال غير مفهومه تماما . اما الحيوانات فقد طورت تراكيب متخصصة لهذا الغرض تسمى المستقبلات الحسية sensory receptors والمعلومات تاتي على هيئة طاقة ــ وبدقة اكثر على هيئة تغيرات في الطاقة ، لان الكائنات الحية بشكل عام تستجيب فقط للتغيرات وليس لظروف الحالة الثابتة . ووظيفة المستقبلات هي تغيير احد اشكال الطاقة الى شكل اخر وهو عملية تعرف بالتحويل transduction . فالميكرفون ، على سبيل المثال ، هو محول يغير الصوت ــ الذبذبات في الهواء ــ الى نبضات كهربائية ، وهذه قد تغير ثانية في النهاية الى صوت بواسطة محول آخر هو السماعة . والمستقبلات الحسية تنجز نفس الوظيفة ، محولة اشكالا من الطاقة البيئية (صوت ، ضوء ، حرارة ، ضغط ، ذبذبات ، نشاط كيميائي الى لغة الجهاز العصبي ــ السيالات العصبية .

ولكى ترصد البيئة رصدا ملائما فان مجموعة مختلفة من الظروف يجب ان تسجل وتفسر من قبل الجهاز العصبي ، وهكذا فان مستقبلات مختلفة اصبحت متخصصة في الاستجابة الى نوع مخصص من انواع الطاقة، فالعيون للضوء والاذان للصوت وهكذا .. والمستقبلات تتباين كثيرا في الشكل والتعقيد من نهايات الاعصاب الحرة البسيطة الموجودة في الجلد الى خلايا المخاريط والعصى المعقدة في العين . ويمكننا ان نصنف المستقبلات بعدة طرق ، ولكن ابسطها واوسعها قبولا في الوقت الراهن هو تقسيمها الى ثلاثة اصناف رئيسية اعتمادا على نوع المنبه الذي تستجيب له . فالمنبهات الكيماوية يمكنها ان تتحرى وان تميز بين مجموعة من المواد على اساس الحجم والشكل والنشاط الكيماوي لجزئيات هذه المواد . والمستقبلات الكهرومغناطيسية (البصرية) حساسة لاشعاعات (الضوء) ذات ترددات مختلفة اما المستقبلات الميكانيكية فتسجل الصوت ، واللمس ، والضغط ، والتسارع ، والتوجه المكاني، وتمدد العضلات ومن المفيد ادراج مستقبلات الحرارة والالم في هذه المجموعة الاخيرة .

ان انواعا مختلفة من المستقبلات مشمولة في كل من هذه الاصنـــاف الثلاثة . فالمستقبلات الكيماوية مثلا تأخذ شكل براعم ذوق على اللسان او مستقبلات شمية في الانف او مستقبلات هرمونية واسموزية في الهيبوثلامس . وبينما تستجيب كل من هذه المستقبلات لنوع معين من التحفيز الكيماوي فانها لاتنتج باية صورة نفس الاحساسات ، فبراعم الذوق يمكن ان تنشىء احساسات الذوق ومستقبلات الشم يمكن ان تنشىء احساسات الشم بينما لا تعطـــي المستقبلات الهرمونية والاسموزية اية احساسات واعية اطلاقا . واكثر من هذا ، فالمستقبلات التي غالبا ما تكون متماثلة بالشكل تستطيـــع أن تنشيء احساسات مختلفة تماما . فالخلايا ذات الشعر الموجودة في الجهاز الدهليزي والجهاز السمعي ، مثلا كلاهما مستقبلات ميكانيكية وهما متماثلان في التركيب ، ومع ذلك فالجهاز الدهليزي مسؤول عن الاحساس بالتوازن والجهاز السمعي يتعلق بادراك الصوت وهذا يعني ان احساسا معينا يخبره انسان ما تقرره الوصـــلات العصبيـــة للمستقبل المعنـــى وليس التركيـــب لذلك المستقبل . والاحساسات الموضوعية ، بعبارة اخرى تعتمد على اين تذهب النبضات في الدماغ لا على من اين اتت .

الشم والذوق : Smell and taste

ان الاستجابة للتغيرات الكيماوية يحتمل ان تكون اكثر الاستجابـــات بدائية . فالتغيرات في تركيز المواد الغذائية او المواد المؤذية المذابة في وسط مائي تعتبر اساسية في تقرير سلوك الكائنات وحيدة الخلية ــ كانواع مختلفة من البروتوزوا (الاوليات) . ان نواتج العمليات الايضية لاى حيوان اولـــى صغير تنبه حركات الاحتواء في احد اجزاء الاميبا كما ان النواتج الثانويـــة الكيماوية للبكتيريا تنبه سبلوك التغذية في البراميسيوم . وعلى مستوى اعلى ، تزداد كفاءة هذا التحري وكذلك تصبح الاستجابات اكثر نوعية ، كقدرة اسماك السلمون مثلا على العودة الى تيارها الاصلى مميزة اياه عن عشرات غـــيره بواسطة رائحته البيوكيمائية المميزة ، او كقدرة بعض انواع العث على التحري عن المواد الكيماوية الجاذبة للتزاوج المطلقة من اناث نفس النوع على بعـــد اكثر من ميـــل .

أما المستقبلات الكيماوية فهي المسؤولة عن الرائحة والذوق فتحتل مواقع

مختلفة في الكائنات المختلفة فهى توجد على ارجل بعض الحشرات وقرون الاستشعار للبعض الاخر وعلى مجسات سطح جسم بعض الاسماك وعلى



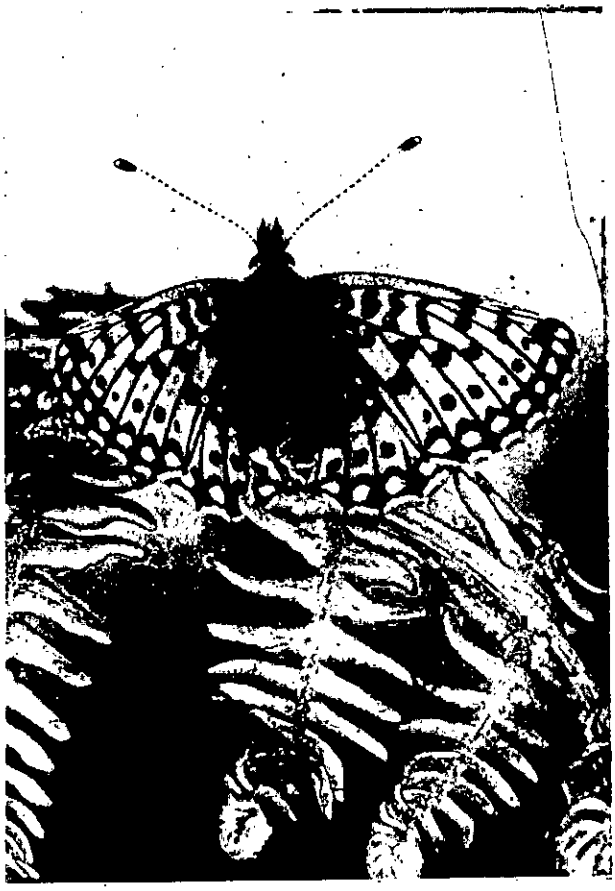
الشكل (١٨ ــ ٨) : الافعى ((تشم)) بجمع جزيئات المادة الكيماوية المحمولة بالهواء على لسانها وبعدها تدخل اللسان الى تجويف في سقف فمها مبطن بخلايا مستقبلة كيماوية .



الشكل (١٨ ــ ٩) : صورة ميكروفوتوغرافية لبراعم الذوق من مجسات السمكة القط . والمستقبلات الفعلية هي المتطاولة والتي هي خلايا طلائية متحورة ومتجمعة على القمة .

اللسان واغشية الانف في الثدييات . وبالاجمال فان مستقبلات الذوق متكيفه للتحري عن الجزئيات المذابة في سائل بينما مستقبلات الشم تستجيب للجزيئات المحمولة بالهواء ــ غالبا بتراكيز غاية في الصغر (مستقبلات الشم يمكن أن تكون اكثر حساسية بالاف المرات من مستقبلات الذوق) . والتمييز بين الحاستين في كثير من الحالات هو اصطناعي تماما . فهو يبدو بلا معنى عند تطبيقه على الكائنات المائية وحتى في حيوانات اليابسة فان جزئيات المواد الكيماوية ذات الرائحة يجب ان تتحول الى سائل في اغشية الانف الرطبة قبل ان يصبح بالامكان التحري عنها بواسطة مستقبلات الشم . وفضلا عن ذلك فان كثيرا مما يمكن اعتباره احساسا بالذوق هو في الواقع ناتج عن حاستنا بالشم المنبهه بواسطة روائح الطعام التي تصل الى الممرات الانفية من الفم .

ومع اننا قادرون على ان نميز غالبا عددا لا متناهيا من الروائح والنكهات فان هذه في الواقع ناتجة عن انواع مختلفة من مزيج من اعداد صغيرة نسبيا من المنبهات . ان هناك فقط اربعة اذواق اساسية هي الحلو ، الحامض ،



الشكل (١٨ ــ ١٠) : مجسات العث تحتوي مستقبلات كيماوية (شمية) وميكانيكية تستجيب لحركات الهواء والذبذبات واطئة التردد .

المالح والمر . وان مستقبلات كل منها تتركز في مناطق مختلفة من اللسان وكل احساس بالتذوق نمر به يمثل تركيبة خاصة من درجات مختلفة من هذه الاذواق الاربعة . ولان كل مستقبل يقدر ان يسجل عددا من التباينات الخفيفة في الشدة فان عدد النكهات التي تستطيع تمييزها كبير جدا . ان استجابتنا للروائح حتى وان كانت اكثر اختلافا فهي تعمل على نفس المبدأ ، فيبدو أن هناك سبعة انواع من الروائح الاساسية وكل له نوع خاص من المستقبلات . ولقد افترض، ولو انه لم يبرهن ذلك تماما ، ان السبعة أنواع من المستقبلات مخصصة لجزيئات مختلفة الاشكال . فجزيء معين يمكن ان يلائم فقط موقعا مستقبلا واحدا فقط . وان جزيئا اخر يمكن أن يتشكل ليصبح قادراً على أن يلائم عدة مواقع مستقبلة ، معطيا احساسا شميا اكثر تعقيدا .

الرؤيـــة : Vision

تقذف الارض بشكل ثابت بطيف واسع من الاشعاعات الكهرومغناطيسية التي تتراوح في الطول من امواج الراديو الطويلة التي طول موجتها بحدود ١٠ متر الى اشعة جاما التي لها اطوال امواج يصل قطرها الى 10^{-12} من المتر . والضوء المرئي او الاشعاعات التي نستطيع التحري عنها باعيننا تؤلف فقط جزءا صغيرا جدا من الطيف الكهرومغناطيسي الكلي وطول امواجه يتراوح من حوالي ٤٠٠ نانوميتر للاشعة الزرقاء الى حوالي ٧٠٠ نانوميتر للحمراء . والطاقة المحمولة بأي نوع من الاشعاعات الكهرومغناطيسية تختلف باختلاف طول الموجة . وكلما قصر طول الموجة عظمت الطاقة . وان الضوء ذو اطوال امواج اقصر من تلك التي في المنطقة المرئية من الطيف لذا فهو ذو طاقة عالية جدا تكفي لكسر روابط معظم الجزيئات العضوية ، ولحسن الحظ فان معظم الاشعة فوق البنفسجية واطوال الامواج الاقصر يمتصها الاوزون في الجو ولا تصل ابدا الى سطح الارض . كما ان معظم الاشعة تحت الحمراء واطوال الامواج الاطول هي ضعيفة لدرجة انها لاتحدث تغيرات جزيئية وان كنا نشعر بهذه الاشعاعات كحرارة على جلودنا . ان الضوء المرئي مع ذلك ، يحتوي على الكمية المناسبة من الطاقة اللازمة لاحداث تغير في التنظيم الجزيئي بدون احداث ضرر للجزيئات العضوية وان هذه الامواج هي التي تمر خلال

الجو وتصل الى سطح الارض بأقل قدر من التدخل . وليس مستغربا اذا ان معظم الكائنات الحية قد طورت اجهزة استقبال بصرية حساسة لاطوال امواج تقع في هذا المدى .

ان القدرة على التحري والاستجابة للضوء هي ميزة لكل **الاشياء الحية** تقريبا ، وحتى بعض المخلوقات وحيدة الخلية . فاليوجلينا تمتلك عضيـــولات متخصصة او بقعا عينية محتوية على صبغة حساسة للضوء تسجل وجـود الضـــوء ، وكثـــير من الحيوانـــات عديـــدة الخلايـــا لها خلايا مستقبلة للضوء علـــى سطـــوح اجسامهـــا تنجز وظائـــف مماثلة ، فـــــــدودة الارض مثلا لها هذه المستقبلات الضوئية على جلدها ممكنة اياها من التحـــري عن الضوء وتجنبه . ان مثل هذا النوع البدائي من «الرؤية» موجود في انواع راقية كذلك . فانواع معينة من النواعم (الرخويات) وسرطـــان البحر لهـــا عصبونات متخصصة ، ليست مرتبطة بالعيون ولا بمناطق الرؤية من الدماغ ، وتقدر مع ذلك على اعطاء سيالات عصبية استجابة للضوء . وحديثا تقرر ان بعض الطيور ايضا تمتلك خلايا عصبية حساسة للضوء واقعة في اعماق الدماغ وتقيس طول النهار . ان هذه المستقبلات تقنن النظام الفيزيولوجي للكائـــن مع الدورة اليومية للظلام والضوء . كما انها قد يكون لها دور مهم في تطور الغدد الجنسية خلال فترات الزواج الفصلي ، وفي الاشارة الى وقت بدء الهجرة .

ان هذه المستقبلات تستجيب فقط للتغيرات الكبيرة في الاضاءة فهي قد تخبر الكائن أن الضوء موجود ، وفي احسن احوالها قد تزوده ببعض المعلومات حول شدة هذا الضوء . ومع ذلك فهي لا تستطيع ان تتحرى عن الاتجاه الذى قدم منه الضوء او اية تحركات لمصدر الضوء . ويبدو واضحا انه من مصلحة الكائن ان يكون لديه القدرة على استخراج الكثير من المعلومات المفصله الموجودة بشكل كامن ، من الضوء الساقط عليه . ان القدرة على عمل ذلك هي نتيجة تطورية بواسطتها اصبحت المستقبلات الضوئية منظمة في عضو معقد يسمـــى **العـــين** .

وتتركب العين بشكل اساسي من ثلاثة اجزاء : receptor cells.

١) تركيب يدعى **بالعدسة** lens لتركيز الضوء على الخلايا المستقبلة receptor cells

٢) مجموعة من الخلايا المستطيلة تحتوي كل واحدة على صبغة ضوئية منظمـــة photopigment في طابور يدعى **الشبكية** retina .



الشكل (١٨ ــ ١١) : تتركب العين المركبة للذبابة من عديد من الاوماتيديا المفـــردة كل منها تشكل صورة منفصلة . وحقول الرؤية للاوماتيديا تتراكب . ونتيجة لهذا الترتيـب فان العين المركبة هي حساسة بشكل خاص للتغيرات السريعة في الضوء والظلمة كما هـــو ممكن حدوثه على الحافة لجسم متحرك (كما في حالة منظر ثابت امام حشرة تطير) .

٣) مجموعة من الخلايا العصبية التي تشتبك مع الخلايا المستقبلة تنقـــــل المعلومات البصرية الى الجهاز العصبي المركزي .

ان هناك عدة فوائد ترتبط بهذا النظام . فالعدسة تسمح للضوء أن يتركز ويبؤر على المستقبلات معطيا اياها حساسية اكثر ، واكثر من ذلك ، كلما ازداد عدد الخلايا المستقبلة ازدادت قدرة العين على فصل التفاصيـل الدقيقـــة للصورة .

ولقد تطور نظامان مختلفان للرؤية بشكل مستقل في كائنات على فروع بالغة التباين في الشجرة التطوريـــة : **العـــين المركبـــة** compound eye للمفصليات ومن ضمنها الحشرات والقشريات ،والعين من نوع الكاميرا ،الموجودة بين الفقريات وبعض النواعم . والعين المركبة تتركب من وحدات مستقلة عديدة تدعى اوماتيديا ommatidia وكل منها لها عدستها الخاصة وخلاياهـــا

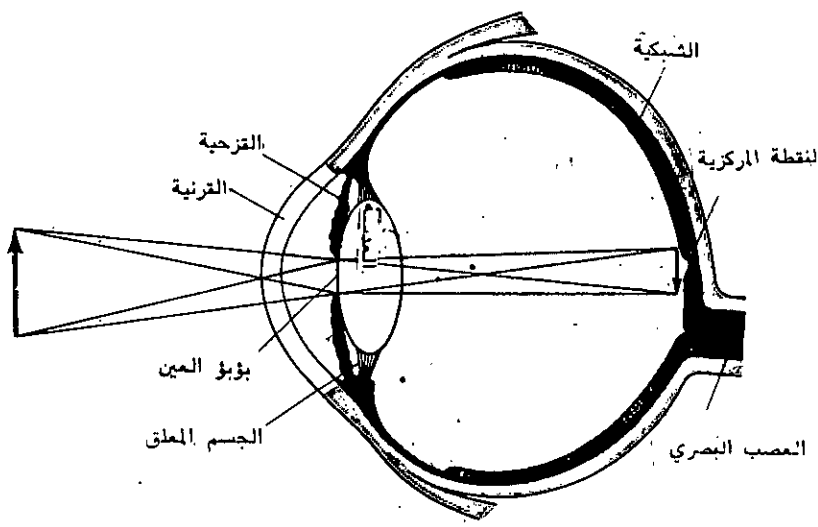


الشكل (١٨ ــ ١٢) : ان انواعا متعددة من استقبال الضوء غير الرؤية موجودة في العالم البيولوجي . فكثير من الافاعي مثلا مزودة باعضاء نقر ــ مستقبلات حسية متخصصة عالية الحساسية للاشعة تحت الحمراء (الحرارة) . وهذا يمكن الافعى من تحديد موقع الفريسة ذات الدم الحار حتى في الظلام . والاعضاء النقر يمكنها أن تتحرى فقط عن الاتجاه والشدة للاشعاعات . وبما انها لا تشكل صورة فهي لا تستطيع نقل كثير من المعلومات عن البيئة كما تفعل العين .

المستقبلة وعصبها الحسي الذي يؤدى الى الدماغ . وكل اوماتيديم يغطي مجالا بصريا يتراكب فوق مجال مجاوره ، وقد تبين ان هذه الوحدات شديدة الحساسية للتوهج اى للتغيرات السريعة من الضوء والظلام . وكنتيجة لذلك فالعين المركبة هي جهاز فعال جدا للتحري عن الحركة اكثر في هذا المجال من عين الفقريات وبينما تكون العين المركبة مئات بل حتى الاف الصور المتفرقة ، فان العين الكاميرا تستخدم عدسة واحدة للتركيز وتكون صورة واحدة على الخلايا المستقبلة للشبكية . وكل خلية تسجل فقط جزءا صغيرا من الصورة الكبيرة ولكن الدماغ ينسق ويكمل المعلومات من ملايين الخلايا الشبكية ليشكل صورة للبيئة دقيقة التفاصيل وواضحة . وكالكاميرا الفوتوغرافية ، فالعين الكاميرا يمكن ضبط كل من بؤرتها وكمية الضوء الي يسمح له بالمرور . وفتحة العين تعرف هنا **بالبؤبؤ** pupil وقطره ينظم بواسطة فتح وغلق تركيب يعرف **بالقزحية** iris .

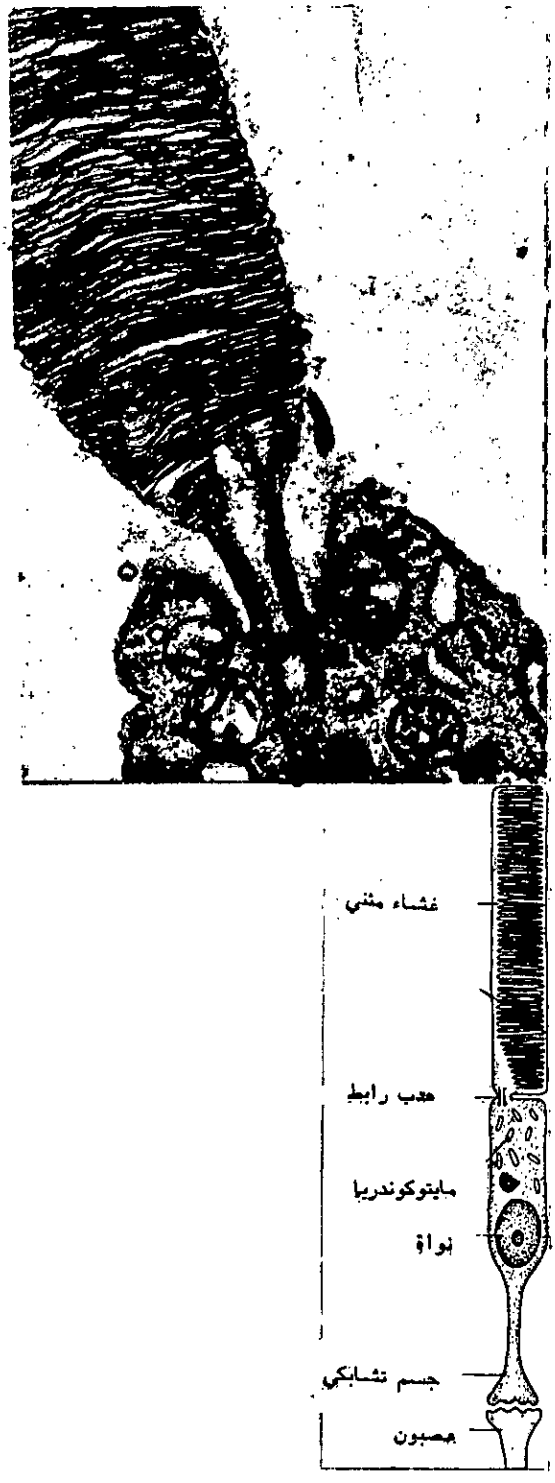
والقزحية مركبة بشكل رئيسي من عضلات ملساء ويسيطر عليها بواسطة رد فعل عكسي ، فعندما يضرب الشبكية الضوء الساطع فان الياف عصبية غير ارادية تسبب انقباض القزحية ، مصغرة بذلك الفتحة ، وفي الضوء الخافت يسمح للقزحية بالتمدد ويسمح لمزيد من الضوء بالمرور والعضلات التي تغير سمك العدسة ، وهكذا يسمح لعين الانسان من أن تغير بؤرتهاللاشياء القريبة والبعيدة ، هي أيضا تحت السيطرة غير الارادية او الذاتية للجهاز العصبي . وبعض الحيوانات مع ذلك تستخدم نطاقا آخر لتركيز الصورة . انها لا تغير سمك العدسة ولكنها تحرك العدسة فتقربها او تبعدها عن الشبكية .

الشبكية : *The retina* : بعد أن يمر الضوء خلال العدسة والغرف المملوءة بالسائل في كرة العين ، فانه يسقط على الشبكية ، وتحتوي شبكية الانسان على أكثر من (١٣٠) مليون خلية مستقبلة حساسة للضوء ، وهذا يفسر قدرتها الفاصلة العالية . وهي تحتوي كذلك على عدة طبقات من الخلايا العصبية ، التي بواسطتها تنظم المعلومات القادمة من الخلايا المستقبلة وترسل الى الياف العصب البصري ومن



الشكل (١٨ ــ ١٣) : عين الانسان . الفراغ الواقع امام العدسة يغسل بسائل مائي . وخلف العدسة تملا مادة جيلاتينية كرة العين وتحفظ شكلها . والعدسة نفسها مؤلفة من الياف بلورية من البروتين تركز الصور على الخلايا المستقبلة الحساسة من الشبكية . وكمية الضوء الواصل الى الشبكية تنظم بفتح واغلاق القزحية الملونة العضلية (الجزء من العين الذي يعطيها لونها المميز) . والتركيز يسيطر عليه بعضلات تغير شكل العدسة جاعلة اياها اسمك لرؤية الاشياء القريبة وارق لرؤية الاجسام البعيدة .

ثم الى الدماغ . ان وجود هذه الشبكة المعقدة من الخلايا ضمن الشبكيـــة نفسها يشير الى ان المعلومات البصرية تمر بكمية معقولة من عمليات التبويب



الشكل (١٨ ــ ١٤) : تخطيط وصـــــورة ميكروفوتوغرافية لخلية العصى . يعمل الضوء على جزيئات الصبغة الضوئية الواقعـــة في الغشـــاء المجعد لينتج جهدا مولدا ينقل خلال (الساق) العنق الناقل الى الجسم التشابكي . وحساسية هـــذه الميكانيكية مشهـورة جدا فحتى بضعـــة فوتونات يمكن ان تسبب نقل السيال العصبي . والتركيب الرابط بـين الجزئين من الخلية هو هدب متحور .

والتفسير قبل أن تنقل الى الجهاز العصبي المركزي . ومما يثير الدهشة ان هذه الخلايا تقع بين العدسة والخلايا المستقبلة التي تشكل طبقة واحدة في المؤخرة البعيدة للعين ومرتبة بحيث انها تتجه بعيدا عن الضوء القادم . ولكي يصل الضوء الى الجزء الحساس للضوء من الخلية المستقبلة فان على الضوء أن يخترق أجسام الخلايا العصبية الحسية بالاضافة الى تلك للخلايا المستقبلة نفسها .

وشبكية الانسان ومعظم الفقريات تحتوي على نوعين من الخلايا الحساسة للضوء ، **العصي** rods **والمخاريط** . cones وكل منهما يتألف من منطقتين وظيفيتين ترتبطان بواسطة تركيب رفيع يشبه الساق ، واظهرت الدراسة الميكروسكوبية التفصيلية أنه نوع متحور من الاهداب ، ففي احدى نهايات الخلية يوجد غشاء بالغ التثنى بدا شبيها بكومة من النقود أو الاقراص عندما صور بواسطة الميكروسكوب **الالكتروني** ، وهي تحتوي على صبغات حساسة للضوء . أما النهاية الاخرى للخلية فهي تشابه الليف العصبي في التركيب والوظيفة . ان دورها هو نقل الجهد المتولد الذى ينشأ بسبب فعل الضوء على الصبغة البصرية الى خلية عصبية تتشابك معها باللمس . ان

اللا استقطاب الجزئي لغشاء الخلية المستقبلة يسبب تحرير جزيئات المواد الناقلة الى الشق التشابكي . وهذه الاستجابة ، وهي لا تشبه تلك التي في معظم الخلايا العصبية قبل التشابكية ، متدرجة ، فكلما كان الضوء اقوى كان اللا استقطاب اعظم وكانت كمية الناقل العصبي المتحررة في التشابك اكثر . وعلى الرغم من التشابه في التركيب فان العصي والمخاريط تقدم مساهمات مختلفة لقابليتنا البصرية . ان معظم الستة ملايين مخروط أو ما يقاربها الموجودة في العين واقعة في منطقة في مركز الشبكة هي بضعة ملمترات في القطر . فمعظم المخاريط اذا مركزة في مساحة صغيرة واكثر من هذا فان كلا منها يصنع وصلة تشابكية مع خلية عصبية حسية واحدة . وبعبارة أخرى فان كل مخروط له بالنتيجة طريقه الخاص الى الدماغ . وبسبب هذه الترتيبات التشريحية ، فالمخاريط قادرة على تسجيل تفاصيل بالغة الدقة . وفي الواقع فان معظم الرؤية المفصلة تنجزها المخاريط ، وعندما ننظر الى جسم

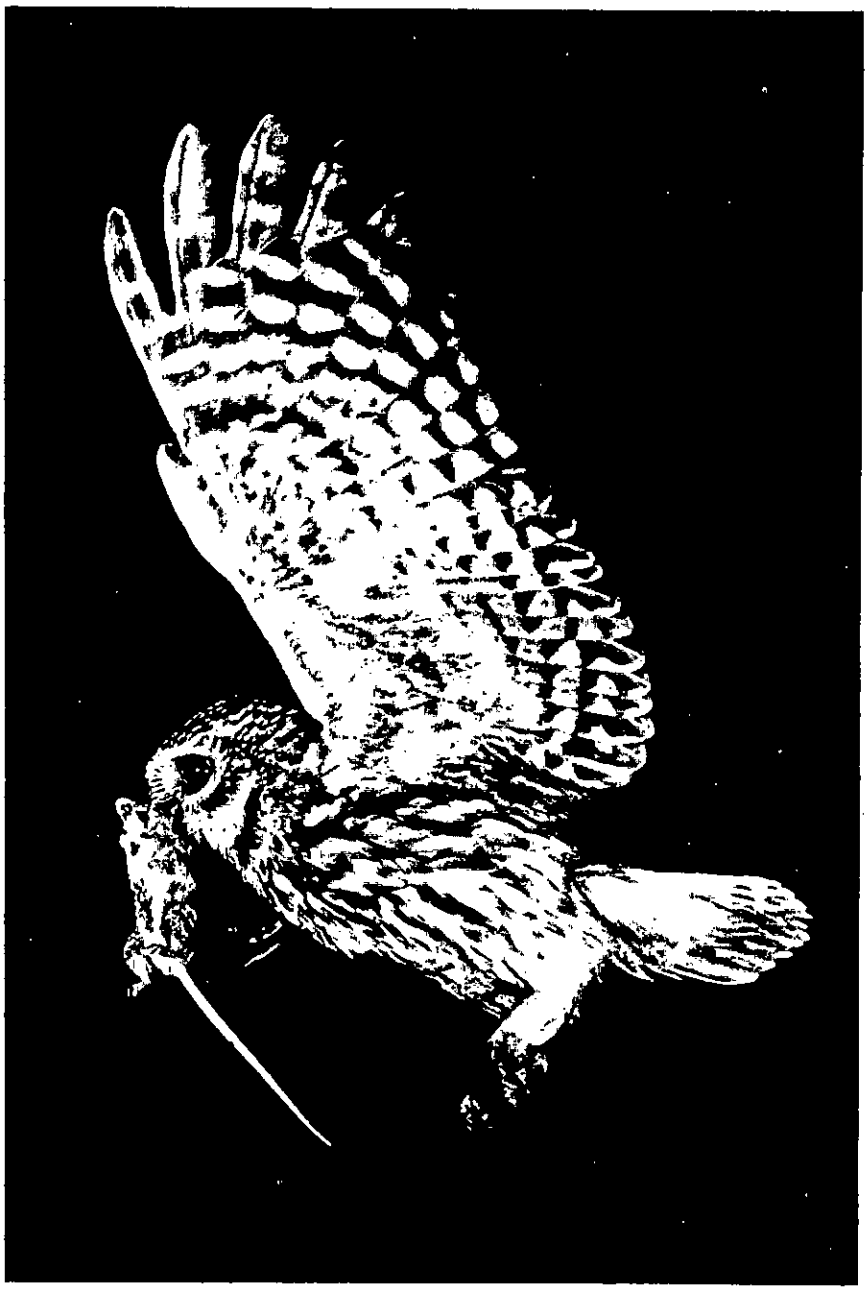
ما فاننا تلقائيا نحرك عيوننا بحيث تبقى صورته مركزة في منتصف الشبكية اكثر منها على المناطق المجاورة .

وكلما تحركنا بعيدا باتجاه محيط الشبكية فان عدد المخاريط يتناقص وعدد العصى يزداد . والعصى لها وصلات منتشرة مع الخلايا العصبية اكثر بكثير مما للمخاريط . وكل من العصى يشتبك مع خلايا عصبية كثيرة ، وكلخليةعصبية تستقبل تيارا داخلا من عديد من العصى . والنتيجة فان قدرتها على توضيح التفاصيل اقل بكثير منها للمخاريط . غير أن العصى اكثر حساسية للضوء الخافت من المخاريط. والضوء الخافت الساقط على مخروط يمكن أن يهيج الخلية بخفة ولكن التهيج سيكون غير كاف بشكل عام لان يطلق الخلية العصبية الحسية التي تشتبك معه.

ان علاقة (عديد مقابل واحد) بين خلايا المخاريط والخلايا العصبية الحسية بعد التشابكية تسمح لعملية تجميع أن تلعب دورا كبيرا في استجابة الخلية العصبية . فعن طريق التجميع يمكن أن تكتسب الخلية العصبية التي تستلم فقط منبها صغيرا من كل خلية مستقبلة ، يمكن أن تكتسب تحفيزا كافيا لان يسبب اطلاق سيال عصبي . وبالنتيجة فان المخاريط تستخدم بشكل واسع للرؤية اثناء النهار والعصى للرؤية الليلية . والمراقبون في الضوء الخافت المجربون كرجال الارصاد يعلموا أن لا ينظروا مباشرة الى جسم خافت ، وبدلامن ذلك فهم يضعونه على حافة مجال رؤيتهم حاصلين بذلك على أعظم فائدة من العصى الحساسة الموجودة على حافة الشبكة

الصبغات البصرية *The visual pigments* : لكي تساعد النباتات في عملية التمثيل الضوئي تستخدم صبغات تسمى **الكاروتينات** carotenoids لتمتص الضوء في الجزء المرئي من الطيف وقليلا خلفه (٣٠٠ ــ ٨٠٠ نانوميتر) . والصبغات البصرية (جزيئات حساسة للضوء) في الحيوانات مرتبطة بشكل متين الى كاروتينات النبات . فهي تحوي مشتقا كاروتينا من فيتامين A . أن الكاروتينات مع ذلك لايمكن تخليقها من قبل الجسم ويجب أن يحصل عليها من الطعام الذي نتناوله وهكذا مباشرة وغير مباشرة من النبات . وخلايا العصى تحتوي على صبغة ضوئية تعرف **بالرودبسين** rhodopsin وتعريض جزيئات الرودبسين للضوءيسبب تغيرا في تنظيمها الفراغي والذي ينتج نوعا من اللااستقطاب الجزئي لغشاء الخلية . أما كيف يحدث هذا بالضبط فلا أحد يعرفه تماما.وواضح

ان سببه تفاعل كيماوي معين يتم بمساعدة الرودبسين بصورته المتغيرة نتيجة للضوء . ومهما كانت الطريقة فانها غاية في السرعة ، والنبض الكهربائي سيتولد



الشكل (١٨ ــ ١٥) : البوم الذي يصطاد في الليل يستفيد من حجم عينيه الكبيرتين المحتويتين على وافر من خلايا العصى لتجد فريستها في الظلام المجاور . ونظرا لاحتواء عين البومة على القليل من المخاريط فانها عمياء للالوان .

خلال ٢٠٠ر٠ ثانية بعد سقوط الضوء على الخلية . كما انها غاية في الحساسية وواضح أن كل جزيء من الرودبسين يحتاج ان يمتص فقط فوتونا (ذرة من الضوء) واحدا لكي يتم تحوله التركيبي وان اعادة ترتيب بضعة جزيئات يمكن أن يسبب لاستقطابا كافيا لان يطلق سيالا عصبيا في الخلية بعد التشابكية . وبعد اتمام الرودبسين لوظيفته فانه يستعيد بسرعة شكله الأصلي ليصبح ثانية مستعدا لأن يستجيب للضوء .

ان الميكانيكية البصرية في خلايا المخروط هي مماثلة ولكنها اكثر تعقيدا . فالعصى حساسة لمدى واسع من أطوال الامواج ولذا فلا تميز بين الالوان ، لهذا فان رؤية الألوان غير ممكنة بوجود العصى فقط .وتهيجها لايعطى الا احساسات رمادية محايدة . والانسان مع ذلك له ثلاثة انواع من المخاريط ، كل منها يحتوي على صبغة ضوئية مختلفة قليلا . واحد هذه حساس بشكل اساسي للضوء الازرق وآخر للاخضر وثالث للضوء في المنطقة الحمراء الصفراء . ان وجود ثلاثة مستقبلات مختلفة ، كل منها حساس لجزء مختلف من الطيف يمكننا من ان ندرك الالوان (الفنانون وعلماء النفس عرفوا منذ مدة طويلة ان كل ظلال الالوان يمكن انتاجها بمزيج معين من الالوان الاساسية الثلاثة .) ان رؤية الالوان هي خاصية لا يشارك فيها كثير من الثدييات الأخرى ولكنها مع ذلك تمتلكها بعض الطيور ، والزواحف ، والاسماك . والحشرات ايضا يبدو انها قادرة على تمييز الألوان ولكن مداها البصري ليس كما هو لدينا . انه يتضمن امواج الاشعة فوق البنفسجية التي لا نستطيع رؤيتها ولكنه يستثني النهاية الحمراء للطيف . وبالاضافة الى ذلك فان الحشرات هي واحدة من كثير من الأنواع التي يمكنها ان تتحرى عن الضوء المستقطب الذى تستخدمه في الاتجاه كنوع من البوصلة الطبيعية

السمع والتوازن : Hearing and equilibrium

ان حاستي السمع والتوازن مثال رائع يبين كيف ان نفس التراكيب والوسائل البيولوجية الاساسية يمكن أن تتكيف لاغراض مختلفة تماما . وعلى الرغم من اختلافهماالذي تبدوان عليه للوهلة الاولى فان كلا منهما ينتج مع نشاط مستقبل ميكانيكي متخصص يعمل بشكل ملحوظ بنفس الطراز

وان هذا يصعب اعتباره محض صدفة لانه يبدو أن كلا النوعين تطور من سلف مشترك ــ وهو تركيب يعرف بعضو **الخط الجانبي** lateral line organ ولا يزال موجودا في الاسماك اليوم .

الخط الجانبي *The lateral line* : يمتد الخط الجانبي على طول الجسم والراس للسمكة . ويتألف من مستقبلات تدعى بالخلايا الشعرية hair cells تقع عادة داخل تجويف او قناة واقية . والخلايا الشعرية هي خلايا طلائية متخصصة تبرز منها شعيرات قصيرة stereocilia . وتكون الشعيرات مغموسة عادة في أغشية جيلاتينية تعمل بصورة تشبه أشرعة القارب ، معطية مساحة سطحية أوسع لالتقاط التيارات المائية وتضخيم تأثيرها . فعندما تحني التيارات الشعيرات باتجاه ما ، فان الخلايا المستقبلة يزول استقطابها وتطلق النواقل العصبية التي تحفز الالياف العصبية الحسية . واحناء الشعيرات بالاتجاه المعاكس يحدث في الخلايا زيادة في الاستقطاب وبهذا يمنع انطلاق المادة الناقلة.

وعلى الرغم من ان التيارات المائية يمكن توليدها بطرق متعددة ، فالدليل يشير الى ان جهاز الخط الجانبي يستعمل بشكل اساسي للتحري وتحديد موقع الاجسام في المنطقة المجاورة للسمكة . ان اي جسم يسبح بالقرب منها ــ سواء كان مفترسا أو فريسة ــ يخلق تيارات مائية ، وبنفس الطريقة فان التيارات الناتجة عن حركات سباحة السمكة نفسها سوف تشتت قليلا بوجود عوائق محلية . والخط الجانبي يستطيع ان يتحرى عن هذه الانحرافات . ان هذا النظام يساعد مجموعات من الاسماك ان تبقى معا لان كل سمكة يمكنها ان تتحرى عن التيارات التي تنتجها الاعضاء الاخرى لنفس المجموعة . وكذلك فالخط الجانبي حساس للذبذبات الصوتية ذات التردد المنخفض ولهذا فهي بالنتيجة عضو سمع بالاضافة الى اللمس .

الاذن : التوازن *The ear: equilibrium* : تحوي اذن الانسان ثلاثة انواع مختلفة من أعضاء الاحساس تتعلق بالتحري عن الصوت والتسارع والتوجه المكاني ، وكل من هذه الثلاثة يستخدم مستقبلات تحمل مماثلة واضحة للمستقبلات في جهاز الخط الجانبي . وفي كل حالة فان المبدأ الاساسي للعمل هو نفسه في الخلايا الشعرية المغذاة بخلايا عصبية حسية فتخرج منها شعيرات باتجاه غشاء تسبب حركته انحناء الشعيرات وهكذا تحفز الالياف العصبية .

فالاذن الداخلية inner ear هي سلسلة من القنوات والاكياس المملوءة

بالسائل المعروف **باللمف** labyrinth . ومن بين هذه توجد القنوات نصف الهلالية semicircular canals الثلاث كل منها تحتوي على مجموعة من الخلايا الشعرية. ان حركة الراس تسبب حركة السائل الموجود في القنوات (يشبه نوعا ما السائل الذي يتحرك في كأس تحرك فجأة) . وهذا يسبب انحناء الخلايا الشعرية مولدا نبضات عصبية ، والقنوات الثلاث تتجه بصورة عمودية بعضها الى بعض لدرجة ان الحركة في اي مستوى يمكن كشفها ، وان المستوى النسبي للتحفيز للخلايا في أية قناة يزود الدماغ بمعلومات عن السرعة والاتجاه الدقيق للدوران .

وبالقرب من قاعدة القنوات نصف الهلالية يوجد غرفتان تدعيان **بالكيس والقربة** ، sacculus utriculus ، وكل منهما تحتوي على خلايا شعرية . ان الشعر لهذه الخلايا المستقبلة هو في تماس مع تراكيب جيلاتينية تحتوي على بلورات من كربونات الكالسيوم . وبسبب وزن هذه الحجارة (الحصى) فانها otoliths تسلط قوة على الخلايا التي تلامسها فاذا تغير وضع الراس سيتغير اتجاه القوة ، وكل مرة يتحرك فيها الراس فان بعض الشعيرات ستنحني أكثر والبعض بدرجة اقل . والاشارات المتولدة تعلم الدماغ عن امالة الراس بالنسبة لسطح الارض .

ان هذه الاعضاء توجد تامة التطور في الاسماك كما هو الحال في الانسان ، وفي مجموعة واحدة من الاسماك فان الكيس قد تطور بصورة ابعد ليقوم بوظيفة محول سمعي معطيا الكائن حاسة سمعية متطورة اكثر بكثير مما يزوده لها الخط الجانبي . هذه الاسماك (المجموعة Ostariophysi التي تحتوي على السمكة القط وسمكة الكارب واسماك الهرنج) لها مثانة هوائية أو مثانة عوم وظيفتها الاساسية هي المساعدة على طفو الحيوان ولكن تضاعفت وظيفتها بعملها كمستقبل للصوت . ونظرا لان كثافة السمكة والماء الذي تسبح فيه هي تقريبا متماثلة ، فمعظم الاسماك غالبا ذات شفافية كاملة للصوت المحمول بالماء — الموجات الصوتية تمر بسرعة خلال السمكة بأقل قدر من التفاعل. وامواج الصوت الداخلة الى المثانة سوف تسبب تمددها وتقلصها بنفس تردد هذه الامواج . ان هذه النبضات تمرر خلال مجموعة من العظام المتخصصة الى الحصى في الكيس الذي يسبب انحناء الخلايا الشعرية ومرة ثانية بنفس التردد كذلك الذي للذبذبات الصوتية الاصلية . ان النبضات العصبية المتولدة نتيجة

لذلك تفسر بواسطة الدماغ وترددها يشير الى حدة الصوت .

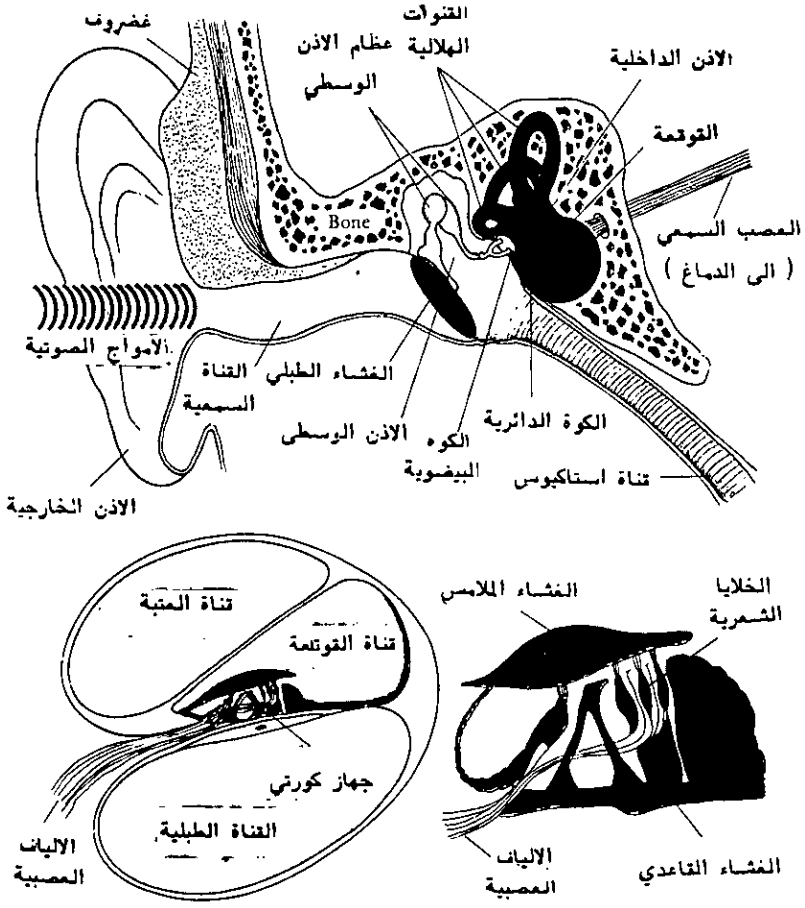
ان ميكانيكية السمع في الفقريات العليا تماثل التي لأسماك Ostariophysi بطرق عدة . فعندما يتحرك الحيوان من الماء الى اليابسة فان تحورات تركيبية معينة تتطور . فلقد استبدلت مثانة العوم كعضو للسمع بطبلة الاذن كما انه ابعدت وظيفة المحول السمعي عن كاهل الكيس واعطيت لتركيب جديد يدعى بالقوقعة — وهي تغير زاد بشكل هائل مدى التردد الذى يمكن التحري عنه . فبينما كانت الاسماك تسمع فقط التردد الى عدة الاف ذبذبة / الثانية فان أذن الانسان تسمع ذبذبات من ٢٠ — حوالي ٢٠.٠٠٠ ذبذبة والكلاب والقطط تسمع الى ٥٠.٠٠٠ ذبذبة وبعض انواع الخفاش يمكنها ادراك بعض نغمات الاصوات بارتفاع ١٢٠.٠٠٠ ذبذبة / الثانية .

الاذن : السمع *The ear: hearing* : الشكل (١٨ — ١٦) يوضح التركيب التشريحي للاذن الخارجية — الزائدة اللحمية الظاهرة والتي نطلق عليها عادة الاذن — تقوم بوظيفة تمرير الامواج الصوتية الى قناة الاذن التي يوجد في نهايتها **غشاء الطبلة** tympanic membrane او طبلة الاذن . وذبذبات غشاء الطبلة تنقل خلال **الاذن الوسطى** middle ear. بواسطة ثلاث عظيمات صغيرة الى فتحة في التيه مغطاة بغشاء وتعرف **بالكوة البيضية** oval window (الشباك البيضوي) . وبسبب ترتيب العظيمات في الاذن الوسطى من ناحية وبسبب ان مساحة الكوة البيضوية اصغر بكثير من تلك التي لغشاء الطبلة من ناحية اخرى فان المرور خلال الاذن الوسطى يضخم امواج الصوت الاصلية جاعلا من الممكن للاذن ان تتحرى عن اخفت الاصوات .

والكوة البيضوية تغطي فتحة **القناة الدهليزية** vestibular canal وهي واحدة من ثلاث قنوات في القوقعة cochlea مملوءة بالسائل . اما **القناة الطبلية** tympanic canal فهي تتصل مع القناة الدهليزية وتنتهي على غشاء آخر يعرف **بالشباك الدائري** round window (الكوة الدائرية) وبين هاتين القناتين تقع **القناة القوقعية** cochlear canal . والقنوات الثلاث تلتف بعضها مع البعض الاخر بشكل يشبه التفاف صدفة الحلزون . (القوقعة هي ترجمة لكلمة يونانية وتعني صدفة الحلزون) وتشكل جميعا الجزء السمعي من الاذن الداخلية ويمتد بين القناة التوقعية والطبلية **الغشاء القاعدي** basilar membrane الذي يستقر عليه عضو كورتي organ of Corti وهو المحول السمعي العضلي الذى

يحتوي على الخلايا الشعرية المستقبلة . ان شعيرات هذه الخلايا منغمدة في **غشاء جيلاتيني** tectorial membrane خشاش يتعلق فوق عضو كورتي في القناه القوقعية .

وميكانيكية التحويل الان يجب أن تكون عملية عادية . فالحركة تحني



الشكل (١٨ ــ ١٦) : الاذن الخارجية تشكل نظام رنين يستجيب لترددات كلام الانسان . والغشاء الطبلي والعظام الصغيرة للاذن الوسطى ، والشباك البيضوي تعمل معا على تكبير اهتزازات الصوت وتنقلها الى سائل القنوات في القوقعة . والمحول السمعي الذي يحول تغيرات الضغط في القنوات الى سيالات عصبية في العصب السمعي هو عضو كورتي ويستقر على الغشاء القاعدي في قناة القوقعة . وامواج الضغط في القناة الطبلية تحرك الغشاء القاعدي بخلاياه الشعرية الى الاعلى والاسفل . والشعيرات تنحني بفعل هذه الحركة والنتيجة هي جهد مولد ينبه الالياف العصبية .

شعيرات الخلايا المستقبلة التي تنبه بهذه الصورة وبدورها تنبه الخلايـــا العصبية الحسية التي تعمل معها تشابكا تماسيا. والفارق الوحيد في هذه الحالة هو ان الغشاء الحساس هنا هو الثابت نسبيا . وانحناء الشعيرات يتم بفعـــل حركة الغشاء القاعدي الذي يتذبذب الى الاعلى والاسفل مثل الترامبولـــين استجابة لموجات الضغط في سائل القناة الطبلية . ان موجات الضغط هـذه تنشأ عند الكوة البيضية ، فالذبذبات الصوتية تسبب حركة الغشاء الى الداخل والخارج دافعة السائل الى الخلف والامام في القنوات الدهليزيـــة والطبلية (هذه الحركة ممكنة فقط بوجود الشباك الدائري في الطرف المقابل من نظـام القنوات السابق ، وغشاء الشباك الدائري هذا يندفع الى الداخل او الخارج استجابة للضغط المتغير للسائل الناتج عن نبضات الكوة البيضية) .

والغشاء القاعدي مبني بطريقة تضمن ان ميزاته تتغير على طوله البالغ ٣٥ ملم . فاحدى نهاياته تستجيب باحسن ما يمكن للذبذبات ذات التردد العالى



الشكل (١٨ ــ ١٧) : الخفاش له اذنـــان كبيرتان . وهو يعتمـد كثيرا على حاسة السمع للحصول على المعلومات حول البيئة . وباعطائه نبضات عالية فـــوق ـ رنية وتحري اصدائها يستطيع ان يحدد موقع فريسته ويوجه نفسه خلال الطيران .

بينما الاخرى أكثر استجابة للترددات المنخفضة . وهكذا فان تردد أمواج الصوت المنتقل بواسطة السائل الموجود في القنوات يقرر أي من الخلايا الشعريه ستنبه بقوة اعظم وأي من الخلايا العصبية الحسية ستتحفز بغزارة اكبر . ومن هذه المعلومات « الجغرافية » يستنتج الدماغ تردد الاصوات .

الحرب بين الخفاش والعث : *The war between the bats and the moths*

يستخدم الخفاش السمع بالطريقة التي يستخدم فيها الانسان النظر لكي يجمع المعلومات حول البيئة التي يعيش فيها . وخلافا للاعتقاد الشائع فان معظم الخفافيش غير عمياء ولكن حاسة البصر فيها متطورة بشكل قليل . وفي بداية الاربعينات اظهر المجربون ان كثيرا من الخفافيش تطلق نبضات فوق صوتيه عاليه — بعيدا فوق مدى الانسان السمعي . هذه النبضات تصطدم بالاجسام البيئية ويستطيع الخفاش ان يتحرى اصداء هذه الاصوات ، قادرا بذلك على معرفة موقع الفريسة واصطيادها ، وتجنب العوائق خلال الطيران وتوجيه نفسه بدقة ضمن ما يحيط به . وهذه القدرة الحسية للخفافيش تدعى بتحديد موقع الصدى .

والخفاش هو مخلوق ناجح بشكل ملحوظ . لقد عاش وازدهر منذ اكثر من ٦٠ مليون سنة خلت وهذا النجاح هو الى حد كبير نتيجة لقدرته على استخدام مصدر غذاء ليلي عليه اقل قدر من التنافس وبشكل خاص العث الذي بشكل نسبه كبيرة من وجبات الخفاش . والخفافيش خلقت ضغطا متزايدا على التجمعات السكانية من العث لدرجة ان انواعا من هذا الاخير طورت لنفسها اعضاء خاصة للتحري عن حركات الخفاش المحددة للموقع بواسطة الصدى متجنبة بذلك عامل التطفل . والعث الليلي ، مثلا له عضوان طبليان واحد على كل جانب من الجسم وكل منهما يزود عصبيا باثنين من الالياف العصبية . وواحد من الالياف العصبية حساس للامواج فوق الصوتية الواطئة الشده ، والاخر للامواج الصوتية العالية الشدة . ان هذه العصبونات تدل العث على مواقع الخفاش ، فاذا اكتشف وجود نبضة خافتة فانها تبرق الى العث بأن الخفاش لايزال بعيدا لحدما ، عندها يستدير العث عن الخفاش ، ويتحرك بعيدا عن المدى الفعال لصدى الخفاش . وعندما تكتشف نبضة عالية ، مشيرة الى ان

الخفاش قريب ، فان كلا من الجهازين العصبين يتهيج ويقوم العث بانشاء سلسلة من المناورات المعقدة المضللة كان يغوص راسا احيانا نحو الارض .

اللمس ، والضغط ، والحرارة ، والالم :
Touch, pressure, temperature, and pain

ان جلد معظم الحيوانات ومن ضمنها الانسان يحوي مجموعة متعددة من مستقبلات حسية متخصصة تستجيب للحرارة ولمختلف اشكال التماس العضوي . وعندما تنبه هذه فانها تعطي الاحساسات التي نسميها اللمس والضغط والدفء والبرد والالم . وتختلف هذه المستقبلات بشكل واسع في وفرتها النسبية (مستقبلات الالم اكثر تعددا بكثير في الانسان من مستقبلات الدفء او البرد) وتوزيعها (الاظافر ، والوجه ، واللسان ، ولاغرابة ، مزودة بمستقبلات اللمس بغزاره اكبر منها في مناطق اخرى في الجسم كالظهر). وهي تختلف في التركيب ، فالحويصلات الباسينية Pacinian مثلا التي تقع عميقا داخل انسجة الجسم تأخذ شكل طبقات تشبه البصل من النسج الرابطة ملفوفة حول نهاية عصبية . والخلية العصبية تنبه عندما يحدث ضغط ما على النسيج المغلف . والشعيرات الدقيقة التي تغطي كثيرا من سطح جسم الانسان تعمل ايضا كجزء من جهاز استقبال لمسي شديد الحساسية . وقاعدة كل شعيرة محاطة بشبكة من الياف عصبية . وحتى لو حدثت ازاحة صغيرة جدا كتلك التي يمكن ان تسببها النسمة الخفيفة الناتجة عن مرور حشرة فهي تسجل بواسطة النهايات العصبية . وهناك مستقبلات اخرى متخصصة بطريقة مماثلة للتحري عن الحرارة والبرودة واللمس .

والالم ليس نفسه منبها نوعيا . بل هو بالاحرى احساس يمكن ان ينتج عن عدد من المنبهات المختلفة . والالم يمكن ان ينتج ببساطة من زيادة التنبيه الناتجة عن مستقبلات الحرارة ، والبروده ، والضغط العادية . ويمتلك الجسم كذلك مستقبلات الم متخصصة ، وهذه تأخذ شكل نهايات عصبية حرة ، ويبدو انها تعمل بطريقتين : فاذا تألمت الخلية العصبية نفسها ــ قطعت مثلا او هرست فانها تعطي مجموعة نبضات عصبية يفهمها الدماغ على اساس انها الم . وحتى وان لم تتأثر مباشرة ، فانها قد تستجيب مع ذلك اذا دمرت الانسجة الاخرى المجاورة ، فالخلايا التي احترقت او جرحت او أوذيت باية طريقة اخرى تحرر

مواد ناقلة كيماوية معينة تنبه النهايات العصبية الحرة المجاورة وتسبب اطلاقها . ان هذه الميكانيكية تفسر حقيقة ان احساسات الالم عادة تتزايد ببطء وهي نسبيا غير نوعية ، فأنواع مختلفة من الاصابات يمكن ان تعطى نفس الشعور بالالم .

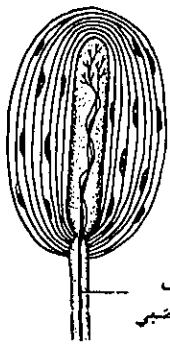
تحسس البيئة الداخلية Sensing the internal environment

لقد اصبحت الاحساسات التي تعطينا معلومات حول العالم الخارجي مألوفة لدينا والمستقبلات الحسية عليها ايضا ان ترصد العالم المعقد داخل اجسامنا وذلك للمحافظة على ثبات البيئة الداخلية حيث تنظم عملياتنا الحيوية. وهناك نوعان من المستقبلات تتحسس البيئة الداخلية . الاول مستقبلات متخصصة تقع في الاحشاء ترسل اشارات الى الدماغ عندما تتمدد الرئة اثناء التنفس او عندما يكون الضغط العام عاليا جدا او واطئا جدا ، او عندما تحدث تغيرات في مستوى الاوكسجين وثانى اوكسيد الكربون في الدم — وهى معلومات ترشد الدماغ في عملية التنظيم الاتوماتيكية التي يقوم بها للوظائف الجسمية (بخلاف ضربات القلب وضغط الدم ، يخضع التنفس جزئيا للسيطرة الواعية بالاضافة الى ماسبق — ولكن فقط جزئيا كما يمكنك تصور ذلك اذا حاولت امساك نفسك الى مالا نهاية). فارتفاع مستوى ثانى اوكسيد الكربون في الدم سوف يدفع اخيرا الجزء من الدماغ الذي ينظم التنفس الى ايقاف جهودك الارادية لكي لاتتنفس .

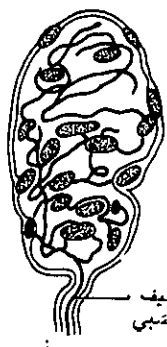
والمستقبلات من النوع الثانى متميزة في انها مجرد خلايا عصبية في الدماغ وليس لها اية تراكيب متخصصة للاشارة الى دورها كمستقبلات حسية ، وتخصصها هو تحسس الدم — وبالتحديد درجة حرارته ، ومحتوى الاوكسجين وثانى اوكسيد الكربون ، والضغط الاسموزي ، والتركيب الايونى ومستوى بعض الهرمونات . وكل مجموعة من الخلايا يبدو انها متخصصة لتحسس واحدة فقط من تلك العوامل . والمعلومات المجموعة بواسطة هذه المستقبلات الداخلية غالبا مالا تعطي احساسات واعية — فنحن لسنا واعين على سبيل المثال للرسائل المرسلة من قبل المستقبلات التي ترمز لمستوى ثانى اوكسيد الكربون في الدم . ولكن هناك شواذ . فاحساسات الجوع ، والعطش ،

والغثيان هي امثلة واضحة . وبين هاتين النهايتين المتباعدتين منطقة ضرورية بشكل حيوي تختص بالادراك الحسي الذي نعي بعضه جزئيا على الاقل ، ولكن قلما نعيره اهمية واعية كبيرة . وهذه نظرية **الادراك المتخصص** proprioception ، او الادراك الذاتى ، وهى الحالة الحسية التي تعلمنا عن الحالة والوضع المكاني لاطرافنا وسائر تراكيب جسمنا الاخرى .

والمستقبلات المتخصصة هي مستقبلات ميكانيكية متخصصة واقعة في المفاصل ، والاوتار والعضلات ، وهي تعطينا معلومات حول الزوايا للمفاصل المختلفة وحالة التوتر والارتخاء للعضلات المختلفة . فمثلا ، يمكنك اغلاق عينيك وبدون جهد كبير ، تجلب سبابتين معا الى ان تتلامسا ، وبامكانك ان تعمل ذلك ويداك خلف ظهرك . وبدلالة العمليات الحسية فان هذا يعني انك



جسم باسن (الضغط العميق)



(اللمس الخفيف)

الشكل (١٨ ــ ١٨) : اثنتان من عديد من الانواع لمستقبلات اللمس موزعة خلال الجلد والانسجة الواقعة تحته والدويصلات الباسينية تستجيب للضغط العميق . ودويصلات ميسنر حساسة للمس الخفيف .

تعرف في كل الاوقات الوضع الدقيق لذراعيك ويديك واصابعك . واكثر من ذلك تعرف بالضبط ، باية سرعة وبأية اتجاه تتحرك هذه الاعضاء . ان هـــذه المعلومات يمكن احساسها بواسطة مستقبلات خاصة في المفاصل حساســـة للتغيرات الصغيرة جدا في حركات الاطراف .

ان المحافظة على طول العضلات المضبوط هو عمل مستقبلات الشد ، التي تدعى **مغزل العضلة** muscle spindles . وهي تسجل تقلص الالياف العضلية التي توجد فيها . مثل هذه المعلومات ضرورية للتنظيم الدقيق لكل النشاطات العضلية . فالناس الذين يفقدون حاسة السمع او البصر يمكنهم بالتمريـــن المناسب ان يحيوا حياة معقولة بغض النظر عن عاهاتهم . ومن ناحية اخرى، فاذا كان على الشخص ان يفقد وظيفة مغزل العضلة فانه لن يكون مجرد معوق وانما كامل الاعاقة . وبينما لايزال ممكنا انشاء الحركات العضلية فانه سوف لايكون هناك تغذية راجعة وبالتالى لا سيطرة ، وسوف يكون من المستحيل ان نصنع حركات متناسبة في المسافة ودرجة القوة . ان مثل هذا الشخص لن يتكلم بكفاءة ، ولا أن يركز عينيه أو أن يمضغ طعامه ، أو يمشي أو ينفذ اي نشـــاط حركي .

•

الجهـاز العصبي Nervous systems

ان واحدا من أكثر أوجه الغرابة في السلوك الحيواني هو حقيقة ان الكائن بكامله يعمل بطريقة متعاونه . وفي اطار هذا النشاط الموحد مثلا ، كالحركة ، يعمل عديد من العضلات بتعاون وبنعومة لدرجة ان فعل البدء بخطوة أو تحريك الذنب في السباحة يبدو انه حركة مستمرة واحدة لكل الحيوان . ان كـل هـذا النشاط الحركي الانتقالي يهتدي بشكل ثابت باعضاء الاحساس التي يحـــول استلامها للمعلومات فورا ويعاد تنظيمه ويفسر على ضوء الحالات الفيزيولوجية الداخلية والمتطلبات الخارجية الراهنة .

لقد تعودنا ان نعزو مثل هذا السلوك المتكامل الى عمليـــات الجهاز العصبي ومع ذلك فالحيوانات وحيدة الخلية التي ينقصها الجهاز العصبي ، تظهر ايضا سلوكا واضح التعقيد في بعض الاوجه . البراميسيوم مثلا يندفـع خلال الماء بفعل الاهداب التي تضرب الماء بتوافق وعندما يلامس الحيوان جسما

اومادة غير مرغوب بها فان ضربات الاهداب تنعكس والحيوان يتحرك بالعكس ويدور قليلا ثم يتحرك الى الامام ثانية . وعندما يتحرى الحيوان عن الغذاء فان الاهداب سوف تستجيب بدقة باحداث تيارات مائية تزلق الطعام خلال منطقة الفم ومنه الى داخل الحيوان .

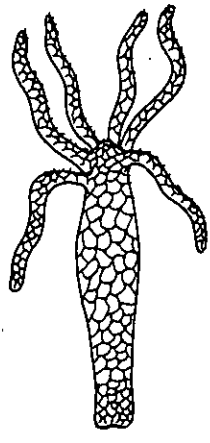
فالبراميسيوم اذا له القدرة على الاستجابة للمنبهات الموجودة في بيئته . لاحظ ايضا ان استجابة الحيوان هي استجابة تعرفية وتكيفية . فهو يقترب من الغذاء ويبتلعه ولكنه يتجنب المواد الاخرى وكذلك ، فنشاطات التراكيب الخلوية متعاونة تمكن الحيوان من الحركة الى الامام او الخلف وابتلاع الغذاء. وهذا السلوك يوحى بان البروتوبلازم في البراميسيوم هو منظم لدرجة كبيرة وهو متمايز ، وهذه هي الحالة فعلا . فالعضيوات الخلوية متخصصة للتحرى عن المنبهات . ونقل التحفيز الى المناطق المختلفة من الخلية . واعطاء الاستجابة المناسبة على شكل حركة هدبية . وهكذا فالخلية الواحدة تستطيع ان تقوم بوظيفة المستقبل ، الناقل ، وجهاز التكامل والتنسيق المتأثر (المستجيب .

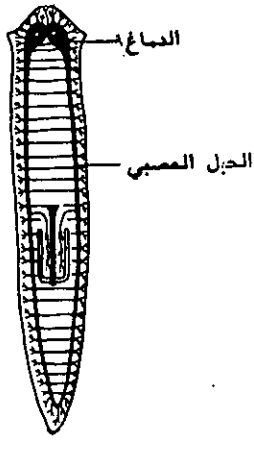
تطور الجهاز العصبي Evolution of nervous systems

لقد ظهرت مشكلة خطيرة مع ظهور الحيوانات عديدة الخلايا . فاذا قامت كل خلية بوظائفها باستقلال فسيصبح نشاط الحيوان غير منسق وفوضويا . وواضح ان بعض الاشراف يجب ان يتم لاحكام التكامل للاجزاء المختلفة من الكائن . وهذه الحاجة قضيت بتطور الجهاز العصبي . فالاسفنجيات تمثل مستوى اعلى بقليل من مستوى مستعمرة غير متكاملة من الخلايا . فهي لاتمتلك خلايا عصبية والاتصال بين كل خلية واخرى هو نتيجة لتأثير اشبه ما يكون بالدومينو المباشر الذي فيه تكون استجابة اية خلية تنبه الخلايا المجاورة ،فمنبه قوي يسلط على جزء من الاسفنج ينقل الى كل الاجزاء في النهاية . والاسفنجيات تمتلك بعض خلايا غريبة يبدو انها غدية في وظيفتها . وتركيب هذه الخلايا مماثل كثيرا للخلايا الافرازية العصبية في الحيوانات الارقى . ولقد وضعت نظريات مؤداها أن الخلايا العصبية الحقيقية تطورت من خلايا غدية وانه واضح ان كل الخلايا العصبية ذات وظيفة افرازية في الاسفنجيات تمثل شكل الاسلاف من الخلايا العصبية الحقيقية ، والخاصة الاضائية للخلايا العصبية

هي قابليتها على نقل السيال العصبي . وان اكتشافها لهذه الخاصة الانتقالية هو قفزة الى مستوى جديد من التنظيم ويفرض على الكائن قدرات مختلفة وجديدة للسلوك .

ان الجهاز العصبي الحقيقي قد شوهد للمرة الاولى في اللاسعويات فالهيدرا ، مثلا ، لها خلايا حسية متخصصة لنقل المعلومات عن البيئه ولها خلايا استجابة متخصصة (خلايا تماثل العضلات وتنقبض اذا نبهت) تستجيب الى هذه المعلومات . هذه الخلايا ترتبط بعضها ببعض بواسطة **شبكة عصبية** nerve net — وهي شبكة منتشرة ذات تركيب من الالياف العصبية المترابطه فيما بينها . والنبض الداخل الى الشبكة لا يسافر باتجاه محدد تماما ولكنه يتحرك خارجيا في كل الاتجاهات ، متناقصا في شدته كلما توزع . وخلال الخلايا العصبية للشبكة العصبية تصبح كل اجزاء الحيوان في تماس مع الاجزاء الاخرى





الشكل (١٨ — ١٩) : كائنان لهما اجهزة عصبية بدائية نسبيا . والشبكة العصبية الموزعة للهيدرا تسمح فقط لاستجابة محدودة للمنبهات . وديدان البلاناريا لها نظام أكثر تعقيدا ، وبداية ظهور الدماغ .

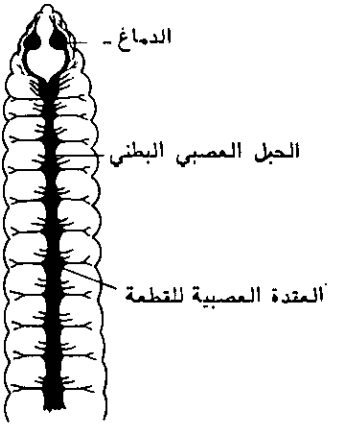
ولكن لاتوجد سيطرة مركزية او استجابة متخصصة .

وهلام البحر هو ايضا له نظام شبكة عصبية ولكنه نظام اكثر تطورا بكثير من ذلك الذي للهيدرا . في هلام البحر توجد شبكتان عصبيتان : شبكه الياف عملاقة وشبكة موزعة . ومحيط الجرس محاط **بحلقتين عصبيتين** nerve rings ، وكل واحدة تحتوي على محاور لخلايا عصبية في احدى الشبكتين العصبيتين ، وهذه تقدم جهازا معقولا للنقل اسرع من الشبكة العصبية نفسها . ويقع في هاتين الحلقتين العصبيتين تجمعات من أجسام الخلايا تعرف **بالعقد الحافيـــة** marginal ganglia وعن طريقها تصنع الشبكتان العصبيتان تشابكا تلامسيا . ويجاور كل عقدة عضو ضعيف الاحساس يدعى **بالعونية** ocellus ـــ وعضو توازن يدعى **بحويصلة التوازن** statocyst ـــ الذي هو أول عضو احساس حقيقي يوجد في المملكة الحيوانية .

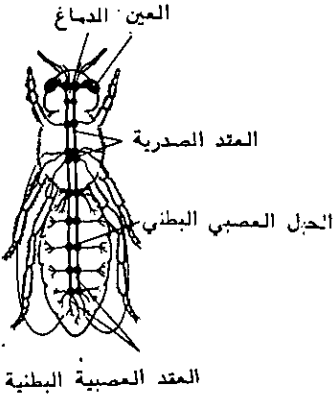
ويظهر هلام البحر شكلين من اشكال السلوك المتخصص مثيرين للغرابة . حركات السباحة المسببة باجبار الماء على الخروج بشكل منتظم من الجرس ، وسلوك التغذية الذي يتألف في بعض الانواع من سباحة الى السطح ، تقلب وطفو الى القعر واللوامس ممدودة تماما متصيدا للغذاء . ولقد اظهرت التجارب ان حركات السباحة تبدأ بنبض من العقد تنتقل خلال الشبكة العصبية العملاقة. اما الشبكة الموزعة فليس لها دور تقوم به في هذا النشاط ولكنها مهمة في سلوك التغذية . ولهذا ففي هلام البحر تستطيع ان ترى بداية طرق عصبية متخصصة تستجيب لمنبهات مختلفة وتنشىء استجابات سلوكية نوعية .

القفزة الكبرى الى الامام *The great leap forward* : لقد تم اختراع كائن ذي تماثل جانبي ثنائي باحداث تغيرات عميقة في تنظيم الجهاز العصبي . وحيوان له مثل خطة الجسم هذه مصمم ليتحرك بشكل رئيسي باتجاه واحد امامي ولـــه نهاية امامية متخصصة دائمة . ولكن اذا تحرك الكائن نحو الامام فهو بحاجـــة الى بعض المعرفة على الاقل بالبيئة الواقعة أمامه مباشرة . ان مجرد هذا القول البريء له اكثر المضامين عمقا لانه يعني ان الحيوان يجب أن تكون اعضاؤه الحسية موضوعة في المقدمة . ان تكيفا كهذا يتطلب ان توضع كتلة كبيرة مـــن الانسجة العصبية قريبا من المقدمة لاستقبال الخلايـــا العصبية من عضـــــو الاحساس . وبعبارة اخرى فان تطور خطة التماثل الجانبي الثنائي يتطلب ايضا تطـــور الدماغ brain .

وبداية هذه العملية يمكن ان نراها في بعض الديدان المفلطحة . فالدماغ او **العقدة الامامية** anterior ganglion للديدان المفلطحة الابتدائية ليس مركز لاستقبال المعلومات من عضو الاحساس الامامي وينقل هذه المعلومات الى مناطق الجسم الاخرى بواسطة جهاز من **الحبال العصبية** nerve cords



الشكل (١٨ ــ ٢٠) : العقد العصبية الامامية لدودة الارض ــ لا تزال بشكل مبدئي مركز تبويب للمعلومات الحسية .



الشكل (١٨ ــ ٢١) : الجهاز العصبي للحشرة .

الطولية (حزم من المحاور الاسطوانية) وتستطيع ان ترى تقدما تطوريا معقولا في الديدان المفلطحة الاكثر تطورا . وقد اختزل عدد الحبال العصبية ، مثلا ، الى اثنين بينما تحتوي الكائنات الاكثر بدائية على حوالي ثمانية والدماغ اصبح متطورا بصورة متزايدة ويميل الى ادعاء دور اعظم كمركز سيطرة على نشاطات الحيوان . ودماغ اللافقاريات يصل قمته في التطور في الحشرات غشائية الاجنحة (النمل ، والنحل والدبابير) وفي الرخويات راسية القدم (ام الخلول والاخطبوط) . وهذه الحيوانات بما لها من دماغ شديد التطور ، تعتبر قادرة

على انماط سلوكية اكثر تعقيدا من اللافقاريات الاخرى . فالسلوك الاجتماعي المنظم المعقد للنحل والقدرة على حل المشاكل في الاخطبوط هي امثلة في هـذا المجـال .

ونفس اتجاه التطور يستمر في الجهاز العصبي للفقريات . وحتى في الحشرات الاعظم تطورا ضوعف عدد الحبال العصبية لان فيها **عقد** ganglia كبيرة (كتل من اجسام الخلايا العصبية) لها دور مهم فأحيانا سيادة الدماغ نفسه لبعض الوظائف . وهذا يمكن فهمه على ضوء حقيقة ان الارجل والاجنحة وفي كثير من الحالات اعضاء الحس متصلة بقطع الجسم الصدرية للحشرة جاعلة وجـود السيطرة المحلية ومركز التنظم لكثر اقناعا وفي الفقريات ، يسمى الحبل العصبي الرئيسي الان« **بالحبل الشوكي** »spinal cord وهو مفرد وتقسيمه الى عقد والياف عصبية متبادلة هو اقل وضوحا بكثير . لقد تطور الدماغ كثـيرا وواضح الان انه مركز التكامل السائد لنشاطات الجهاز العصبي الكامل .

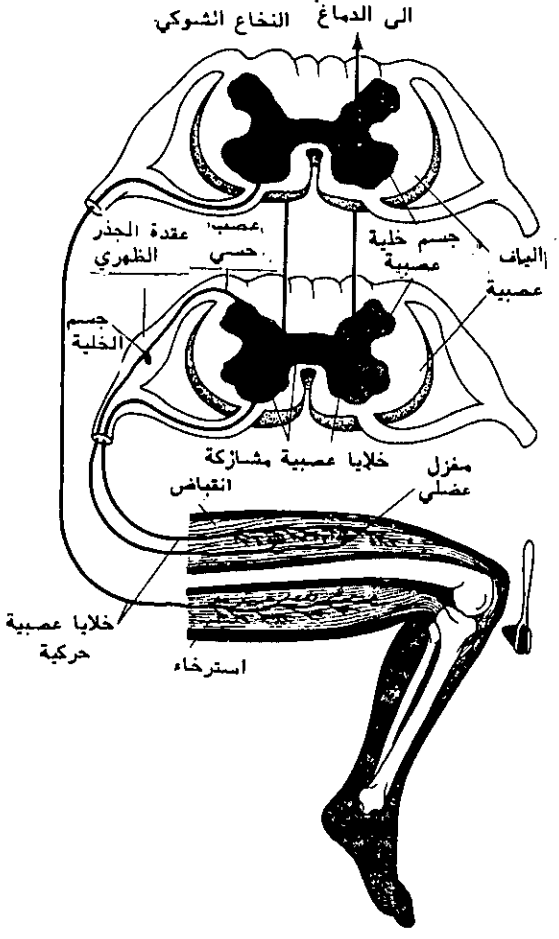
الجهاز العصبي للفقريات The vertebrate nervous system

لكل الاجهزة العصبية ، ما عدا البسيطة منها ثلاثة مكونـات . **الاول :** يضم **العصبونات الحسية** sensory neurons التي تنقل المعلومات حول البيئـة . وفي بعض الحالات فان هذه العصبونات تصنع تشابكا تلامسيا مع خلايا مستقبلة متخصصة كما في العين ، وفي حالات اخرى تكون هي نفسها المستقبلة كما هو الحال في مستقبلات الالم الحرة في الجلد **الثاني :** وهناك **الخلايا الحركيـة او المؤثرة** effector or motor neurons والتي تبث الاستجابة الى عضو الاستجابة . وعموما هو عضلة او غدة ، تمكن الكائن من ان يتعرف حسـب المعلومـات الواصلة من العصبونات الحسية . فالخلايا الحسية والحركية عادة مرتبطـة بواحـدة على الاقـل وعديد غالبا من **العصبونات التشاركيـة او الوسطـى** intermediate or associative neurons . ان هذه العصبونات تجعل من الممكن ان تتم كافة انماط السلوك المعقد التي تقدر عليها انواع مختلفة من الكائنات ـ ليس فقط الحركات العضلية المنسقه بشكل معقد ولكن ايضا الذاكرة والتعلـم وميزة صنع القرارات للكائنات الاعلى .

ان مقارنة كائنات في مستويات مختلفة في التطور السلالي تكشف ان اعظم

الاختلافات العصبية غرابة هي في عدد الخلايا العصبية المتوسطة . فالكائنات الاكثر تقدما لها اعداد أكبر من العصبونات المتوسطة ومعظمهـــا متجمع في الحبل الشوكي والدماغ . ويقدر العـــدد الكلي لخلايـــا الدماغ في احـــد الرئيسيات المتقدمة مثلا بحوالي ١٠ بلايين منها فقط بضعة ملايين هي خلايـــا عصبية حركية . ولهذا فانه يمكن ان يكون هناك الف او اكثـــر من الخلايـــا العصبية الموصلة لكل خلية عصبية حركية . وهذا يوحي بأن الجهاز العصبي للفقريات لايمكن اعتباره مجرد تركيب لاستقبال المعلومات الحسية او لانشاء نشاط حركي . بل هو بالاحرى جهاز تكامل وتقييم المعلومات الحسية ولاعطـــاء استجابة منسقة متناسبة .

القوس العكسي (الفعل العكســـي) reflex arc : يمكن توضيـــح خصائص معينة للتنظيم التركيبي والوظيفي للجهاز العصبي للفقريات توضيحـــا



الشكل (١٨ ــ ٢٢) : القوس العكسي. ان ضرب وتر الركبة ينبه المغازل العضليـــة ويرسل نبضا عصبيا عبر عصبون حسي الـــى النخاع الشوكي . والعصبونات المشتركة تنقل الرسائل الى العصبونات الحركية والتي تسبب انقباض العضلة . خلال ذلك ترسل المعلومات الى مستوى اخر في الحبل الشوكي لان النبض العصبي قد أرسل بطريق عصبون حركي لكي لاتباط انقباض عضلات الرجل المقابلة . كمـــا تبرق عصبونات مشاركة اخرى عما يحدث الى الدماغ .

جيدا بواسطة مثال . ان ابسط انواع الممرات العصبية هو ذلك القوس العكسي الذي ينتج استجابة تلقائية وسريعة لبعض المنبهات الحسية . والقوس العكسي الاهم يتضمن فقط خليتين عصبيتين احداهما حسية والاخرى حركية . وفي الجهاز العصبي للفقريات تكون الخلايا العصبية الحسية عادة طويلة جدا وتحمل المعلومات الحسية على الطريق من المكان المستقبل الى الحبل الشوكي وهي غالبا مسافة عدة أقدام . ويندفع المحورالاسطواني للخلايا العصبية الحسية الى الحبل الشوكي ولكن جسم الخلية العصبية يقع خارجه في عقدة شوكية قريبة . وبداخل الحبل الشوكي تتشابك الخلايا الحسية مع خلايا عصبية حركية . ويقع جسم الخلية العصبية الحركية ضمن الحبل الشوكي بينما يمتد محورها الاسطواني خارجا ليصنع تماسا مع عضو الاستجابة (غالبا عضلة) .

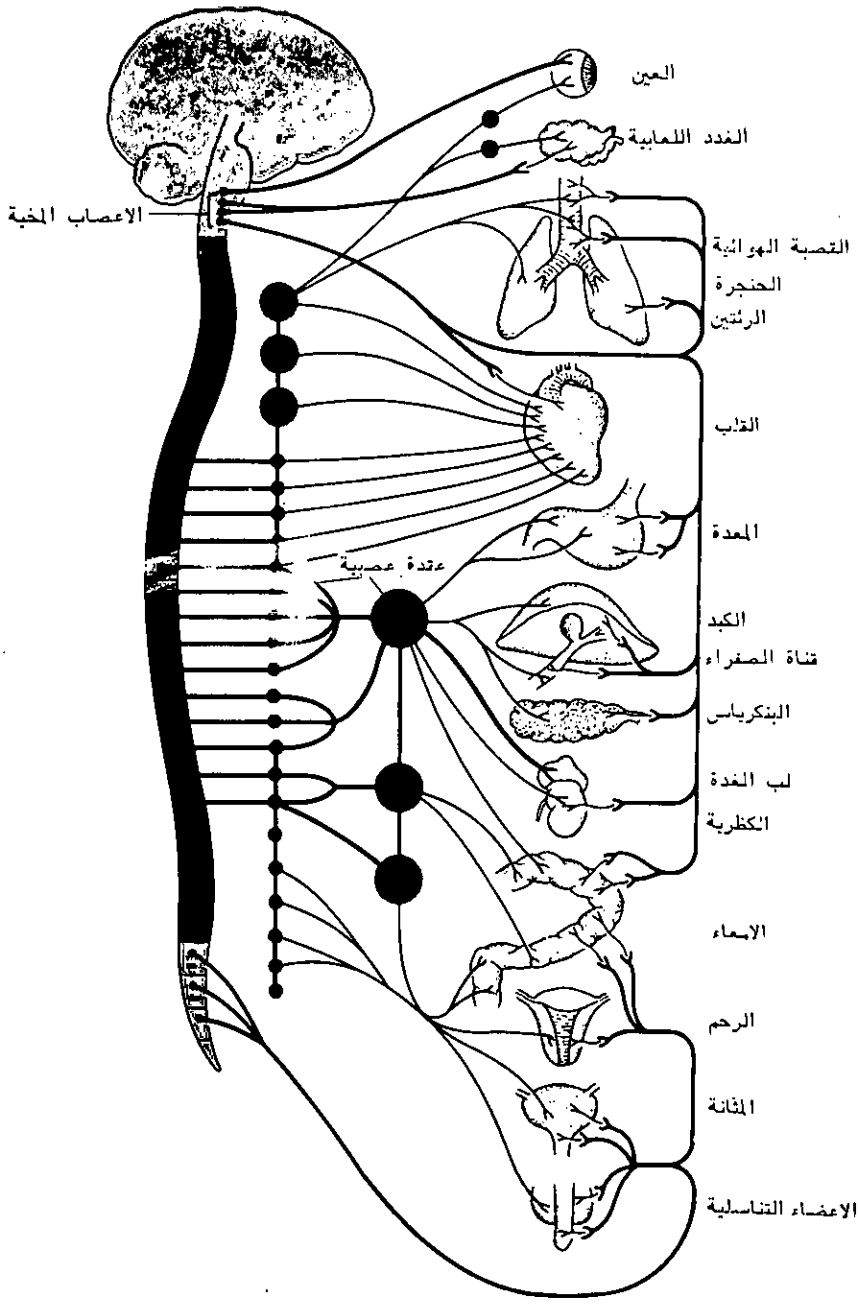
ويمكننا ان نقسم الجهاز العصبي على اساس هذا الترتيب التشريحي الى مكونين : **الجهاز العصبي الطرفي** peripheral nervous system ويتألف من الخلايا الحسية ، مع المحاور الاسطوانية للخلايا الحركية التي تندفع خارجا الى الاعضاء الجسمية ، **والجهاز العصبي المركزي** central nervous system الذي يضم الخلايا العصبية المشتركة الموجودة في الدماغ والحبل الشوكي بالاضافة الى اجسام الخلايا الحركية التي توجد هناك ايضا . والمحاور الاسطوانية تدخل وتخرج من الجهاز العصبي المركزي في حزم تدعى بالاعصاب وهي ليست سوى مجموعات معقولة من الالياف العصبية ذاهبة الى او قادمة من منطقة معينة من الجسم والجهاز العصبي للانسان له (٣١) عصبا شوكيا كل منها يتضمن محاور حركية وحسية ، ومن بين الاثني عشر عصبا قحفيا المتصلة مباشرة بالدماغ بعضها يتألف فقط من محاور حركية وبعضها فقط من محاور حسية وبعضها يحوي كليهما .

وفي الحقيقة فان الممرات العصبية التي وصفت للتو نادرة جدا. وفي معظم الحالات يوجد خلية عصبية متوسطة واحدة على الاقل تتوسط بين الخلايا العصبية الحسية والحركية وهذه الخلايا المتوسطة تصب المعلومات القادمة الى ممرات اخرى اضافية في الجهاز العصبي ـ وبالاخص لاجزاء معينة من الدماغ يمكن ان تحور الاستجابة العكسية الابتدائية ، وتلغيها او تصدر تعليمات اخرى اضافية فاذا ارتطمت اصبع قدمك بينما كنت تحمل صينية

عليها بعض الشراب مثلا فان مناطق مختلفة متعددة من الدماغ تبدأ بالنشـــاط مانعة فعلك العكسي كرفع قدمك بسرعة ، حافزة عضلات رجلك الاخرى الى القيام بالاجهاد الزائد وتوازن جسمك بسبب رفعك لوزنك من قدمك المرتطمة، مثيرة اجهزة جسمك بالفعل العصبي المباشر او باطلاق بعض الهرمونات معا ، لتتجاوز الازمة ، ومقررة اي سطح قريب سيمسك بالصينيـــة بسلام ويمكـن الوصول اليه بسهولة .

الجهاز العصبي الذاتي *The autonomic nervous system* : ان القوســـس العكسي كالذي وصفناه يتضمن عادة العضلات الهيكلية كأعضاء استجابـــة وغالبا مايكون الفرد عالما بالفعل العكسي وهو قد يكون قادرا على ممارسة بعض السيطرة الارادية على هذه الاستجابة . ونظام الخلايا العصبية الحركية التي تسيطر على الاعضاء الحشوية والغدد يعرف **بالجهاز العصبـي الذاتـي** autonomic nervous system . ونحن نادرا ما نكون واعين لعمله وغير قادرين على التأثير عليه عادة والاشخاص الذين يمارسون طرق اليوغا القديمـــة او طرق التغذية الراجعة الحيوية الحديثة يمكن ان يسيطروا على بعض الوظائـــف الذاتية بعد التدريب المكثف ، وحدود هذه السيطرة مع ذلك غير مؤكدة والمنطقـة بكاملها هي الان مجال لابحاث جدية . والجهاز الذاتي له قسمان الودي وشبه الودي وهما يختلفان في كل من التركيب التشريحي والتأثير . وكل عضو حشوي يستلم تغذية عصبية من كلا القسمين ولكن الاستجابات التي تنتج تكون وظيفيا متعارضه .

وعموما فان **الجهاز الودي** sympathetic system يدعى الى العمل خـــلال حالات الطوارىء ويقوم بوظيفة تحريك اعضاء الجسم لمجابهة ازمة معينة وقد عبر عن تأثيراته بالتعبير العام الكر او الفر وتعطى الاولوية للانسجة التي تستطيع مساعدة الكائن ليعالج الوضع الخطر على حساب تلك الاعضاء التي وظيفتها ليست مطلوبة في الحال فيزداد تدفق الدم الى العضلات مثلا بينما ينقطع تدفق الدم الى الامعاء وتسرع ضربات القلب والتنفس بينما تمتنع الحركة الدودية للامعاء ، ويحول الاحتياطي من الجلايكوجين الى جلوكوز ويطلق الى الدم هو والزيادة من خلايا الدم . ويتوسع بؤبؤ العين وتزداد المقاومة للتعب . وكل هذه التفاعلات تنشأ عادة بفعل الاجهاد ، او التمرين ، والالم ، والبرد او الخوف ، او الغضب او اية استثارة عاطفية قوية .



الشكل (١٨ ــ ٢٣) : الجهاز العصبي الودي ينبه في حالات التاثر الشديد . ووظيفته هي وضع الاجهزة المختلفة للكائن في حالة طوارىء لمعالجة الازمة . وهو يفرض سلسلة من الاولويات فبعض الاعضاء تحرك والبعض الاخر ينبط . فالتنفس مثلا يزداد ولكن الهضم ينبط . والقسم شبه الودي يهتم بحفظ واستعادة النشاطات الجسمية . وتاثيراته هي بشكل عام معاكسة لتلك للجهاز الودي والعصبونات الودية (السوداء) هي مترابطة خلال سلسلة من العقد خارج النخاع الشوكي وكنتيجة يميل الجهاز للعمل كوحدة تكامل . والياف الجهاز شبه الودي (الملون) بالمقابل ، تتبع بشكل عام طرقا وممرات مفردة وغير مترابطة ، مشكلة تشابكات فقط وعندما تصل الى العضو الهدف .

والجهاز شبه الودي parasympathetic system بالمقابل يتعلق مبدئيا بحماية الكائن والحفاظ على ثرواته وطاقاته ، وتأثيراته وهي عادة عكس تلك التي للجهاز الودي . انقاص ضربات القلب ، تضييق في البؤبؤ ، والحماية من الضوء الساطع ، وتنبيه الحركات الهضمية ، وكل هذه ليست الا امثلة . وهناك فرق اخر بين الجهازين هو نموذجان في التوزيع العصبي فالجهاز العصبي الودي موزع بانتظام ، والليف العصبي القادم من النخاع الشوكي يمكن ان يندفع لمسافة معقولة فوق او تحت سلسلة من العقد ، وهكذا تنشط الخلايا العصبية التي تصنع تماسا مع مجموعة متعددة مختلفة من الاعضاء والتراكيب . وبالنتيجة يميل الجهاز الى العمل كوحدة متكاملة فبعض الالياف العصبية للقسم شبه الودي بالمقابل تذهب مباشرة الى عقد بجوار العضو الهدف . وبما انه لايوجد الا القليل من وصلات رابطة بين هذه العقد او لايوجد اطلاقا فالليف شبه الودي له تأثير متميز محدد بعضو معين .

الدماغ : The brain

كما رأينا في هذا الفصل ، فدماغ ابسط المخلوقات ذات التراكيب المتماثلة جانبيا ثنائيا هو مجرد عقدة موجودة في النهاية الامامية وهي تخدم اساسا كمركز لاستقبال المعلومات من اعضاء الاحساس . ومع نمو الدماغ في الحجم والتعقيد والاهمية فان مناطق مختلفة متميزة يمكن تميزها والتعرف عليها حتى في جنين الانسان في مراحله التطورية الاولى وهذه هي : الدماغ **الاولي** forebrain **والمتوسط** midbrain **والخلفي** hindbrain . وكل منها له مجموعة كبيرة من التطور الاضافي مع بروز تركيب اعلى تخصصا . وفي المراحل المبكرة لهذه العملية (في الفقريات البدائية كالسمك والبرمائيات) يمكن ملاحظة التكيفات التالية :

١) الجزء السفلي من الدماغ الخلفي اعطي **النخاع المستطيل** medulla oblongata الذي يتنبأ وينظم كثيرا من الوظائف الحشوية الذاتية ، كضربات القلب او التنفس وهو أيضا يربط النخاع الشوكي مع أجزاء الدماغ الاخرى .

٢) الجزء العلوي من الدماغ يتوسع ويتخصص على هيئة **المخيخ** cerebellum وهو مركز سيطرة يتعلق بشكل واسع بالتازر العقلي والتوازن والاتزان .

٣) الفصوص البصرية وهي مراكز تكامل المعلومات البصرية ويتطور من الدماغ الخلفي .

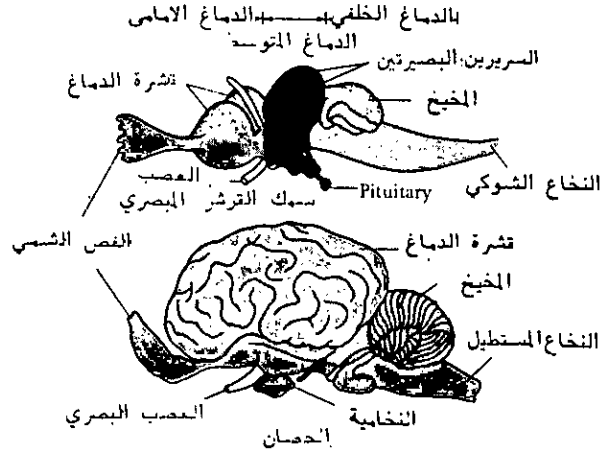
٤) الجزء الخلفي من الدماغ الامامي وينقسم الى جزء علوي (**السرير البصري** thalamus) والجزء السفلي (**تحت السرير البصري** hypothalamus) .

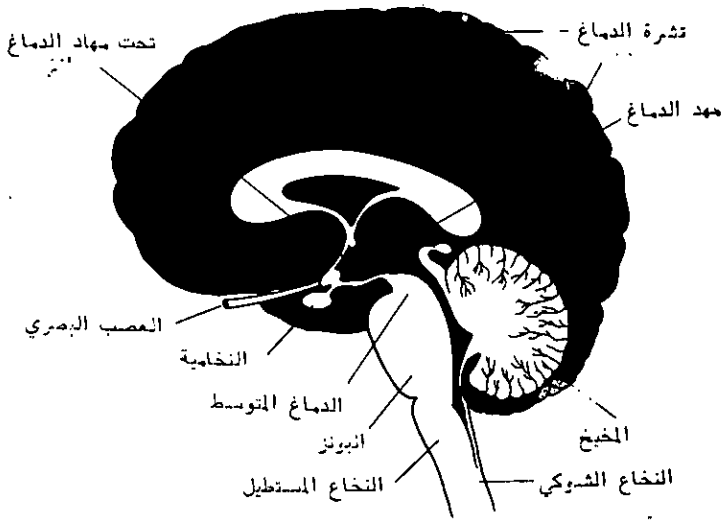
٥) المنطقة الامامية من الدماغ الامامي تطورت الى المخ cerebrum .

وكلما تسلقنا السلم التطوري تغير الحجم النسبي ، والاهمية وحتى وظائف الاجزاء المختلفة من الدماغ . ففي الفقريات العليا كالطيور والثدييات يزداد الدماغ والمخيخ كثيرا في الحجم وينتج عن ذلك زيادة في التناسق العضلي يمكن هذه الحيوانات ان تتحرك بسرعة اكثر مع ممارسة سيطرة دقيقة جدا على حركاتها . فكر في القط الذي يراوغ الفأر مثلا والدماغ المتوسط مركز السيطرة والتكامل السائد في معظم الفقريات البدائية يتضاءل في الحجم والاهمية حتى انه في الفقريات العليا هو في الدرجة الاولى وصلة بين الدماغ الخلفي والامامي وحتى دوره كمركز بصري فقد حل محله المخ الى حد كبير والمخ نفسه بالمقابل هو الذي كان في البداية اكثر بقليل من مجرد مركز شمي (احيانا يدعي دماغ الشم) يكتسب سلسلة من الوظائف الاضافية بينما يقوم بالسيطرة بشكل متزايد على كل مناطق الدماغ الاخرى . هذه التغيرات تنعكس ليس فقط في حجمه المتزايد ضخامة بل ايضا في تعقيده التركيبي الاكبر . وعندما ازداد عدد اجسام الخلايا (المادة السنجابية) في المخ فانها هاجرت الى الخارج بالتدريج حتى انه جاء وقت شكلت معظمها طبقة على سطح الدماغ عرفت **بالقشرة المخية** cerebral cortex . وفي مجرى التطور ظهرت طبقة قشرية جديدة (القشرة الجديدة neocortex) وازدادت نموا حتى انها في النهاية غطت كامل الدماغ حتى ان القشرة القديمة الان تقع بداخل القشرة الجديدة . والقشرة الجديدة واصلت التمدد . وفي الثدييات الاعلى ازدادت مساحتها السطحية بالتجعد المتكاثف والتطوي وهكذا جاء المظهر الالتوائي المألوف لدماغ الانسان . ان حقيقة كون القشرة الجديدة لم تتطور في الطيور يعتقد انها تفسر انماطها السلوكية الاقل مرونة والاكثر صرامة في برامجها حيث في الثدييات تحتوي القشرة الجديدة على المناطق المشتركة التي تجعل من الممكن اجراء الوظائف العالية كالكلام والذاكرة والتعلم .

السريران البصريان والهيبوثالامس *The thalami and hypothalamus*

تختص الهيبوثالامس أساسا بالوظائف الداخلية للجسم فهي تنظم حرارة الجسم وضغط الدم والتوازن المائي والنشاط الجنسي . فعند التنبيه بالكهرباء مباشرة لمناطق مختلفة من الهيبوثالامس أصبح المجربون قادرين على أن يبدأوا مجموعة مختلفة من الاحساسات والعواطف في الحيوانات التجريبية مثل الجوع ، والعطش ، والخوف ، والسرور والالم ، والرغبة الجنسية . وبهذه الطريقة فان مراكز

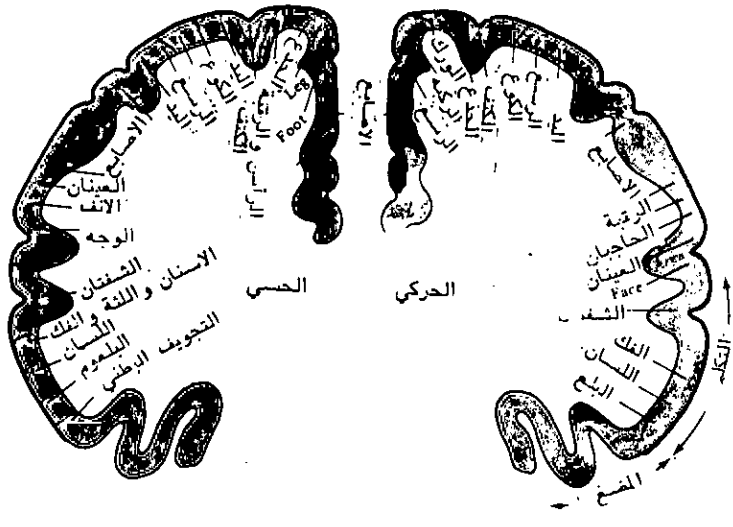




الشكل (١٨ ــ ٢٤) : التغيرات في الحجم النسبي وأهمية الاجزاء المختلفة للدماغ : التدييات كالحصان لها مخ أمامي متطور جدا أكثر من الفقريات الدنيـــا كسمك القرش . والدماغ المتوسطة بالمقابل يتناقص بالاهمية ، والجزء الاعظم من دماغ الانسان هو القشرة الجديدة وهي الطبقة الخارجية من المخ .

السيطرة لكثير من الدوافع الاساسية قد حددت مواقعها ، وكما سنرى في الفصل القادم تنسق الهيبوثالامس ايضا اجهزة سيطرة الجسم الكيماوية والعصبية بتنظيمها لانطلاق هرمونات مختلفة متعددة .

وتلعب الثلامس دورا مهما في تكامل المعلومات الحسية في الفقريات الدنيا. وهي تقوم ببعض هذه الوظيفة في الكائنات الاعلى كذلك . وهي كذلك تحتوي على جزء من تركيب يدعى **الجهاز الشبكي** reticular system وهو يمتد في الدماغ الاوسط والنخاع المستطيل . وهذه الشبكة المعقدة من الخلايا العصبية تنجز وظائف حيوية مهمة مترابطة ومتعددة . فبشكل اساسي يبدو أنها تعمل كنوع من جهاز الرصد . وكل قناة داخلة او خارجة من الدماغ — سواء المجاري الحسية الصاعدة او المجاري الحركية النازلة — تساهم بفروع جانبية لهذا الجهاز الشبكي . وكالسكرتيرة الجيدة او المساعد التنفيذي للمدير الذي يقرر اية رسالة يجب ان تأتي الى انتباه الرئيس واية رسالة يمكن اهمالها بدون



الشكل (١٨ — ٢٥) : لقد جعلت التجارب المجراة بالتنبيه الكهربائي المباشر للدماغ ، جعلت من الممكن وضع خريطة للاجزاء الحسية والحركية للقشرة المخية . ومن السهل ان نرى من تلك الخريطة انه بينما ((جغرافية)) القشرة المخية تنطبق بصعوبة على الجسم نفسه فان الاجزاء المختلفة للدماغ ذات احجام نسبية موزعة . وهذا لان المساحة من الدماغ المعطاة لكل جزء هي متناسبة ليس مع الحجم الفعلي بل مع الاهمية العصبية والتعقيد . وعصبونات عديدة يحتاج اليها لاسيطرة على الحركات المعقدة التي يقوم بها اصبع ليد والتي هي اكثر بكثير من الحركات لاصابع القدم . وبطريقة مماثلة فان هناك مستقبلات حسية اكثر على الوجه منها على الارجل .

احداث ضرر وأية مسائل تتطلب فعلا عاجلا وأي منها يمكن تأجيله واي الزوار يجب أن يرى وأي يجب أن يؤجل،فالجهاز الشبكي يقيم درجة واهمية الاستعجال للنبضات الداخلة . فبعضها يضخمها وبعضها يلغيها مصفيا المنبهات المتعارضة وغير المرتبطة تماما كالتشويش عندما تحاول أن تركز على محادثة او كالجوع عندما تجري امتحانا مهما . وحتى الالم او الاصابة يمكن اهمالها عندما تكون منغمسا في شؤون اكثر تأثيرا كما يعرف الجنود والرياضيون من خبراتهم . ومن ناحية أخرى فالجهاز الشبكي يمكن أن يحذر او ينبه مناطق اخرى من الدماغ الى المنبهات العاجلة وهكذا يقوم بوظيفة جهاز للتحذير او الاستثارة كجرس الانذار او كالضوء الاحمر في لوحة مراقبة .

القشرة المخية *The cerebral cortex* : اخذت القشرة المخية في مجرى تطورها السريع على عاتقها القيام على الاقل جزئيا ، بعدة وظائف كانت تنجزها مناطق أخرى في الدماغ بالاضافة الى اكتساب وظائف خاصة بها وحدها . بعض هذه كالحكم والذاكرة ، والتخيل لاتزال لغزا غامضا والبعض الاخر كالتناسق الحسي والحركي معروفة جيدا . وباستخدام طرق تكنيك معينة كالتنبيه المباشر بالاقطاب الكهربائية فان المناطق الحسية والحركية للقشرة قد رسم لها خرائط ببعض التفصيل . ولقد وجد أن هذه تقع جنبا الى جنب مع انه مما يدعو الى الدهشة ان المناطق الحسية والحركية للجانب الايمن من الجسم موجودة على الجانب الايسر للدماغ والعكس صحيح . فالمناطق المختصة لمختلف اجزاء الجسم متجاورة بطريقة تعكس لحد ما علاقاتها التشريحية الحقيقية ـ فالمساحة الحركية للذراع مثلا تقع بجانب المناطق التي تسيطر على المعصم والكتف . وان كمية المساحة المرتبطة بكل عضو ، لاتتناسب مع حجم ذلك العضو ولكن مع وظيفته الحركية والحسية. فالمساحة الحركية لليد مثلا اوسع بكثير من تلك التي للقدم لان اليد يجب ان تقوم بحركات عضلية معقدة ومتعددة . والفم ايضا يتطلب مساحة كبيرة للسيطرة على نشاطاته المختلفة من كلام ومضغ وابتلاع . وفي المنطقة الحسية ، الفم والوجه بحساسيتهما الزائدة يسيطران على مساحة كبيرة تصل بسعتها الى تلك المخصصة لباقي الجسم .

وفي الحيوانات الاوطأ فان كل سطح لقشرة يمكن ان يكون مسؤولا عن مناطق حركية وحسية لاجزاء الجسم المختلفة . وفي الانسان جزء كبير من القشرة لايختص بتلك الوظائف ويبدو بالاحرى انه يتالف من مناطق مشتركة

تجعل من الممكن القيام ببعض الوظائف العليا كالكلام والعواطف والتخيـــل والذاكرة والتعلم . ولقد اكتشفت ثلاث مناطق للكلام في الحقيقة مناطق تتعلق بالتناسق العضلي الحقيقي الضروري لاعطاء الاصوات ولكن بالعمليات العقلية الضرورية لاتصال النطق ، اي للربط بين الكلمات ومعانيها الصحيحة مثلا والامر بالترتيب المناسب .

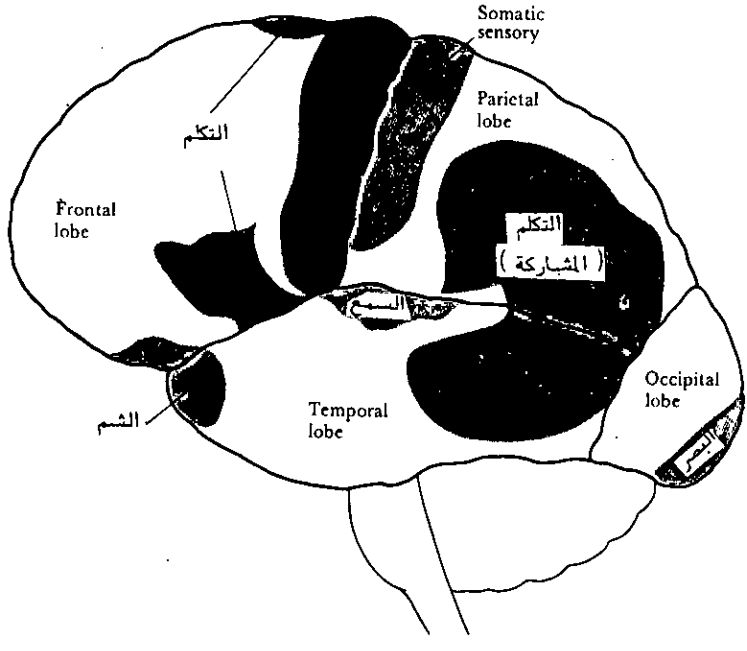
ان واحدة من الاكتشافات الاكثر اهمية في مجال ابحاث الدماغ التي تمت في السنوات الاخيرة هي وجود اختلافات واضحة تماما في الوظيفة بين نصـف الكرة الايمن والايسر . فالنصف الايسر من القشرة المخية يبدو انه يتدخل اساسا بالجانب المفاهيمي والذكائي لطبيعتنا . وتخصصه هو في الامساك بالافكـار الملخصة واللغة (مناطق الكلام المذكورة اعلاه توجد مبدئيا في الجانب الايسر) . والنصف الايمن ، بالمقابل ، يبدو انه يشارك بالقدرات الجمالية ، والحدس ، والعواطف والتخيلات والابداع الفني والامساك بالعلاقات المكانية . وواضـح الى ان نكون اما يساريي أو يميني الدماغ . والابحاث في هذا المجال عقـدت الامل بأننا في النهاية سنتعلم استخدام كلا النصفين من الدماغ بكفاءة وتساو اكثر وبهذا نقود السلالة الانسانية خطوة اقرب نحو الانسان الكامل المثالـي القديـم .

اعضاء الاستجابة : Effectors

ان القدرة على الاستجابة للتغير في البيئة ميزة تنفرد بها الاشياء الحية . وهذه الاستجابة يمكن ان تأخذ عدة اشكال . ومن اكثر الاشكال تنوعا والذي قد نفكر به في البداية بالاشتراك مع الحيوانات هو الحركة . فدودة الارض تنسحب من الضوء الساطع بمحاولة الحفر في التربة ، والشخص يسحب يده بعيدا وبسرعة عن الموقد الساخن وحتى الكائنات وحيدة الخلية البسيطـة نسبيا متكيفة للانسحاب بشكل مدهش ، وبمختلف انماط الحركة . السباحـة بواسطة الاهداب او الاسواط مثلا . وفي معظم الكائنات الارقى فان الحركات المنسقة الضرورية ليست فقط للحركة وانما لعدة نشاطات اخرى (الاكـل ، الهضم مثلا) تتأثر بنسيج متخصص يعرف بالعضلة . ووظيفة العضلة هـي

الانقباض . وكما هو الحال في النسيج العصبي ، فالنسيج العضلي قابـــل للتهيج . اي انه يستطيع أن ينشىء وينقل سيالا عصبيا . وكما سنرى فـــان الحركات العضلية تعتمد على الانتشار السريع للسيال العصبي خلال العضلات بالكامل .

وتعرف العضلات التي نستخدمها لحركاتنا الارادية **بالعضلات الهيكليـــة** skeletal muscles ، لانها ترتبط بمختلف عظام أجسامنا وانقباضها يمكننا مـــن تحريك اذرعنا وارجلنا واصابعنا وأجزاء اخرى من تركيبنا . وبعض اللافقاريات كالمفصليات لها عضلات هيكلية فقط تستخدم لكل وظائف الكائن التي تتطلـــب





الشكل (١٨ ــ ٢٦) : المناطق الحسية والحركية للقشرة في القط والانسان . لاحظ ان المساحات الواسعة في دماغ الانسان ليست معطاة للوظائف الحسية أو الحركية البسيطة. هذه المناطق المشتركة تمكننا من التذكر والتفكير ــ لصنع تفسيرات ذات معنى لخبراتنا . فنصف الكرة المخية الايسر يحتوي المناطق الحسية والحركية للجانب الايمن من الجسم والعكس صحيح . ومناطق الكلام المشتركة تبدو ، مركزة بشكل كبير على نصف الكرة المخية الايسر .

الانقباض ــ نبض القلب والحركة الدودية مثلا بالاضافة الى الحركة . ولكن في الفقريات ، العضلة الهيكلية هي واحدة من ثلاثة انواع عامة من العضلات . **والنوعان الاخران هما العضلة القلبية** التي هي مسؤولة عن نبض القلب **والعضلة الملساء** smooth muscle التي تحيط بالقناة الهضمية والاوعية الدموية والرحم وتوجد قزحية في العين ايضا. والعضلة المخططة ثبت انها ايسر العضلات لعمل العلماء في المختبرات. وكنتيجة لذلك فان معظم معلوماتنا في تركيب العضلات والاحداث الكهروكيماوية التي تؤدي الى الانقباض والاساس الجزيئي للانقباض قد اشتق من دراسات على العضلات المخططة .

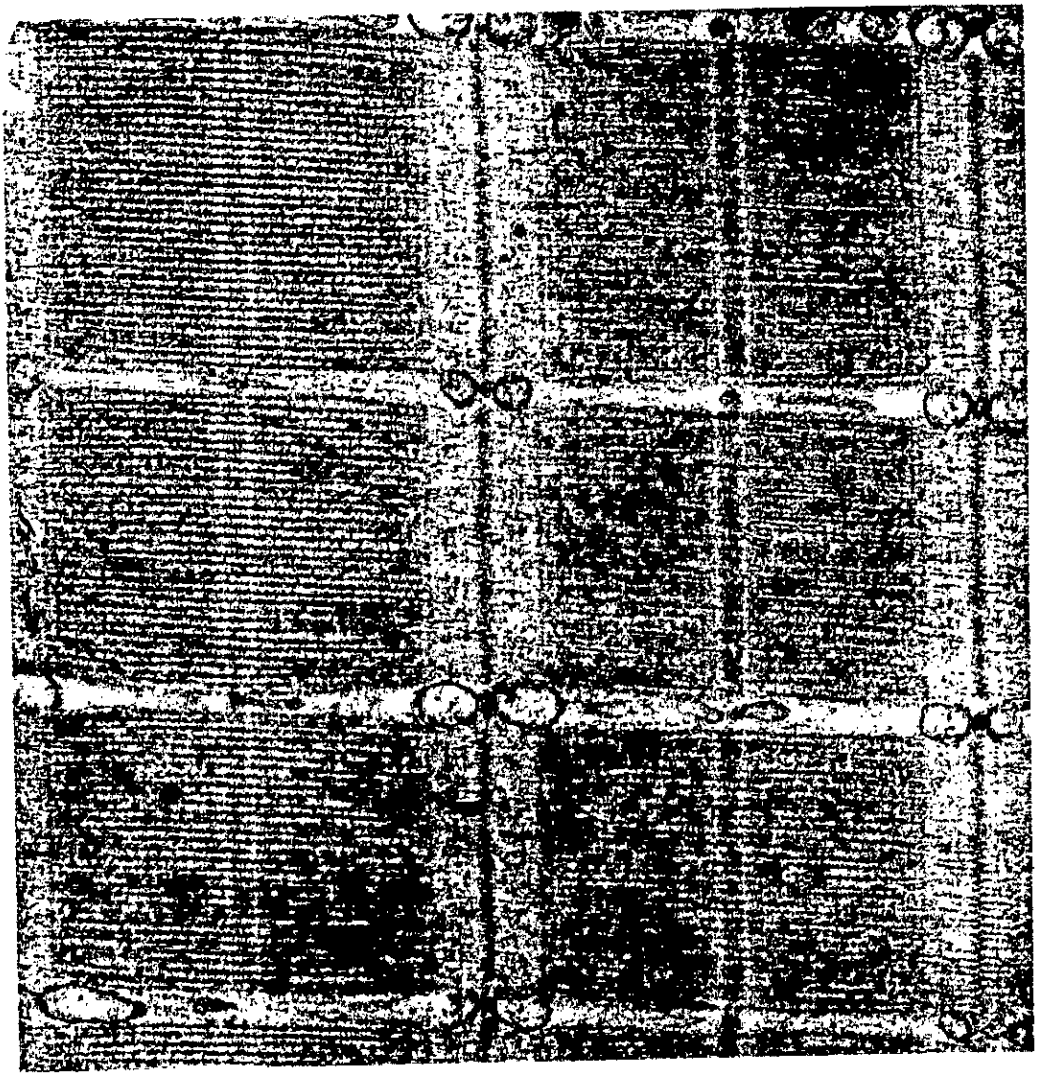
العضلات الهيكلية : Skeletal muscle

تشكل العضلات الهيكلية في اجسامنا دراسة مثيرة في السلم التركيبي . فكل عضلة تتألف من عديد من **الالياف** fibers العضلية المفردة ــ كل منها متعددة النويات ، طويل ، ووحيد . وكل ليف بدوره يتألف من عدد كبير من **الليفيات** fibrils المفردة التي هي نفسها قابلة للانقسام الى خيوط العناصر الانقباضية العضلية **النسيج العضلي والخيوط** filaments **تتألف من نوعين مختلفين من البروتين** ــ **الاكتين** actin والميوسين myosin ، يلتحمان معا لتكوين مركب يدعى **اكتوميوسين** actomyosin .

وعندما نفحص الياف العضلة المخططة تحت المجهر نجد لها مظهرا مخططا مميزا نتيجة لوجود اشرطة قاتمة وفاتحه متبادلة (لهذا السبب تعرف العضلات الهيكلية احيانا بالعضلات المخططة) . والاشرطة الداكنة العريضة الواضحة تعرف **بأشرطة A** وكل منها به جزء مركزي باهت خفيف يعرف بشريط H . اما الاشرطة العريضة الباهته فهي اشرطة I وكل منها مقسوم ثنائيا بواسطة خط داكن رفيع يعرف بخط Z . وهذه العلامات موجودة على الليفات نفسها والجزء من الليفة بين خطي Z ، يدعى **بالقطعة العضلية** sarcomere وكل ليفة اذا يمكن ان تعتبر مؤلفة من سلسلة خطية من القطع العضلية مصفوفة نهاياتها جنبا الى جنب .

والقطعة العضلية هي الوحدة الوظيفية العاملة للعضلة . فكل قطعة عضلية تتألف من خيوط متراكبة من الميوسين والاكتين . وتمثل اشرطة I في

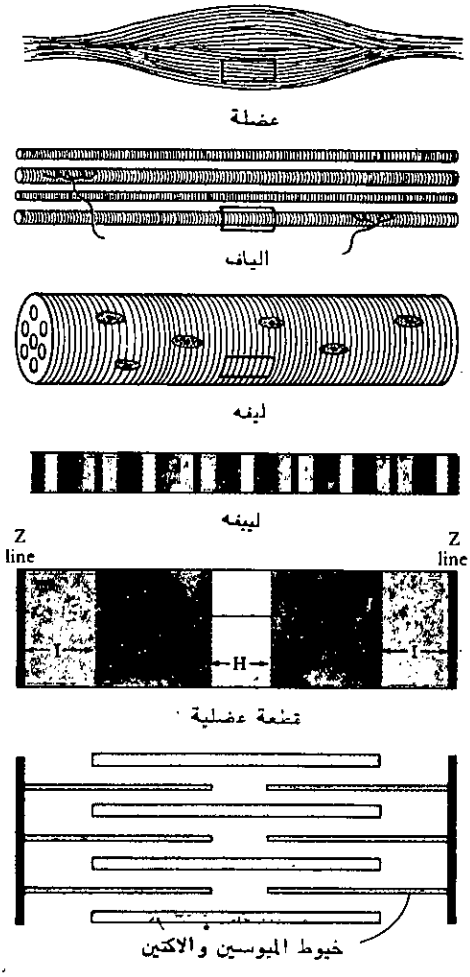
نهايات القطعة العضلية مناطق حيث توجد خيوط الاكتين فقط والشرطة A القاتمة هي المناطق التي تتراكب فيها خيوط الاكتين والميوسين بينما في شريط H المركزي الباهت يوجد الميوسين فقط ويحدث الانقباض عندما تنزلق خيوط الاكتين فوق خيوط الميوسين نوعا ما كما تنزلق قطع هوائي التلفزيون او الراديو بطريقة تلسكوبية . وهذه العملية تقرب خطوط Z بعضها الى بعض بتقصير القطعة



الشكل (١٨ ــ ٢٧) : صورة ميكروفوتوغرافية لعضلة مخططة من سمكة محيطية قمرية اصطيدت على عمق حوالي ٨٠٠٠ قدم . الترتيب المتوازي لليفيات العضلة والتخطيط المميز واضحان تماما . والتراكيب الدائرية نوعا هي مقاطع في الشبكة الاندوبلازمية والتي تنقل السيالات العصبية من سطح خلية العضلة الى الليفات الداخلية . وتعمل ايضا كمخزن لايونات الكالسيوم التي تلعب دورا حاسما في انقباض العضلة .

العضلية بالكامل ، ولو انه لا الميوسين ولا الاكتين نفسها تغيرت في الطول .

وخيوط الاكتين والميوسين مربوط بعضها الى بعض في مواقع معينة تعرف بالجسور العرضية . ولاجل أن يتم الانقباض فان الجسور العرضية القديمة يجب أن تنفك وتتكون جسور جديدة في مواقع اخرى على طول الخطوط . وهذه العملية تتطلب من الخلايا العضلية المنقبضة ان تصرف كمية كبيرة من الطاقة بعضها يتبعثر على هيئة حرارة (وهذا يفسر شعورك بالدفء عندما تمارس تمرينابدنيا مكثفا) . هذه الطاقة كالطاقة لبقية العمليات الحيوية الاخرى تأتي من تحطم جزيئات ATP . ومما يثير الدهشة انه وجد أن هذا التفاعل يمكن أن يعمل معه كعامل مساعد بروتين الميوسين نفسه بحيث أن الميوسين يمكن أن يلعب دورا ديناميكيا بالاضافة الى الدور التركيبي في عملية الانقباض العضلي .



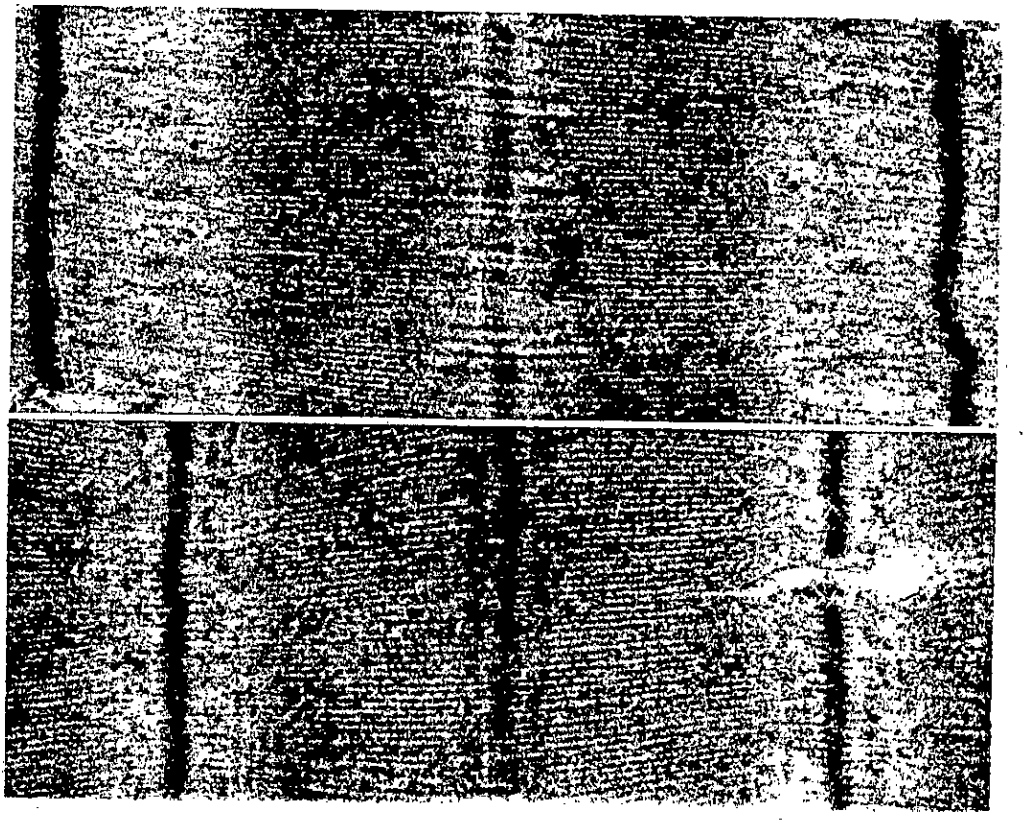
الشكل (١٨ ــ ٢٨) التركيب التركيبي لعضلة مخططة . كل عضلة تتالف من الياف مفردة عديدة ــ طويلة عديدة النويات . والالياف تحتوي اعدادا كبيرة من الليفات ، والتي تظهر الاشرطة الباهتة والداكنة المميزة للعضلة الهيكلية . هذه الاشرطة مكونة من تراكب خيوط الاكتين والميوسين والتي هي البروتينات المتقلصة الفعلية للعضلة.والخيوط المتقلصة مرتبة بسلسلة خطية من القطع العضلية ، كل منها يقصر عندما تنزلق الخيوط بعضها فوق بعض .

ويبدو أن هذا النشاط التشجيعي يحتـــاج ايضا الى وجود عديد من ايونـــات الكالسيوم داخل الخلية . ودخول الكالسيوم الى الخلية يسببه اللا استقطاب لغشاء **العضلة** sarcolemma .

وبالنتيجة ، فان توصيل السيال العصبي على طول العضلـــة هو شرط مسبق للانقباض العضلي . والسيال العصبي يجب ان يزحف فوق العضلـــة ويهيج كل ليفة قبل ان تقصر الخيوط . ولكن كيف تخترق موجة اللا استقطـــاب الزاحفة فوق سطح العضلة النسيج وتغزو الليفات العضلية العميقة . والجواب موجود في جهاز خاص من الاغشية يعرف **بالجهاز العضلي الانبوبي** sarcotubular system. وهذا الجهاز يتألف من شبكة من الانبيبات العرضيـــة تدعـــى انابيب T tubules التي هي علـــى اتصال مع غشاء الخلية . وهناك جهـــاز غير منتظم مـــن الاغشية يعرف بالشبكة الاندوبلازمية sarcoplasmic reticulum يرتبط بانابيب ووظيفة انابيب T يبدو انها للانتشار السريع للسيال العصبي من غشاء الخلية الى كل الليفات العضلية بينما الشبكة الاندوبلازمية تعمل كمخزن ومركـــز اطلاق لايونات الكالسيوم .

العضـــلات القلبية : Cardiac muscle

تظهر العضلات القلبية ، كالهيكلية ، التخطيط . وهي تختلف مع ذلك في عدد من الاوجه فالعضلات الهيكلية لا تستطيع الانقباض مالم ينقل اليها سيال عصبي بواسطة الجهاز العصبي وكما رأينا في الفصل السابق مع ذلك فـــان مناطق متخصصة من عضلات القلب تدعى بالعقد تولد سيالاتها العصبية بشكل تلقائي بدون أي تنبيه من الجهاز العصبي . هذه العقد تعمل كصانعة للخطوات لتنظيم دورة الانقباض القلبي . وكذلك ، فالالياف العضلية القلبية متفرعة وتوجد ممرات قليلة المقاومة تعرف بالاقراص البينية تربط الالياف المتجاورة وهذا مهم لانه يمكن السيال العصبي الناشيء في مكان ما من القلب ان ينتشر بسرعة خلال كل الياف العضلة . وهذا يسهل الانقباض المتقن الضروري لضخ الدم بضغط عـــال .



الشكل (١٨ ــ ٢٩) صورة ميكروفوتوغرافية لقطعة عضلية مفردة من عضلة ارنب في حالة ارتخاء (اعلى) وفي حالة انقباض (إسفل) . من هذه الصورة الفوتوغرافية يسهل ان نرى ان القطعة العضلية بكاملها (من خط Z الى خط Z اخر) تقصر عندمـــا تتقلص العضلة .

العضـــلات الملساء : Smooth muscle

ينقص العضلات الملساء التخطيط المميز للعضلات الهيكلية والقلبية .وخلاياها رفيعة ومدببة بشكل عام وتحتوي على نواة مفردة . والطريقة التي يحدث بها الانقباض في الالياف العضلية الملساء هي اكثر تعقيدا من تلك التي للانواع الاخرى من العضلات . فالعضلة في جدران القناة الهضمية يمكن ان تعمل لحد ما بدون منبه من اي عصب . ومن ناحية اخرى فان بعض الخلايا العضلية الملساء تغذى بخلايا عصبية من عدة اجزاء مختلفة من الجهاز العصبي . وكل الخلايـــا العضلية الملساء مع ذلك عالية الحساسية للهرمونات الدائرة مع الدم مثـــل هرمونات الادرنالين . وهناك نوعان عامان من العضلات الملساء ــ الحشوية

ومتعددة الوحدات . **والعضلات الملساء الحشوية** Visceral smooth muscle توجد في طبقات كبيرة وتوجد جسور منخفضة المقاومة بين الالياف ولذا فانهـا تتقلص بصورة موحدة كالعضلات القلبية . وتوجد في جدران الاعضاء الحشوية المجوفة كالامعاء والرحم ، والممرات التنفسية . اما **العضلات الملساء متعـددة الوحدات** Multi-unit smooth muscle فتوجد في جدران الاوعية الدموية وهـــي



الشكل (١٨ ــ ٣٠) : صورة ميكروفوتوغرافية لعضلة قلبية .

قادرة على تقلصات موضعية متميزة اكثر مما في العضلات الحشوية وهي ميزة مهمة جدا في تنظيم تدفق الدم الى الاعضاء المختلفة في الجسم وليس كغيرهـا من انواع العضلات الاخرى فان بعض العضلات الملساء يمكن ان يستمـر انقباضها بصورة غير محددة بدون فترات استرخاء .

ملخص الفصل الثامن عشر

يتسلم الجهاز العصبي معلومات عن كل من البيئة الخارجية والداخلية للكائن ويستخدم بعد ذلك هذه المعلومات لتنظيم وظائف الجسم . ان الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي للفقريات هي الخلية العصبية . فتلك الخلايا الطويلة الرفيعة متكيفة لنقل النبضات الكهروكيماوية . ويتولد النبض بسبب الفرق في عدد أيونات البوتاسيوم داخل العصبون وعددها في السائل المحيط به . وهذا يخلق فرقا في الجهد الكهربائي الذي يحافظ عليه من خلال مضخة الصوديوم والبوتاسيوم وهي ميكانيكية تنقل تلك الايونات عبر غشاء الخلية ضد فرق الانتشار . والنبض العصبي أو السيال العصبي يحدث عندما يزول استقطاب الغشاء فتندفع أيونات البوتاسيوم خارجة من العصبون . والتغير الحاصل في الجهد الكهربائي للخلية يعرف بالجهد المولد .

وفي البداية يقتصر حدوث السيال العصبي على جزء صغير من غشاء العصبون ولكن التغيرات الكهربائية المرافقة للعملية تسبب ازالة اللااستقطاب في المناطق المجاورة بالاضافة وينتقل النبض بسرعة على طول الخلية بالكامل وسرعة النقل تزيد عندما يكون المحور الاسطواني أو الجزء الناقل من العصبون ملفوفا في غمد ميليني .

وعندما يصل السيال العصبي الى نهاية احدى العصبونات فانه ينقل الى الخلية المجاورة بواسطة وسائل كيماوية وليست كهربائية . ويسبب السيال العصبي المسافر عبر محور اسطواني هجرة الحويصلات المشبكية باتجاه غشاء الخلية واطلاق محتوياتها — المادة الناقلة عادة هي الاستيل كولين — في شق صغير (الشق التشابكي) بين الخلايا . والمادة الناقلة تنبه حدوث اللااستقطاب لغشاء الخلية المجاورة فتتحطم بعد ذلك بواسطة الانزيمات . ونقطة الاتصال بين الخلايا هذه التشابك العصبي ، تزود اليه بواسطتها ترتب الرسائل حسب درجة خطورتها . والسيال العصبي لعصبون مفرد هو ظاهرة كل او عدم وهو لا يتغير كميا . ولكن ليست كل خلية تطلق لانها قد لاتنبه الى المستوى المطلوب او العتبة . وكمية المادة الناقلة المتحررة بواسطة سيال عصبي واحد قد لاتكون كافية لتسبب لااستقطاب من درجة العتبة ولكن عندما يطلق سيال عصبي آخر كمية جديدة فان التاثير المشترك لكليهما قد يكون من الكبر بحيث يكفي لاطلاق الخلية . وهذا التاثير الكمي يدعى بالتجميع .

والمستقبلات الحسية هي تراكيب متخصصة في الجهاز العصبي تتسلم الطاقة في شكل واحد — كالصوت او الكهرباء — وتحولها الى شكل آخر ذلك هو شكل السيال العصبي . والمستقبلات قد تكون كيماوية كما في حالة براعم الذوق ومستقبلات الشم وقد تكون كهرومغناطيسية كما في حالة مستقبلات الرؤية التي تستجيب للضوء او قد تكون ميكانيكية كما في مستقبلات الصوت والضغط والتوجه المكاني وتمدد العضلات .

في الحيوانات الدنيا ، تقوم الخلية الواحدة بوظيفة المستقبل والناقل وجهاز التكامل وعضو الاستجابة . وفي الحيوانات الاعلى بدات هذه الوظائف بالتخصص مع التطور المرافق للاجهزة العصبية . والجهاز العصبي الحقيقي يرى لاول مرة في الجوفمعويات كما هو مثلا في الشبكة العصبية للهيدرا . ولكن القفزة الكبرى نحو الامام جاءت بظهور التماثل الجانبي الثنائي فالحيوان الذي له جسم مبني على هذه الخطة يتحرك الى الامام في اتجاه واحد ولهذا فاعضاء الاحساس فيه متجهة الى الامام . مثل هذا التكيف يتطلب كمية كبيرة من الانسجة العصبية موضوعة بالقرب من المقدمة لاستلام رسائل من اعضاء الاحساس . وبعبارة اخرى يتطلب دماغا .

والمكونات الثلاثة للأجهزة العصبية للفقريات الراقية هي العصبونات

الحسية التي تنقل المعلومات حول البيئة ، واجهزة الاستقبال او العصبونات الحركية التي تنقل بعض الاستجابة الى عضو الاستجابة وهو عادة عضلة أو غدة ممكنا الحيوان من التصرف تجاه المعلومات الواردة ، والعصبونـــات المتوسطة او الرابطة التي تجعل من الممكن التنسيق الدقيق للحركات والذاكرة والتعلم واتخاذ القرارات والعصبونان الحسي والحركي مرتبطان في مجرى واحد يعرف بالقوس العكسي وغالبا ما يتوسط عصبون متوسط بين الاثنين وهذا الاخير يقوم بوظيفة تبويب المعلومات من الجزء الحساس قبل أن تمر الى العصبون الحركي .

معظم الاقواس العكسية تتطلب عضلات ارادية والفرد عالم بالفعـــل العكسي ويستطيع عادة تسليط بعض السيطرة عليها . ونظام العصبونـــات الحركية التي تسيطر على الاعضاء الحشوية والغدد يعرف بالجهاز العصبـــي الذاتي . ونحن قلما نعرف عن عمله وعادة لانقدر اطلاقا على التاثير فيـــه . والجهاز له قسمان : الجهاز الودي ويدعى الى العمل خلال حالات الطوارىء للمساعدة في حركة الجسم لمواجهة ازمة ، والجهاز شبه الودي ويتعلق مبدئيا بحماية الكائن وحفظ طاقاته .

والدماغ حتى للفقريات البدائية جدا يقسم الى ثلاثة اقسام : الدمـــاغ الخلفي ويضم النخاع المستطيل والمخيخ ، والدماغ المتوسط ويضم الفصوص البصرية ، والدماغ الامامي ويضم الثلامس والهيبوثلامس والمخ . في الفقريات العليا يصبح المخ اكبر فيسمح لمزيد من السيطرة الدقيقة والتنسيق في الحركات. والأكثر الاهمية فالمخ ايضا يكتسب عددا من الوظائف الاضافية بينما هو يحاول باستمرار السيطرة على كل مناطق الدماغ . وفي الثدييات اصبح هناك توســـع كبير في الطبقة المخية المسماة بالقشرة الجديدة وقد ازدادت مساحتها السطحية بالتطوي المتزايد . انه ذلك المركز من الدماغ ـــ وخاصة المتطور جيدا فـــي الانسان ـــ الذي يحتوي على مناطق رابطة تجعل من الممكن القيام بوظائـــف عالية كالكلام والذاكرة والتعلم .

نظـرة فاحصـــة

التغذية الراجعة الحيوية

Biofeedback

لقد توصل علم وظائف الاعضاء الكلاسيكي الى ان الجهاز العصبي الذاتي هو بالفطرة غير قابل للتعليم . ونظرا لتكونه من جهازين متعارضين وظيفيا ـ الودي وشبه الودي ـ فالجهاز الذاتي يمارس سيطرة على الوظائف الحيوية المنشطة بالعضلات الملساء مثل انقباض الاوعية الدموية والحركة الدودية بالاضافة الى انه يسيطر على عملية التنفس والتغير في معـــدل نبض القلب وانفتاح بؤبؤ العين ومستوى السكر في الدم . وهذه الوظائف تعتبر عادة وراء قدرة الكائن الارادية العادية على السيطرة .

ولقد احدثت البحوث في مجال التدريب على التغذية الراجعة الحيوية تغيرا في هذا التفكير . وتعرف التغذية الراجعة الحيوية بانها طريقة للسيطرة علـــى عمليات الجسم بواسطة التغذية الخلفية للدماغ المفكر من خلال اعضاء حسية بمعلومات عن نتائج هذه العمليات . فمثلا اذ امكن للملحن ان يعرف انجازه

بواسطة جهاز اعادة استماع لحظى فانه يغير كل طريقته ليجعل ايقاعه اكثر تاثيرا . وهذا المثال يتضمن السيطرة الواعية على العضلات الهيكلية التي هي ضمن وتحت السيطرة الارادية . كما تجعل من الممكن بدرجة مساوية لشخص ان يسيطر على وظائفه الذاتية كضغط الدم .

ولعدة قرون ادعى الصوفيون الشرقيون مثل هذه السيطرة الارادية ونجحوا في اثارة مزيد من الشك في العلوم الغربية . وعندما اخضع للتجارب العلمية ، ممارسو اليوجا والزن Zen اظهروا تحكما وسيطرة اكثر على الوظائف الذاتية كمعدل نبض القلب ودرجة الحرارة . وبالنسبة للاحتمالات الواردة العادية فان نفس التحكم يصبح ممكنا باكتشاف علم التغذية الراجعة الحيوية . ولقد اجرى اول التجارب الدكتور نيل ميلر Dr. Neal Miller في جامعة روكفلر عندما درب الكلاب على زيادة او انقاص افراز اللعاب من أجل الحصول على مكافأة . وهذا يختلف عن الاستجابة الشرطية/البافلوفية اذ ان كلاب بافلوف كانت قادرة فقط على زيادة اللعاب او انقاصه وليس كليهما . ولقد اوضح ميلر ان الاستجابات الحشوية يمكن ان تتأثر بالتعليم ، وقد حصل على نتائج رائدة اكثر من الجرذان التي عوملت بحيث انه لايمكن ان يكون هناك تدخل في الجهاز الارادي . وقد كانت الجرذان قادرة على رفع او انقاص معدلات نبض القلب وتغير معدل تدفق الدم الى مناطق معينة من الجسم وعلى تغير معدل تكوين البول . وقد بدت السيطرة دقيقة لدرجة انه أمكن معها زيادة سعة اوعية الدم في اذن واحدة .

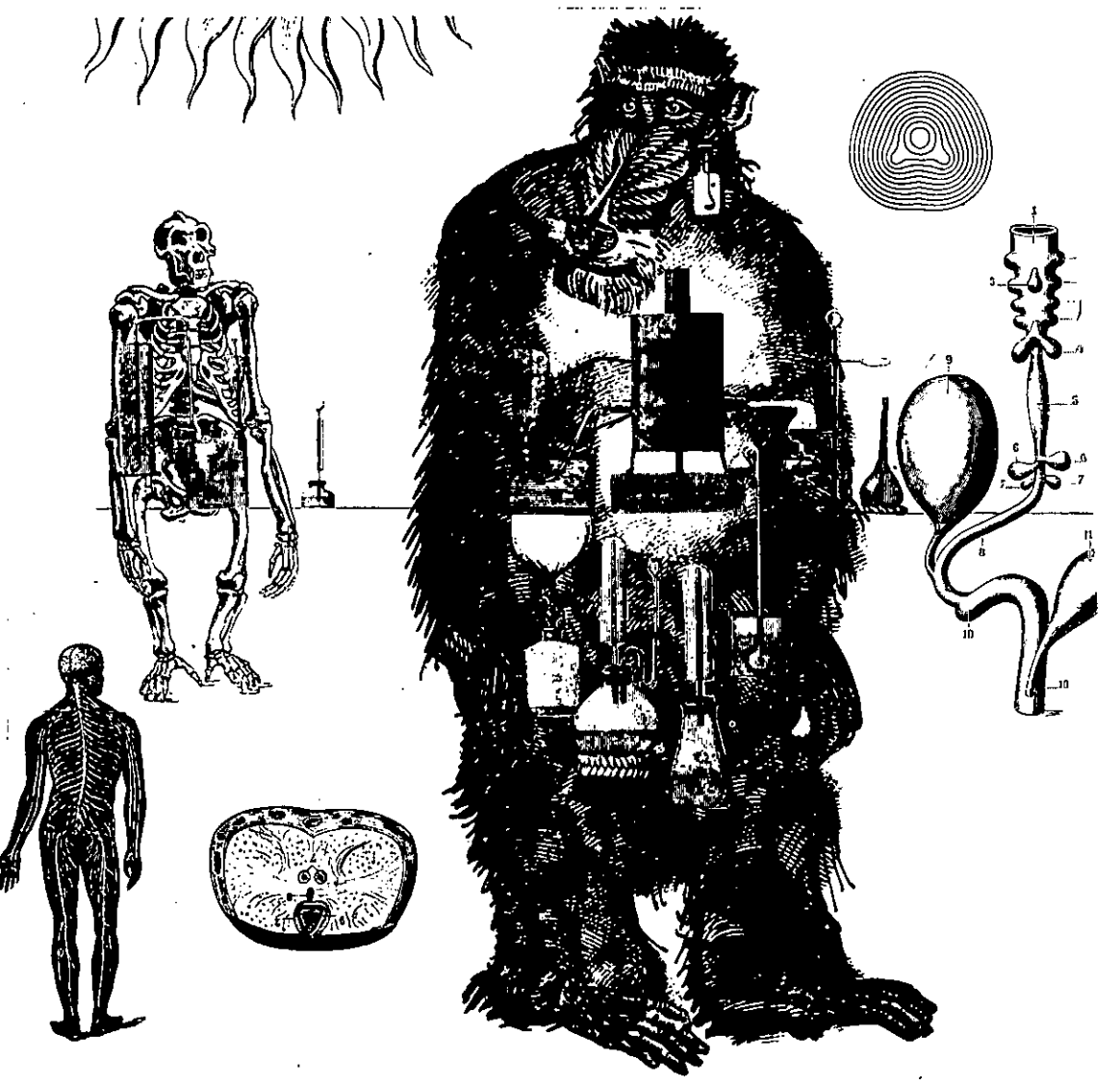
وفي نفس الوقت تقريبا طبقت تمارين التغذية الراجعة الحيوية على الانسان من قبل الدكتور جوزيف كاميا Dr. Joseph Kamiya . وقد وصل الاشخاص الذين اجريت عليهم التجارب الى جهاز تخطيط الدماغ وسجلت امواج الدماغ من نوع الفا المنتظمة وهذه الامواج من نوع الفا مرتبطة بحالات الارتخاء، والابداع ، وانواع معينة من التركيز الذهني . ولهذا فالتغذية الراجعة الحيوية يمكن ان تحل محل المهدئات والادوية المنشطة نفسيا ، مزيلة بذلك تأثيراتها الضارة وفي نفس الوقت محققة ما يمكن ان يسميه الفرد النشاط العالي لامواج الفا (او حالة الفا) .

وقد كان على الاشخاص في تجارب كاميا أن يحزروا فيما اذا كانوا في حالة الفا ام لا . وقد ازدادت صحة اجاباتهم من ٥٠ ٪ — ١٠٠ ٪ خلال اربعة

ايام بالتغذية الراجعة . وهكذا فان الاشخاص كانوا قادرين بمساعدة التغذية الراجعة على ان يميزوا بين حالة الفا وما عداها من الحالات مع تحكم بالغ في التحول الى هذه الحالة وعنها حسب الارادة — وطبيا ، فلقد كان للتغذية الراجعة درجة معينة من النجاح . فاستخدمت السيطرة على حركات نبض القلب غير المنتظمة كالخفقان ونبض القلب السريع والضربات الاضافية . والاشخاص يربطون الى جهاز لقياس سرعة ضربات القلب فيقيس هذا معدل ضربات القلب . ونظام التغذية الراجعة يتألف اساسا من اشارات المرور الحمراء والصفراء والخضراء . فالحمراء تمثل النبض السريع والصفراء تمثل المعدل المرغوب فيه والخضراء هي الاشارة التي تزيد معدل النبض والشخص يسعى للمحافظة على الضوء الاصفر بزيادة او انقاص ضربات القلب بالنسبة للاشارات المستلمة . ومما يثير الانتباه ان الاشخاص لا يستطيعون أن يفسروا كيف احدثوا هذا التغير ، مع ان بعضهم كان قادرا على المحافظة على ضربات القلب لفترات متزايدة بعد انتهاء التدريب على التغذية الراجعة الحيوية . ونفس النتائج تحققت بالسيطرة على ضغط الدم وصداع الرأس .

ولان كثيرا من الامراض سببها جسمي نفسي خاصة من خلال الاخلال بوظيفة الجهاز العصبي الذاتي فانها يمكن أن تحذف أو تمنع بواسطة التمارين ويمكن السيطرة على كثير من الامراض المقترنة بالتوتر مثل القرحة عن طريق حالة احداث نشاط الفا . ويتوقع الدكتور ميلر ، ان يأتي وقت تقوم فيه اجهزة التغذية الراجعة — وهي بحجم الاجهزة المساعدة على السمع — بتحذير المريض عن بداية حالات خطيرة كارتفاع ضغط الدم او حدوث نوبات الصرع مما يمكن ان يقوم بالسيطرة عليها . ولان قياس السيطرة خلال التغذية الراجعة الحيوية نوعي جدا لذا فان تقدم المرض يمكن ان يوازن بزيادة او انقاص معدل تدفق الدم او الطاقة العصبية الى منطقة معينة من الجسم .

وفي الوقت الحاضر فالتغذية الراجعة الحيوية لاتزال في دور التجربة . والاسس لامكانياتها لاتزال بلا قاعدة . ولكن كثيرا من الباحثين يعتقدون ان التغذية الراجعة الحيوية ستقود الى توسع قدرات الانسان بطرق لا يمكن ان نتخيلها بعد .



الفصـــل التاسع عشر

التنظيم والتآزر الكيماوي

Chemical coordination

كما راينا يوجد في داخل كل خلية بيئة كيماوية دائمة التغير . فعدد وتنوع التفاعلات الكيماوية التي تحدث داخل الخلية مذهل . ولقرب هذه التفاعـلات الكيماوية في الزمان والمكان فان لها بلاشك تأثيرات قوية بعضها في بعض . فان نتيجة احد التفاعلات الكيماوية .. ولتكن المادة ا ... قد تزيد من سرعة تفاعل ثان (س) بينما تمنع تفاعلا ثالثا (ص) . وقد يكون التفاعلان (س) و (ص) منضبطين عن طريق تركيز المادة (ا). واذا اثبت ان آلية التحكم هذه مفيدةللكائن، فمن الارجح أن تقوم عملية الانتخاب الطبيعي بزيادة حساسية هذه التفاعلات للمادة ا . وهذا هو اساس التنظيم الكيماوي .

والتنظيم الكيماوي موجود في كل الكائنات الحية بشكل اوآخر .ففي معظم الكائنات الدقيقة ، تكون المواد الايضية هي التي تقوم بعمل المنظمات الضرورية للنشاط . فبعد وجود كمية معينة من مادة ايضية ، تبدا هذه المادة بتثبيط او « اغلاق » التفاعل الكيماوي الذي تكونت عن طريقه . وقد يحدث هذا بتثبيط نشاط انزيم ضروري أو بمنع تكوينه . ومشابه لذلك ، قد يتسبب تراكم مادة ايضية معينة بسير تفاعل كيماوي يتم تغيرها بواسطته وذلك بحث تكويـــن

الانزيمات الضرورية . وهذه امثلة على الطعم الرجعي وهو مبدأ حيوي وهام في الاجهزة الحيوية .

وهناك مواد حتى في الكائنات الدقيقة التي علـــى ما يبدو انها تعمل كمنظمات فقط ولا تدخل في عملية الايض . وفي الكائنات الراقية ، ظهرت خلايا متخصصة لافراز هذه المنظمات الكيماوية التي تظهر تاثيرها في خلايا اخـرى وغالبا ما تكون منتشرة في جميع اجزاء جسم الكائن الحي . وهذه المنظمـات الكيماوية التي تعمل مابين الخلايا تدعى بالهرمونات .

الهرمونات Hormones

في عام (١٩٠٢) قام العالمان الانجليزيان ويليام بيلس وستارلنغ بعزل مادة تفرز في الامعاء الدقيقة وتعمل على حث جريان العصارة البنكرياسية ولقد اسمياها سكرتين . وقد اقترح ستارلنغ تسمية هذه المواد الكيماوية التـي تسبب اثارة التفاعلات بهذا الاسلوب بالهرمونات . وهذه الكلمة مشتقة من كلمة اغريقية تعني (الذي ينبه) وفي الحقيقة كان السكرتين اول هرمون تم اكتشافه.وقد اتضح مؤخرا ان هذه الهرمونات قادرة على وقف نشاط التفاعلات الكيماوية كما هي قادرة على تنشيط التفاعلات الكيماوية .

والخلايا التي تفرز السكرتين توجد مبعثرة في الغشاء المخاطي المعوي. وهناك عدة افرازات هرمونية اخرى تفرز من تجمعات خلوية تسمى الغدد glands وجميع الانسجة التي تفرز الهرمونات سواء اكانت منظمة في غدد أم لا تسمى الانسجة الصماء endocrine .الصماء تعني«الافراز الداخلي»،اي ان الهرمونات لاتترك الانسجة الصماء عن طريق انابيب أوقنوات كماتفعل افرازات الغدد القنوية exocrine كحوصلة المرارة ، ولكنها تدخل الجهاز الدوري مباشرة من الخلايا المفرزة . ولهذا فالغدد الصماء تسمى ايضا بالغدد اللاقنوية.ويتم نقل الهرمونات بواسطة السائل بين الخلوي الخارجي كالسائل الليمفاوي مثلا والجهاز الناقـل بشكل خاص (كمجرى الدم في الحيوانات واللحاء والخشب في النباتات) الى الخلايا الهدف target cells والتي تتاثر نشاطاتها بهذه الهرمونات .

وتاثير الهرمونات على الكائن يقسم الى قسمين رئيسيين : التطوري ، developmental والمنظم regulatory . فالوظائف التطورية تساعد على احداث

التغيرات الدائمة والمستمرة لفترة طويلة كالنمو ، والانسلاخ والتغير . واحدى التجارب الكلاسيكية ، التي اوضحت ان الضابط التطوري الذي يؤخذ من الغدة الصماء ــ قبل أن يرى كما هو ــ قام بها العالم الفرنسي المسمى بيرثولد عام ١٨٤٠ .

ولقد اثبت هذا العالم أن الديك المخصي الذي لا يظهر الخصائص الجنسية الثانوية عادة يبدأ باظهار هذه الصفات الثانوية عندما يزرع في جسمه خصـــى حيوان آخر . ولقد استنتج أن الخصية لابد أن تفرز مادة ما تسبب ظهور هذه التغيرات الفسيولوجية . وقد جاءت الاكتشافات الحقيقية للعديد من الغدد الصماء وأدوار هرموناتها كنتيجة لدراسة التطورات غير الطبيعية الناتجة عادة عن عيب في هذه الغدد كالملقة والقزم .

والوظائف التنظيمية للهرمونات كثيرة ومتنوعة ، فالهرمونات تساعد على بقاء الاتزان البدني في البيئة الداخلية للجسم وذلك بضبط العمليات البنائية في الجسم (خاصة حالات الضغط) وكذلك ضبط العمليات الدورية كعملية التكاثر والسماح للكائن بالتفاعل مع البيئة الخارجية . وكيميائيا ، فان الهرمونات تكون مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد . فالهرمونات الجنسية (كالاستيرويد)تبنـــى في الجسم من المواد الدهنية كمادة الكولستيرول وهرمونات اخرى كالانسولين مثلا هي شكل من اشكال البروتين أو الاحماض الامينية . والهرمونات التـــي لها نفس النشاطات الحيوية قد تختلف بعضها عن بعض كيميائيا في الانواع المختلفة فالبعض يؤثر على نوع واحد فقط والبعض الاخر له تاثيرات مختلفة عندما توجد في ، أو تعطى الى ، حيوانات مختلفة . فمثلا ، البرولاكتين (الذي يعرف أيضا بالهرمون اللاكتوجيني أو اللوتوتروبيكي) هو هرمون يسبب افـــراز



الشكل (١٩ ــ ١) : يعمل هرمون الثيروكسين كعامـــل مساعد للايض في العديد من الكائنات المختلفة . فعند اعطائه لابي ذنيبـــة ، مثلا ، فانه يتحول الى ضفدع . ان مثل هذا التحول مرتبط ارتباطـــا وثيقا بتسارع الايض . ان هذا ((الضفدع ــ ابو ذنيبة)) هـــو فـــي منتصف الطريق بين المرحلتين .

الحليب في الثديات ، وفي بعض الطيور كالحمام يسبب ، بدلا من افراز الحليب ، افراز حليب الخوصلة ، وهو افراز في حوصلة الطيور ويجتر لاطعام الصغار . ويبدو انه يسبب السلوك الامومي في جميع الانواع . وبالمثل ، فان الثيروكسين اذا اعطي الى (الشرغوف) وهو صغير الضفدع يحوله الى ضفدع ناضج قبل الاوان ، بينما ازالة الغدة الدرقية لهذا الشرغوف تمنع اكتمال عملية التحول (metamorphosis) . بما أن الثيروكسين هو حافز ايضي وبما أن عملية التحول في الانسان ترتبط ارتباطا وثيقا بسرعة عملية البناء فاننا نستطيع أن نرى أن وظائف هذا الهرمون متشابهة في النوعين .

والجهاز الهرموني يشارك الجهاز العصبي في مسؤوليته حفظ الاتزان والتنسيق في الكائن الحي . وهذان الجهازان متشابهان جدا فكلاهما يتحكم بعمليات تحدث على مسافة من المركز المسيطر ، وكلاهما يعمل على مبادىء منعكسة بينما ميكانيكية الضبط نفسها تحكم بنتيجة النشاطات التي تنظمها ، ولكن توجد اختلافات محددة بين العمليتين: فرسائل احد الاجهزة هي سيالات عصبية تنتقل عبر مسالك معينة وتؤثر في أجهزة معينة كعضلة معينة مثلا . ورسائل الجهاز الاخر هي جزيئات هرمونية تنتقل خلال الجهاز الدوري وبهذا فهي تكون عادة عامة في تأثيرها وممكن أن تؤثر في مساحات كبيرة في الكائن الحي . والسيالات العصبية سريعة وذات استمرارية قصيرة بينما التأثير الهرموني يكون ابطأ بكثير وذا تأثير أطول ولهذا فان الضبط الكيميائي مناسب للنباتات لحركتها المحدودة ، وبطء تجاوبها . أما الحيوانات فقد طورت أجهزة عصبية مناسبة أكثر لنماذج حياتها النشطة .

غير انه في داخل الغدد الصماء قد تطورت عدة تكيفات زادت من سرعة وتخصص عمل الهرمون . والخلايا الهدف تكون حساسة جدا لهرمونات معينة، وفي معظم الاحيان لاحاجة لاكثر من بضع جزيئات لاعطاء الاستجابة (والحقيقة أن بعض الهرمونات تعمل بتركيز قليل بمقدار جزء من المليون وهذا يرجح ان عملها على الاغلب موجه للانزيمات ومساعدات الانزيمات والعوامل المساعدة التي تؤثر عادة بكميات قليلة)والوقت المطلوب لبناء جزيئات الهرمون قصير لان المكونات الاساسية لهذه المواد تكون مختزنة عادة في خلايا الكائن الحي . وهذه الجزيئات الرائدة precursor ممكن أن تتغير بسرعة الى هرمونات معينة عندما يكون الجسم بحاجة اليها . مثلا ، الكوليسترول هو الاساس لكثير

من هرمونات الانسان وفي الحقيقة فان الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء يفصلان أحدهما عن الاخر لغرض دراستهما . وكما رأينا ، فان الانتقالات العصبية تعتمد على تأثيرات كيماوية — فالسيالات العصبية تنتقل عبر التشابك العصبي بعوامل كيميائية ، وبالعكس ، فان الافرازات الكيميائية تتولد عادة نتيجة للمنبهات العصبية ، وفي الحقيقة فان نخاع الغدد جار الكلوية ، والتي تعتبر غدة صماء ، هو في الجوهر جزء من الجهاز العصبي السمبثاوي ويجب اعتبار هذه الغدة والجهاز العصبي السمبثاوي كجهاز واحد متكامل .

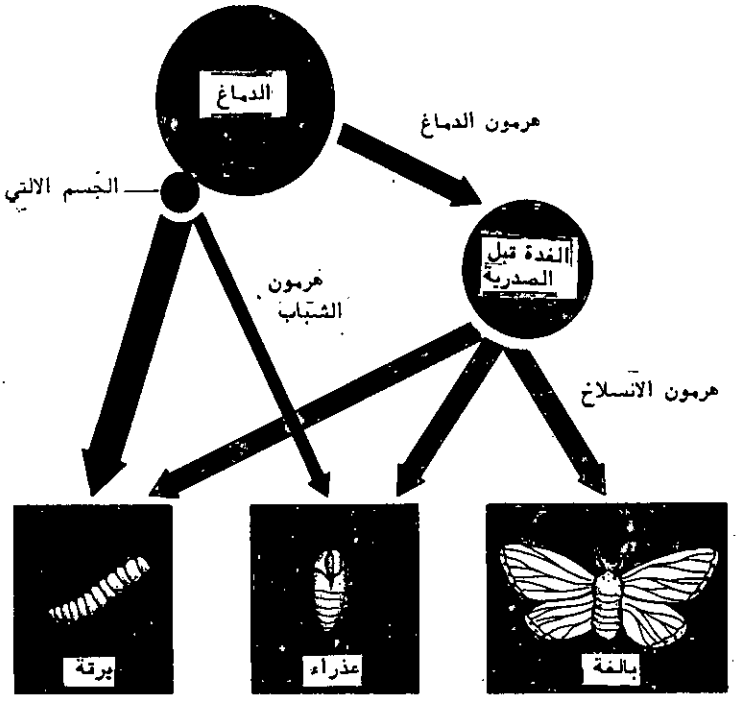
هرمونات اللافقاريات : Invertebrate hormones

من المحتمل ان تحدث بعض أنواع النشاطات الهرمونية في جميع النباتات والحيوانات . لكن بسبب تعقيد التفاعلات والكميات القليلة للكيماويات المنتجة فانه من الصعب جدا فصل هرمونات من معظم اللافقاريات . والمعلومات عن هرمونات اللافقاريات اذا محدودة فقط لانواع قليلة . وقد درست المفصليات (بالتحديد الحشرات) ، وقد فصل على الاقل ست هرمونات من المفصليات . ان معظم هذه الهرمونات تضبط النمو والتطور ، ولكن وجدت ايضا هرمونات لتنظيم الاتزان homeostatic في البيئة الداخلية للحشرات . مثلا اكتشف هرمون في الصراصير يبدو ان له تأثيرا في تنظيم مستوى السكر في الدم .

هرمون الانسلاخ *Moiting hormone*: ان الحشرات غير الناضجة تنمو بانسلاخ دوري للهيكل الخارجي الصلب ، فضغط الهيكل الخارجي الصلب على الانسجة التي تنمو في الداخل يسبب بدء الانسلاخ .

وخلال الثلاثينيات فصل هرمون من الدماغ يثير الغدد الموجودة في بقية الجسم ، وكاستجابة فان هذه الغدد تفرز هرمون الانسلاخ ecdysone الذي يسبب افراز انزيم من الغدد الموجودة في الطبقة الخارجية للجسم . وهذاالانزيم يحث على هضم الهيكل الخارجي ومن ثم انسلاخه .

والشيء المهم في ميكانيكية الانسلاخ هو انه يتضمن سلسلةمن النشاطات الهرمونية التي تشبه تلك الموجودة في الكائنات المتطورة بما فيها الانسان . فالضغط على الهيكل الخارجي يعطي اشارة للدماغ ، خلال الجهاز العصبي ، لتمرير الافرازات العصبية . وهذا الافراز هو هرمون مؤثر tropic وليس



الشكل (١٩ ــ ٢) : هرمونان اساسيان ينظمان نمو وتطور الحشرات . عندما تبدأ الحشرة بالنمو اكثر من الهيكل الخارجي ، فان الضغط الناتج يحفز انتاج هرمون الاكديسون ، الذي يسبب افراز انزيم لهضم الهيكل الخارجي القديم . يتحكم هرمون الشباب بدورة حياة الحشرة . فعندما يكون تركيزه عاليا، تبقى الحشرة غير ناضجة ، وعندما ينخفض مستوى الهرمون ، فانها تدخل طور الشرنقة وعندما يقف انتاج هرمون الشباب ، فان الحشرة تتطور الى حشرة ناضجة .



الشكل (١٩ ــ ٣) : هذا العث الناضج يخرج من طور الشرنقة. والحبيبة الكروية من السائل الموجودة عند قاعدة الهوائي هي انزيم يساعد على اذابة الشرنقة .

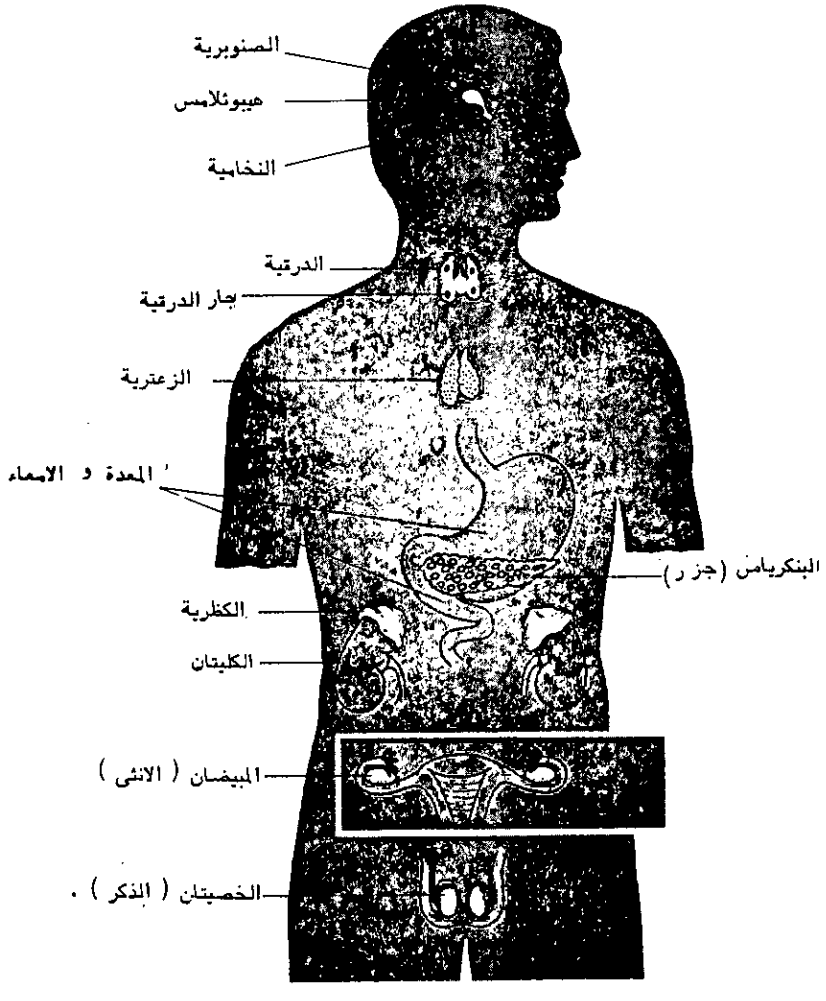
له اي تاثير فسيولوجي مباشر ولكنه يحفز عمل الغدد الاخرى .وعندها تفرز الغدة المتاثرة هرمونها الخاص بها لتسبب تفاعلا محددا — في هذه الحال هنا افراز انزيم ما . ووجود عدة خطوات في هذه العملية ، بينما الاستجابة تتباطأ، له فوائد للكائن ، فانه يكون نوعا من الميكانيكية التي تسمى الامان من العطب . fail-safe والتي تؤمن ان العملية لايمكن ان تحدث صدفة ، بينما في نفس الوقت تؤمن عددا من الخطوات التي عندها يحدث الضبط .

هرمون الشباب *juvenile hormone* : تمر الحشرات عادةبعدة مراحل غير ناضجة ، اويرقانية بعد كل انسلاخ قبل ان تصبح حشرة كاملة . وقد درس (ويجلز وورث) العالم الانجليزي الذي قام بعدة دراسات اولية على هرمونات الحشرات ، الخطوات الحاصلة من اليرقة الى حشرة كاملة . وقد فصل الهرمون الذي يفرز من زوج من الغدد الموجودة خلف الدماغ والمسماه الاجسام الالاتا (*corpora allata*)وتركيز هرمون الشباب هذا يتحكم بدورة التطور للحشرة . فعند وجود الهرمون بتركيز عال فانه يؤدي الى مرحلة اخرى غير ناضجة بعد الانسلاخ . بينما عندما يكون التركيز منخفضا فان الحشرة تدخل المرحلة اليرقانية الاخيرة وهي العذراء pupa . ولكي تتحول الحشرة العذراء الى حشرة كاملة فان هرمون الشباب يجب أن يختفي كليا . ومن الجدير بالذكر ان نلاحظ الاشتراك الوثيق للدماغ في آليات الغدد الصماء ، فالهرمون المؤثر في الحلقة الصدرية الامامية يفرز مباشرة من الدماغ ، وهرمون الشباب من غدد تقع قريبا جدا من الدماغ ولها علاقة وثيقة به . فالجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء ينطويان معا ويعملان بتعاون وثيق .

هرمونات الفقاريات : Vertebrate hormones

ونفس النموذج في التداخل يوجد في اجهزة الضبط في الفقاريات . وقد وجد ان المنطقة الموجودة في الجزء الاسفل من الدماغ وفوق الغدة النخامية — الهيبوثلامس — لها دور مهم في تنظيم افرازات العديد من الهرمونات . والجزء الامامي من الغدة النخامية سمي ، ولسبب وجيه ، بالغدة السيدة master gland وهي تفرز بالاضافة للعديد من الهرمونات التي تؤثر في الجسم مباشرة ،

اربع هرمونات مؤثرة (للاتزان) على الاقل والتي تنظم نشاط الغدد الصمـــاء الاخرى . والجزء الامامي من الغدة النخامية نفسه يتأثر مباشرة بالافرازات الكيماوية القادمة من الهيبوثلامس . اذن غدة الهيبوثلامس في الواقع هـــي السيد للغدة السيدة وهذا مثل آخر عن قرابة تشابك وتكامل الجهازين المنظمين الاساسيين في الكائنات . ويوجد في جسم الانسان اثنا عشر غدة صماء تقريبا وفي بعض الحالات نلاحظ وجود علاقة بسيطة بين التركيب التشريحي للغدة



الشكل (١٩ ــ ٤) : ان الغدد الصماء تؤلف جهازا عالي التكامل يتداخل مع الجهـــاز العصبي من خلال الغدة النخامية او الغدة السيدة . تحكم الهايبوثلاماس في الدماغ الغـــدة النخامية التي بدورها تتحكم بالغدد الاخرى . وبالاضافة الى الغدد الصماء الاخرى ، هنالك انسجة صماء موجودة في اعضاء اخرى ، كتلك الموجودة في الجدار المبطن للمعدة والامعاء .

المختلفة او وظيفة هذه الغدة . فمثلا الغدد الجار درقية الاربع لا تقرب الغدة الدرقية في الوظيفة او التطور رغم وجودها على سطحها . ومع ذلك فـــان الغدد الصماء تعمل معا كأجزاء من جهاز تام التعاون والتكامل .

البنكرياس The pancreas

عرف مرض السكري ، والذي يتميز بوجود ارتفاع غير طبيعي في مستوى سكر الدم ، منذ عهد الامبراطورية الرومانية ولكن لم يربط باختلال نظام الجسم الا في نهاية القرن التاسع عشر . في عام ١٨٩٩ اكتشف الطبيبان الالمانيان ج فون ميرنج وو . مينكوسكي ، اللذان كانا يدرسان انزيمات البنكرياس ، اكتشافا بطريق الصدفة ، ان بول الكلاب التي ازيل منها البنكرياس يجذب النمل مع ان بول الكلاب العادية لا يجذبها . وبالتحليل وجد ان بول الكلاب التي أزيـــل منهـــا البنكرياس بالجراحة يحتوي على نسب عالية من السكر ، وهذه علامة ربطت منذ القدم بمرض السكري.وبالاضافة الى ذلك ، فقدطورت هذه الكلاب اعراضا اخرىلمرض السكري،وقد بينت التجارب المعدةبدقة انبدءمرض السكري لايكون مرتبطا بغياب انزيمات البنكرياس الهاضمة ، لكن البنكرياس يحتوي على عدة انواع من الخلايا ذات الوظائف الغير المعتمدة بعضها على بعض . مجموعة الخلايا المتجمعة كالجزر الصغيرة اكتشفها العالم الالماني (بول لانجرهانز) في منتصف القرن التاسع عشر وسميت هذه الجزر باسم (جزر لانجرهانز) islets of Langerhans وقد بدا معقولا ان هرمونا منظما لمستوى نسبة السكر في الدم يفرز بواسطة هذه الخلايا . غير ان فصل هذا الهرمون كان صعبا للغاية .واذا وجد هذا الهرمون المفترض في الواقع ، فانه من الممكن ان يتحطم عندما يتصل بالانزيمات البنكرياسية .

وفي عام ١٩٢٢ قام العالمان بانتنج وبست Frederick G. Banting and C. H. Best بربط القناة البنكرياسية للكلاب وسرعان ما اضمحلـــت اجـــزاء البنكرياس التي تفرز الانزيمات لكن الجزر بقيت حية ولم يظهر مرض السكري . وقد استنتجا ان الهرمون المنشود يفرز من هذه الجزيرات الصغيرة وسمياه (الانسولين) . وبهذه الطريقة استطاعا فصل الهرمون . وعندما اعطـــي الانسولين الى الكلاب المريضة بالسكري اختفت العوارض . وبعد ذلك بسنوات

حلل الانسولين وظهر انه بروتين ويتكون من سلسلتين عديدتي الببتيـــدات مرتبطة بعضها ببعض ، وهذا ما يفسر تحطمه بواسطة انزيمات البنكرياس التي تهضم البروتينات ، وكانت هذه هي المرة الاولى التي حدد فيها تركيب هرمون . وكذلك كانت هذه علامة للتقدم الكبير من حيث تطبيق الكيمياء الحيوية في المجالات الطبية ، وذلك ان عددا لا يحصى من الناس الذين كانوا يواجهون المعاناة والموت المبكر من تأثير مرض السكري اصبحوا قادرين على ان يعيشوا حياة طبيعية وذلك بحقنهم بالانسولين insulin .

ان دم الانسان الطبيعي يحتوي على ٧ر٠ ــ ١٢ر ٪ من الجلوكوز ، واذا انخفض هذا المستوى الى ٣٠ر٠٪ يحدث تشنج ويتبعه الموت . غير انه في حالة مرض السكري فان المستوى قد يكون فوق ١٤ر٪ والانسولين يعمل علـى خفض تركيز السكر في الدم . وهذا يتم خلال وسائل عدة : تثبيط افـــراز الجلوكوز من الكبد واثارة العضلات والكبد لتحويل الجلوكوز الى جلايكوجين ويسبب اكسدة اسرع للكربوهيدرات في الخلايا ــ وذلك بزيادة النفاذية الغشائية للجلوكوز . والانتاج الفائض الحاد للانسولين قد يسبب صدمة الانسولين ،بما ان الانسولين يزيد من انتقال الجلوكوز الى خلايا العضلات ، فان مستوى تركيز الانسولين العالي جدا يسبب انخفاض السكر في الدم الى درجة ان الدماغ لا يستطيع العمل ، وقد يتبع ذلك الاغماء والموت . واذا كانت الزيادة في انتاج الانسولين اقل حدة ولكنها مزمنة ، فان هذا يؤدي الى نسبة منخفضة في الدم وهذا يسمى بانخفاض تركيز السكر hypoglycemia .

والتزويد غير الكافي للانسولين ينتج أعراض مرض السكري . وغيـــاب الانسولين ينتج عنه انخفاض في كمية الجلوكوز المأخوذة بواسطة الخلايا . ويمكن للاشخاص المصابين بمرض السكري ان يكون عندهم مستوى طبيعي او فوق الطبيعي من تركيز السكر بالدم ومن ثم يعودوا الى الحالة الطبيعية لكمية السكر في الدم . ولكنهم في مشكلة مستعصية لان السكر لايصل الى داخـــل الخلايا حيث يستعمل لاعطاء الطاقة . وهكذا فان السكري يؤدي الى نوع من التناقض « حيث المجاعة وسط توافر الكثير » . ومخزون الجلايكوجين فـــي الكبد والعضلات ينضب لأن الجلوكوز لا يتحول الى جلايكوجين بدون الانسولين. وفي الوقت ذاته فان السكر الزائد في الدم يخرج عن طريق البول . ولكي يحصل الجسم على الطاقة فانه يستهلك مخزون البروتين والدهن والايض المرتفـــع

للدهن ينتج مواد سامة (الكيتون) وهذا قد يؤدي الى ارتفاع خطير في نسبة الحموضة في الدم في النهاية .

ومع ان الانسولين هو الاشهر بسبب دوره في معالجة مرض السكري فان البنكرياس يفرز هرمونا آخر يدعى الجلوكاجون glucagon . وهذا يلعب دورا مماثلا مهما في تنظيم نسبة السكر في الدم . والجلوكاجون يعمل كعامل معاكس للانسولين ، والاثنان يعملان معا للمحافظة على كمية الجلوكوز في الدم ضمن المجال الفسيولوجي الطبيعي . بعد وجبة طعام او عندما يرتفع مستوى الجلوكوز في الدم يستجيب البنكرياس بافراز الانسولين الذي يسهل حركة الجلوكوز الى داخل خلايا الجسم وبهذا يسمح لخلايا الجسم باستهلاك الجلوكوز كمصدر للطاقة ويخفض تركيز السكر في الدم . وانخفاض مستوى الجلوكوز في الدم يحبط افراز الانسولين ويحفز انتاج الجلوكاجون الذي يسبب افراز الجلوكوز من الكبد . وبهذا يرتفع مستوى الجلوكوز في الدم . وهذا يبدو وسيلة مهمة بالتحديد للمحافظة على نسبة الجلوكوز في الدم طبيعية او قريبة من الطبيعية خلال المجاعة . وهكذا فانه من الممكن وصف البنكرياس على انه منظم سكري glucostat اي انه يراقب ويستجيب للتغيرات في كمية الجلوكوز في الدم والاجهزة المنظمة التي تستعمل هرمونين متضادين موجودة عادة بكثرة في العالم البيولوجي .

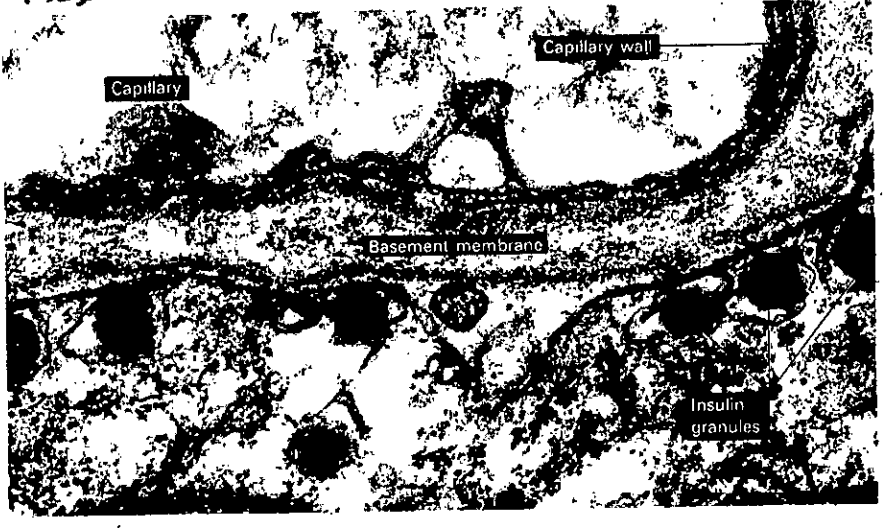
الغدة الدرقية The thyroid

ان الغدة الدرقية لها شكل حرف (H) وتقع في منطقة الرقبة وبعكس البنكرياس ، فهي متخصصة جدا فليس لها اية وظيفة سوى افراز هرمونها ، الثيروكسين . ويظهر ان هذه الغدة تطورت من جزء بدائي في البلعوم كان يعمل على تصفية جزيئات الطعام ، ولكنها غير متصلة بالبلعوم كليا في الفقاريات الحديثة .

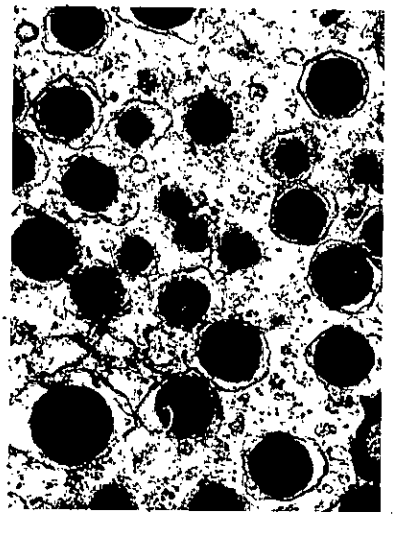
والعناصر المفرزة الحقيقية في الغدة الدرقية هي الحويصلات follicles وهي اجزاء كروية من الخلايا الطلائية التي تحيط كريات جيلاتينية غروية ،

الشكل (١٩ ــ ٥) : يتالف الجزء الاصم من البنكرياس من تجمعات صغيرة من جـــزر لانجرهانز (اعلـــى يسارا) . هناك نوعان من خلايا الجزر . خلايا الفا التي تفرزجلوكاكون وخلايا بيتا التي تفـرز الانسولين . تبين الصور السفلى مشاهد مفصلة من الاكياس الصغـيرة التي تحوي حبيبـات الجلوكاجون (يسارا) والانسولين (يمينـا) داخل الخلايا المفرزة . من الصور في اعلـى اليمين من الممكن رؤيـة أن الانسولين مخـزون على شكل متبلـور . والصور اليمنى السفلى تبين أن حبيبـات الانسولين داخل خلايـا بيتا (الاسفل) مؤهبة للافراز في الوعـاء المجاور (في الاعلى) . والغشاء القاعـدي في الخلية الصماء يوجدعبر الصورة فاصـلا الحبيبات عن جـدار الوعاء .






Exocrine cells
Alpha cells
Beta cells
Alpha cell

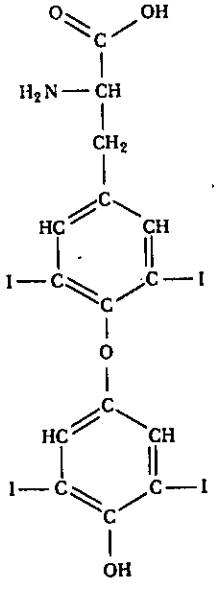




والثيروكسين تفرزه هذه الخلايا ويخزن في المادة الغروية .

وقد جاء الدليل الاول عن وظيفة الغدة الدرقية من دراسة تضخم الدرقية وهو كبر غير طبيعي للغدة الدرقية يسبب انتفاخا واضحا في منطقة الرقبة . وهذه الحالة كانت منتشرة في منطقة الالب السويسرية ومنطقة البحيرات العظمى في الولايات المتحدة . ويرى المصابون عادة علامات نقص في عملية الايض . البلادة والكسل والبدانة وبطء ضربات القلب ، وتبلد عقلي ، وهذه الاعراض لوحظت كذلك في المرضى الذين ازيلت غدتهم الدرقية كليا وهذا يفترض ان الغدة الدرقية تفرز عادة هرمونا يمنع هذه الاعراض . ومن المفترض اذن ان هؤلاء المرضى المصابين بتضخم الغدة كانوا يعانون من نفس النقص رغم كبر الغدة، وهذه الحالة المعروفة (قصور الغدة الدرقية) hypothyroidism قد عولجت بنجاح بمستخلص من الغدة الدرقية لحيوان في اوائل ١٨٩٠ معطية دليلا اخرا لفرضية افراز الغدة الدرقية .

لم يكن يوجد اي تفسير لعمل الهرمون ، ولم يكن قد تم فصله . غير انه كان قد اكتشف أن الغدة الدرقية تحتوي على تركيز ملحوظ من اليود . كما ولوحظ وجود علاقة بين تضخم الغدة ونقص اليود في الطعام والماء في بعض المناطق



الشكل (١٩ ــ ٦) : هرمون الغدة الدرقية الثيروكسين ، لاحظ ذرات اليود الاربع في تركيب الجزيء .

الجغرافية . وعند وضع ملح الطعام الذي يحتوي على اليود في وجبات الناس في هذه المناطق كانت النتيجة الاختفاء الكلي للتضخم ، وتفسير هذه العلاقة اصبح واضحا مع فصل الثيروكسين thyroxin والذي اثبت على انه حامض اميني يحتوي على اربع ذرات من اليود .

يتحكم الثيروكسين بعمليات الاكسدة والمنتجة للطاقة في الجسم — الايض والفائض من الثيروكسين hyperthyroidism (فرط نشاط الغدة الدرقية) يؤدي طبيعيا الى ايض مرتفع بشكل غير عادي : زيادة في درجة حرارة الجسم ، وزيادة في ضغط الدم ونقص في الوزن وحدة في الطبع . ويعالج فرط نشاط الغدة الدرقية بازالة جزئية للغدة الدرقية وحديثا بالعقاقير المثبطة للثيروكسين . وعدم وجود الثيروكسين عند الاطفال ينتج حالة تسمى (القزمه) وتتسم بالتشوه الجسدي والنقص العقلي ، ولحسن الحظ فان هذه الحالة عكسية اذا اعطي الثيروكسين حالا .

الغدد الجار درقية : parathyroids

الغدد الجار درقية هي اربع غدد بحجم حبة الفاصولياء وتقع على سطح الغدة الدرقية ولكن لا تعتمد عليها على الاطلاق . والهرمون الذي تفرزه — الباراثرمون parathormone- ينظم توازن الكالسيوم والفسفور بين الدم والانسجة . وهو سلسلة عديدة الببتيدات متحورة تعمل على اعضاء هدف لرفع تركيز ايونات الكالسيوم في الدم . فهو يمنع اخراج الكالسيوم من الكلى والامعاء ويحفز تحريره من العظام لكن الكالسيوم في العظام يكون مرتبطا بالفسفور ،وهذا فان مستوى الفسفور يزيد كلما سحب الكالسيوم من العظام ،وللتعويض عن هذا فان هرمون الباراثرمون يحفز الكلى الى اخراج الفوسفات وبهذا تنخفض كميته في الدم . ولان أيونات الكالسيوم لها دور حيوي في عملية تزويد عضلات القلب وعضلات الهيكل العظمي بالاعصاب فان الغياب الكلي للبارثرمون المصحوب بنقص في ايونات الكالسيوم يؤدي الى تشنج الجسم والموت .

وقد اكتشف حديثا ان الغدة الدرقية تفرز مضادا للباراثرمون اسمه كالسيتون calcitonin وهذا يعمل على خفض تركيز الكالسيوم في الدم ، وذلك بزيادة معدل اخراجه وبترسيبه في العظام .

وهكذا فان عملية التغذية الاسترجاعية توجد بين الاثنين وتحافظ على توازن الكالسيوم بين الدم والانسجة .

الغدة الكظريـــة adrenal glands

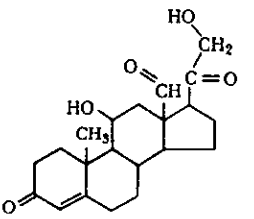
تتكون كلا الغدتين الكظريتين ، اللتين تقعان فوق الكلى مباشرة ، من الطبقة الخارجية والتي تسمى القشرة cortex ، والبذرة الداخلية وتسمى النخاع medulla

وهاتان غدتان مميزتان ومنفصلتان وظيفيا رغم العلاقة الفيزيائية الحميمة بينهما ، ومن الناحية الجنينية فانهما تطورتا من انسجة مختلفة . فالقشرة نشأت من الخلايا الطلائية المغطية تجويف الجسم الرئيسي .

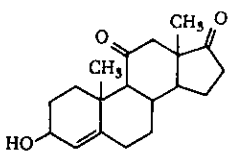
ومن ناحية اخرى فان النخاع هو جزء من الجهاز العصبي السمبثاوي وخلاياه تشبه الخلايا العصبية رغم انها تخلو من المحور والزوائد الشجريـــة التفرع ، وهي تقع تحت التحكم المباشر للخلايا العصبية ما قبـــل التشابـــك السمبثاوي presynaptic sympathetic neurons .

النخاع : *The medulla* ان العلاقة الحميمة بين نخاع الغدة الكظرية والجهاز العصبي تبدو واضحة في الهرمون الذي تفرزه ، واحداها النورادينالين noradrenalin (ويدعى كذلك نورابينفرين) هو نفس المادة الكيميائية التي تحمل السيالات العصبية عبر التشابك العصبي في الجهاز العصبـــي السمبثاوي . والهرمون الاخر الذي يفرزه النخاع هو الادرينالين adrenalin (او الايبينفرين epinephrine) وهو مركب قريب للأول. كلا الهرمونين مشتق من الحامض الاميني التيروسين tyrosine وللاثنين وظائف متشابهة رغم انها ليست نفس الوظائف. وينتج الادرنالين رد فعل « حارب أو اهرب » الذي بحث في الفصل السابق . وهذا يتضمن ازدياد ضغط الدم وزيادة في معدل وقوة دقات القلب وازديادا في استهلاك الاكسجين وتسارعا في تحول الجلايكوجين الى جلوكوز بواسطة الكبد وسرعة انتقاله الى المجرى الدموي واتساعا في الشرايين الدموية الموجودة في القلب وفي العضلات الهيكلية مما يسبب ازديادا في كمية الدم الى هذه الاعضاء. وكل هذه الميكانيكات تخدم لتحريك اجهزة الجسم اللازمة لمواجهة الحـــالات الخطرة . وفي نفس الوقت فان العمليات الجسمية التي لا يحتاجها لمواجهة حالة

الطوارىء هذه (كعملية الهضم) تثبط ــ التقلصـــات اللاارادية في الامعاء تنباطأ او تقف . وجريان الدم الى العضلات اللاارادية في الامعاء يقل وجميع ردود الفعل هذه ممكن ان تنبه باخراج غيزيائي قوي : خوف ، الم ، غضب او اي سبب اخر للضغط . غير انه كما راينا في الفصل السابق فان ردود الفعل هذه نفسها يمكن ان تنتج بواسطة الجهاز العصبي مباشرة دون وساطة النخاع الكظري اذ انها تحصل حتى لو أزيل النخاع كليا وهكذا فان الجسم يملك جهازين متشابكين يساهمان في استجابته للأزمات .



الدوستيرون



أدرينوستيرون

الشكل (١٩ ــ ٧) : ادرينوستـــيرون والدوستيرون ، هرمونان ستيرويدان تفرزهمـــا قشرة الغدة الكظرية . رغم الفارق البسيط في بنائهما ، فان لهما عملين مختلفين جـــــدا . ادرينوستيرون هو هرمون جنس مذكـــــر ، والالدوستيرون يلعب دورا في المحافظة علـــى اتزان أيوني مناسب في سوائل الجسم .

القشرة *The cortex* : ان القشرة الكظرية تفرز عددا كبيرا من الهرمونات، وقد عرف منها حتى الان فوق الخمسين . ويوجد هرمونات اخرى ما زالت غير مكتشفة ورغم ان بعض هذه الهرمونات يظهر غير نشيط نسبيا ، فان العديـــد له ادوار جوهرية في تنظيم مدى واسع من عمليات الجسم . وعدم كفايـــة التزويد من هذه الهرمونات التي تؤثر في اجزاء اخرى والتي تدعى كورتيكويدات corticoids يسبب نتائج عدة متنوعة : ارتفاعا في تركيز البوتاسيوم في الدم مرتبطا بانخفاض مستوى ايونات الكلور والصوديوم ، انخفاضا في حجم وضغط الدم ، ضعفا في ايض الكربوهيدرات وضعفا في وظيفة الكلية ، مما يسبب ضعفـــا عاما وفقدانا في الوزن وزيادة في الفضلات السامةفيالدم ويصبح لون البشرةبنيا. وجميع هذه الاعراض نموذجية عندانقص الكورتيكويدات المسمى بمرض أديسون Addison's disease . وفي الحقيقة ، فان ازالة القشرة الكظرية (بعكس النخاع)

يسبب الموت ، الا اذا اعطي الهرمون كعلاج بديل .

وطبيعة هذا الهرمون تختلف عن طبيعة معظم الهرمونات التي هي احماض امينية او سلاسل ببتيدات قصيرة او بروتينات ، اذ انه ستيرويد steroids (والاسترويدات الوحيدة الاخرى في جسم الانسان هي التي تفرز من الاعضاء التناسلية) . اذا فلها تركيب كيماوي متشابه جدا ، والاختلاف يكون فقط في عدد الذرات في السلاسل الجانبية . غير ان تأثيرها متميز للغاية ومتخصص . وقد يكون لاي هرمونين يكادان ان يتماثلا في البناء تأثيرات مختلفة للغاية . وقد ميزت انواع عدة من الكورتيكويدات . فالاول يؤلف هرمونات الجنس وهي تشبه الهرمونات التي تفرزها الاعضاء التناسلية كيماويا ووظيفيا الى حد كبير . ومعظم التي تفرزها القشرة الكظرية هي الاندروجينات androgens — الهرمونات الجنسية الذكرية كالادرينوستيرويد adrenosterone — الذي يسبب تطور الصفات الجنسية الذكرية الثانوية .

ومجموعة ثانية واكثر اهمية هي الكورتيكويدات المعدنية mineralocorticoids (والتي اهمها الالدوستيرون aldosterone في الانسان) وهي تعمل رئيسيا على الكلى لتنظيم اتزان ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور والماء في الدم وانسجة الجسم . فهذه المجموعة اذا جزء مهم من وسائل الجسم المعقدة للمحافظة على الاتزان في بيئة السائل الداخلي . فهذه الهرمونات تنبه القنوات الكلوية للنفرون nephrons على اعادة امتصاص كمية اقل من البوتاسيوم وكمية اكثر من الصوديوم وهذا ايضا يسبب زيادة في اعادة امتصاص الكلور والماء وازدياد حتمي في حجم الدم .

والقسم الثالث من الهرمونات القشرية هو الاكبر عددا والاكثر تعقيدا الكورتيكويدات السكرية glucocorticoids والتي اهم ما يمثلها الكورتيزون cortisone ، الهيدروكورتيزون hydrocortisone والكورتيكوسترون corticosterone وقد وجد لهذه الهرمونات تأثيرات مهمة مختلفة . فالكورتيكويدات Glucocorticoids تنظم ايض الدهنيات ، والبروتينات والكربوهيدرات وتقوم ايضا بحفز تحويل الاحماض الامينية الى كربوهيدرات وبناء الجلايكوجين بواسطة الكبد ، وهذه الهرمونات تؤثر ايضا في العضلات الغير المخططة في الاوعية الدموية . وكما رأينا ففي وقت حصول الضغط ، يقوم كل من النخاع الكظري والخلايا العصبية للجهاز العصبي السمبثاوي بفرز الادرنالين لكن العضلات في الاوعية

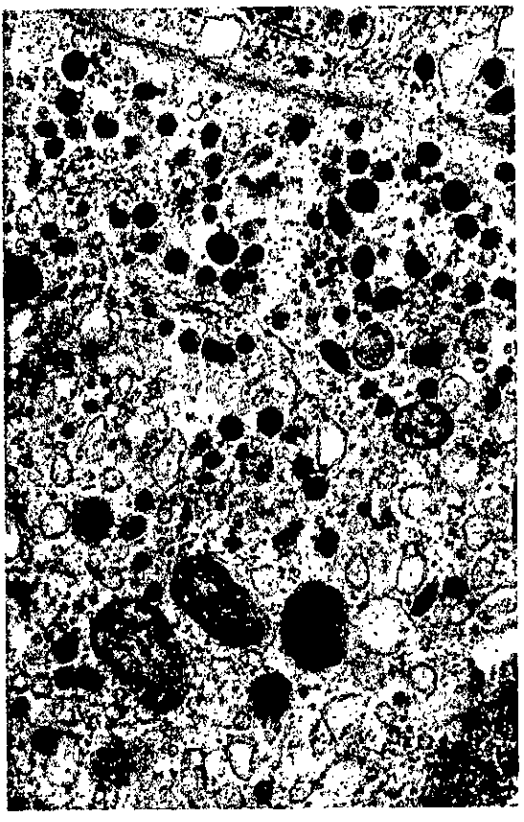
لا تستجيب لهذه الهرمونات في وجود الكورتيكويدات السكرية . وبالاضافة الى ذلك فان غياب الكورتيكويدات السكرية يسبب تغيرات كاضمحلال في جسدران الاوعية الشعيرية .

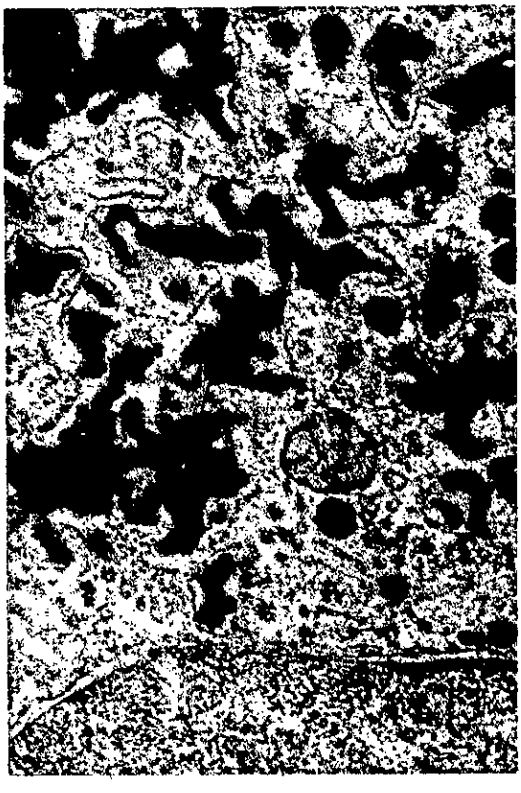
والكورتيكويدات السكرية عند وجودها بكميات كبيرة لها عملان ذوا اهمية خاصة . الاول منع الالتهابات في حالة الانسجة المتحطمة ، ولهذا السبب فان الرياضيين الذين يتكبدون الاصابات يعطون حقن الكورتيزون لكي يتخلصوا من التورم والاعراض القريبة فيمكنهم من المشاركة في المباريات رغم وجود الاصابة وثانيا ، فهي تمنع ظهور الحساسية نتيجة لافراز الهستامين من الانسجة .ولهذا فان الكورتيكويدات السكرية يستعمل عادة طبيا للتخلص من اعراض مرض الربو وامراض الحساسيةالاخرى.ولسوء الحظ فانلهذهالهرمونات الثمينةاعراضا جانبيةخطيرة للغاية،اذا استعملتبكميات كبيرةاو لمدةطويلةمن الوقت.فهرمونات القشرة تسبب قرحة المعدة وضغط دم مرتفعا ، وعظاما هشة ونموا كثيفا في الشعر . وتأخرا في التئام الجروح ومناعة اقل ضد التهابات معينة . فالفائدة الطبية لها محدودة اذا في عدة حالات ، والطبيب الذي يصفها يجب ان يقيم خطورتها الكامنة المرافقة لفائدتها للمريض .

الغدة النخامية The pituitary

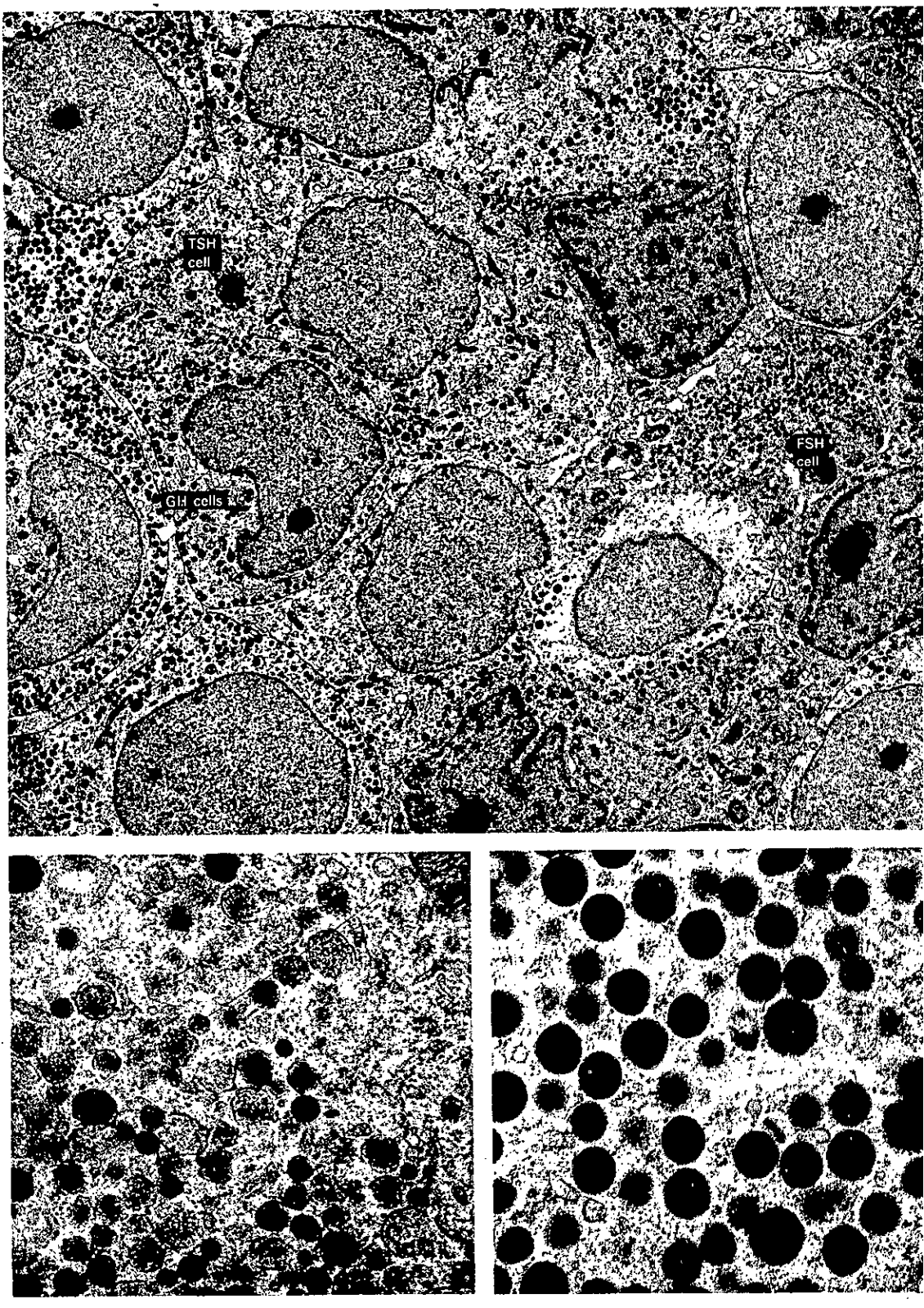
الغدة النخامية pituitary, or hypophysis هي غدة بحجم البازيلاء وتقع تحت الهايبوثلامس عند قاعدة الدماغ في مركز الراس الاكثر حماية في الجسم ، وهي كالغدة الكظرية ؛ مزدوجة ، اذ لها جزء خلفي neurohypophysis وجزء امامي adenohypophysis وهما متصلان بواسطة منطقة ثالثة او وسطى ، والجزء الامامي يلتف جزئيا حول الفص الخلفي ولكن الجزئين يبقيان منفصلين وظيفيا . وميكانيكيات التغذية الاسترجاعية الدقيقة المذكورة انفا يمكن ان ترى بوضوح اكثر في الغدة النخامية . ولأن الغدة النخامية تحت ضغط الهيبوثلامس مباشرة فانه هنا يكون التكامل النهائي بين التنظيم العصبي والكيماوي للعمليات التي تحدث في الجسم .

الغدة النخامية الخلفية *The posterior pituitary* : وكنخاع الغدة الكظرية فان الغدة النخامية الخلفية هي بالحقيقة جزء متخصص من الجهاز العصبي ،





الشكل (١٩ ــ ٨) :
تحتوي الغدة النخامية الإمامية على عدد من أنواع مختلفة من الخلايا ، وكل منها تفرز هرمونا مختلفا . على الاقل تمكن رؤية ثلاثة في هذه الصورة المصغرة الالكترونية الفاحصة لغدة خفاش نخامية أمامية : خلايا للهرمونات الحاثة لدرقية TSH وخلايا لهرمون النمو GH وخلايا للهرمون الحاث للجريب FSH والصور الاصفر تبين الافرازات الهرمونية داخل اربعة أنواع من خلايا الغدة النخامية . (مع دوران الساعة) الهرمون للحاث لادرقية TSH الذي يحفز افراز الثيروكسين من الغدة الدرقية: الهرمون المصفر ... الذي يؤثر على نمو المبايض ، وهرمون النمو GH الهرمون الذي ينظم النمو ، والهرمون الحاث للجريب FSH والذي يحفز تطور الاكياس المبيضية .


TSH cell
GH cells
FSH cell

وتتكون رئيسيا من محاور عصبية واطراف المحاور العصبية التي تقع اجسام خلاياها في الهايبوثلامس التي تتصل بالغدة النخامية الخلفية بواسطة جزء عصوي الشكل . وهرمونات هذه الغدة تفرز في الواقع من اجسام خلايا توجد في الهايبوثلامس وهذه الافرازات تتحرك الى الاسفل خلال المحاور العصبية الى الغدة النخامية الخلفية حيث تخزن عند اطراف المحاور العصبية . وافراز هذه الهرمونات يحدث بسبب سيالات عصبية من الهايبوثلامس . اذن ، الغدة النخامية الخلفية ليست غدة صماء في الحقيقة ولكنها مخزن للافرازات العصبية من الهايبوثلامس .

وهناك اثنان من هذه الافرازات العصبية : اوكسيتوسن و فاسوبرسن وهما متشابهان جدا كيماويا فكلا منهما ببتيد صغير من ثمانية احماض امينية وستة منهاموجودةفي الاثنين ، ومع ذلك فان وظيفة كل منهما مختلفة جدا عن الاخرى . فالاوكسيتوسن يسبب تقلص العضلات الغير المخططة وهو يؤثر في عضلات جدار الرحم اثناء عملية الولادة ولهذا السبب فانه يستعمل طبيا لاحداث الولادة وهذا الهرمون قد يسبب تقلصات رحمية بعد عملية الجماع الامر الذي يساعد على سحب الحيوان المنوي الى اعلى القناة التناسلية باتجاه البويضة. وبالاضافة الى ذلك فان الاوكسيتوسن يفرز كاستجابة للرضاعة . فهو يسبب تقلص بعض الخلايا في الغدد الثديية وبهذا يدفع الحليب عبر حلمة الصدر . والفاسوبرسن يرفع ضغط الدم عندما يسبب ضيق اوردة الدم الصغيرة وهو يؤثر ايضا في الانابيب الكلوية مسببا اعادة امتصاص كمية اكثر من الماء .

الغدة النخامية الامامية *The anterior pituitary* : ان الغدة النخامية الامامية تتطور من النسيج الجنيني الذي يكون سقف الفم . وهو يتكون من عدة انواع مختلفة من الخلايا والتي يظن ان كل واحدا منها مسؤولا عن افراز واحد من الهرمونات الرئيسية التي يفرزها الفص الامامي . وهذه الهرمونات تقع في قسمين رئيسيين :

١ ــ الهرمونات الغير المؤثرة nontropic hormones والتي تؤثر مباشرة في انواع معينة من الانسجة في الجسم .

٢ ــ الهرمونات المؤثرةtropic hormonesالتي لهاتأثيرفسيولوجيقليل او غيرمباشر ولكن بدلا من هذا تنظم نشاط الغدد الصماء الاخرى.

والهرمون الاساسي الغير المؤثر هو هرمون النمو growth hormone ،

ويعرف ايضـــا بالهرمـــون المؤثـــر الجسدي (somatotropic hormone STH) وهرمون النمو ، كما يدل اسمه ، ينظم نمو العظام الطويلة في الجسم ، وزيادة انتاج هذا الهرمون تسبب مرض العملقة بينما نقص انتاجه يؤدي الى القزم . ولهرمون النمو ايضا وظائف ايضية معينة . والهرمون الغير المؤثر الثانـــي هو البرولاكتين prolactin الذي له دور رئيسي مهم في بداية واستمرارية افـــراز الحليب من الغدد الثديية .وهرمون ثالث غير مؤثر هو الهرمون الحاث لخلايـــا الميلانين melanocyte-stimulating hormone (MSH) الذي يسبب اسوداد الجلد في بعض الحيوانات لتزويدها بتكيف للحماية في خلفية معتمة والحرباء مثـــال معروف . وبما ان ميكانيكية هذا الهرمون لاتعمل في الثدييات،فان عمل ال MSH في هذه المخلوقات ليس واضحا .

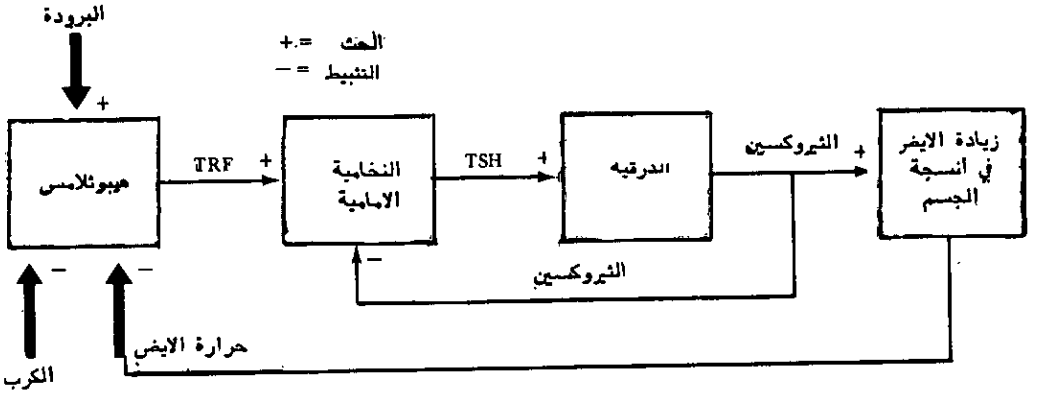
والهرمونات المؤثرة الاربعة المعروفة هي الهرمون الدرقي المؤثرthyrotropic (ويدعى كذلك الهرمون المنبه للغدة الدرقية thyroid stimulating hormone, TSH) الذي يقوم بحفز الغدة الدرقيـــة الى افـــراز الثيروكسين . وهرمـــون adrenocorticotropic hormone (AÇTH) الذي ينشط القشرة الكظريـــة . والهرمونين التناسليين المؤثرين gonado tropic : الهرمون المحفز للجـــراب follicle-stimulating hor mone (FSH) والهرمون المصفر luteinizing hormone

مع ان الغدة النخامية الامامية تتحكم بهذه الغدد ، فان نشاطها بتوجيه من الهايبوثلامس . مع انه لا يوجد اتصال عصبي بين الغدة النخامية الاماميـــة والهيبوثلامس ، فان هنالك علاقة وثيقة بينهما عن طريق الجهاز الناقل بـــين الهيبوثلامس والغدة النخاميـــة thalamic-hypophysial portal system . فالشعيرات الدموية الصغيرة الموجودة في الهيبوثلامس تفرغ بالاوردة الذاهبة الى الفص الامامي من الغدة النخامية وهناك تتفرع مرة اخرى الى تخت آخر من الاوعية الدموية مكونة بذلك جهازاً يشبه الجهاز الكبدي البابي . والخلايـــا العصبية في الهايبوثلامس تفرز عددا من الافرازات العصبية تعرف بالعوامـــل المفرزة releasing factors وتصل الى الجزء النخامي الامامي عن طريق هـــذا الجهاز البابي . ويبدو انه يوجد لكل هرمون مبني من الجـــزء الامامي للغدة النخامية عامل مفرز مختلف يحفز الغدة النخامية الى افراز هرمون معين في الدم.

ومن الصفات البارزة لهذا الجهاز هو ان الهايبوثلامس تستطيع افراز عوامل مفرزة عند التنبيه العصبي ولذلك فانها تخلق اتصالا مباشرا بين جهاز

الغدد الصماء والجهاز العصبي . مثلا ، اية اشارة من البيئة الخارجية ـ كالبرودة الشديدة مثلا ـ تنتقل الى الدماغ بواسطة اعضاء الحس ، والهايبوثلامس تستجيب لهذه الاشارة بافراز العوامل المفرزة التي تحفز الغدة النخامية الى انتاج الهرمون الحاث لقشرةالكظر(ACTH)والهرمون الحاث للدرقية (TSH) . وعند جريانه في الدم ، فان الهرمون الحاث لقشرة الكظر ACTH يحفز افراز هرمونات الكروتيكويد من الغدد الكظرية التي تهيء الكائن الحي للاستجابة لتلك الحالة . وفي نفس الوقت فان الهرمون الحاث للدرقية TSH يسبب افرازا اكثر من الثيروكسين من الغدة الدرقية وهذا يرفع عملية الايض التي تولد دفءا زائدا مؤديا الى تكيف الكائن الحي مع البيئة الباردة .

وبالاضافة الى التوجيه بواسطة الهيبوثلامس فان الغدة النخامية حساسة جدا للتغذية الاسترجاعية السلبية من الغدد التي تنظمها . فمثلا الثيروكسين يبني ويفرز من الغدة الدرقية تحت تاثير الهرمون الحاث للدرقية (TSH)من الجزء الامامي للغدة النخامية . فازدياد مستوى الثيروكسين في الدم يعمل على ايقاف نشاط الغدة النخامية والهايبوثلامس التي تحكمها مؤدية بذلك الى تقليل انتاج الهرمون الحاث للدرقية TSH . وكمية اقل من الهرمون



الشكل (١٩ ـ ٩) : ان التحكم في انتاج الثيروكسين مثال نموذجي للتحكم بالتغذية الاسترجاعية ، وهي ميكانيكية عامة في الجهاز الاصم الجسدي . يحفز الهرمون الحاث للدرقيب TSH ، الذي يفرز من الغدة النخامية الامامية ، انتاج الثيروكسين ، والمعدل المرتفع من الثيروكسين في الدم يمنع انتاج الهرمون الحاث للدرقيب .

الحاث للدرقية TSH في الدم تسبب نقصا في افراز الثيروكسين . وعندما ينقص تركيز الثيروكسين في مجرى الدم ، ينتهي توقف الغدة النخامية والهايبوثلامس ، ويفرز TSH ثانية . وهكذا تعاد الدورة . في الظروف الطبيعية يفيد نظام التغذية الاسترجاعية في المحافظة على المستوى الافضل من الثيروكسين في جميع الاوقات . ونفس النوع من هذا التوازن الحساس يستمر بهذه الطريقة بين الغدة النخامية والغدد الصماء الاخرى التي تقع تحت سيطرتها .

الغدة الزعترية The thymus

اعتبرت هذه الغدة ، التي تقع في الجزء الاعلى من الصدر ، كجزء من الجهاز اللمفاوي . غير ان الاكتشافات الحديثة بينت ان الغدة الزعترية تعمل كذلك كغدة صماء ، وتفرز هرمون الثيموسين (thymosin) الحيوي في تطوير جهاز المناعة في الجسم . فالخلايا اللمفاوية التي لها دور مهم في استجابات المناعة — التي تتوسط بها الخلية — لا تنضج دون الثيموسين .

الغدة الصنوبرية The pineal gland

وجد حديثا ان الغدة الصنوبرية ، التي تقع في الجزء الخلفي من الدماغ الامامي ، تفرز هرمونا يدعى الميلاتونين melatonin . وفي الفقاريات الدنيئة يفرز هذا الهرمون كاستجابة للضوء ويسبب تغيرات تأقلمية في لون الحيوان . وفي الطيور يعتقد أن هذا الهرمون يؤثر في سلوك الدورات الضوئية . من الواضح ان الغدة في الثدييات ليست حساسة للضوء ، والثدييات تملك خلايا متخصصة تنتج تغيرات في اللون في المخلوقات كالضفادع والبرمائيات . وهكذا فان دورها في الثدييات غامض .

هرمونات أخرى Other hormones

بعض الهرمونات والمواد التي تشبه الهرمونات تفرز من انسجة غير التي في الغدد الصماء الاساسية . وهذه تشمل الهرمونات الهاضمة

المختلفة التي تفرز من خلايا في بطانة القناة المعدية المعوية مثل الهيبرتنسين hypertensin الذي تساهم الكلى بأحد مكوناته والهستامين الذي يفرز مباشرة من انسجة الجسم المجروحة .

الهرمونات الهاضمة *Digestive hormones* : بالاضافة الى السكريتين المذكور سابقا ، يوجد عدة هرمونات هاضمة اخرى. وفي بداية هذا القرن ، اكتشف ايفان بافلوف ان افراز العصارات الهاضمة يضبط جزئيا فقط بمنبهات عصبية للجهاز الهضمي . وقد افترض ان الطعام المهضوم جزئيا وكان لحما في تجربته — ينتج مواد تسبب افرازا معديا آخر . ووجد بعد ذلك ان مركبات في اللحم المهضوم تنبه في الواقع الغشاء المخاطي البوابي لافراز هرمون يسمى الجاسترين (gastrin) والذي بدوره يحث على افراز العصارة المعدية . وقد بينت الاكتشافات الاخيرة ان الدهن ينبه الغشاء المخاطي للاثني عشر لافراز هرمون الانتروجاسترون enterogastrone الذي يمنع افراز العصارة المعدية ، وبهذا يعمل كمضاد للجاسترين . افراز العصارة الصفراوية من المرارة يثار بواسطة هرمون آخر يسمى كولسستوكاينن cholecystokinin وهو يفرز في الامعاء الدقيقة .

هرمون الضغط *Hypertensin* : للكلية القدرة على ضبط تزويد الاوكسجين الخاص بها بواسطة ميكانيكية ضبط هرمونية . فعندما يحدد جريان الدم الى الكلى لاي سبب ، يحدث ارتفاع في ضغط الدم . وتتجاوب القشرة الكلوية بافراز البروتين الذي يسمى بالرنين renin والذي يتحد مع بروتين في الدم لتكوين هرمون هيبرتنسين hypertensin والذي يعمل على ضيق العضلات غير المخططة في الاوعية الدموية الصغيرة ، وهذا يؤدي الى ارتفاع في ضغط الدم مرغما بذلك دما اكثر خلال الاوردة الكلوية وبهذا يعوض عن تحديد الدم الاساسي .

الهستامين *Histamine* : اختلافا عن بقية الهرمونات الاخرى يفرز الهستامين محليا ويكون تاثيره محليا . وهذا الهرمون يفرز من خلايا الانسجة المتحطمة او المجروحة . فهو يسبب تمدد عضلات جدر الاوعية الدموية وبهذا يزيد من نفاذية هذه الاوعية . وهذه الزيادة في النفاذية تدفع جريان الكريات البيضاء وعوامل المناعة الاخرى الى المنطقة المحطمة . وهو ايضا يسبب زيادة جريان السوائل وهذا يسبب التضخم المرتبط بالرشح والحساسية كحمى القش.

ويسبب الهستامين ايضا ضيقافي القصيبات الهوائية وهذا عامل في نوبات الربو.

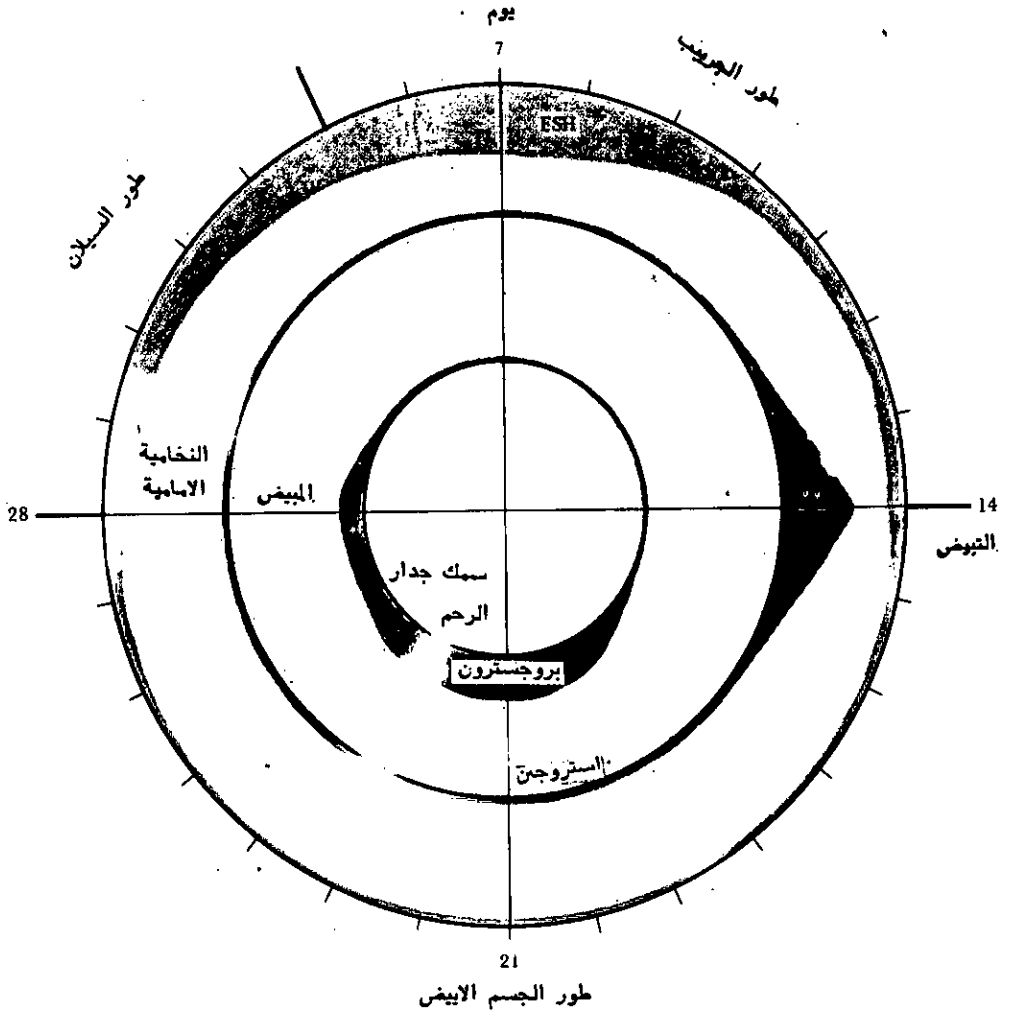
التنظيم الهرموني للتكاثر : Hormonal control of reproduction

ان عملية الاخصاب في الفقاريات عادة ، سواء اكانت خارجية ام داخلية ، تتطلب نشاطا معقدا وتعاونا معقدا من قبل الاباء لتأمين اتصال جاميتي ناجح . وهذا التوقيت الزمني ممكن الى حد كبير بفعل تنظيم الغدد الصماء . والانسان هو الوحيد الذي يملك التحكم الارادي الى حد ما بنظم سلوكية مقررة هرمونيا .

الغدد التناسلية *The gonads* : الغدة التناسلية الذكرية هي الخصية ، والهرمونات التناسلية المؤثرة(TH) التي تفرزها الغدة النخامية الامامية عند سن البلوغ تؤدي الى تطورها . ويعمل الهرمون الحاث للجريب FSH على نضج الخلايا الجرثومية الذكرية في الانابيب المنوية للخصية ، التي تعطي الحيوانات المنوية بعد ذلك أما الهرمون المصفر (LH) فيعمل على نضج الخلايا البين نسيجيةوالتي تفرز هرمون تستوسترونtesterosoneالهرمون الذكري.وهو الذي يساعد على ظهور التغيرات الجنسية الثانوية عند البلوغ — نمو اللحية وشعر العانة والتطورات العضلية ونضج الانابيب المنوية والبروستاتا وخشونة الصوت . تمنع عملية الخصي قبل البلوغ ظهور هذه الصفات ولكنها — بعد عملية البلوغ تسبب فقط نقصا طفيفا في هذه الصفات . وعملية الخصي قد تسبب اختفاء الدافع الجنسي كليا في معظم الحيوانات ولكن العديد من العوامل النفسية تؤثر في الدافع الجنسي في الانسان وبهذا فهو لا يقل .

وتنبه الغدة النخامية نفسها لافراز الهرمونات التناسلية الذكرية المؤثرة بواسطة العوامل الحافزة من الهايبوثلامس . ويتبع بدء النضج في الانثى نفس النموذج . ويسبب الهرمون المصفر (LH) و الهرمون الحاث للجريب (FSH) نضج المبايض ، وتبدأ هذه بافراز الاستروجين والبروجستيرون — الهرمونات الجنسية الانثوية . والاستروجين يسبب تطور الصفات الجنسية الانثوية الثانوية — كظهور شعر العانة ونمو الصدر وكبر حجم الرحم والمهبل وبدء الدورة الشهرية .

دورة الطمث *The estrous cycle* : ان افراز الهرمونين الجنسيين المؤثرين من الغدة النخامية ليس ثابتا ولكنه يتغير حسب نموذج منظم . وهذه



الشكل (١٩ ــ ١٠) : ينظم الدورة الشهرية جهاز تغذية استرجاعية معقدة تشمل الهايبوثالاماس والغدة النخامية الامامية وافرازات صماء من اعضاء التكاثر نفسها . خلال طور الجريان والطور الجرابي . تفرز الهايبوثالاماس عاملا مفرزا يسبب افراز الهرمون الحاث للجريب FSH من الغدة النخامية وهذا يحفز نمو الجراب في المبيض والجراب نفسه ينتج الاستروجين الذي يسبب ازديادا في سمك جدار الرحم ، كما يبطيء انتاج العامل المفرز للهرمون الحاث للجريب FSH ويحفز افراز العامل المفرز للهرمون المصفر LH وعندما تفرز الغدة النخامية الهرمون المصفر LH ، الذي يؤدي الى انتاج البويضة ــ تمزق الجراب وتطوره الى الجسم الاصفر الذي سينتج البروجستيرون . وهذا الهرمون يمنع افراز كل من العوامل المفرزة للهرمون الحاث للجريب FSH . والهرمون المصفر LH . وعندما ينخفض مستوى الهرمون المصفر LH ، يضمر الجسم الاصفر ويقف انتاج البروجستيرون ويجرف جدار الرحم في طور الجريان .

التغيرات تنتج تغيرات دورية في حالة القناة التكاثرية وفي التجاوب الجنسي في الانثى . وهذا ما يسمى بدورة الطمث estrous cycle . وفي معظم الحيوانات تكون الانثى اكثر ترحيبا بالذكر جنسيا خلال هذه الفترة من الدورة التي يحدث فيها انتاج البويضات ــ اي تحرير خلية البويضة . وهذه الفترة تسمى النزوة او الحرارة estrus . وطول الدورة النزوية تختلف باختلاف الانواع . فلبعض الحيوانات بضع دورات طمث كل سنة ، والبعض الاخر يعاني منها بشكل متكرر كل عدة ايام .

تبدأ الدورة عند افراز الهرمون الحاث للجريب FSH من الغدة النخامية الامامية واستجابة لذلك يبدا العديد من الجريبات ovarian follicles وهي الاجزاء التي تحوي خلايا البويضات ــ بالنمو . في الانسان تنمو واحدة بمعدل اسرع من غيرها وتستمر في النضج بينما يقف نمو جميع الاخريات وهذا الطور من الدورة يسمى بالطور الجريبي follicular phase ويستمر لمدة عشرة ايام . وخلال هذه الفترة يحفز افراز كمية صغيرة من LH في الجهاز الجرابي لانتاج الاستروجين الذي يسبب زيادة سمك جدار الرحم او البطن . وزيادة مستوى الاستروجين كذلك تسبب بداية ميكانيكية التغذية الاسترجاعية المعقدة. والاستروجين يبطىء انتاج الهرمون الحاث للجريب (FSH) وذلك بمنع افراز العامل المفرز للهرمون الحاث للجريب (FSH) من الهايبوثلامس (تغذية استرجاعية سالبة) . وفي نفس الوقت ، يحفز انتاج الهرمون المصفر (LH) بأن يحفز كمية اكبر من العامل المفرز للهرمون المصفر (LH) من الهايبوثلامس (تغذية استرجاعية ايجابية) ومع زيادة انتاج الهرمون المصفر (LH) عند حوالي اليوم الثالث عشر ، تدخل الدورة بالطور الصفراوي (luteal phase) .

وعندما يصل تركيز الهرمون المصفر الى حد معين ، فان الجراب الناضج ينطلق ، اي يتمزق وتنطلق البويضة ، ويتبع عملية اطلاق البويضات ان يسبب الهرمون المصفر (LH) تغيرا في الجراب المتمزق مغيرا اياه الى جسم اصفر يسمى بالجسم الاصفر corpus luteum . ويستمر الجسم الاصفر بافراز الاستروجين بكميات اقل من قبل ، ولكن وظيفته الاساسية هي افراز الهرمون الصفراوي وهو البروجسترون ، الذي يهيأ الرحم لاستقبال الجنين ، وهو يسبب نضج الغدد الموجودة في جدار الرحم السميك . وزراعة البويضة المخصبة

لايمكن أن تأخذ مكانها في الرحم الذي لم يتغير بافراز البروجسترون . ووجود البروجسترون في الدم يمنع افراز الهرمون الحاث للجريب FSH الذي يعمل على نمو جراب جديد ودورة جديدة .

واذا لم توجد زراعة لبويضة مخصبة ، تحدث تغذية استرجاعية سالبة اخرى: يمنع المستوى العالي للبروجسترون في الدم افراز الهرمون المصفر (LH) والتقليل التابع في مستوى الهرمون المصفر يؤدي الى ظهور الجسم الصفراوي ، ويتوقف انتاج البروجسترون . وسمك جدار الرحم لا يمكن المحافظة عليه بعد ذلك . وفي العديد من الحيوانات يعاد امتصاصه . غير انه في انثى الانسان ينسلخ خلال طور الجريان flow phase أو فترة النزف الدوري . وعند غياب البروجسترون يبدأ افراز الهرمون الحاث للجريب FSH مرة اخرى ومعه دورة جديدة . ولكن خلال طور الجريان يكون ــ باختصار اختفاء تام للهرمونات الجنسية . وهذه الحالة في بعض الاحيان تسبب اضطرابات نفسية وجسدية خلال الدورة الشهرية ــ كالغثيان والمغص الحاد والحساسية والاكتئاب . والدورة الشهرية الداخلية تستمر بمعدل ٢٨ يوما لكن هذا الرقم يختلف من فرد الى اخر وحتى من دورة الى اخرى في نفس الفرد . وفي الدورة يبدو الطور الصفراوي ذا استمرار ثابت حوالي ١٤ او ١٥ يوما . غير ان الجرابي قد يتغير في طوله باسبوع او اكثر .

الحمل *Pregnancy* : اذا اخصبت بويضة ، فانها تزرع في جدار الرحم . غير ان مستوى عاليا من البروجسترون عادة يؤدي الى بدء الدورة الشهرية كما راينا . كيف اذن يستمر الحمل؟ والجواب هو ، اذا زرعت البويضة المخصبة في جدار الرحم فان الجسم الاصفر لايضمر بل يبقى بمساعدة افراز هرمون جنسي المؤثر مشابه للهرمون المصفر (LH) من المشيمة . والتغذية الاسترجاعية السلبية اذا بدأت يستمر انتاج البروجستيرون مانعا الدورة الشهرية . وكمية الجونادوتروبين المشيمي chorionic gonadotropin كبيرة لدرجة انه يظهر في البول وتستعمل هذه الظاهرة كأساس لاختبارات الحمل . وفي الانسان يفرز كلا من الاستروجين والبروجسترون من المشيمة وبهذا يعطيان نظاما داعما للافرازات من الجسم الاصفر .

الولادة *Childbirth* : من الواضح ان البروجسترون يمنع التقلصات في العضلات غير المخططة في الرحم اثناء الحمل ، بينما الاستروجين يسبب

التقلصات . وتعرف المشيمة بانها تزيد من انتاج الاستروجين قبل عملية الولادة مباشرة مسببة بداية تقلصات الرحم ، وهذه العملية تساعد بواسطة افراز الغدة النخامية الخلفية للاوكسيتوسين وهو نفسه مثير قوي للعضلات غير المخططة . ويسهل الهرمون الذي يفرز من المشيمة والمبايض ويسمى ريلاكسين relaxin عملية الولادة بأن يمدد فم الرحم ويرخي عظام الحزام الحوضي .

الرضاعة *Lactation* : يبدو ان نمو الغدد الثديية يتأثر بتجمع معقد من الهرمونات بما في ذلك الهرمونات الجنسية وهرمون النمو والانسولين والبرولاكتين وبعض هرمونات الغدة النخامية المعنية . وان بداية واستمرارية الرضاعة تقعان تحت سيطرة العديد من نفس هذه الهرمونات وادرار الحليب يتم بواسطة المنبهات الهرمونية والعصبية . وعملية المص من قبل الطفل تكون دافعا عصبيا للهايبوثلامس التي بدورها تحفز الى افراز الاوكسيتوسين من الغدة النخامية الخلفية . وكما رأينا سابقا ، فان الاوكسيتوسين يسبب تقلصات عضلية في الثدي تدفع الحليب الى الحلمة .

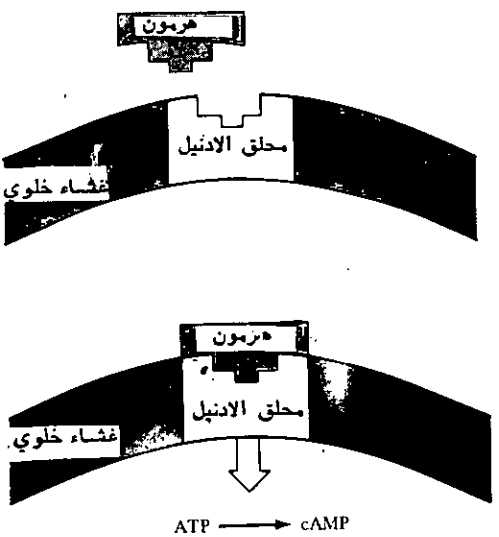
ميكانيكية العمل الهرموني Mechanisms of hormonal action

يبدو ان هناك طرقا عديدة تتصف بها الهرمونات لكي توفر التنظيم الكيماوي لعمليات الجسم . وواحدة من هذه الطرق هي اثارة الانزيمات التي تزيد معدل بعض التفاعلات الكيماوية . فمثلا الادرنالين يسهل عمل الانزيم الذي يحول الجلايكوجين الى جلوكوز وبهذا يعمل على تزويد الجسم بالطاقة المتوافرة له . وتستطيع الهرمونات ايضا التأثير في معدل بناء مركبات بروتينية معينة . ويعتقد ان الانسولين يساعد في تكوين الجزيئات اللازمة للنقل النشط للجلوكوز عبر الغشاء الخلوي . ويبدو من الممكن ان الهرمونات تستطيع ان تعمل مباشرة على الجينات لتؤثر على بناء جزيئات البروتين .

ومن المعروف على سبيل المثال ، ان بناء الحامض النووي الرايبوزي يمكن ان يزاد بواسطة هرمون الغدة الدرقية والهرمونات الجنسية . واثباتات اخرى لهذه النقطة توفرت باكتشاف قدرة بعض الهرمونات على تنشيط الجينات التي تكون مضغوطة بواسطة جينات اخرى اكثر سيادة .

وبالاضافة الى ذلك فأن معظم هرمونات الفقاريات لها القدرة على زيادة

النفاذية الغشائية ـ بالتحديد معدل انتقال الماء ومواد مذابة معينة عبر الغشاء الخلوي . فمثلا ان الهرمون المانع للبول يزيد من نفاذية غشاء الانابيب الكلوية للماء ولكثير من المواد الذائبة الغير العضوية وكالسكر والاحماض الامينية . ومن المعتقد ايضا أن مجموعة المركبات المكتشفة حديثا وذات الاهمية الكبرى المدعوة البروستاجلاندين prostaglandins قد تتكون عند الاغشية الخلوية بعمل الهرمونات . الغشاء الخلوي يتكون لدرجة كبيرة من اللبيدات الفسفورية التي تقارب مجموعة البروستاجلاندين كيميائيا وهذه الاخيرة بدورها قد تغير تركيب الغشاء الخلوي مغيرة من صفاته النفاذية . وكان للابحاث التي اجريت على البروستاجلاندين اهمية كبرى فقد اثبتت هذه المواد أن لها خصائص مميزة . فهي مركبات احماض دهنية كيماويا وهي مركبات لم تعرف سابقا بانها تؤثر في التنظيم البنائي . ويبدو ان البروستاجلاندين تعمل في كثير من الادوار كما تعمل الهرمونات غير انها بعكس الهرمونات يمكن ان تبنى بواسطة انواع عديدة مختلفة من الانسجة وهي فعالة بكميات قليلة جدا ، ولها دورة حياة قصيرة جدا في الكائن الحي ، لانها تتحطم بواسطة الانزيمات وهذا ما جعل دراستها صعبة بالنسبة لعلماء الكيمياء الحيوية . والتأثيرات الفسيولوجية



الشكل (١٩ ـ ١١) : يعمل الادنين احادي الفوسفات الحلقي cAMP كمراسل ثان ، معدا داخل الخلية التعليمات المحولة بالهرمونات الدائرة . وعندما يتحد جزيء هرموني مع موقع استقبال على غشاء الخلية ، يبدا انتاج الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي cAMP مسهلا بانزيم يدعى انزيم ادنل سيكليز adenyl cyclase .

المعروفة للعديد من البروستاجلاندين متنوعة للغاية منها ازديـــاد اخـــراج الصوديوم من الكلية ، مما يؤدي الى انخفاض ضغط الدم ، وتمدد في العضلات غير المخططة في الامعاء والممرات التنفسية وضيق الاوعية الدموية وهي تبدو ايضا قادرة على أن تعمل كمضادات لبعض الهرمونات البنائية وتمنع الانتقالات العصبية خلال الجهاز العصبي السمبثـــاوي . وزيـــادة على ذلك يبـــدو أن البروستاجلاندين قادرة ان تؤثر في الجهاز التناسلي عن طرق عدة . فهـــي تسبب الولادة وتشفي انواعا معينة من العقم أو تمنع الحمل وهذه الصفة الاخيرة زادت الآمال بأن تصبح البروستاجلاندين في النهاية الاساس لطريقة آمنـــة ومعتمدة عليها لتحديد النسـل . هذه الاستعمالات الطبية وكثير غيرها هي الان موضوع ابحاث مكثفة .

الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي

Cyclic AMP

اثناء التجارب التي تتعلق بالضبط الهرموني لسكر الدم في الفئران ،اكتشف ايرل سذرلاند Earl Sutherland أن الادرينالين يزيد من تركيز الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي (cAMP) داخل خلايا الكبد . ونتيجة هذا المستوى الاعلى من الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي cAMP كان تنشيط الانزيم الـــذي يحول الجلايكوجين الى جلوكوز . ومن ذلك الوقت وجد ان عددا كبيرا جدا من الهرمونات يحفز انتاج الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي (cAMP) من خلايا الهدف target cells الخاصة بها . واذا اعتقد ان الهرمونات تلعب دور المراسل الكيماوي ، فان (cAMP) يمكن ان تنظر اليه كمراسل ثـــان يعمل مباشرة على الانزيمات داخل الخلية لتسهيل تفاعلات معينة . فالهرمون، بمعنى آخر ، يحمل الاتجاهات والادينوسين احادي الفوسفات الحلقي (cAMP) يسبب انجازها . ويبدو من الواضح أن قدرة الهرمونات على التاثـــير في خلايا معينة لطريقة معينة ، هي صفة خاصة بالخلية الهدف وليس بالهرمون . ويعتقد ان الغشاء الخلوي لكل خلية هدف يملك مراكز استقبال متخصصـــة للهرمون . اي انها تستقبل جزيئات هرمون من نوع معين وليس غير ذلـــك . وعندما يتحد جزيء هرموني مناسب مع مركز الاستقبال فان انزيما في غشاء الخليـــة يسمى الادنيل سايكليز adenyl cyclase يساعد على بناء الادينوسين احادي

الفوسفات الحلقي cAMP داخل الخلية فان الادنيل سايكليز cAMP يعمل اذا على حفز الخلية للاستجابة المتكيفة بشكل غير معروف تماما للان فالخلية الدرقية مثلا ،والمجهزة كيميائيا لانتاج الثيروكسين تنشط لعمل هذا فقط بحضور الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي cAMP . وبهذا فان الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي قادر على اظهار العديد من النشاطات المختلفة في داخل خلايا مختلفة وهذا يجعله نوعا من الوسيط العام لوظيفة الهرمون .

ملخص الفصل التاسع عشر

ان الهرمونات كيماويات منظمة تنتج من الغدد الصماء او اللاقنوية ، وهي تفرز مباشرة في الجهاز الدوري ، مؤثرة بذلك في خلايا في اجزاء بعيدة من الكائن. وقد طورت الخلايا الهدف المتأثرة درجة عالية من الحساسية لهرمونات محددة، فهي تتجاوب لعدد صغير جدا من الجزيئات .

والنشاط الهرموني نوعان اساسيان : تطوري وتنظيمي . فهرمونات التطور تحفز النمو والتغيرات الدائمة الاخرى كالانسلاخ والتحور metamorphosis وتطور الصفات الجنسية الثانوية . وهرمونات التنظيم تحافظ على استمرارية الامزاز في البيئة الداخلية وذلك بتنظيم الايض وتنشيط تجاوب الكائن للمؤثرات الخارجية وتنظيم النشاط الدوري .

ويشارك جهاز الغدد الصماء الجهاز العصبي مسؤولية التنظيم للكائن ، رغم انهما مختلفان في عملهما . الجهاز العصبي يعمل عبر مسالك محددة والتاثير ذو استمرارية قصيرة ويؤثر عادة في مناطق محددة للغاية . الهرمونات ترحل عبر جهاز النقل وتعمل ببطء أشد ولفترات أطول من الزمن عادة وتحفز عادة مناطق اكبر من الكائن .

وبين اللافقاريات ، فان النشاط الهرموني عين بدقة اكبر للحشرات .ومن بين الهرمونات التي عزلت هرمون الانسلاخ الاكديسون ، الذي تفرزه غدد في

الحلقة عند الصدر prothorax عندما تحفزها افرازات عصبية من الدماغ.وهذه الاخيرة هي هرمون مؤثر وهذا لا يصنع اي تاثير فسيولوجي مباشر ولكن يخدم لتنبيه نشاط غدد صماء معينة . والهرمونات المؤثرة وجدت ايضا في الفقاريات . وهرمون لافقاريات آخر هو هرمون الشباب juvenile ووجوده في كميات كبيرة ينتج اطوار العذراء غير ناضجة ، وبكميات قليلة . فهو يسبب المرحلة اليرقية النهائية (pupa) ، وعندما يغيب الهرمون كليا ، فان اليرقة تنسلخ الى كائن ناضج .

وفي الفقاريات ، يرتبط جهاز الغدد الصماء والجهاز العصبي ارتباطا متينا فالغدة النخامية الامامية نفسها تقع تحت تحكم مباشر من الهايبوثلامس .وبهذا فان تلك الغدد التي تتأثر بالغدة النخامية تحكمها الهايبوثلامس بطرق غير مباشرة تمكن تصنيف الغدد الصماء باقسام عدة :ـ

١ ـ الغدة النخامية الامامية التي تحفزها الهايبوثلامس والتي تحكم الغدد الصماء الاخرى .

٢ ـ الغدد التي تحكمها الغدة النخامية الامامية ـ الغدة الدرقية ، والغدد الجنسية والقشرة الكظرية .

٣ ـ الغدة النخامية الخلفية ، والتي لاتفرز أية هرمونات ، بل تخزن افرازات عصبية من الهايبوثالامس .

٤ ـ الغدد الغير الواقعة تحت تاثير الغدة النخامية ـ البنكرياس والغدد جارات الدرقية .

٥ ـ النخاع الكظري والذي هو استمرارية للجهاز العصبي السمبثاوي .

وقد وجد أن الغدة البنكرياسية مرتبطة بالسكري . فالبنكرياس يحتوي على تجمعات من جزيرات خلوية تدعى ضريرات لانجرهانس . هذه الخلايا تفرز هرمون الانسولين والذي يخفض سكر الدم بمنع انتاج الجلوكوز في الكبد،وتشجيع التحويل السريع للسكر الى جليكوجين في الكبد والعضلات ومشجعة لتاكسد أسرع للجلوكوز في الخلايا وذلك بزيادة نفاذية الغشاء للجلوكوز .

تنتج الغدة الدرقية ، الواقعة في الرقبة ، الثيروكسين والذي يتحكم بالايض ونقصه hypothyroidism يسبب الهبل (lethargy) والسمنه وبطء نبض القلب والبلادة العقلية وزيادة الثيروكسين (hyperthyroidism)تؤدي الى ايض عال غير عادي .

تقع الغدد جارات الدرقية على سطح الغدة الدرقية ولكنها مستقلة عنها وظيفيا . وهي تتحكم باتزان الكالسيوم ــ الفوسفات في سوائل الجسم وذلك بافراز الباراثورمون وهو يمنع اخراج الكالسيوم عن طريق الكلى ويحفز تحرره بواسطة العظام بينما يحفز اخراج الفوسفات .

تتكون الغدد الكظرية ، الواقعة فوق الكلى ، من غدتين منفصلتين : القشرة الخارجية والنخاع الداخلي . ينتج النور ادرنالين (نورابينفرين) والادرنالين (ابينفرين) . الادرنالين مسؤول عن رد فعل « حارب او اهرب » في الكائن . تنتج القشرة عددا كبيرا من الهرمونات . ومن المهم بين هذه الهرمونات القشرية الاستيرودية ، الاندروجينات ــ او الهرمونات الجنسية الذكرية مثل الادرينو سيترون المسؤول عن تطور الصفات الجنسية الذكرية الثانوية والكورتيكويدات المعدنية مثل الالدوستيرون aldosterone الذي يحافظ على اتزان سوائل الجسم وذلك بتنظيم تركيز الايونات ، والكورتيكويدات السكرية (كورتزون هيدروكورتزون وكورتيكوستيرون) ، التي تنظم أيض الدهون والبروتينات والكربوهيدرات .

تقع الغدة النخامية عند قاعدة الدماغ تحت الهايبوثالامس . تخزن الغدة النخامية الخلفية ، وهي جزء متخصص من الجهاز العصبي ، افرازات عصبية من الهايبوثالامس : مثل الاوكسيتوسين oxytocin الذي يحفز تقلصات العضلات غير المخططة في الرحم والفاسوبرسين (vasopressin) وهو هرمون ضد انتاج البول .

تنتج الغدة النخامية الامامية العديد من الهرمونات . بعضها غير مؤثر مثل هرمون النمو والبرولاكتين . ومن الهرمونات tropic المؤثرة الهرمون الحاث للغدة الدرقية (TSH) والهرمون الحاث لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)والهرمون الحاث للجريب (FSH) والهرمون المصفر luteinizing hormone . وتفرز هرمونات الغدة النخامية الاماميةتحت حفز من العوامل المفرزة التي تنتجها الهايبوثلامس . وهذا الاسلوب يخلق اتصالا مباشرا بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء ويسمح للكائن ان يتجاوب هرمونيا مع المنبهات الخارجية .

جميع الغدد التي تتاثر بالهرمونات المؤثرة تسبب تأثيرا مباشرا على الغدة النخامية بواسطة ميكانيكية التغذية الاسترجاعية السلبية . فدورة

التكاثر ، التي يتحكم بها LH و LSH ، تعمل تحت ترتيب معقد من ميكانيكيات التغذية الاسترجاعية السلبية والايجابية بين اعضاء التكاثر والغدة النخامية. هذا التشابك هو الذي ينتج الدورة الشهرية المؤلفة من الطور الجرابي والطور الاصفـــــر .

ويبدو ان العمل الهرموني يحدث بأن يؤثر في بناء البروتين بأن يعمـــل مباشرة على الجينات وبأن يزيد من نفاذية الغشاء الخلوي لمواد مذابة معينة ، ومن المعقول خلال تكوين البروستاجلاندين ومراسل ثانوي هو الادينوسيـــن احادي الفوسفات الحلقي cAMP ـــ قد يحفز في الواقع رد الفعل المرغوب في الخلية الهدف وبهذا يعمل كوسيط عام لعمل الهرمون .

نظـرة فاحصـة
الـكرب
Stress

افترض ان ضوء اشارات السير امامك عند التقاطع قد تغير للتو عندمـا اندفعت سيارة اخرى للامام ودارت من امامك . انك تضغط على الكابح وتشد الى اليمين بشدة لتفادي التصادم بينما تندفع السيارة الاخرى نحو الوقوف عند الضوء الاحمر . عندما تتوقف انت عن الارتجاف ، تقفز الى الخارج ، وتسير نحو السيارة الاخرى وتعطي السائق بعض ما في بالك ، وصوتك يمكن سماعه من مسافة بعيدة . لقد كنت في حالة ضغط كان فيها تسلسل عواطفك خوفـا هائلا اولا ومن ثم غضبا ملتهبا .

وبجانب الخوف والغضب ، حوادث الكرب قد تنتج ردود فعل عاطفية مؤنبة اخرى هي قلق ورعب وغم وانحطاط معنوي . والكروب الطويلة الامد ، كالعطالة عن العمل والحزن ، قد تسبب مرض الربو الى القرحة والتهاب المفاصل واضطرابات عصبية ونفسية أو حتى الموت المفاجيء . كيف يمكن لهذه التأثيرات أن تفسر ؟

قبل حوالي ٦٠عاما،لاحظ العالم النفساني «ولترن كانون»أن بعض التغيرات الفسيولوجية المميزة ترافق العواطف القوية . ففي حالة الكرب، كما اقترح هو ، يفرز نخاع الغدة النخامية كميات من الادرينالين في مجرى الدم ، مقويا نشاطات

الجسم الأيضية ومزيدا عمل القلب . وهذه التغيرات تعد الجسم « للكر او الفر » لمجاراة الكرب و الهروب منه .

وفي عام ١٩٣٦ ، حسن ووسع الطبيب الكندي «هانس سيلي» نظريةكانون بفكرة التكيف العام (GAS) التي تتألف من ثلاث مراحل من رد فعل لحوادث الكرب ، ففي مرحلة الانذار البدائية ، يحاول الكائن أن يحتوي أو يتجنب الكرب بافعال تقويها الهرمونات ، وبالتحديد جهاز الغدة النخامية ـ الغدة الكظرية ومقواة بالجهاز العصبي ـ وتتبع مرحلة المقاومة والتي تحدث ردود فعل جسدية دفاعية معينة لاحتواء تأثيرات الكرب . مثلا بعد الاذى ، تتمدد الاوعية الدموية ، وتتضاعف الكريات الدموية البيضاء وتتحرك نحو الموقع ويتكون نسيج رضام لتجميعها . اذا كانت دفاعات الجسم غير كافية ، يدخل الجسم مرحلة التكيف الثالثة وهي الانهاك والتي تنتشر خلالها ردود الفعل المؤذية خلال الجسم واذا كانت جدية كفاية قد تسبب الموت .

توجد نظريات نفسية مقابلة للتفسيرات البيولوجية لردود فعل الكرب . أعطى العالم النفسي «مارتن سيليجمان»صدمات كهربائية قوية لكلاب بينماكانت معلقة في سرير ارجوحة لاتستطيع الافلات منها بعد ذلك ، عندما صدمت الكلاب وهي في علب تستطيع الافلات منها بالقفز فوق حاجز ، لم تحاول ذلك . والكلاب الغير مصدومة سابقا،من ناحيةاخرى تعلمت القفز بسرعة فوق الحاجز الحصن. استنتج سيليجمان أن الكلاب التي صدمت وهي في الاسرة تعلمت كيف تشعر باليأس عندما لم تستطع أن تتحكم بحالتها . وهذا اليأس الذي تعلمته كما يعتقد سيليجمان ، هو ايضا سبب في الانحطاط النفسي والموت المفاجيء .

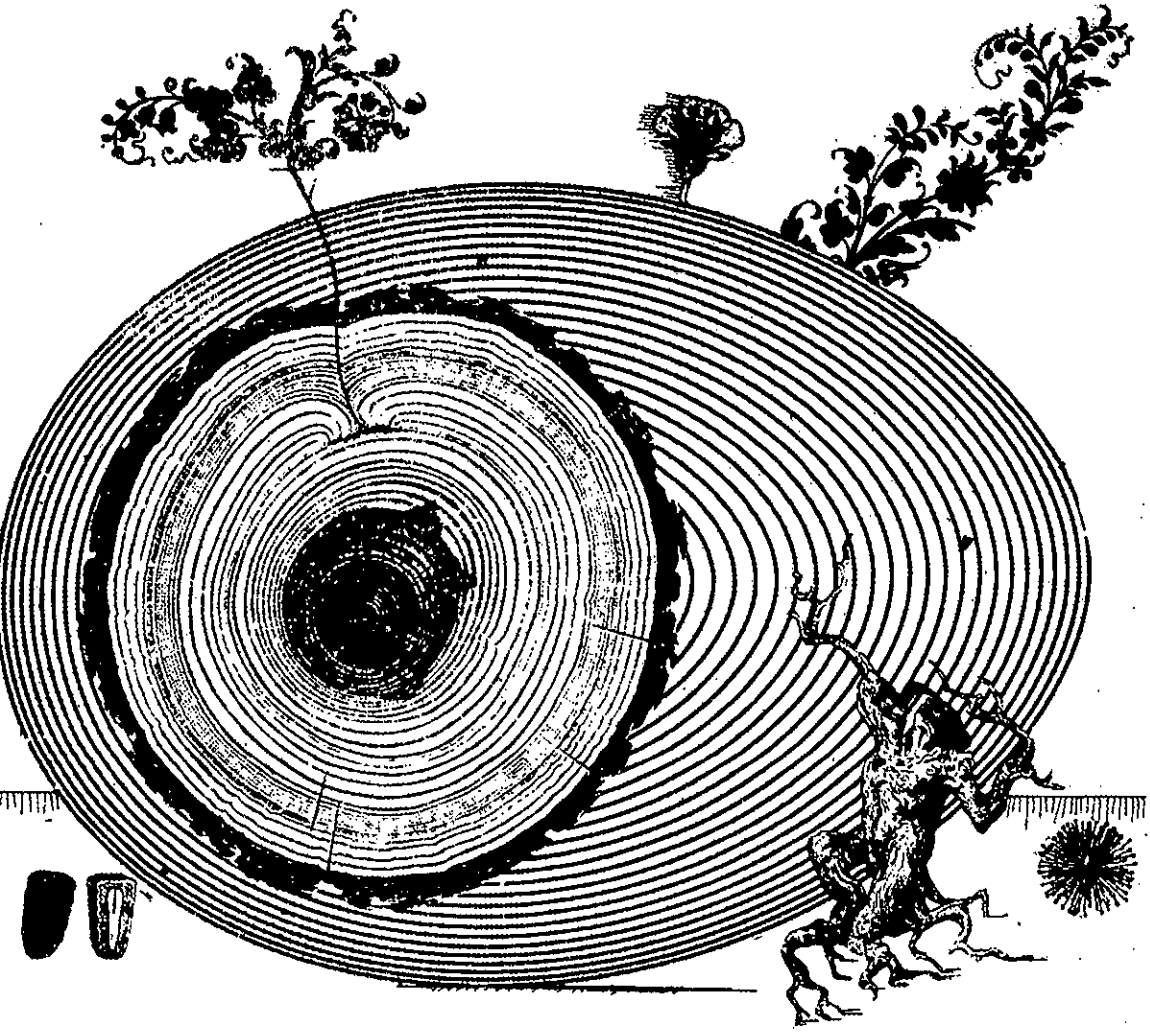
وقد تحرى بعض الباحثين ، مثل «جاي ووايس»العالم النفسي الفسيولوجي التفسيرات النفسية .لقد وجد نقصا واضحا في النور ايبنيفرين (نور ادرينالين) المادة الكيميائية التي تعمل كناقل عبر التشابك العصبي ، في ادمغة الفئران التي عرضت لضغط غيرقصير؛وقد افترض وايس أن هذا النقص في الناقل عبر التشابك العصبي يتدخل بعمل الجهاز العصبي حتى أن الحيوانات تحيرت ولا تستطيع تنظيم ردود فعل الكرب التكيفية . واليأس ، في وجهة نظره ، هو نتيجة نقص نور ايبينفرين وليس اسلوب التعلم .

وقد وضعت العوامل النفسية في الكرب حديثا الى المقدمة بواسطة الدراسات التي استعملت قائمة جرد لحوادث الحياة . ولبناء هذه القائمة

يقدر الكثير من الناس درجة الكرب النسبية التي تسببها حالات مختلفة ويؤخذ معدل هذه الدرجات . فالزواج له قيمة كرب ٥٠ ، والطلاق ٧٣ . والطرد من العمل أعطي القيمة ٤٧ . والكروب الاقل أتت من مشاكل مع القانون (٢٩) وبداية وانهاء المدرسة (٢٦) والخروج الى موعد (١٥) .

وأحد قوائم الكرب هذه تدعى « المقياس التدرجي للتأقلم الاجتماعي » ، يحتوي على ٤٣ مادة مدرجة ، والتي يمكن زيادة قيمها لاعطاء الكرب الاجمالي لشخص للسنة السابقة . ففي احدى الدراسات ، جمعت النتائج لمئة لاعب كرة من كلية للسنة التي سبقت أفتتاح موسم كرة القدم . بعد ذلك بثلاث اشهر وجد أن ٥٠ بالمئة من فريق الكرب العالي و ٢٥ ٪ من فريق الكرب المتوسط و ٩ ٪ من فريق الكرب المنخفض قد اصيبوا بالاذى خلال الموسم . ومن العشرة لاعبين الذين تألموا من اصابات متكررة ، سبعة كانوا من فريق الكرب العالي . وفي الكثير من هذه الدراسات ، كلما زادت أهمية مصائب الحياة ذات الكرب ، زاد احتمال حدوث الامراض المستعصية وجدية الامراض الحاصلة .

مع جميع هذه المحاولات لدراسة الكرب ، بدأنا فهم أسباب وآثار الكرب الجسدية والنفسية والاجتماعية النفسية . بعد ذلك ، علينا مواجهة المسؤولية الجديدة — والتي قد لا تكون سهلة — وهي تحديد كم علينا أن نستبعد منها .



الفصـــل العشرون

تطور النبات

Plant Development

تشتمل دراسة الكائن الحي على جميع التغيرات التي تحدث فيه منذ أن يبدأ حياته وحتى يموت . وحدوث هذه التغييرات في الشكل والتركيب للكائـــن الحي يقتضي تداخلا منسقا لكثير من العمليات والمؤثرات .

والنمو في النباتات على خلاف ماهو في معظم الحيوانات ، يستمر طيلـــة فترة الحياة . وينتج انقسام الخلايا الطاقة اللازمة لهذا النمو ـــ ومع ان انقسام الخلايا ليس نموا في حد ذاته ـــ لان الخليتين الجديدتين تحتلان نفس حجم الخلية الام ـــ الا ان انقسام الخلايا هذا يتبعه زيادة في حجمها وذلك بسبب امتصاص الخلايا للماء . وبعد ذلك تأتي مرحلة التمايز الخلوى ، اي اختلاف الخلايـــا بعضها عن بعض لتؤدي وظائف مختلفة ـــ ولماذا تتمايز الخلايا ؟ هذا واحد من الاسئلة التي لم يجب عنها حتى الان في علم الاحياء . ولكن هناك دلائل معروفة . وسوف نلقي الضوء على اهم هذه الدلائل هنا . فالسبب في تشكل الخلايا كمـــا هي عليه لابد ان يعود الى التداخل بين المحيطين الفيزيائي والكيميائي الخاص بكل

خلية وذلك عن طريق مجموعة المعلومات الجينية المبرمجة داخل كل خلية . فمثلا ان خلية على السطح العلوي للورقة تصبح خلية بشرة ، وليس خلية خشبية ، ويعود ذلك على الاقل لتعرضها الى المحيط الخارجي . وكذلك ، فان اعضاء التكاثر تتطور فيما بعد استجابة الى اشارة من باقي النبات ، وهذه الاشارة ذاتها هي نتيجة تفاعل عوامل داخلية وخارجية مختلفة .

ومن اهم واغرب ظواهر تطور النباتات انها تتكاثر خضريا . فرغم ان الخلية تنضج وتتوقف عن الانقسام العادي الا انها تحتفظ بطاقتها للانقسام والتمايز لتعطي خلية متخصصة من نوع اخر . وهذا يدل على ان كل خلية تحتوي على كل المعلومات الوراثية ، وان الخلايا لا تفقد اى جزء من هذه المعلومات خلال نموها وتشكلها .

والتكاثر الخضري من الصفات التي عملت عليها دراسات كثيرة وذلك لصلته بمسائل نظرية وعملية .

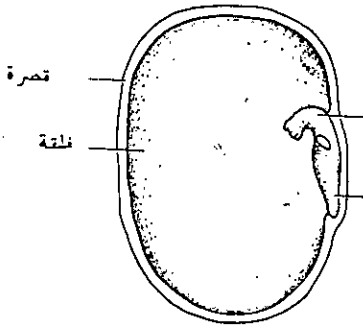
والجزء الاول من هذا الفصل هو تقييم جميع المراحل التي يمر فيها النبات خلال دورة حياته وسنتطرق الى كيفية انبات البذور وستدرس نمو وتمايز يافع وناضج ونمو وتشكل اعضاء التكاثر والطرق التي يحافظ فيها النبات على بقائه حيا ثم الهرم واخيرا الموت . ثم بعد ذلك المؤثرات التي تنظم دورة حياة النبات بما في ذلك المؤثرات البيئية وكيفية استجابة النبات لهذه المؤثرات .

دورة حياة النبات Life cycle of the plant

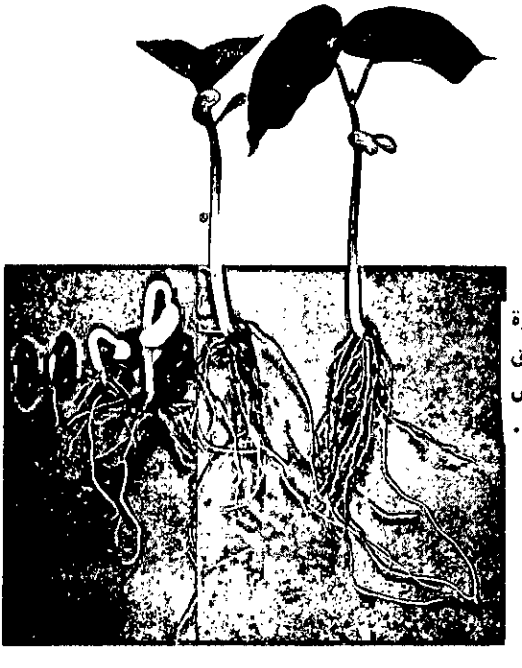
ان النبات مثل الحيوان تبدأ حياته عندما يتم اندماج خليتين جنسيتين وقد شاهدنا كيف يحدث ذلك على جميع المستويات في المملكة النباتية . ففي **المغطاة البذور** angiosperms التي نستعرض لها في شيء من التفصيل في هذا الفصل فان الزيجوت يتطور الى جنين محفوظ ومزود بالمواد الغذائية مكونا بذلك البذرة. وعند نضج البذرة نستطيع تمييز الجذير radicle والريشه plumule واوراق البذرة والفلقات cotyledons (واحدة فقط في ذوات الفلقة الواحدة واثنتان في ذوات الفلقتين) وقد تظهر بعض الاوراق كجزء من الساق ومع ذلك فالجنين هنا غير مكتمل اذا قورن بجنين الثدييات في الحيوانات ، لان معظم النبات لا يتوافر بالصورة الجنينية عند نهايتي الجذر والساق اي عند **غطاء الجذر** root apex

وغطاء الساق shoot apex .

وفي اجنة الحيوانات يكون جزء من النسيج خلايا تناسلية مولده . اما في اجنة النبات فلا نجد مثل هذا الدور ، وفي الحقيقة اننا لا نستطيع ان نتعقب ايا من الخلايا التناسلية او مولداتها حتى في النبات المغذي الناتج . فاعضاء التكاثر تظهر بعد نضج النبات . ولهذا فان النباتات الراقية تمتلك مفتاح تطور مهم جدا لا نجده في الحيوانات الراقية .



الشكل (٢٠ ــ ١) : بذرة البازيلاء وفيها الفلقة تشغل معظم الحيز ، وهي تزود الجنين بالغذاء اللازم . ان نقطة التقاء الفلقة الاخرى مشار اليه بالشكل البيضوي بين الرويشـــة والجذير .



الشكل (٢٠ ــ ٢) : مراحل انبات بذرة الفاصولياء وهنا يلاحظ خروج الفلقات ، فوق سطح التربة لتقوم بعملية التمثيل . في بعض الانواع الاخرى تبقى الفلقات تحت سطح التربة .

الانبات والنمو الاولي : Germination and early growth

ان البذرة التي تمر في فترة السكون تحتاج لكي تنبت وتبدأ في النمو الى توافر ظروف داخلية وخارجية معينة . وسوف نتعرض للظروف الداخلية فيما بعد . اما الظروف الخارجية اللازمة للنمو فهي كمية كافية من الماء والاكسجين ودرجة حرارة مناسبة (١٠ ــ ١٣ م) . تحت هذه الظروف تبدأ البذرة بامتصاص الماء وتنتفخ ممتلئة بالماء ويزداد حجمها (اذا ملاءنا علبة تنك ببذور بازيلاء جافة وماء فان البذور تنتفخ مؤدية الى انبعاج غطاء العلبة .

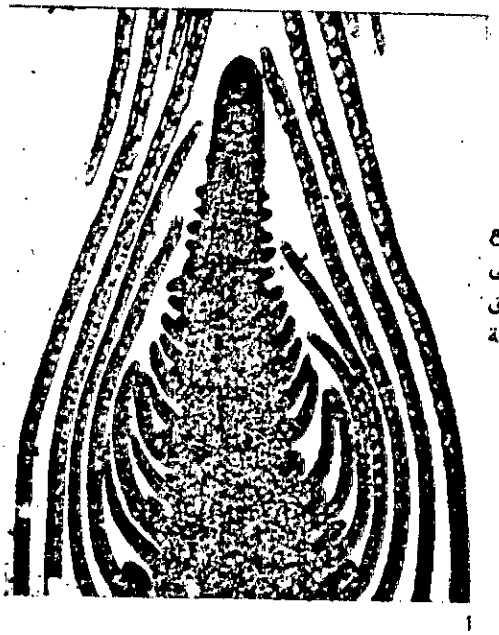
وعندما تأخذ البذرة كيات كافية من الماء يبدأ الجنين بالنمو . وعندها تبدأ الجذور بالظهور اولا ويعود ذلك الى تمدد الخلايا استجابة لاخذ الماء . وبعد ذلك تأخذ الخلايا بالانقسام وبعد فترة وجيزة من ظهور الجذر تبدأ الساق بالظهور والنمو دافعة باوراق الجنين الى الاعلى خلال التربة . وتبقى الساق الموجودة تحت القمة معقوفة الى اعلى لحماية الساق الفضة تحتها . وتستقيم الساق حال ظهورها فوق سطح التربة وتتفتح الفلقات او اوراق الشتلة الاولى ، حسب نوعها ، وتبدأ القيام بعملية التمثيل الضوئي .

والجنين النبت نشط جدا في عمليات البناء والهدم . اما البذور التي تمر في طور السكون فانها تقوم بعملية التنفس الخلوي ولكن بمعدل بطيء جدا . وحالما تبدأ البذرة بامتصاص الماء تزداد سرعة التنفس لتوفر الطاقة اللازمة للنمو .

قمة الساق : *The stem apex* يتم النمو في المراحل الاولى في النبات عن طريق انقسام خلاياه واستطالتها ويحدث انقسام الخلايا اولا في منطقتين فقط في قمة الجذر وقمة الساق . ان قمة الساق ، او الراس المستدق ، هي في الاساس قبة يتغير حجمها وشكلها تبعا لنوع النبات وعلى حواف القبة وتحت القمة مباشرة تظهر نتؤات صغيرة يزداد حجمها تدريجيا باستمرار نحو القبة الى اعلى وبعيدا عن هذه نتؤات. وتسمى هده النتؤات **بمنشأ الاوراق** leaf primordia وهي علامة لبداية التمايز في تركيب النبات . ورغم ان اساس النتؤات يبقى ثابتا الا ان خلاياه تنقسم بسرعة اكبر من سرعة انقسام خلايا القبة ، ولهذا فانها تنمو الى اعلى وفوق القبة مكونة **البرعم الطرفي** apical bud . وفي الوقت نفسه تنقسم خلايا القبة القمية باستمرار وتتمدد فتزيد من المساحة السطحية ومن

مساحة معظم القمة . ان الخلايا المنقسمة هذه تدعى **بالقمة النامية** apical meristem . وهي نشيطة جدا في تحضير الحامض النووي ولا تحتوي على الفجوات العصارية التي توجد في كل الخلايا النباتية الكبيرة .

وعند قاعدة قمة الساق تبدا الخلايا بالتمايز للتخصص وفي المناطق التي يبدأ فيها النسيج الوعائي في النشوء تبدأ في الظهور أشرطة طويلة procambial strands من خلايا المنشأ وتلاحظ هذه اسفل كل منشأ للاوراق مباشرة وهذه الخلايا



الشكل (٢٠ ــ ٣ ، ا و ب) : مقطع طولي في القمة النامية لساقي نبات . على اليسار يظهر تداخل منشأ الاوراق مع الاوراق الصغيرة ، وفي الاسفل الحزم الكامبيومية الاولية لمنشأ الاوراق .

ا



ب

تزداد في التخصص كلما زادت خلايا القمة في الابتعاد وتعطي **مباشرة** وهـــذه الخلايا خشبا اوليا ولحاء أوليا ثم تتجمع لتعطي الحزم الوعائية في الساق الكاملة النمـــــو .

واللحاء ينمو ويتطور قبل الخشب . وهذا متوقع لان الخلايا الجديدة تحتاج الى الغذاء الجاهز ليساعدها في النمو .

وفي نفس الوقت الذي تبدأ فيه الانسجة الوعائية في النمو فان باقي الخلايا تبدأ في التخصص لتعطي التركيب اللازم للساق الناضجة . وهذه الخلايا تستمر في النمو الطولي في المنطقة التي تقع مباشرة خلف البرعم الطرفي ولكن هـــذه الاستطالة تتوقف على مسافة بضعة سنتمترات خلف القمة . وهذا يعود الى ان كل جدار خلية له قدرة محدودة على النمو . وكذلك فان الزيادة في السمك تجعل الجدار اكثر صلابة . وهذا ينطبق بشكل خاص على وحدات الخشب . وتتميز عناصر الخشب الاولى (القريبة من القمة) بوجود تغلظ قليل السمك وتستطيـع ان تتمدد عرضيا لتلائم الزيادة في طول الساق . ولكن الخشب التالي الـذي يتخصص ويتمايز في المنطقة الواقعة تحت منطقة الاستطالة له جدار ثانوي صلب ومدعم بالجنين ، وهذا يمنع زيادة تمدد هذه الخلايا .

قمة الجذر *The root apex* : ان تركيب ووظيفة الجذر يعطيانه تركيبـــا مختلفا . ويبقى هناك القمة وهي مدببة في الجذر اكثر منها في الساق ، وذلـك لتتمكن من اختراق التربة وهناك القلنسوة root cap التي تقوم بحماية قمـــة الجذر الناميـــة .

ان الخلايا الخارجية من هذه الطبقة تنقسم بسرعة هائلة لتكون خلايا تدفع الخلايا الاخرى في القمة لتعوض خلايا القلنسوة كلما تاكلت . وفي القمة النامية للجذر فان الخلايا تنقسم لتزيد من حجم الجذر ولتكون مختلف طبقات الجذر .

ويتكون النسيج الوعائي في المركز . وتتكون الشعيرات الجذرية من خلايـا البشرة الخارجية في المنطقة الواقعة خلف منطقة الاستطالة في الجذر .

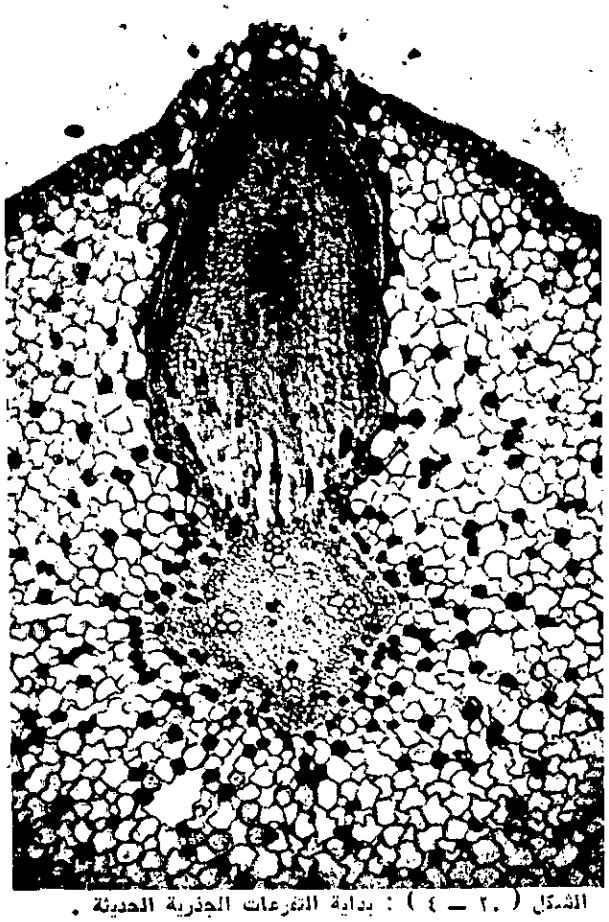
كيف تتكون الاجزاء الخضرية من النبات :

Formation of vegetative organs

ان النمو في منطقتي الساق والجذر يتسبب زيادة في حجم النبات وطوله . واستمرار النمو يؤدي الى تكون الاجزاء الخضرية من النبات كالاوراق وفروع

الساق وفروع الجذر لتؤدي هذه الاجزاء وظائفَ مختلفة حتى يتمكن النبات من الاستمرار في البقاء والعيش .

الاوراق *Leaves* : كما قلنا سابقا فان الاوراق تتكون من نتؤات على الساق تسمى بمنشأ الاوراق . وهذه الاماكن أي منشأ الاوراق تتكون بطريقة مرتبة ومنظمة وليس بطريقة عشوائية . ويتحكم بترتيبها المادة الوراثية في النبات ، ويدعى ذلك بترتيب الاوراق على الساق **phyllotaxy** . والاوراق الجديدة يمكن ان تكون منفرده على كل عقدة **node** (نقطة التقاء الورقة بالساق) او ازواجا او في تجمعات من ثلاثة او اكثر . وبعضها تترتب بشكل متبادل او في وضع اكثر تعقيدا كالترتيب اللولبي وتوجد زاوية ثابتة بين كل ورقة والتي تليها . ومنشأ الورقة يتميز بان الانتظام فيه بشكل شعاعي ولكن عندما يزداد طول الاوراق وتداخلها فان نمو الاوراق يزداد في العرض ليؤدي الى الشكل المنبسط المعروف للورقة .



الشكل (٢٠ ــ ٤) : بداية التفرعات الجذرية الحديثة .

الفروع *Stem branches* : ان الفروع تنشأ على السيقان في البراعم الطرفية او الجانبية axillary or lateral buds وهذه هي المناطق المرشيمية المتبقية على المحور axil التي تنشأ اوراقها بعيدة عن الاوراق الاخرى . وهذه المناطق المرشيمية يكون عليها منشأ الورقة والقمة التي قد تبقى ساكنة او تنمو الى الخارج كساق فرعية . وهذه الظاهرة تدعى **بسيادة القمة** apical dominance وهي تحد من نمو السيقان الفرعية الى اعلى . وهذا يعتمد على مدى قرب هذه السيقان الرئيسية . وعلى مسافة محدودة من القمة فان السيقان الفرعية لايمكنها النمو اطلاقا . وفي الابواب القادمة سنناقش سيادة القمة وكيف تتم .

الجذور الفرعية (الثانوية) *Root branches* : ان الجذور الثانوية لا تنشأ من قرب قمة الجذر ولكنها تنمو من داخل الجذر الاولي . وتنشأ من الانسجة الخارجية للاسطوانة الوعائية وتنمو جانبيا خلال منطقة القشرة لتكون جذورا جديدة مشابهة للجذر الاساسي في تركيبها لتستمر في التميز كما تميز الجذر الاساسي .

النمو التكاثري : Reproductive growth

كنا قد ذكرنا في البداية ان الجنين لا يحتوي على نسيج تكاثري وكذلك بالنسبة للنبات اليانع . ان مرحلة التكاثر ينظمها من النبات او المحيط او كلاهما . وبعد ذلك تبدأ الخلايا بتكوين الخلايا التناسلية والاعضاء التناسلية الاخرى . والفترة التي يبدأ فيها ظهور اعضاء التكاثر تعتمد على نوع النبات فبعض انواع العائلة مثلا ، تزهر حال ظهورها فوق التربة اذا كان طول النهار مناسبا وهناك انواع اخرى لا تزهر الا بعد ان تصل مرحلة معينة من النمو . فمثلا نباتات البندورة تزهر بغض النظر عن طول النهار ولكن بعد ان تكون عددا محدودا من الاوراق ، وهناك انواع اخرى من الاشجار لاتزهر الا كل بضع سنوات وتكون في مرحلة ركود خلال هذه الفترة .

الازهار : Flowers

عندما يتحول النبات من النمو الخضري الى النمو الثمري فان خلايا منشأ

الاوراق تتوقف عن النمو . وتبدأ انقسامات في القمة النامية للساق ويسمح القمة مستعرضة اكثر وبدلا من تكون الاوراق يبدأ تكوين الاعضاء الزهرية ، السبلات والبتلات والاسدية والمبايض (تفاصيل تركيب الزهرة وعملية تكوين حبوب اللقاح تناقش في الباب الثاني عشر) .

نمو الثمار ونضجها : Fruit growth and ripening

بعد الازهار يبدأ تكوين الثمار والبذور من المبيض وبويضات الزهرة . ان عمليتي التلقيح والاخصاب تجعلان الجدار الداخلي للمبيض ، والتخت في الثمار الكاذبة للنباتات كنبات الفراولة ، ليبدأ في النمو ، ليبدأ تكوين انسجة الثمار . وتنمو الثمار في البداية كنتيجة لانقسام الخلايا وفي النهاية نتيجة لتمدد وتوسع هذه الخلايا . وعندما يكتمل نمو الثمار تبدأ تغييرات كيماوية حيوية بداخل الثمرة وهذا مايدعى بالنضج ripening . وفي ثمار النباتات التي تحتوي على عصير فان النشاء المخزون داخل الثمار يتحطم الى سكاكر بسيطة تجعل من طعم الثمار حلوا . او تتحطم الاحماض حتى تزول الحموضة ، وتهاجم الطبقة الوسطى من جذر الخلايا بانزيم يسمى انزيم البكتينيز وبذلك تصبح الثمار طرية وناعمة وهذه التغيرات تجعل الثمار غضة شهية .

ان نضج الثمار يرتبط مباشرة بتنفس الثمار . وبالنظر الى رسم بياني يمثل كمية ثاني اكسيد الكربون الخارجة من الثمار خلال فترة النضج الثمري فاننا نرى نقاط انقلاب وارتفاع يشير الى زيادة كمية اكسيد ثاني اكسيد الكربون الناتجة (والناتجة من زيادة تنفس الخلايا) وذلك لفترة قصيرة تتبعها نقطة انخفاض حادة . وتسمى هذه الفترة التي تتصف بزيادة كبيرة في كمية ثاني اكسيد الكربون الناتجة بفترة **ذروة التنفس** climacteric التي تسبق النضج . وعندما تبدأ هذه الفترة فان الثمرة تمر بكل مراحل التغير التي ذكرناها وهي التي تحولها من ثمرة كاملة النمو الى ثمرة ناضجة وصالحة للاكل . وقد ظن سابقا ان مرحلة ذروة التنفس غير مفيدة للنبات ولكن ثبت الان انها مرحلة ايجابية يمر بها النبات حتى يتخلص من الطاقة الزائدة . ويمكن تجنب هذه الفترة بواسطة عوامل متعددة منها اضافة المواد غير النشطة للتنفس وكذلك بوجود تركيز عال من ثاني اكسيد الكربون او النيتروجين اوبوضع الثمار تحت درجة حرارة منخفضة

جداً وهذه من الطرق المتبعة في التخزين . ويمكن استعمال احدى هذه الطرق في الحصول على ثمار ناضجة قبل اوانها .

ان معظم البحوث التي تمت كانت على الثمار الطرية الناعمة لحاجتنا لابقائها بعيدة عن النضج لئلا تتلف . اما الثمار الصلبة فلا تواجه مشاكل في تخزينها ولذلك لم يكتشف بعد ما يتم لها خلال نموها وتكونها .

الركود والشيخوخة : Dormancy and senescence

حتى يستطيع النبات البقاء في بيئة متغيرة والصمود للتحديات المستمرة يجب ان يملك القدرة على وقف بعض الاعمال الحيوية التي يقوم بها بنفس القدرة التي يملكها لتشغيلها . فالبراعم يجب ان تملك القدرة على مواصلة النمو خلال فصل الربيع وفي نفس الوقت القدرة على ايقاف هذا النمو في الظروف غير الملائمة كفصل الشتاء ، او وقت الجفاف . والتحضير لمثل هذه الظروف غير المناسبة يجب ان يكون كاملا لانه في حالة قدومها فعلى النبات ان يقاومها ويتكيف معها وهذا يتطلب احيانا من النبات تكوين مواد جديدة او انسجة او اعضاء جديدة .

ولنناقش الان كيف يقوم نبات تساقط الاوراق من المناطق الشمالية للكرة الارضية بالاستجابة الى فصل شتاء قادم . ان فحص هذا النبات يبين ان هذا النبات يقوم في مركز النمو الطرفية بتكوين مادة قطنية عازلة تتكون من شعيرات كثيرة متكلفة وناشئة من منشأ الاوراق قرب البراعم . وبدلا من تكون اوراق عادية عند العقد تتكون **اوراق برعمية** bud scales صغيرة. والسلاميات من هذه الاوراق لا تستطيل ولذا فان الاوراق تتداخل وتتراكم فوق بعضها لتكون طبقة واقية للطبقة التي تغلف نقطة النمو . وبالاضافة لهذا فان هذه الاوراق الحرشفية تغطى بمادة خاصة تمنع خروج الماء للبرعم او دخوله وتشكل طبقة وقائية اضافية فوق المادة العازلة . وتحت البرعم الطرفي فان جميع الاوراق تقريبا تكون قد تساقطت اما نقطة التحام الورقة بالساق فانها تغطى بطبقة ملينة تغلق الاسطوانات الوعائية والخلايا المحيطة بها . واخيرا وفي اعماق الجذع فان الكامبيوم يمر في طور سكون كما ان الخلايا البرنشيمية في الخشب واللحاء يسير بحيث تمتلك تركيزا عاليا وبذلك تمر بتغيرات كيماوية متعددة تجعلها قادرة على

ان تتجمد دون ان تتحطم وهذا نوع من بناء جهاز مضاد للتجمد داخل "ات . وفي المناطق المدارية التي يأتي شتاء صحوبا بنقصان في طول النهار ، فان التحضير الى مرحلة السكون يأتي من الاوراق الناضجة ، وسوف نرى كيف يستقبل النبات مثل هذه التغييرات في بيئته . واستجابة لذلك فان مستوى المواد المنشطة داخل النبات يبدأ في النزول ، ويزداد مفعول المواد التي تقلل من نشاط النبات ، وهذا يجعل اجهزة التحضير في الورقة تتوقف ، وتتكون البراعم الساكنة ، وعندما يأتي موعد البرودة يكون النبات مهيأ لاستقبال الشتاء ، ويكون في طور السكون لذا فهو في مأمن من الشتاء القارس ويستمر الوضع حتى يأتي الربيع .



الشكل (٢٠ ــ ٥) : غصن ساكن لشجرة الكستناء وبرعم مفتوح ليري العزل القطني الواقي .

وعندما يأتي الربيع فان هناك مشاكل تكتيكية يجب ان تحل . فاذا كانت المواد المثبطة مغلقة آليه التصنيع في الخلايا عند نقاط النمو فكيف يستطيع النبات البدء ثانية ؟ ان هذا يتم اما بطريقة التحطيم التدريجي للمادة المثبطة وهذه عملية تشبه الساعة الزمنية الكيماوية التي تكون فيها سرعة اختفاء المادة المثبطة مرتبطة بفترة البرودة القاسية لفصل الشتاء) او بانتاج مادة تتنافس مع المادة المثبطة في عمليات البناء والهدم وبذلك تلغى اثر مفعول المادة المثبطة .

سكون البـــــذور : Seed dormancy

ان سكون البذور يشبه طور السكون الشتوي لبراعم النباتات المتساقطة الاوراق ؛ وهذا مفيد جدا للحفاظ على حياة النبات . لان البذور اذا انبتت فـــي الخريف فانها ستهلك بمجرد ظهور الصقيع ، ويعود تحديد نمو النبات الى ان في البذور مادة مثبطة وهي **الحامض الابسيسي** abscisic acid الذي يضمـــن سبات النبات خلال الشتاء او في الفصول الجافة في الصحراء . ان كثيرا من البذور المعروفة يتوقف نموها لوجود مثل هذه المادة المثبطة او الكابحة . وهناك انواع اخرى من البذور مغطاة بطبقة خارجية تمنع دخول الماء والاكسجين الا بعد ان تمر بنشاط ميكروبي يحطم هذه الطبقة ويسمح بدخول الماء والاكسجين وبعـــد ذلك تنبت البذور .

وفي النباتات التي تزرع فان طور السكون غير شائع لان البذور يختارها الانسان لمنفعته وبذلك فان الانواع التي تمر بهذا الطور تكون قد استثنيت من اختيار الانسان .

ان طور السكون للبذور لايكون موجودا للنباتات التي تعيش في ظروف بيئه مناسبة باستمرار كمنطقة الغابات الاستوائية الا في حالات استثنائية حيث يحتاج الجنين فترة كافية للنضج فقط . والبذور التي تمر في طور السكون صعبة الاستنبات الا اذا خدشت الطبقات الخارجية للبذور او غسلت البذور ونقعت في الماء حتى يتم غسلها من المادة المنظفة . والطريقة الاخيرة مهمة للنباتات التي تعيش في الصحراء لان استنباتها يجب ان يتم بعد سقوط الامطار مباشرة .

وكسر طور السكون للبذور في المناطق المعتدلة يتم بواسطة الضـــوء او درجات الحرارة المنخفضة . وكثير من البذور يجب ان تعرض لدرجـــة حـــرارة

منخفضة حوالي (٥ م) لمدة تستمر بين ٤ ـ ٦ اسابيع .

في البستنة يتم توفير هذه الظروف صناعيا وهذا يتم اكتسابه **بالتمرين والتطبيق** stratification .

والضوء ودرجة الحرارة المنخفضة يعملان على تنشيط النبتة ، وذلك اما باستهلاك المادة المثبطة خلال الشتاء او بمقاومتها وذلك بانتاج مادة كيماوية اخرى وبذلك تصبح البذرة مهيأة للاستنبات عندما تأتي الظروف المساعدة في الربيع .

وبالاضافة الى توافر قدرة البذور على الاستنبات والى ان المادة المثبطة قد استنفدت او كفت عن العمل فان البذور لا تستنبت الا عندما ينتشر الدفء حولها في الربيعة . عندما تبدأ البذور بامتصاص الماء ثم عمليات البناء والهدم وتنشيط البذور للقيام بمثل هذه العمليات ويبدأ الجنين في النمو ليعيد دورة حياة النبات من جديد .

تساقط الاوراق : Leaf abscission

ان جميع النباتات تموت وكذلك الحيوانات ولكن النباتات لاتموت دفعة واحدة مثل الحيوانات ، كذلك فان النباتات تسمح لبعض اجزاء منها بالموت ليحافظ على حياة النبات بكامله . وابسط مثال على ذلك هو تساقط الاوراق . ان هذا يعطي مثلا على كيفية تخلص النبات من بعض اجزائه رقيقة التركيب كالأوراق ليستطيع ان تجابه الظروف القاسية من البروده والجفاف . وكذلك فان الاوراق التي لا تنتج بسبب العمر او زيادة في التظليل فانها تسقط وكذلك فانها يمكن ان تستنزف مصادر الغذاء للنبات ومع الاوراق قد يتخلص النبات من بعض الفضلات .

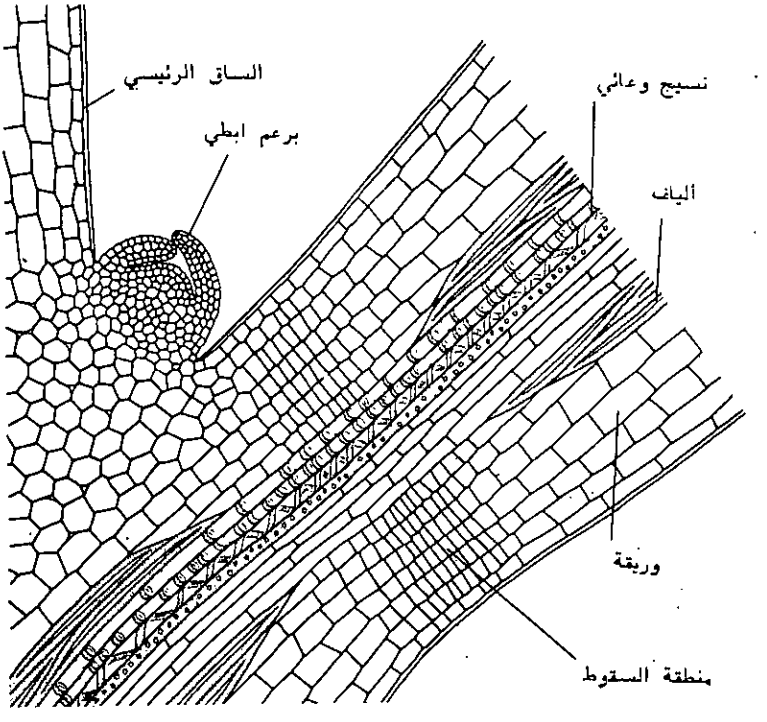
ان سقوط الاوراق ينشأ كنتيجة لتكون طبقات متخصصة من الخلايا في **منطقة السقوط** abscission zone قريبة من قاعدة السويقة او عندها . والخلايا البرنشيمية التي تؤلف منطقة السقوط تكون اصغر من الخلايا المحيطة بها وحتى العناصر التوصيلية تكون اقصر وكذلك فان الالياف تكون غير موجودة في الاسطوانة الوعائية . ان الخصائص التشريحية تجعل هذه المنطقة منطقة ضعيفة .

وقبل سقوط الاوراق فان تغيرات عديدة تطرأ على الورقة وفي منطقة السقوط ، ان كثيرا من محتويات خلايا الورقة تختفي وذلك باعادة امتصاصها

من قبل النبات . وبتحطم المادة الخضراء (الكلوروفيل)فـــان المكونات الاخرى للورقة تظهر فتعطينا الكاروتونويد اللون الاصفر وطبقة الانثوسيانين اللون الاحمر وهذا اللون الشائع للاوراق في الخريف . ان عمليات البناء والهدم النشطة فـي منطقة السقوط تؤدي الى تذويب الطبقة الوسطى من الجدار الخلوي وبذلك تصبح الخلايا منفصلة بعضها عن بعض فيصبح وزن الورقة كافيا لاسقاطها عند نقطة اتصالها مع الجهاز التوصيلي . وتنشأ طبقة ملينة عنـــد نقطة التصـــاق السويقة لتقوم بحماية انسجة الشجرة من دخول الميكروبات وبمنع خروج الماء من الشجرة . وتغلق الاوعية الخشبية بمادة التايلوز (وهي مزيج من المادة الحية (البروتوبلازم) باحماض التنيك) وهي تفرز من الخلايا المجاورة وهذا يؤدي الى عملية اغلاق تامة .

سر موت النبـــــات : The mystery of plant death

لقد درسنا النبات من حيث دورة حياته من خلال نموه الخضري والتكاثري. ونظرنا بتمعن الى النباتات التي تستطيع العيش فترة اطول من غيرها ، ووجدنا ان بعض الاشجار تستمر في الحياة ــ فمثلا هناك انواع من الصنوبريات تعيش في كاليفورنيا ونيفادا وعمرها حوالي ٤٦٠٠ سنة ــ بينما نجد النباتات الحولية لاتعيش لاكثر من فصل واحد . ان عمرها أو موتها يظهر وكأنه مبرمج كبقيـــة المراحل التي يمر فيها النبات خلال دورة حياته . وكما هي الحال في الحيوان فان المعلومات قليلة عن الشيء الذي يستدعي **شيخوخة النبات** senescence . ولكن لابد من وجود اشارة خاصة تعمل على وقف عمليـــات التخليق واطلاق الانزيمات التي تسبب تحليل المواد الحية . ان هذه الاشارة تأتي من الثمار الناضجة ، فاذا قطفت الثمار قبل نضجها فاننا نتجنـــب شيخوخـــة النبات . والافرازات الداخلية تساهم في تجديد النشاط الخلوي وتجنب الشيخوخة . فاذا قل افرازها وانخفض عند بداية الشيخوخة ، كما هو متوقع ، حق لنا ان نتساءل : لماذا ؟ في الحقيقة كلما امعنا النظر في مراحل نمو النبـــات المختلفة وعلاقتها بالمظاهر الخلوية المختلفة فاننا نزداد تعجبا مما يحصل . وهذا ما سنحصـــر فيه اهتمامنا في بقية هذا الفصل .



الشكل (٢٠ ــ ٦) : منطقة السقوط في الورقة ، ويلاحظ وجود خلايا برنشيمية صغيرة وغياب الالياف التي تساعد في التقوية .

الاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية : Responses to environmental stimuli

اعتاد الناس ان يشاهدوا السيقان تنمو الى اعلى والجذور تنمو الى اسفل ، والنباتات تنمو بشكل عادي في المناخ الدافيء ويتوقف نموها في المناخ البارد . وقد ظهرت بعض الاراء الحديثة في ان النباتات تستجيب لعوامل بيئية اخرى كالضجيج . والموسيقى والحب . ولكن بعض هذه المؤثرات ثبت بشكل قاطع عدم صحتها . والنباتات تتميز بعدم وجود جهاز عصبي لها لانها غير قادرة على الاستجابة بنفس الطريقة التي تتم في الحيوانات . (ان الخلايا النباتية تمتلك الطاقة الكهربائية المخزونة التي تؤدي في بعض الحالات الى الحركة كما في

النباتات الاكلة الحشرات ونبات الست المستحية . او « النبات الحساس) . ولكنها تحتاج الى اكثر من ذلك لتكون جهازا عصبيا . ولقد بدأت مجموعة من طلاب جامعة كورنل بالبحث على افتراض ان النباتات لها احاسيس وتستجيب للحب والكراهية ولكن رغم هذا فانه لم تحدث اية استجابة . وبالاضافة الى ذلك فان الطلاب دونوا في تقاريرهم الاولية انهم يرجعون سبب بعض التغييرات الى الاختلافات العشوائية الناتجة عن استعمال بعض الاجهزة الكهربائية الخاصة بالتجربة .

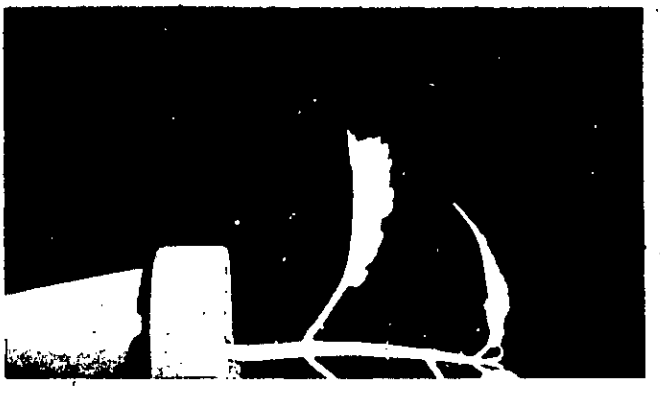
ومع هذا فان التفاعلات لا تحتاج الى الاحاسيس ، وفي هذا الجزء سنتعرض الى مؤثرين مهمين من المؤثرات الخارجية وهما الضوء والجاذبية التي تتحكم بالتغيرات التي تحدث في نمو النبات وتكاثره .

التأود *Tropisms* : ضع نباتا على جانبه ، فان نمط نموه يتغير بسرعة ، فتنحني الجذور الى اسفل متجهة نحو مركز الارض ، اما الساق فينحني الى اعلى مبتعدة عن مركز الارض ، وكذلك فان اعناق الاوراق تعدل من وضعها بحيث تصبح الانصال موازية لسطح الارض . ان التغييرات التي تطرأ على النبات كتأثره للجاذبية تزيد من فرص النبات في بقائه حيا . فالجذور التي تخترق التربة وتدعم النبات وتمتص الغذاء اللازم له من التربة تعمل بطريقة افضل عندما تتجه الى اسفل ، والساق الذي يحمل الاجزاء التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي يخدم النبات بشكل افضل عندما يتخزن الى اعلى وبذلك يجعل هذه الاجزاء اعلى السطح . حيث تتمكن الاوراق من تضليل بعضها بعضا ، والاوراق ، التي تستقبل الضوء للقيام بعملية التمثيل الضوئي تقوم بواجبها بشكل افضل عندما يكون سطح الاوراق عموديا على اشعة الشمس الساقطة .

ونمو النبات يتأثر بالضوء . ونحن نلاحظ ان النباتات الموجودة في النوافذ تنحني نحو الضوء . وهذا الانحناء ينتج عن عدم التماثل في نمو الساق فيحصل نمو اكبر في المنطقة غير المعرضة للضوء وبهذا ينحني الساق نحو الضوء . ان مثل هذا النمو ينتج عن الاستجابة بوجود مؤثر في جهة واحدة . ويدعى **التأود** tropism . فالاستجابة للضوء تدعى بالتأود الضوئي phototropism . والاستجابة للجاذبية تدعى التأود الارضي geotropism . فاذا كان النمو نحو المؤثر فانه يدعى موجبا واذا كان بعيدا عنه فانه يدعى سالبا . ولهذا فالسيقان بطبيعتها موجبة التأود الضوئي وسالبة للتأود الارضي بينما الجذور بالعكس تماما . والاوراق تضع

نفسها باتجاه عمودي مع اتجاه كل من الجاذبية والضوء .

وحتى يتم عمل مؤثر البيئة الخارجية ، فانه لابد من حصول هذا المؤثر وبعد ذلك ينتج التغير في النمو . وهناك نظام صبغي في الساق coleoptile tip ' وهي الطبقة التي تغطي السطح العلوي للاوراق الخضراء الاولى في الاعشاب وهذه الصبغة تمتص الضوء . وطبيعة هذه الصبغة غير معروفة تماما ، ولكن



الشكل (٢٠ ــ ٧) : ضع نبات السجاد على جانبه في الضوء العادي وبعد ١٨ ساعة فان ساق النبتة تنحني الى اعلى بزاوية قائمة .



بمقارنة طيف الضوء الذي ينتج مثل هذا التأثير مع اطياف الضوء التي تمتصها الصبغات الاخرى في النبات نستنتج ان هذه الصبغة يمكن ان تكون كارثونويد او فلافين .

اولا : يجب ان يكون النبات منبطحا على جانبه لفترة زمنية محددة حتى تصل الاستجابـــة .

ثانيا : ان الاستجابة تختلف اختلافا كبيرا وتتأثر بمقدار البعد عن العمودي .

انه لا بد من سقوط بعض المواد الكثيفة في سيتوبلازم الخلايا لتحدث مثل هذه الاستجابة . وقد اظهرت الحسابات بان العقبات الخلوية الوحيدة التي يمكنها السقوط الى قاعدة الخلايا في تلك الفترة هي الحبيبات النشوية . وفي الحقيقة فان الحبيبات النشوية تتوافر بكثرة في الانسجة كما في قمة الجذر (القلنسوة) التي لها القدرة على تتبع الجاذبية . وقد استنتج من ذلك ان وجود حبيبات النشاء الموجهة starch statoliths يجعل النباتات يستجيب للجاذبية .

الفترة الضوئية : Photoperiodism

ان النبات الاخضر الذي ينمو خلال فصول مختلفة في المناطق المعتدلةلابد ان يكون له توقيت مناسب لنشاطاته حتى يتلاءم مع ظروف المناخ المتغيرة ، ومن المهم جدا لهذا النبات ان ينمو الى حجم معقول قبل ان يبدأ بتكوين الثمار والبذور، لان النبات الكبير ينتج بذورا كثيرة ، وبذلك يزيد من فرص بقائه حيا . ولابد ايضا من توفير وقت كاف بعد الازهار ليكون ثمارا كافية قبل ان يبدأ فصـــل الشتاء ثانية .

انه من المألوف عادة ان النباتات التي تعيش على ارتفاعات محددة ، تزهر في نفس الوقت سنويا . ونحن عادة نتوقع بداية الازهار في الربيع ثم الازهار التام في الصيف ثم سقوط هذه الازهار ونهايتها في الخريف . فما الذي يضبـــط مثل هذه السلوك ؟ هي هناك فترات زمنية قصيرة او متغيرة يجب ان يمزقها النبات قبل ان يكون النبات الاجزاء الخضرية كالجذور والسيقـــان والاوراق لتقوم بتكوين منشأ الزهرية ، ام هل هناك متغير بيئي خارجي ينظم هـــذا الشيء بحيث يكون له قيمة محددة في تأريخ محدد .

هناك تجربة بسيطة تجيب عن مثل هذا السؤال . لقد اخذ صنف واحد

من نبات فول الصويا وزرع في فترات مختلفة ، ومن العجيب ان جميع النباتات ازهرت في وقت واحد . فمن الواضح بالنسبة لهذا النبات أن سلوكه في الازهار لاتؤثر فيه عوامل داخلية بحتة، بل لابد من وجود عوامل خارجية لها تأثير كبير فما هي ؟ لقد وجد ان الازهار في احد الطفرات لنوع من التبغ يدعى ماريلاند ماموث يتحكم به طول اليوم . فاذا زرع نبات ماريلاند ماموث في ايام طويلة (الايام التي يطول نهارها اقل من ١٤ ساعة) فانها تزهر . ولهذا سمي هذا النبات بنبات **اليوم القصير** short-day plants ، واقصر فترة ضوئية يتعرض لها النبات حتى يتمكن من الازهار تدعى بالفترة **الضوئية الحرجة** critical photoperiod وفيما بعد اكتشف أن هناك **نباتات اليوم الطويل** long-day plants وهذه النباتات لاتزهر في الايام القصيرة وانما تزهر في الايام الطويلة . والمثال على هذا النبات السبانخ وعدد كبير من الحبوب . وهناك **نباتات اليوم المتعادل** day-neutral plants كالبندوره وفي هذه النباتات لا يتأثر الازهار كثيرا بطول اليوم ولكنه يعتمد على عوامل داخلية وعوامل تركيبية .

ان طول اليوم لا يؤثر على الازهار فقط ، بل تأثير على الاجزاء الخضرية والتطورية كمثل عدم وجود الشعيرات الوبرية وانتاج صبغة الانثوسياتين ، وسقوط الاوراق ، وانتهاء فترة السكون (الخمود) ، وتكوين اعضاء التخزين للغذاء تحت الارض ، ان مجموعة هذه الاشياء واستجابتها لطول النهار والليل تدعى **بالفترة الضوئية** photoperiodism .

فما نوع العملية التي تضبط مثل هذا السلوك ؟ من الاكتشافات ذات الاهمية التي وجدت في نبات « cocklebur » ، نبات يوم قصيرة فترتة الضوئية الحرجة حوالي ١٥ ساعة ان عملية التكاثر لا تتوقف على طول الفترة الضوئية ولكن على طول الفترة المظلمة . ولقد شوهد ذلك عندما وضعت النباتات في اوعية كبيرة مضاءة صناعيا . فعندما تزيد الفترة المظلمة عن ٩ ساعات فان النبات لم يستطع الازهار ، بغض النظر عن طول الفترة المضيئة . فترات معتمة قصيرة . وبعكس ذلك ، عندما كانت الفترة المعتمة اقل من ٩ ساعات فان النبات لم يستطع الازهار ، بغض النظر عن طول الفترة المضيئة. وان ومضة واحدة عند منتصف الفترة المعتمة كانت كافية لتوقف الازهار. وواضح ان النهار القصير هو نبات الليل الطويل ، ولكنه بحاجة الى فترة دنيا من الطول لا يقطع التعتيم فيها حتى تتمكن النبات من الازهار .

ان سقوط الاوراق وكون البذور ، على الاقل في النباتات الساقطة الاوراق يستدعيها تقليل طول النهار (او بدقة اكثر زيادة طـول الليـل) . والفتـرة الضوئية التي تتحكم بسقوط الاوراق يمكن مشاهدتها بوضوح من الحقيقة التي تقول . ان الاشجار التي تكون قريبة من المصابيح الكهربائية في فصل الخريـف يتأخر سقوط اوراقها . ولكن طبعا فان تناقص درجـات الحـرارة بالتأكيـد يؤدي ايضا الى سقوط اوراق مثل هذه الاشجار .

« التزامنات اليومية المنتظمة » Circadian rhythms

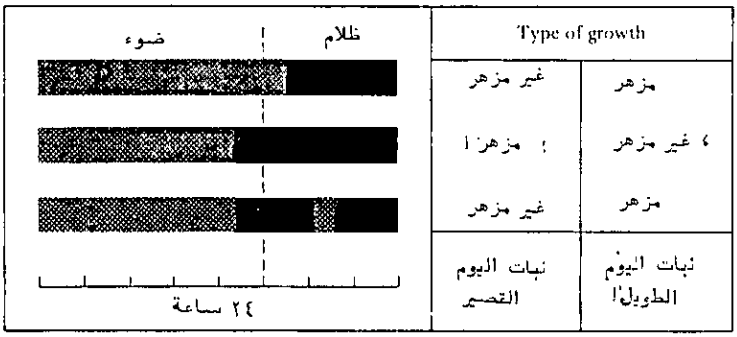
ان بعض التغيرات التزامنية التي تحدث داخل نبات ما لاتدل فقط علـى قدرة النباتات على التاثر بالضوء بل وتقيس الزمن ايضا . وفي التجارب التي كانت تجري في النهار وجد ان ومضة ضوئية خلال الفترة المعتمة تمنع الازهار في نباتات النهار القصيرة وذلك فقط اذا حدثت خلال الليالي العادية . واذا حفظ النبات في ظلمة مستمرة بعد فترة مضيئة فان ومضة في اليوم العادي التالـي تسمح بازهار النبات . وحتى في وقت متأخر في فترة مساوية لطول الليل التالي، فان الازهار يمنع بواسطة الضوء . ان اكتشاف مثل هذه التذبذبات يدل على ان النبات يمكن **تزامنا داخليا** endogenous rhythm (ينشأ من داخل النبات) خلال فترة زمنية طولها ٢٤ ساعة . ومثل هذا **التزامن اليومي** circadian (تقريبا يوم) موجود في عدد كبير من الانظمة . انه معروف ويتضح تأثيره في حركة الاوراق وهي **نائمة** sleep movements .

فاوراق الفاصوليا ، مثلا ، تكون افقية في وجود الضوء وتصبح عمودية في الظلمة . ومع هذا ، فان مثل هذه التحركات لاتحدث فقط خلال دورة تعاقب الليل والنهار . ولكن عندما تبدأ فانها تستمر حتى في الفترات المعتمة الدائمة . اضف الى ذلك انها لاتتبع التغيرات التي تحدث من النهار الى الليل او مـن الليل الى النهار بل تتعدى ذلك . انه من الواضح ان هناك ساعة بيولوجيـة داخل النبات تتحكم باستجابات الكائنات الحية . ولكن طبيعة هذه الساعـة غامضة تماما .

الاينـــــاع Vernalization

بينما نجد ان طول النهار (او بتحديد اكثر طول الليل) يتحكم في ازهار النباتات . نجد ان النباتات التي تعيش سنتين فتنمو اجزاؤها الخضرية في عام ثم تظهر ازهارها وثمارها وتموت في العام الثاني تحتاج الى فترة برودة كافيـة تسبق النهار الطويل قبل ازهارها ، ويطلق على هذه الفترة باسم **الاينـــاع** vernalization . اما طبيعة مايجري في الايناع فامر غير معروف .

ان الحاجة لفترة برودة ــ تستمر عدة أسابيع وعلى درجة حرارة فـوق درجة التجمد ــ لها اهمية كبيرة في الزراعة لان الوقت اللازم لتكوين الثمـار والبذور يمكن تقصيره من فصلي نمو الى فصل واحد وذلك بزرع المحصـول في الخريف وعندما يبدأ النبات في النمو فان برد الشتاء يقوم بعملية الاينـــاع وتزهر هذه النباتات خلال الصيف القادم بدلا من اخذ فترة طويلة من النمو بـين فترتي صيف . والذرة الشتوية هي مثل على هذا المحصول . وفي الناحيـة الاخرى ، فان بعض النباتات التي تحتاج الى عامين كالجزر وتقـوم بخـزن الغذاء في فصل نموها الاول وفي الفصل الثاني تقوم باستهلاك هذا الغـذاء



الشكل (٢٠ ــ ٨) : التاثير الضوئي لنبات نهاره قصير واخر نهـاره طويل تحت ظروف ضوئية متغيرة . ان الخط المتقطع يشير الى الفترة الضوئية الحرجة التي تختلف في طولها من نبات الى اخر .

لتكمل نموها ولتزهر . ان هذه النباتات هي من اهم المحاصيل الجذرية وبما ان نمو السنة الاولى يختلف عن الثانية فانها تزرع في ايام الربيع المعتدلة ، واذا زرعت مبكرة جدا فانها بذلك تتعرض الى فترة برودة كافية وبذلك فانها تزهر في الصيف التالي دون ان يكون اي غذاء مخزونا في جذورها . ولذلك فعلى المزارعين ان يحرصوا على عدم فعل ذلك لانهم سيخرجون بدون محصول في نهاية موسمهم .

ادراك الضوء (الفايتوكروم)
Perception of light: phytochrome

قبل ان يستجيب النبات للمؤثرات الخارجية ، لابد ان يدرك هذه المؤثرات ففي حالة النشوء مؤثر ، فان ادراكه يتم بواسطة الصبغات الموجودة في النبات. وهناك مادة صبغية درست بشيء من التفصيل وهي الفايتوكروم التي درك النبات بواسطتها تعاقب النور والظلمة اثناء الفترة الضوئية للنبات . فاذا كانت هناك فترة معتمة كافية لازهار نبات يوم قصيرة وقطعت هذه الفترة عند منتصفها بواسطة ومضة ضوئية ذات شدة كافية ، فان تأثير الظلمة يختفي ولا يحدث الازهار . لقد وجد ان الضوء الاحمر (طول موجته ٦٦٠ نانوميتر) كان اكثر الالوان فاعلية يمنع الازهار .

ان خاصية هذا التفاعل الضوئي للون محدد يجعلنا نقترح بان هناك صبغة خاصة لاتمتص الا طيف هذا اللون بالذات ومن الواضح انها ليست

Irradiation	Germination (%)
None (dark control)	٨
R	٩٨
R + FR	٥٤
R + FR + R	١٠٠
R + FR + R + FR	٤٣
R + FR + R + FR + R	٩٩
R + FR + R + FR + R + FR	٥٤
R + FR + R + FR + R + FR + R	٩٨

(From Borthwick, et al. Proc Nat Acad Sci US 38:662--666 (1952)).

الشكل (٢٠ ــ ٩) : نبات بذور الخس بعد تعرضها للضوء الاحمر والغوق الاحمر بالترتيب .

الكلوروفيل التي لها امتصاص عال للون الاحمر وكذلك للون الازرق في منطقة الطيف ، والتي لاتمنع الازهار . ان فضل تخمين لنوع هذه الصبغة هي انها تشبه الصبغة الموجودة في الكبد ، او الفايكوبيلين الموجودة في الطحالب الخضراء المزرقة . ان مثل هذه الجزيئات التي هي بروتينات ملتصقة مع مادة غير بروتينية لها خاصة الطيف الاحمر للكلوروفيل ولكنه تنقصها خاصة الطيف الازرق . ان كثيرا من المحاولات الاولى لاستخلاص هذه الصبغة من النباتات الراقيمة قد باءت بالفشل . وذلك لان صبغة الكلوروفيل في النباتات الخضراء تسيطر وتسمح خاصية الامتصاص للصبغة المفترضة ، اما الانظمة الاخرى ، التي تخلو من الكلوروفيل فقد درست ايضا كالنباتات التي تحتوي على الصبغة الرمادية البنية والنباتات الصفراء (الالبينو)المبيضه ولكن جميع هذه المحاولات قد فشلت .

والتفسيرات النهائية لطبيعة الفايتوكروم جاءت من ملاحظة قديمة لمشكلة ليست لها علاقة بالموضوع ، وبالذات تأثير الضوء على استنبات نوع نوع من بذور الخس . ان هذا النوع من البذور عندما يوضع في الظلام فانه ينبت ضعيفا اولا ينبت مطلقا ، لذلك فانها تعرض للضوء بعد ان ترش بالماء ، فتنبت البذور بسرعة كبيرة في فترة تمتد بين ٢٤ ــ ٤٨ ساعة . ان الضوء الذي ينشط عملية الاستنبات يقع في منطقة اللون الاحمر في الطيف الضوئي الذي ثبت انه يمنع الازهار كما ذكرنا سابقا . وهناك نقطة اخرى هي ان الضوء الذي يقع بعدمنطقة الطيف الاحمر الذي يقع في المنطقة فوق الحمراء يشكل عاملا منشطا للاستنبات .

ماذا يحدث عندما تعرض البذور اولا للاشعة الحمراء ثم للاشعة الفوق الحمراء ؟ ان هذا الجواب موجود في الجدول المرافق . من الواضح ان بذور الخس يمكن حثها على الاستنبات بواسطة الاشعة الحمراء ، ولكن يمكن ازالة هذا التأثير بتعريض البذور مرات متتالية للاشعة فوق الحمراء . والتأثير العكسي للاشعة فوق الحمراء يمكن ازالته بتعريض البذور ثانية للاشعة الحمراء . ويظهر من ذلك ان هذه العلمية تسير في اتجاهين بدون التأثير في العملية ككل ، وان النبات يستجيب الى اخر مؤثر على العملية . هذه العملية لا تتم فقط في استنبات بذور الخس بل يمكن استعمالها لتنظيم عملية الازهار .

ومن هذه الارقام والمشاهدات تم استنتاج ان هذه الصبغة توجد بحيث

يمكنها التحول الى شكلين مختلفين . الشكل الاول يمتص اللون الاحمر ولا يمتص الضوء الفوق الاحمر ، والشكل الثاني يمتص اللون الفوق الاحمر ولا يمتص اللون الاحمر ، والشكل الاول يدعى P_r ويمتص اللون الاحمر الذي طول موجته ٦٦٠ نانوميتر ويتحول بعدذلك الى P_{fr} الذي يمتص اللون الاحمر الفوق الاحمر فان امتص اللون الاحمر الذي طول موجته ٧٣٠ نانوميتر فيتحول الى P_r وبمعرفة هذا استطاع العلماء اخيرا استخلاص وتنقية هذه الصبغة التي دل اكتشافها على انها مادة مكونة من جزيء بروتيني وغير بروتيني **ملتصقـــين** احدهما بالاخـــر .

واخيرا يجب ان نعرف اي نوع من الفايتوكروم ينتج ويحث على تكوين التغيرات الكيماوية . وبما ان الفايتوكروم هو جزيء بروتين فان اي تغير من P_r الى P_{fr} لا بد ان يكون مصحوبا بتغير في التركيب البروتيني وبالتالي يغير مـــن تأثيره . (فمثلا : ان تركيبات مختلفة لبروتين تؤدي الى انتاج انزيمات مختلفة التأثير) . والوضع الاكثر تناسبا مع تركيب الفايتوكروم هو ان يكون الفايتوكروم موجودا في الاغشية الخلوية وبالذات بالجزء البلازمي في الغشاء وبذلك يتحكم بمرور المواد من خلال الغشاء . هذا النظام درس بعناية ودقة وذلك لمدى ارتباطه مع تحرك الاوراق السريع .

ان الفايتوكروم يدخل في كثير من الاجزاء الجينية التركيبية لكثير من النباتات وخاصة النباتات التي تتأثر بالضوء . وفي هذه حركة نوم الاوراق ففي نبـــات الست المستحية *Mimosa pudica* الذي تنحني اوراقه بسهولة عند لمسة ومقارنته مع نبات شجرة **الحرير** *Albizzia* من نفس الفصيلة ، فان الوريقات تفتح فـــي النهار وتغلق في الليل . والتغير يحصل بعد وضع النبات لمدة ثلاثين دقيقة فـــي الظلام . فاذا كان الضوء المستخدم قبل الظلام بقليل احمر ، فان الاوراق تغلق ولكن اذا كان فوق احمر فانها لا تغلق . وكما هو الحال في النبات وفي الازهـــار فان هذا النظام يعمل في كلا الاتجاهين . وحركة هذه الوريقات تعود الى تقلص وتمدد الخلايا في الطبقتين العلوية والسفلية لاعناق الاوراق pulvinule . وهي خلايا متسعة عند قاعدة بعض الوريقات . وقد وجد من تتبع اثار ذلك الا ان العملية تعود الى تحكم الفايتوكروم بدخول وخروج ايونات البوتاسيوم من والى الخلايا . فتتغير بذلك الضغط الاسموزي للخلايا مسببه دخول او خروج الماء من هذه الخلايا . وهذا يغير من حجم الخلايا ويؤدي الى تحرك الوريقات . ومن

المحتمل ان الفايتوكروم لا يقوم بهذا العمل في انظمة اخرى فانه في الحقيقة يؤثر في دخول وخروج بعض المواد خلال الاغشية الخلوية وبذلك ينظم نشاطات كيماوية حيوية تقوم بها الخلايا .

الهرمونات وكيفية عملها : Hormones and their action

في الفصل السابق وصفنا بعض الهرمونات الاساسية ، او بعض المواد الكيماوية التي تقوم بضبط وتنظيم الوظائف التي تقوم بها جهزة الحيوانات . وكذلك فان النباتات تحتوي على الهرمونات ، ويمكن القول بان هذه الهرمونات لها اهمية في النبات اكثر من تلك الموجودة في الحيوان ، وبما ان النباتات ليست مثل الحيوانات وذلك لعدم احتوائها على جهاز عصبي ليشارك بعملية التنظيم والاشراف ، فان الهرمونات في النباتات يتحتم عليها القيام بهذه المهمة منفردة .

ان الطريقة التي تعمل بها الهرمونات، ويتدخل بها في الفضيات الحساسة، والمؤثرات البيئية الخارجية ، وغيرها تختلف وفي بعض الاحيان تكون معقدة بشكل غريب . فيمكن ان نجد ان الهرمون الواحد يحث على النمو في وقت ما ، ويثبطة في وقت اخر . وان هرمونا اخر ممكن ان يؤثر على نضج الثمار وتراه يؤثر في سقوط الاوراق ايضا .

ولقد ذكرنا مسبقا احد هرمونات النبات ، وهو الحامض الابسيسي والذي يسبب سكون البذور وبذلك يتيح للنبات فرصة جيدة للحفاظ على نفسه والبقاء



الشكل (٢٠ ــ ١٠) : : وريقات نبات الست الحستية . في ا وضعت في الظلام بعد تعرضها الى الاشعة الفوق الحمراء ، وبعد ثلاثين دقيقة ما زالت مفتوحة . وفي ب عرضت للاشعة الحمراء ثم وضعت في الظلام وبعد ٣٠ دقيقة ما زالت الوريقات مغلقة .

في الظروف غير الملائمة . ان غاز الاثيلين ، وهو هرمون ينتج من قبل النباتات، يساعد بسرعة على نضج الثمار . انه من المحتمل ان الهرمونات المهمة جدا او اكثرها نشاطا يمكن تقسيمها الى ثلاثة اقسام وهي الاكسينات والجبريلينات والسايتوكينات .

الاكســـــين : Auxin

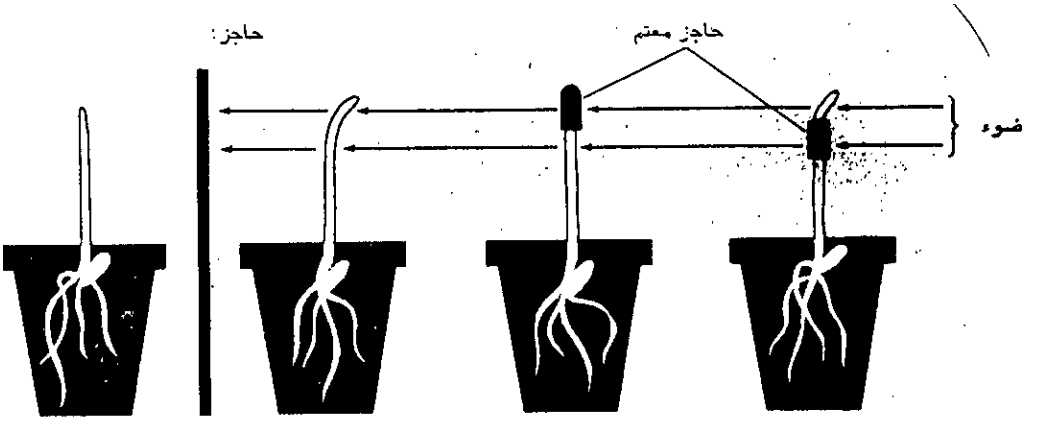
ان معرفتنا للهرمونات النباتية بدأت منذ قام داروين بدراسة للنشاطات الحيوية كظاهرة ذات مدى واسع ، وذلك اكثر من دراسته « لنشوء الانواع واصلها » التي اشتهر من خلالها . لقد لاحظ داروين التأود الضوئي الذي تحدثنا عنه في هذا الفصل . فقد لاحظ ان النباتات التي تأتيها الضوء من جهة واحدة تنمو باتجاه هذا الضوء ، ولقد اجرى تجاربه مع رويشات الاعشاب فلاحظ بحيث لا يصلها الضوء وترك منطقة النمو مكشوفة للضوء فوجد أن النبات قد استمر في نموه بشكل مستقيم ولكن عندما عكس الظروف وذلك بتغطية منطقة النمو وترك القمة معرضة للضوء فقد حصل الانحناء . فيبدو ان هناك اشارة تنقل من القمة الى منطقة النمو ، وقد دعمت هذه الفرضية عندما ثبت بعد عدة سنوات انه اذا قطعت قمة النبته ووضعت على مكعب من الجيلاتين او الاجار فانها تفرز على الوسط الذي هي فيه مادة كيماوية تنشط النمو وهذه المادة اعطيت اسم **الاكسين** auxin .

ان نمو خلايا النبات اسفل القمة يتم تنظيمه بواسطة الاكسين الذي يفرز من منطقة القمة ، وازالة القمة تؤدي الى تقليص النمو بشكل كبير وان اعادة القمة يؤدي الى اعادة النمو الى وضعه الطبيعي ، واذا تركت القمة على مكعب من الجيلاتين او الاجار فترة زمنية تبلغ عدة ساعات فان هذا المكعب يعمل عمل القمة الاصلية المحتوية على الاكسين ، فاذا وضع مكان القطع فان النمو يستمر بشكل طبيعي .

وعدا ذلك فاذا وضع بحيث لا يغطي كل القمة بل قسما منها فانه يشجع النمو في المنطقة التي تتصل فيه ، وهذا بالطبع يؤدي الى انحناء وتقوس الى الجهة البعيدة من المكعب . وهذا الاكتشاف ادى الى وضع الفرضية التالية ، وهي ان الضوء يساعد على انتشار مواد النمو بشكل زائد الى منطقة دون

اخرى . ولقد دعمت هذه الفرضية وذلك باجراء تجربة بحيث وضع مكعبان من الاجار بينهما حاجز بدل القمة وسلط على الضوء من جهة واحدة فقط . ولقد انتشرت كميات كبيرة من الاكسين في المكعب الذي يقع تحت المنطقة المظلمة اكثر منها تحت المنطقة المضيئة .

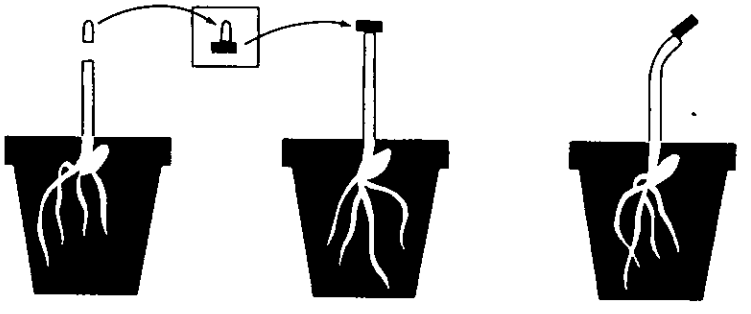
ولقد استمر لعدة سنوات الجهل بتركيب الاكسين ولكنه في حوالي سنة ١٩٤٠ م اتضح ان الاكسين الرئيسي في معظم انسجة النباتات هو مادة كيماوية بسيطة تدعى — **اندول ثلاثي حامض الخليك** — (IAA) . ففي النباتات فان (IAA) مشتق من الحامض الاميني تريبتوفان . ويخلق هذا الهرمون في الاوراق اليانعة للبراعم . وينتقل الى اسفل في نظام مستقطب دقيق ، اي انه فاذا وضع الاكسين في القمة (أ) فانه يمكن جمعه من عند نهاية القاعدة (ب) يتحرك من القمة الى القاعدة وليس بالاتجاه المعكوس . فمثلا نبات الشوفان ولكن اذا وضع الاكسين عند القاعدة (ب) فانه لايمكن جمعه من عند النقطة (أ) الموجودة في القمة ، حتى ولو قلب النبات راسا على عقب . ان الصفة المستقطبة لانتقال الاكسين تعود الى وجود مضخة نشطة عند قاعدة كل خلية وهي التي تضخ الاكسين الى الخلية التي تقع تحتها مباشرة ، ولكنها لا تضخ في الاتجاه المعاكس . وعندما تم معرفة خواص وتركيب الاكسين على انه اندول ثلاثي حامض الخليك ، بدأ علماء الفسيولوجيا باستخدامه في مجالات عدة مع النباتات لمعرفة كيفية عمله بشكل دقيق . وقد قادت مثل هذه التجارب الى



الشكل (٢٠ — ١١) : تاثير الضوء على نمو ساق عشبية. ان النبات في الجهة اليسرى القصوى ينمو في الظلام .

تراكم كميات كبيرة من المعلومات حول تأثير الاكسين والمواد المحضرة والمشابهة له بالتركيب والوظيفة . ومن ضمن هذه التأثيرات التي ينتجها الاكسين انه يزيد من سرعة نمو الاجزاء الخضرية المنفصلة اذا وزعت وحدها ، مثل الاجزاء التي تقع مباشرة اسفل القمة في نبات الشوفان ، وسيقان البازيلاء ، او سيقان عباد الشمس ،وذلك عندما يوضع بحيث يماس النباتات ، مع هذا ، فان تأثيرا بسيطا يحدث .ويمكن تفسير ذلك بان النبات ينتج ما يلزمه من الاكسين من القمة وبذلك يحافظ على معدل نموه الطبيعي .

عندما تعرض الاجزاء المقطوعة من النبات الى الاكسين ، فان زيادة تركيز الاكسين يزيد من سرعة تأثيره حتى حد معين ، وبعد ذلك ، فان الاستمرار في زيادة التركيز يقلل من التأثير . ومستوى الاكسين الذي يثبط عمل الخلايا يختلف من نسيج الى اخر . تحتاج الجذور الى تركيز منخفض بينما تحتاج السيقان الى تركيز عال ، وتحتاج البراعم الى تركيز متوسط . ولهذا السبب فان السيقان تنحني الى الاعلى بينما الجذور تنحني الى اسفل في النبات الذي وضع على جانبه . والتركيز العالي للاكسين يتركز في المنطقة السفلى لكل من الساق والجذر . ففي الساق يؤدي ذلك الى زيادة النمو في الجزء السفلي من النبات ، وكذلك فان النمو العادي للخلايا في الجزء العلوي للجذر يسبب نمو الجذر الى اسفل . وزيادة تركيز الاكسين في الجزء السفلي له علاقة بوجود حبيبات النشاء في الاسفل . ونحن لانفرق بالضبط كيف تقوم حبيبات النشاء بتوزيع الاكسين ولكن احدى الفرضيات تقول بان الحبيبات النشوية تقوم باثارة



الشكل (٢٠ ــ ١٢) : قالب من الإجار المحتوي على الاكسين موضوع على راس المقطوع لساق عشبية ويلاحظ النمو المستمر عند القمة ، واذا ما وضعت على جزء واحد من القمة فانها تنشط النمو في تلك الجهة مسببة انحناء للنبات .

مضخة الإكسين الموجودة عند قاعدة الخلايا للضخ الى اسفل بسبب اتصالها بها . ويمكن رد تحرك الاكسين الى (سفل) الساق والجذر الى هذا السبب .

ان معقول الاكسين المثبط عندما يوجد بتركيز عال يعود الى ان التركيز العالي للاكسين يؤدي الى تكوين غاز الاثيلين الذي يثبط نمو النبات ، وسوف نلقي الضوء على غاز الاثيلين في الفقرات القادمة بشيء من التفصيل .



الشكل (٢٠ ــ ١٣) : قطعة نبات الكاميليا في اليسار وضعت في ماء عادي أما تلك في اليمين فوضعت في محاليل الاكسجين الصناعي. التأثير على تكوين الجذور بين .

عندما تعرض للاكسين قاعدة السيقان المقطوعة فانها تسبب انقسام خلايا القاعدة للساق ويتبع ذلك مباشرة تكوين جذور جديدة . وهذا التأثير المستقل للاكسين يستعمل على نطاق واسع في النباتات التي تستخدم لاغراض التجارب .

وقد تمت بالفعل محاولات على اصناف لا تطلق جذورا بشكل تلقائي فقد تم غمسها في محاليل هرمون الاكسين وبعد ذلك تمت زراعتها في جذر

مغروس في الرمل . ولوحظ تطور ونمو الجذور بعد ايام واسابيع وذلك حسب نوع النبات .

ان الاكسين يقوم بالتأثير على التنافس بين الاغصان والبراعم المختلفة ففي النباتات التي تظهر سيادة تامة للقمة apical dominance فان البرعم الطرفي فقط هو الذي ينمو ، أما البراعم الجانبية فقد طمس نموها . فاذا أزيل البرعم الطرفي فان برعما جانبيا او اكثر تبدأ بالنمو اسفل البرعم الطرفي. واذا وضعت كمية من الاكسين على الجزء المقطوع فان البراعم الجانبية تتوقف عن النمو . وهذا يؤكد ان الاكسين الذي يأتي من البرعم الجانبي يقوم بوقف نمو البراعم الجانبية .

ان النمو غير العادي للمبيض الى ثمرة هو ظاهرة اخرى تقع تحت تاثير الاكسين فبعد الاخصاب ، فان جدار المبيض، الذي يشكل الثمرة يشير الى نمو كبير من خلال الزيادة في حجم الخلايا وعددها . وعمل الاكسين في هذه العملية يدل على ان مستوى الاكسين يزيد زيادة كبيرة في هذا الوقت . وان زيادة كمية الاكسين سارعت في نمو الثمار وتكونها ، وحتى يحثها عندما لا يحدث التلقيح والاخصاب .

ولايجوز ان تمر عن الاكسين وتأثيراته بدون ذكر المنافع الزراعية الكثيرة التي يمكن الحصول عليها ، وكذلك استعماله في قتل النباتات . ان الاكسين المصنع ٢ ، ٤ ــ ثنائي **كلوروفينوكسي** حامض الخليك (٢ ، ٤ ــ د) الذي يقتل بخاصة الاختيار بذور ذوات الفلقتين في الحبوب او النباتات الجبلية . ان النباتات لاتملك القدرة على تحطيم (2, 4-D) كما في IAA . ولذلك عند تطبيقه بتركيز عال (مقارنا بتركيز الاكسين الطبيعي في النبات فانه يوقف عمليات البناء والهدم في النبات وبالتالي يموت النبات . انه ليس من المؤكد ان الاعشاب يمكن ان تبقى حية بعد معاملتها بذلك ولكن معظم قاتلات الاعشاب تصل الى اوراقها،بسبب نموهابشكل زوايا ووجود غطاءشمعي لذلك فان النباتات تستطيع ان تكافح الكميات القليلة الموجودة .

كيف ينتج الاكسين هذه التأثيرات المختلفة ؟ ان عمله في زيادة الحجم الخلايا قد درس بشيء من التفصيل ، ولذلك فقد تم طرح اكثر من نظرية على مر السنوات ، ومع هذا فاننا لانعرف بالضبط كيف يقوم الاكسين بزيادة طول الخلايا . ان الخلية لاتتمدد الا بشد جدارها السليلوزي الصلب فقط . لذلك

فهناك قول بان الاكسين يؤثر في جدار الخلية . وفي الواقع ، اذا عوملت السيقان او الوريقات بالاكسين فقد وجد ان جذر الخلايا التي عوملت بالاكسين يمكن مطها بشكل اسهل من الخلايا التي لم تعامل بالاكسين . وقبل سنوات وضعت فرضية بان الاكسين يزيد من الحامض النووي الاكسجيني (RNA) ومن سرعة تصنيع البروتين ، وان البروتينات التي صنعت هي انزيمات تحطم الجدار الخلوي . ان الاكسين يسارع في تصنيع (RNA) والبروتين ، ولكن ليس بالسرعة الكافية ليؤثر على نمو النباتات . ولكننا على يقين من ان تصنيع البروتين له علاقة باستمرار تأثير الاكسين على النمو لان النمو يتوقف اذا ما توقف تصنيع البروتين .

ان احدى المكتشفات الاخيرة ان السيقان يزداد نموها اذا غمست في محلول له pH ٣ر٥ ، وقد قاد هذا الى نظرية حول عمل الاكسين . فلقد اقترح ان الاكسين له تاثير مباشر على مضخة الهيدروجين الموجودة في غشاء الخلية.

وفي البذور ، فان الجبريلين يزيد من سرعة الانبات ، ليحل محل الضوء ولقد افترض انه بوجود الاكسين ، وليس في غيابه ، هناك انزيم في غشاء الخلية يفتح ايونات الهيدروجين (H^+) من السيتوبلازم الى جدار الخلية مستخدما الطاقة القادمة من ثلاثي ادينوسين الفوسفات (ATP) . وهذا يزيد من حامضية الجدار الخلوي ، وبالتالي فان الروابط الحساسة للحامضية الموجودة في بعض عديدات التسكر الموجودة في الجدار تتحطم ، فتؤدي الى زيادة طول الجدار (مطه) ولكننا بحاجة الى مزيد من التجارب لاثبات هذه الفرضية .

الجبريلينات

Gibberellins

هنالك مجموعة اخرى من الهرمونات ، هي الجبريلينات ، وهذه لها تاثير كبير على التركيب الطبيعي للنبات ، وقد اكتشف ذلك من خلال تحليل احد امراض النبات يدعى (باكاني) او (التشتل الاعمى) وهو مرض يصيب الرز فيؤثر على اتجاهه .

في الجزء الاول من القرن العشرين ، لاحظ المزارعون ان بعض اشتال

الرز تنمو بشكل سريع وغير منتظم ، فتطول على النباتات الاخرى في الحقل ، ولكن ثبت ان هذه الصفة المبكرة الجيدة تضر بالنبات ، لان النباتات تبدء ان



الشكل (٢٠ ــ ١٤) : ينمو أي نبـــات ملفوف في الجو الحار . أما هنا فقد نبت أكثر نتيجة معاملتها بالجبريلين .

تزهر او تعطي بذورا صالحة للزراعة . ويفحص هذه النباتات غير العادية وجد انها اصيبت بفطر يسمى جيريلا فوجوكوري *Gibberella fujikuroi* وعندما عملت مرشحات خاصة لهذا الفطر واستخلصت وعوملت بها نباتات غير مصابة فان النباتات التي عوملت بخلاصة الفطر اظهرت نموا واعراضا مشابهة للنباتات المصابة . وقد دعيت المادة التي تسبب مثل هذا التاثير **الجبريلين** gibberellin .

ان التجارب الاولى التي اجريت على هذا الموضوع تمت في اليابان ، وفي الخمسينات نقلت هذه التجارب الى بريطانيا والى الولايات المتحدة الامريكية، فتم استخلاص المادة ومعرفة تركيبها وقد دعيت **حامض الجبريلين** gibberellic acid او GA_3 ، واخيرا فانه تم عزل كل المركبات المشابهه واصبح الان معروفا اكثر من ٤٠ نوعا من الجبريلينات تم استخلاصها من مصادر مختلفة . ان الجبريلينات لها تركيب معقد الى حد ما . ولها مدى واسع في طيف النشاطات الحيوية ، وتستجيب الى بعض النباتات اكثر من غيرها . وان



الشكل (٢٠ ــ ١٥) : تتكون مكانس الساحرة نتيجة انتعاش العديد من البراعم الجانبية فجاة وتنمو بشكل كثيف وتضعف الغصن وتذهب بقوة النبتة . وسبب ذلك هو العفن أو الفيروس أو كائن متطفل اخر الذي يحث على تكوين السيتوكينين من النبات . والسيتوكينين هذا يغلب التاثير المثبط للاكسجين .

مراحل مختلفة في النباتات الواحد تظهر اختلافا ملحوظا للجبريلينات المختلفة .

وبعد ان تم استخلاص وعزل الانواع المختلفة في الجبريلينات ، بدأ علماء الفسيولوجيا بتطبيق ذلك على نباتات مختلفة ، فبعض النباتات ازداد طولها فوق الحد الطبيعي وذلك باستخدام الجبريلين . وبعضها لم يتأثر . وظهر بعد ذلك تعميم مهم : ان النباتات القصيرة جينيا اكثر تأثرا بالجبريلين من غيرها ، وان النباتات الطويلة جينيا تتأثر بشكل بسيط جدا . ومن الظاهر ان انواعا من القزحة التي تصيب بعض النباتات كالذرة، والتي يعزى قصرها الى وجود جين متنح ، وكذلك الى نقص في انتاج الجبريلين الضروري للنمو ، وبعد معاملة هذه النباتات بالجبريلين نتجت نباتات تظهر من الخارج كالنباتات العادية وجينيا كالنباتات الطويلة . وبتحليل كميات الجبريلين الموجودة في النباتات القصيرة ومقارنتها مع الكميات الموجودة في النباتات الطويلة لم يلاحظ اي اختلاف بالكمية ، ولكن من المحتمل ان نوع الجبريلين يختلف باختلاف النمط الجيني الموجود في النباتات القصيرة وهذا يكون اقل فعالية في تنشيط النمو .

ان كثيرا من نباتات النهار الطويل تمر عبر فترة نموها الخضري بالمرحلة الوردية ـ اذ تتميز الساق بنمو بطيء ـ ولكن في الصيف تنمو السيقان بشكل سريع ثم تزهر . لقد وجد ان الجبريلينات تؤثر في النمو السريع بدون الحاجة الى ايام الصيف الطويلة . وفي معظم الحالات ، وليس في كلها فان الجبريلين الذي يؤثر على النمو المفاجيء يتبعه الازهار . وفي كل الحالات التي يتم فيه استخدام الجبريلين لزيادة طول الساق ، فان تأثير الجبريلين يكون بزيادة سرعة انقسام الخلايا في القمة النامية للساق وكذلك بزيادة طول الخلايا في منطقة النمو .

ان الجبريلين مثل الاكسين يمكن ان يحث النباتات على الاثمار البكرى (الاثمار الذي ينتج دون اخصاب الزهرة) في بعض الانواع . فالتفاح مثلا ، يمكن ان يثمر بكريا باستخدام الجبريلين والاكسين معا ، وليس باستعمال الاكسين وفي البذور ، فان الجبريلين يزيد من سرعة الانبات ، ليحل محل الضوء بمفرده .

والبروده . وبالاضافة الى ذلك فان الجبريلين في بذور الحبوب له عمل اخر وهو تنظيم هضم النشاء المحفوظ في البذور ليصبح جاهز للجنين النامي . وعندما تثمر الحبوب (في العادة البذور) فانها تفقد الماء ، وتبدأ الطبقة البروتينية

(النخاله) التي تحيط الاندوسبرم النشوي بافراز انزيم الاميليز ، الذي يهضم النشاء او اذا ازيل الجنين ، فان النشاء لايلبث ان يهضم ، ولكن اذا اضيف الجبريلين في هذه الفترة فان افراز الانزيم يبدأ ثانية ويستمر الهضم ،ويظهر ان الجنين يفرز الجبريلين والملاحظ ان الجنين نفسه يقوم بتنظيم كمية الكربوهيدرات المستهلكة التي يحتاجهـــا .

كيف يسبب الجبريلين افراز انزيم الاميليز ؟ ان هذا هو العملية الوحيدة التي نعرف كيف يعملها الجبريلين على المستوى الجزيىء . فمن المعروف ان الاميليز لايكون مخزونا في الخلية قبل فترة الكمون ويعاد تنشيطه بواسطـــة الانبات . ولكنه يتخلق في فترة الانبات فقط . والظاهر ان الجبريلين يعمـــل كمؤثر اما لانتاج mRNA او لانتاج البروتين من mRNA والاراء الحديثـــة تفضل وجهة النظر الثانية ولقد لوحظ ان الجبريلين يعمل على زيادة انتـــاج الشبكة الاندوبلازمية والرايبوسومات في الخلايا التي تحتوي على البروتيـــن وهذا يزيد من فرص تكوين الانزيمات .

السايتوكينات : Cytokinins

من اعقد المسائل الملحة في علم الاحياء مسألة كيف يتم ضبط انقســـام الخلايا . لماذا تنقسم الخلايا في وقت واحد وتتوقف في وقت اخر معا ؟ لمـــاذا تستطيع الخلايا المرشيمية استعادة قدرتها على الانقسام ، بينما خلايا اخرى في النبات الكامل النمو لا تستطيع ؟ ولماذا ، في حالة جرح او خدش النبات فان قسما من هذه الخلايا تبدأ في الانقسام ثانية ؟ فمثلا ، ان خلايا درنات البطاطا لا تنقسم عادة . ولكن اذا قطعت هذه الدرنات وحفظت في مكان رطب ، فـــان الخلايا التي تقع تحت الوجه المقطوع تبدأ من جديد انقساما غير مباشر وتنتـــج عدة طبقات من نسيج ملين خلاياه متراصة تغلف هذا الوجه المقطوع . ونشاهد الظاهرة نفسها في الطبقات الخارجية لقشرة اية شجرة صغيرة عندما يبـــدأ النمو الثانوي الذي ينتج عن الكامبيوم بتمزيق السطح الخارجي ، فالطبقـــة الفلينية الجديدة التي تنشأ من القشرة تحت المكان الممزق تغطي نسيج طبقـــة البشرة شبيها بالذي تكون في درنات البطاطا المقطوعة .

يظهر ان هناك عمليتين تنظمان هذا الشيء : الاولى تقود عادة الى تجمع

الخلايا المنقسمة والثانية تتأثر بالجرح لتسمح باستعادة القدرة على الانقسام.

ان هناك دليلا صغيرا له علاقة بالاورام والانواع غير العادية من النمو فنحن نعرف ان الاختلال في الانقسام في الحيوان يؤدي الى الاورام ، وهي كتل من الخلايا تتكون نتيجة لخلل في الانقسام الخلوي . ان النباتات يمكن ان تكون اورام ايضا ويمكن ان تتكون على جذوع الاشجار عند الخدش او الانهاك فيؤدي هذا الى نشاط كامبيومي محلي . او قد يحصل عندما يدخل كائن دقيق داخل النبات ان العقد الجذرية التي تنشأ على جذور نباتات القرنيات ، وامراضا اخرى ونقل النباتات كلها تؤدي الى انقسام مفاجيء في الخلايا التي لم تكن تنقسم قبل ذلك . وفي كثير من مثل هذه الاحوال وجد ان هناك دليلا فسيولوجيا على وجود مادة كيماوية مسؤولة عن هذا النشاط ، وهناك ادلة غير كافية من مصادر مختلفة تشير الى وجود مواد تتحكم بانقسام الخلايا النباتية .

ومهما يكن ، فأن نعرف ان مادة ما موجودة شيء ، وان نجد هذه المادة شيء اخر . والتجارب التي قادت الى كشف وعزل انقسام الخلايا النباتية انما تمت في محاولات لاستخدام نباتات تحت النباتات على النمو والتطور في الانسجة النباتية المعزولة . ان خلايا البرنشيمية الموجودة في النخاع لاتنقسم في العادة . ولكن عندما اضيف حليب جوز الهند الى الوسط المعقم الذي فيه هذه الخلايا بدأت بالانقسام . ان حليب جوز الهند هو سائل اندوسبيرمي وهو وسط طبيعي لنموجنين النبات ــ ولذلك كان خيارا منطقيا لاستخدامه في المراحل الاولى لانقسام الخلية . ومع ذلك فهو مادة معقدة التركيب ويمكن ان يكون اي من المواد التي يتألف منها هو العامل الفعال .

ولذلك فقد تم اختبار عدد من المواد ذات العلاقة بشكل منفرد ، واحدها كان مادة الادينين التي تعمل على تحريك انقسام الخلية . ان الادينين يدخل بالطبع في تركيب الاحماض النووية . وبالصدفة فقد اخذت عينه من DNA المعقم (تعقيم بالبخار وتحت الضغط) وقد وجدت انها نشيطة جدا في تحريك انقسام الخلية : وقد سميت هذه المادة الجديدة باسم الكينتين kinetin (من السايتوكينسيز او الاسم التكنيكي لانقسام الخلية) وصنفت كيماويا على اساس انها ٦ ــ فرفريك ــ ادينين (6-furfuryl-adenine) .

ان توافر مادة الكاينتين (والتي لا توجد عادة في النبات) فتح ابوابا واسعة للدراسة. وقد وجدانها تتداخل مع الاكسين في مجال واسع من

العمليات الفسيولوجية) . وعندما اضيت مع الاكسين ، فـــان الكاينيتـــين تحث الخلية على الانقسام ، وخاصة في خلايا مفصولة داخل مزرعة ، وهـــي التي تكون الكالوس . انها ايضا تسبب ظاهرة مورفوجينيه في حث البرعـــم المقطوع للتبغ لتكوين الكالوس . ونوع التمايز الذي يحدث في الكالوس يعتمـد على تركيز كلا الهرمونين ، ان نسبا عالية من الكاينتين الى الاكسين تؤدي الى تكوين البراعم ، وفي حالة تساوي التركيزين يتكون الكالوس ، وعندما يزيد تركيز الاكسين على تركيز الكاينيتين فان هناك امكانية لحدوث نمو للجذر .وقد ادى اكتشاف هذا النوع من التداخل مع الاكسين

الى دراسة انظمة فسيولوجية اخرى معروفة بتأثرها بالاكسين . ففي حالـــة سيادة القمة النامية ، وجد ان الاكسين والكاينيتين يعملان في اتجاهين متضادين. ان تطبيق الاكسين ــ الكاينيتين يحرر البراعم الجانبية من الضغط ويطلـق نموها ثانية .

ان تعاكس دوري الاكسين ــ الكاينيتين يؤدي الى تكوين تفرعات جانبية على الساق الذي ينتج عن زوال اثر المادة المثبطة التي كانت موجودة علـــى البراعم الجانبية تحت القمة . ومعروف بالطبيعة ان الفطر الذي يحث على تكوين مثل هذه الفروع الجانبية يقوم بافراز مواد لها تأثيرها الكاينيتين .

وقد تم كشف كثير من النشاطات الفسيولوجية التي يقوم بها الكاينيتين



الشكل (٢٠ ــ ١٦) : بعض انسجة النبات معاملة بتراكيـــز مختلفة من الاكسين والسيتوكينين . (أ) قليل من الاكسين وقليـــل من السيتوكينين يسبب نموا قليلا . (ب) اكسين وسط وسيتوكينين وسط يسبب نموا غير مميز وتكوين نسيج كالندبة . (جـ) اكسين كثير سيتوكينين وسط تتكون الجذور على الندبة . (د) اكسين وســـط وكثير من السيتوكينين . تتكون الاغصان .

لدرجة انه اصبح من الضروري فحص كل النباتات لمعرفة هل يوجد فيها مواد مشابهة . وقد بدأ العاملون في هذه الدراسة بافتراض منطقي وهي انه ان كان هناك وجود لمواد تشبه الكاينيتين فلا بد ان تشابهه في صفاتها الكيماوية . وهذا يساعد على تتبع طرق مناسبة لفصل هذه المواد . وقد استخدم المصدر لذلك التفاح غير الناضج وحبوب الذرة غير الناضجة ، حيث انقسام الخلايا فعال . وقد سميت المادة الاولى التي اكتشفت وحللت وعزلت في الذره باسم زياتين (zeatin) وقد تبعها مواد اخرى . وهذه المجموعة من المركبات التي هي مشتقات للادينين ـ تدعى الان **بالسيتوكينات** cytokinins. ان المادة الفعالة في حليب جوز الهند التي بدأ عليها البحث كله وجد انها نوع من السايتوكينين ، وتدعى زياتين رايبوزايد (zeatin riboside) .

وهناك صفة مهمة جدا في النباتات يقوم السايتوكينين بمنع وقوعها وهي الشيخوخة . وقد اكتشف انه اذا اخذت اوراق النبات ووضعت اعناقها داخل السايتوكينين فانها تبقى خضراء . بينما اذا غمست في الماء فانها تصبح صفراء. ومن الواضح ان السايتوكينين يقوم بمنع تحطم البروتينات والاحماض النووية. وقد لوحظ ايضا على هذه الاوراق انه اذا كونت الاعناق جذورا فانها لاتصفر . مما يدل على ان الجذور تزود الاوراق بالسايتوكينين . وقد تم التأكد من ذلك عن طريق تتبع اثر السايتوكينين في عصارة الجزء القاعدي من السيقان .

كيف تقوم السايتوكينات بمثل هذا التأثير ؟ هذا ليس معروفا حتى الان، ويوجد السايتوكينات في tRNA ، ولكن يبدو انها تسبب انقسام الخلية دون تدخل tRNA . ان تأثيرها على الشيخوخة له علاقة بحفاظها على وحدة الاغشية الخلوية ، وتجنيب البروتينات خطر التحطم .

الفلورجين : Florigen

رغم ان معظم الهرمونات قد تم معرفتها عن طريق تأثيرها قبل ان تكتمل معرفتها ، فان احدها لايزال غير معروف وهو المادة التي تتحكم في عملية الازهار .

ان الفايتوكزوم الموجود في الاوراق ، يتأثر بفترات الاضاءة والظلمة نتيجة لاستقبالها ويحدث نتيجة لذلك بعض التغييرات الكيماوية . ونحن نعلم ان

الاوراق هي التي تتأثر بالفترة الضوئية ، فاذا وضعت ورقة نبات نهار قصير وعرضت الى نهار قصير وعرض باقي النبات الى نهار طويل فان الازهار يحدث . وبما ان الاوراق تستقبل المؤثر وتقوم القمة بالاستجابة بعملية الازهار، فلا بد من وجود مادة كيماوية تنتقل بين الطرفين ومن المحتمل ان تكون هذه المادة هرمونا . وقد سمي هذا الهرمون **بالفلورجين** florigen ، ولابد ان يصنع هذا الهرمون في الاوراق وينظمه الفايتوكروم ، ولكنه لم يعرف حتى الان . ونحن على يقين من وجود مثل هذا الهرمون . لانه اذا اخذنا نباتا مزهرا وركبناه لجينات غير مزهر فان النبات الثاني يبدأ بالازهار حتى اذا هو لم يتعرض للفترة الضوئية اللازمة .

ان وجود مادة كيماوية هو وحدة الذي يفسر حدوث مثل هذا التأثير . وفي نباتات النهار الطويل وليس نباتات النهار القصير ؛ تسبب الجبريلينات الازهار . وهذا يبعث على الاعتقاد بان الفلورجين هو مزيج من اكثر من مادة كيماوية . وان الذي يجدد هذه المادة هو كون النبات نبات نهار طويل او نبات نهار قصير .

الاثيلين : Ethylene

ان تأثير الغازات العضوية على النباتات معروف منذ زمن طويل . وان اكثر الغازات فاعلية هو **الاثيلين** Ethylene ويؤدي الى تأثيرات غير طبيعية؛ مثل فقدان الحساسية للتأود الارضي ، وانحناء الوريقات الى اسفل ، ونمو وتكوين الجذور المساعدة على السيقان ، وطبيعي ان هذا الغاز غير صحي وغريب .

ولكن مؤخرا تم اعتبار الاثيلين كمادة طبيعية للنباتات تؤدي عمليات البناء والهدم . وفي الحقيقة فهو العامل الذي يساعد على نضج الثمار ، لانه ينتج قبيل وصول النباتات الى سن اليأس (climacteric) ولذلك يمكن ان يطلق على الاثيلين اسم هرمون النضج .

يسبب هذا التأثير في عملية التخزين مشاكل عديدة ، فبما ان الثمار الناضجة تنتج الاثيلين ، فانها تسبب نضج الثمار التي حولها . ولكنها لاتتوقف عن انتاج الاثيلين بعد ان يتم نضجها . فتفاحة فاسدة تستمر في افراز الاثيلين ،

وتحث التفاح المحيط بها على النضج والتعفن والمثل يقول « تفاحه فاسدة تفسد الحمل » اما ثاني اكسيد الكربون فيعمل بالاتجاه المعاكس لعمل الاثيلين ، ولذلك فهو يساعد على التخزين .

ولقد تم الان اكتشاف ان الحامض الاميني الميثانوين هو الاساس لعمل الاثيلين في نضج الثمار . ان انتاج الاثيلين يحتاج الى تصنيع بروتين ، على افتراض ان الانزيم الذي له علاقة بتكوين الاثيلين من الميثانوين . وفي نفس الوقت فان الاثيلين يساعد في تكوين البروتين الذي يصاحب نضج الثمار .ولذلك فلقد افترض بان الاثيلين يسبب نضج الثمار.وذلك لانه يساعد في تكوين انزيمات تعمل على تحليل الخلايا والمواد الحافظة في الثمار . .

ومع ان معظم عمل الاثيلين ينحصر في انضاج الثمار ، فان له وظيفة اخرى . فمثلا في التفاح الخشبي (فقط في هذا النبات) فان الاثيلين يساعد على الازهار . وكل التفاح الخشبي الموجود في الحقل يمكن حثه على الازهار في نفس الوقت ، وذلك برش الثمار الناضجة باكسين صناعي يتسبب في تكوين الايثلين .

ان الايثلين يدخل مع الاكسين في سقوط الاوراق . وقد دلت التجارب على انه اذا تم تعريض النبات للاكسين قبل ان تبدا شيخوخة الاوراق ، فانه يثبط التساقط . ولكن اذا تركت الاوراق حتى تشيخ ، فان تساقطها يزداد سرعة اذا اضفنا مزيجا من الاسكين والاثيلين . لذلك فان حالة الانسجة مهمة جدا . فالخلايا النشيطة تستطيع ان تنتج الاكسين ، ولكن هذا يقل كلما زاد عمر الاوراق . وكلما زاد عمر خلايا منطقة السقوط فانها تتوقف عن التأثر بالاكسين وتتأثر فقط بالاثيلين الذي تنتجه الخلايا باستمرار . وبالاضافة الى ان الخلايا في المراحل النهائية من الشيخوخة يزداد تكوينها وانتاجها للاكسين ، وهذا يؤدي الى تكوين مزيد من الاثيلين الذي يعمل على تساقط الاوراق .

وكما في النضج فان الاثيلين في عملية سقوط الاوراق يعمل كمؤثر لتصنيع البروتين . وفي هذه الحالة فانه يعمل على تصنيع وافراز هرمون السيليوليز الذي يهاجم ويحلل الجدر السللوزية للخلايا وبذلك فان خلايا منطقة السقوط تنفصل فتقع الاعناق .

الحامض الابسيسي : Abscisic acid

لاحظنا سابقا ان الحامض الابسيسي يعمل كمادة مثبطة ويدخل في زيادة طول الخلايا وتكوين البراعم الساكنة . ومن المعتقد الان ان سكون الاشجار مرده الى تحكم الموازنة من السايتوكينات والجبريلينات ، وجهاز اغلاق (مفتاح) يتكون من الحامض الابسيسي .

ان الحامض الابسيسي يتكون في الاوراق خلال العام ، ولكن تأثيره لايظهر حتى يتم انتاج الهرمونات البادئة التي تنقص في الخريف . وفي هذه المرحلة فان المادة الثبطة تدخل الى الساق والى نقطة النمو حيث تبدأ في اعداد النبات لفترة سكونه .

قد يتوقع المرء ان الحامض الابسيسي له علاقة بسقوط الاوراق (abscission) وفي الحقيقة فان الاسم ماهو الا غلطة شائعة . ان الحامض الابسيسي اكتشف خلال البحث في سقوط الاوراق في نبات القطن ، لانه مسؤول بشكل جزئي عن تساقط الاوراق . ولذا يقال بانه يلعب دورا ما في سقوط الاوراق ، ربما لانه يساعد على انتاج الاثيلين .

ملخص الفصل العشرين

ان النمو يحدث للنبات طيلة فترة حياته . فانقسام الخلايا يتبعه تمددها ثم تخصص وتمايز هذه الخلايا . والاجزاء التكاثرية تظهر فقط في النبات الكامل النمو . ومراحل النمو الاولى تتصف بانقسام الخلايا في القمتين الناميتين للجذر والساق . ومنشأ الاوراق دليل اولي على بداية تخصص الخلايا ، ويظهر هذا على القمة النامية للساق حيث يتكون البرعم الطرفي . وتحت القمة فان خلايا الكامبيتوم الاولية تتخصص متحولة الى خشب ولحاء اوليين . وقمة الجذر تتجه بشكل عمودي اكثر من قمة الساق وهذا يسهل عليها اختراق التربه ، وتغطي قمة الجذر بالقلنسوه . ان الانقسامات الخلوية السريعة في الجذر تجعلـــه غليظا ، ليكون الشعيرات الجذرية والانسجة الوعائية . ونمو هاتين القمتـين يؤدي الى زيادة حجم النبات . مع ظهور الاوراق ، والاغصان ، والتفرعات الجذرية .

ان منشأ الاوراق يتكون في شكل محدد نتيجة لبرمجة وراثية . ونسيج الاوراق يتحول الى حزم كامبيومينة اولية ثم يكتمل نموه ويشكل العروق .وتربط الاوراق بالسيقان بواسطة الاعناق ، وتتكون الاغصان من البراعم الجانبية ، وهي مناطق وشيمية تحولت الى قمم او الى نسيج منشأ الاوراق . ان سيادة

القمة تحد من نمو الاغصان القريبة من قمة الجذر . وينشأ طور تكاثري نتيجة لعمر النبات والى ظروف بيئيه خارجية . ثم تكون منشآت الاوراق الاعضاء الزهرية ــ السبلات ، البتلات ، المتكات والمبايض ، وبالتالي فان الثمـــار والبذور تتكون في المبايض والبويضات،ويتكون النسيج الثمري بواسطة الانقسام الخلوي اولا ثم بواسطة تمدد الخلايا . وبعد ذلك فان النضج يحول النشـــاء الى سكر . وعندما تنضج الثمار ، فان التنفس يزداد ، مع زيادة واضحة فـــي كمية ثاني اكسيد الكربون .

ان البذور تستمر في سكونها في وجود المواد المثبطة كالحامض الابسيسي وينتهي هذا الركود في الربيع بواسطة الضوء او فترات البرودة الطويلة التي تعرضت لها البذور ، وتبعها دفء الربيع . ان موت النبات يتم في مراحل ليتيـــح للنبات كله فرصة البقاء . وتساقط الاوراق هو عملية يتم فيها اعادة امتصاص جميع محتويات الخلية ويتحطم الكلورفيل فينتج اللون الاصفر للكارتيفويـــدات واللون الاحمر للانثوسياتين وهي الوان الاوراق في فصل الخريف .

ان النباتات تستجيب في نموها للمؤثرات البيئية الخارجية . والاستجابة لمؤثر في اتجاه واحد تدعى التأود . ان التأود يمكن ان يكون موجبا او سالبا ، ان الساق التي تنمو الى اعلى يكون تأودها سالبا اما الجذور فانها تنمو الى اسفل وبذلك يكون تأودها موجبا . والنباتات تظهر تأثرا بالفترة الضوئية . ان النباتات تقوم في اوقات محددة خلال فصل معين بالمرور بفترات نمو تتصـــف ببدايتها ونهايتها المحددتين وذلك بالاستجابة للتغير في طول النهار . وهنـــاك نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل . ان للنباتات القدرة على قياس الزمن . وتعمل بواسطة فترات تزامنية ثابتة .

تقوم النباتات بتتبع اثر الضوء وذلك لوجود صبغة الفايتوكروم فيها . ان هذه الصبغة توجد في شكلين يعملان في كلا الاتجاهين . فاحد هذين الشكلين يساعد على الانبات تحت تأثير الضوء الاحمر ، بينما يوقف عمل الازهـــار . والشكل الاخر يساعد على الازهار تحت تأثير الضوء الفوق الاحمر ، ويوقـــف عملية الاستنبات .

ان الهرمونات في النباتات تقوم بضبط وتنظيم الخلايا دون وجود جهاز عصبي . والاكسينات هي الهرمونات الاولى التي تم عزلها ومعرفتها ، ان الاكسينات تنظم عملية النمو ، وتقوم بذلك اختياريا . فمثلا ان الانحناء نجـــو

الضوء مرده الى افراز كميات كبيرة من الاكسين في الجهة المعتمة . ان الاكسين هو احد مشتقات الاحماض الامينية . وهو اندول ثلاثـــي حامض الخليمـــك (IAA) . ويتم تصنيعه في الاوراق الصغيرة وينتقل من اعلى الـــى اسفل . وعندما تعرض بعض اجزاء النبات له فانه يسبب النمو ولكن تركيزه يجبان يكون على مستوى معين . وهو يعمل مثبطا . وعندما يعرض الى السيقـــان المقطوعة ، فهو يشجع تكوين الجذور وهو يستعمل لهذا الغرض عادة . وهو مسؤول عن نمو البيض .

والجبريلينات هي هرمونات مسؤولة عن زيادة طول الخلايا وقد اكتشفت عند دراسة نبات اصيب بمرض فطري . واول مادة تم عزلها كانت حامضـــس الجبريلين . ان النبات الواحد يستجيب للجبرليلين بطرق مختلفة خلال مراحل نموه المختلفة وقد وجد ايضا ان هذا الهرمون مسؤول عن الاثمار البكري ، وكذلك يساعد في انبات البذور ، ويضبط عملية هضم النشاء في بذور الحبوب .

وهناك عائلة من مركب تدعى السايتوكينات ــ وهي مشتقات الادينين ــ وقد ثبت انها تساعد على بدء الانقسام في النباتات ، وكذلك في تخصيص الخلايا كتكوين البراعم والجذور . ويعتمد ذلك على نسبة الاكسين ــ سايتوكينين . ويقوم السايتوكينين بمنع اقتراب الشيخوخة للنباتت ، ويظهر ان الجـــذور تكونه ايضـــا .

ولقد لوحظ ان هناك مادة لها علاقة بالازهار . ان هذه المادة الكيماوية لابد من وجودها لان المثير الضوئي للاوراق يؤدي الى استجابة القمم للازهار . ان الايثلين هو غاز يساعد في نضج الثمار قبل ان تصل مرحلة نموها العالية (سن اليأس climacteric) . ان هذا الغاز مسؤول عن تعفن الثمار التي تحيط بثمرة متعفنه . وذلك لان الثمرة المتعفنة تنتج الايثيلين كنتيجة لعمليـــة النضوج . وهو يستخدم ليساعد الثمار المقطوعة حديثا كي تنضج ، او لاتضاج حقل كامل تلقائيا . وبذلك يمكن قطفها معا وتسويقها .

وحامض الانفصال مسؤول عن السكون وذلك بموازنته بين النمو الناتج عن السايتوكينات والجبريلينات . وهو يقوم بهذا العمل عندما يقل افـــراز الهرمونات مع انه ينتج على مدار العام في الاوراق ،

نظـرة فاحصـة

دراسة النباتات الخضراء في المختبر

Green Thumbs in the Laboratory

ان المختصين في دراسة علم النبات في هذه الايام يقومون بثورة هادئة اذ يعكفون على انتاج اعداد كبيرة من نباتات ذات صفات جينية جديدة مميزة في خلال فترة زمنية اقصر من الفترة التي تحتاجها الطبيعة للوصول الى الشيء ذاته . وذلك بتكوين مستعمرات ، فان العلماء يلجأون الى خلق اصناف جديدة من الجزر ، وسكر القصب ، وفول الصويا والتبغ ، والصنوبريات (conifers) وبعض الانواع المهمة الاخرى .

ان امكانية عيش النباتات في مستعمرات ، تؤدي الى خلق نباتات تستطيع العيش في انبوبة الاختبار ، وقد كان اول من ذكر ذلك عالم فسيولوجي الماني يدعى اوتوهابرلانت ، في بداية هذا القرن . فقد لاحظ ان كل خلية لها القدرة على التكاثر ذاتيا ، آخذة معها الشيفرة الوراثية اللازمة لخلق كائن جديد ، حتى بعد نضجها ووصولها الى مرحلة الانقسام . وفي بداية الستينات

قام فابي ستيوارد (F.C.Stewart) من جامعة كورنيل باجراء تجربة تعتبر الان قديمة نوعا ما وهي انه قام بزراعة خلية واحدة فقط من الجزر في جذر جزرة اخرى فأدى تكاثر تلك الخلية الى خلق جزرة جديدة . وكانت طريقة ستيوارد على النحو التالي :

اولا : ازال بعض الانسجة من جذر ووضعها داخل محلول معقم يحتوي على مواد غذائية عضوية وغير عضوية بما في ذلك الاملاح والسكر والفيتامينات والهرمونات وحليب جوز الهند (ان وجود حليب جوز الهند يجعل من اندوسبرم هذه النبته تقوم بشكل فعال في هذه التجربة . ففي نبات جوز الهند فان الحليب يزود الجنين بالغذاء الضروري لنموه ، وهناك هرمونات معينة فيه تحث الخلايا على الانقسام . ان حليب جوز الهند يقدم نفس الوظائف للجزر المستعمل للزراعة) . ورغم ان خلية الجزر تعتبر ناضجة ، فانها تبدأ الانقسام لتكون كتلة غير مميزة من الخلايا تسمى الكالوس التي تشبه سرطان النبات .

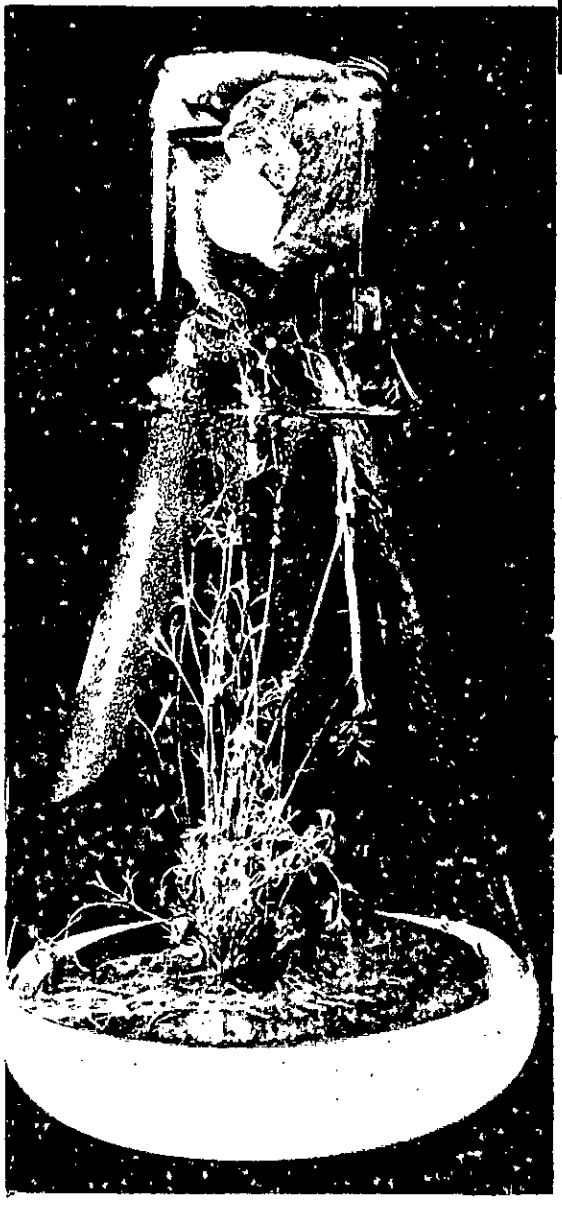
بعد ذلك قام ستيوارد بوضع كالوس الجزر في كأس وقام بتحريكه حركة دائرية طريقة ليجعل الخلايا المنفردة تنفصل عن الكالوس . وباستعمال ميكروسكوب ، قام بالتقاط الخلايا المنفردة بستخدام مصاصة دقيقة في حليب جوز الهند الطازج ، وباضافة هرمونات مختلفة تختلف عن التي كانت موجودة في التجربة الاولى . بدأت الخلايا بالانقسام فكون قسم منها الجذور الدقيقة. وعندما قام بنقلها الى وسط اخر من حليب جوز الهند ومزجها بهرمون اخر بدأت هذه الجذيرات بتكوين السيقان اي انها اصبحت اجنة ، كما لو كانت بداخل بويضة نبات الجذر.وتابعتخلايا الجنين النمو والانقسام.كما يقوم الجنين في البذرة تماما . وعندما وضعت على الارض ، فان احداها نمت الى شتلة ومن ثم استمر نموها حتى اصبحت نبته جزر كاملة .

يظهر من هذه التجربة ان اعادة تشكيل نبات خلية متخصص واعادة تركيبه الى خلايا متخصصة كنبات كامل ماهي الا مسألة توفير ظروف مناسبة واستخدام اجهزة خاصة دقيقة . وهذا كان لتحررها من الظروف الموجودة في النسيج الخلوي ، وحثها على النمو باستخدام وسط غذائي مناسب مثل حليب جوز الهند ، وتسخين مناسب ، واضاءة وتعريض للهواء . فان جذر الخلية تثبت انها تعلم ما الشكل النهائي للنبات ، مما يدل على ان المادة الوراثية

موجودة داخل الخلية .

ان الفوائد من زراعة النبات في مستعمرات كثيرة . فمثلا ، في مثل هذه



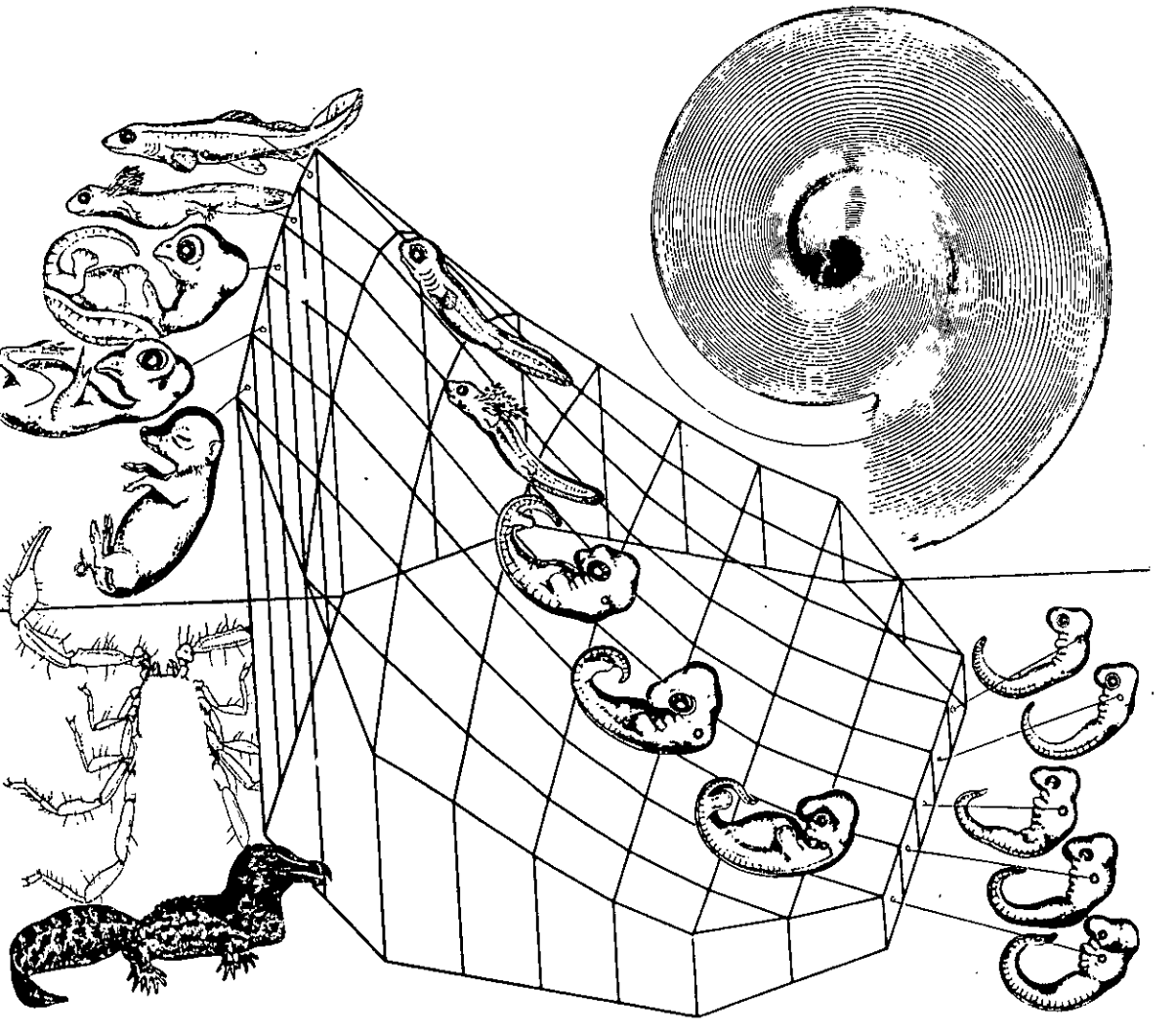


مراحل تكون ونمو جنين الجذر . عند وضع الجنين في وعاء معقم محتو على الاجار ينمو الجنين الى نبيتة جذر .

التجارب يمكن نقلها وتطبيقها على بعض اصناف الصنوبر (Douglas fir tree) وذلك بمراقبة نمو خلية مزروعة في مراحلها الاولى ، ويأمل العلماء في الحصول على غابات من نباتات انابيب الاختبار تفوق في صفاتها النباتات الموجودة في الطبيعة الان في نوعية الخشب وفي مقاومتها للامراض ، هذا بالاضافة الى التخلص من بعض الصفات الجينية غير المرغوب فيها التي تبقى موجودة من خلال التلقيح الطبيعي بين نباتين . والطريقة الحديثة تختصر ٢٠ ٪ من الزمن اللازم للحصول على شجرة كاملة النمو ، لان الخلايا اللازمة للزراعة يمكن اخذها من نبات لم يمض عليها زمن كاف لانتاج البذور .

ومع ان نباتات انابيب الاختبار لاتزال في طور التجارب ، فان سكسر القصب اصبح واقعا ملموسا . ان غدادين من اشجار قصب السكر ذات نوعية ممتازة في محطات التجارب في هونولولو . واحدى النتائج غير المتوقعة لهذا البحث انه قد تم الحصول على بعض النباتات التي لاتشبه امهاتها واباءها . فمثلا كانت احدى المستعمرات بيضاء ،واخرى صفراء وثالثة شهباء ، وكذلك فان النباتات نضجت بسرعات مختلفة . وبعد الفحص ثبت ان النباتات الاصلي كان يحتوي على مزيج كروموسومي نادر ، وان خلايا مختلفة من هذا النبات لها مجاميع كروموسومية مختلفة . وهذا يعني ان لها صفات وراثية وخارجية مختلفة . والمفاجاة الثانية ان جيلا من النباتات المقاومة للمرض قد تكون بعد ان كانت اباؤها تتعرض لامراض معينة .

ويبدو ان مستقبل النباتات المزروعة في مستعمرات سيكون باهرا . فهناك باحث في كندا ، مثلا ، استطاع ان ينجح في الحصول على نباتات مهجنة من اكثر من نوع واحد ، وهذا شيء كان في عداد المستحيل سابقا وذلك لعدم تطابق الاعضاء التناسلية من هذه النباتات فقد تم انتاج هجين من الجزر والشعير ، وكذلك تهجين اصناف اخرى ، مثل فول الصويا والقمح .



الفصـــل الحادي والعشرون

نمو الحيوان

Animal Development

تبدأ معظم الحيوانات حياتها كبويضة ، كخلية حية منفردة ، تنقســـم مرات ومرات لتكون مجموعة من الخلايا التي تبدأ في تنظيم نفسها في اشكـــال واجزاء تكون الجسم الناضج . ان علم النمو هو دراسة كيفية تغير طبيعـــــة الخلايا ، والانسجة ، والاعضاء على مدى فترة معينة ، اما داخليا ، أو استجابة لتغيرات في بيئتها . انه يركز بشكل أولي على العوامل التي تسبب التغير ، ويتفحص التغيرات في جميع مراحل الحياة من الولادة الى الموت . وفي هذا الفصل ، سنركز على الحوادث الجنينية ، ولكن سنحاول اكتشاف المبادىء الاساسية والآليات التي تنطبق على مراحل الحياة التالية . وقبل ان نتنـــاول عناوين محددة ، دعنا اولا نستعرض الحوادث الرئيسية في نمو جنينين ، همـــا جنين قنفذ البحر وجنين الضفدع .

يبدأ خلق الجنين عندما يندمج حيوان منوي ببويضة ناضجة ليكون زايجوتا وبدخول الحيوان المنوي للبويضة ، فانه يخرج نواته التي تتحرك باتجاه نواة البويضة . وعندما تقترب النواتان ، فانهما تندمجان ، ويتفكك غشاءاهما ليتاح

بذلك خلط المواد النووية . وبعد فترة من مضاعفة DNA يتكون المغزل ، وتندمج مجموعتا الكروموسومات ، ثم تصطف ، وتبدأ في الانفصال ، تماما كما تنفصل في الانقسام الخلوي . وعند انفصال الكروموسومات ، يبدأ التفلج cleavage لينقسم الزايجوت الى خليتين وليدتين .



الشكل (٢١ ــ ١) : لقد انقسمت هذه البويضة المخصبة مرة واحدة لتكون خليتين . ويبدو واضحا في الصورة كل من الاخدود الذي يتكون على طوله التفلج الثاني ، وكذلك جهاز مغزل الانقسام .

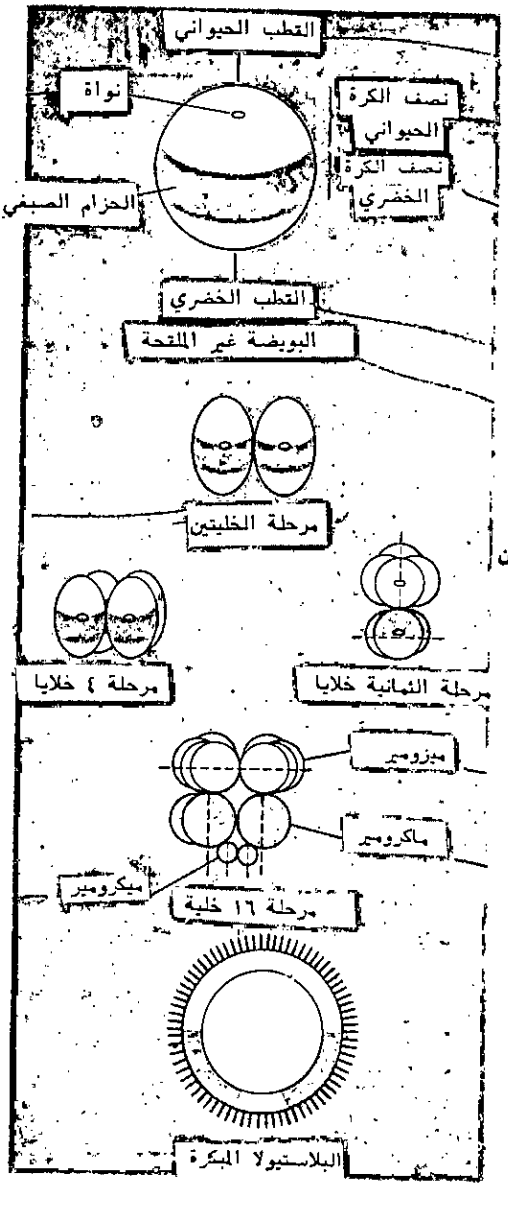
تكون البويضات غير المخصبة في قنفذ البحر والضفدع على شكل كروي ، ولكنها غير متجانسة فنصف الكرة الخضري vegetal hemisphere يحتوي معظم المح yolk ، بينما يحتوي النصف الاخر (نصف الكرة الحيواني) animal hemisphere على النواة ، وقليل جدا من المح . بالاضافة الى ذلك . فان بويضة قنفذ البحر تحتوى على شريط من صبغ احمر او برتقالي في الجزء العلوي من النصف الخضري . وتعرف النقطة على سطح البويضة القريب من النواة باسم القطب الحيواني animal pole ، وتسمى النقطة في الجانب المقابل بالقطب الخضري vegetal pole .

ولكلا النوعين من البويضة تماثل على كلا الجانبين bilateral symmetry : أي ؛ أنه عند قطع البويضة من قطب لآخر ، فان النصفين يكونان صورتين متشابهتين . أما اذا قطعت البويضة من الخط الاستوائي ، فان النصفين (الحيواني والخضري) يظهران مختلفين جدا ؛ ولهذا فان البويضة غير متماثلة بالنسبة لخط الاستواء . ويمر اخدود التفلج الأول في الزايجوت خلال القطبين .

واذا فصلت الخليتين الوليدتين لزايجوت قنفذ البحر تجد أن كلا منهما يكون جنينا طبيعيا كاملا . وينطبق نفس الشيء في مرحلة الخلايا الأربع التي

تنشأ بعد التفلج الثاني . وفي التفلج الثالث ، تنقسم الخلايا على مستـــوى الخط الاستوائي . نتيجة لذلك فان الخلايا الأربع عند القطب الحيواني للجنين تحتوي على كمية ضئيلة من المح وبدون صبغ ، بينما تحتوي الخلايا الاربع في القطب الخضري على معظم المح وكل الصبغ .

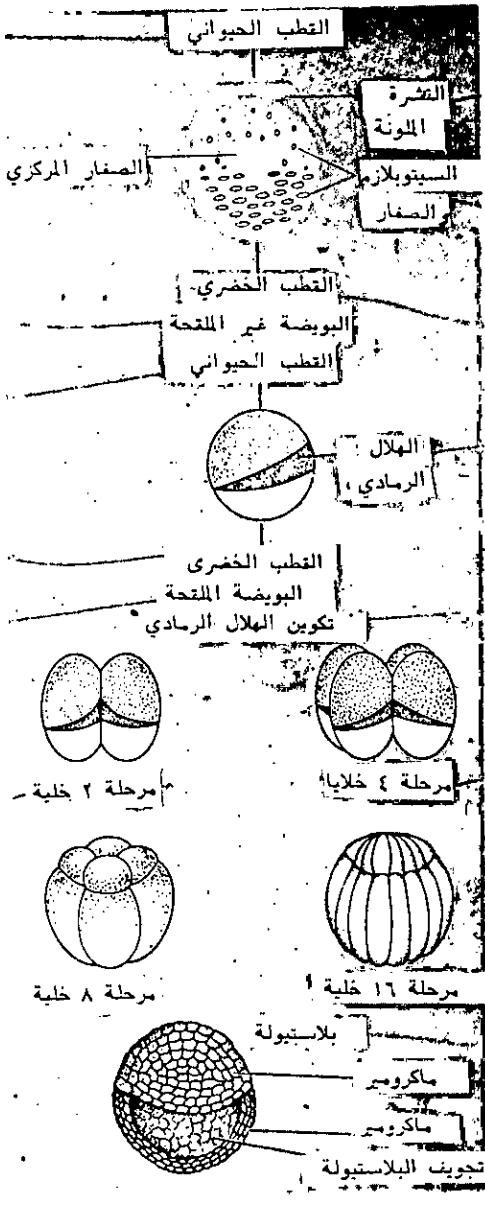
واذا عزل النصفان الحيواني والخضري احدهما عن الاخر في مرحلـة الخلايا الثماني ، فلا يستطيع اي منهما النمو ليكون جنينا كاملا . بل ان كل نصف يكون تلك الاجزاء التي تتكون عادة منه في الجنين الطبيعي . وبهذا ، تكون



الشكل (٢١ ــ ٢) : النمو المبكر لجنين قنفذ البحر .

مصائر المناطق الحيوانية والخضرية في الجنين **مقرره** determined في هـذه المرحلة ، بمعنى ان كلا منها مرتبط بمجرى خاص ومختلف . وتختلف خلايا المنطقتين في تركيبها وفي قدرتها على النمو . وتتقرر مصائر هذه الخلايا بمركباتها ، وتتقيد بالمركبات التي لاتملك .

ان التفلجات الثلاثة الاوائل في بويضة الضفدع شبيهة كثيرا بتلك التي في قنفذ البحر ، على الرغم من وجود فرقين رئيسيين . ففي مرحلة الخلايا الثماني، تكون



الشكل (٢١ ــ ٢) : النمو المبكر لجنين الضفدع .

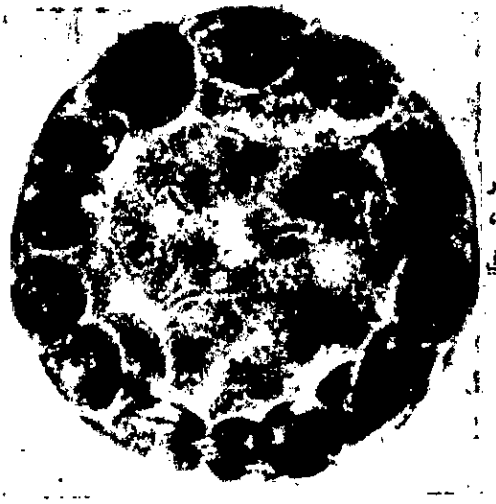
الخلايا الاربع في القطب الحيواني اصغر من مثيلاتها في القطب الخضري . وهكذا، فان التفلج الاستوائي لاينتج خلايا وليدة متساوية . واهم من ذلك انه مباشرة بعد انخساب بويضة الضفدع يظهر **هلال رمادي** gray crescent تحت خط الاستواء في نصف الكرة الخضري ، ويمتد الى اقل من نصف الطريق حول البويضة . ويقسم التفلج الاول الهلال الرمادي بالتساوي بين الخليتين الوليدتين . وعندما يحدث هذا ، تستطيع كل خلية ، اذا عزلت ، ان تنمو لتكون جنينا طبيعيا . ولكن يحدث أحيانا أن يؤدي مستوى التفلج الى ان تتسلم احدى الخليتين كل الهلال الرمادي ، بينما لاتحتوي الخلية الأخرى على شيء منه . وعندما تنفصل هاتان الخليتان عن بعضهما ، تنمو الخلية ذات الهلال بشكل طبيعي ، بينما تنقسم الخلية الاخرى عدة مرات ، دون ان تنمو ، بل تبقى كمجموعة خلايا غير متمايزة . ولهذا ، فان وجود الهلال الرمادي أو عدمه مهم في تقرير طريق النمو المستقبلية التي ستسير فيها الخلايا .

ويكون التفلج الرابع في قنفذ البحر عموديا في الخلايا الحيوانية ، واستوائيا في الخلايا الخضرية . وينتج التفلج الخضري اربع **خلايا كبيرة** macromeres **واربع خلايا صغيرة جدا** micromeres . أما الخلايا الحيوانية فهي متوسطة الحجم وتسمى mesomeres ، وفي نهاية التفلج السادس (مرحلة ال ٦٤ خلية) توجد طبقة عليا من الخلايا المتوسطة تحتها طبقة مضاعفة من هذه الخلايا . أما الخلايا الكبيرة فانها انقسمت لتكون طبقتين ، وتوجد طبقة واحدة من الخلايا الصغيرة . ومستقبل الخلايا المتوسطة هو تكوين خلايا **الطبقة الخارجية للجنين** ectoderm ، وفي مجرى النمو الطبيعي فانها تؤدي الى تكوين الفم ، والاهداب ، وخصلة راسية ، وهي شريط من الاهداب . أما الخلايا الكبيرة فانها ستعطي **الطبقة الداخلية** endoderm التي ستكون الانبوب الهضمي . واخيرا تكون الخلايا الصغيرة **الطبقة الوسطى** mesoderm التي سينتج منها الجهاز العظمي .

وباستمرار التفلج ، تتكون فجوة تدعى **فجوة البلاستوله** blastocoel في وسط الجنين ، وتنتظم الخلايا في هذه المرحلة في طبقة واحدة حول هذه الفجوة. وتسمى هذه المرحلة **بالبلاستوله** blastula ، وفيها تكون الخلايا الصغيرة تجمعا عند القطب الخضري ، وتتجمع الخلايا الكبيرة في الجزء الوسطى من الجنين . أما الخلايا الصغيرة فتكون في النصف الحيواني من الجنين .

وفي مرحلة البلاستوله المتأخرة تبدأ الخلايا الخضرية في النمو طوليا وتصبح أكثر التصاقا بعضها ببعض . ونتيجة لذلك تصبح الخلايا في هذا القطب منبسطة لتكون **الصفيحة الخضرية** vegetal plate . وبحدوث هذا ، تتحرك الخلايا الصغيرة الى داخل فجوة البلاستوله حيث تكون **المزانكايم الاولى** primary mesenchyme (وهي خلايا من الطبقة الوسطى) ، وتبدأ الصفيحة الخضرية في الانغماد أو الاندفاع الى داخل فجوة البلاستوله لتكون **المعي البدائي** archenteron . وبعد ذلك يتخلق **المزانكايم الثانوي** secondary mesenchyme من الطرف الداخلي للقناة الهضمية . وبنفس الوقت ، يكون المزانكايم الاولي حلقة حول القناة الهضمية ، ليكون هيكل الجنين . وتسمى عملية الانغماد المشار اليها **بالجسترله** (gastrulation) وتدعى المرحلة **بالجاسترولة** (gastrula) .

ان نمو البلاستولة في الضفدع شبيه بنمو هذه المرحلة في قنفذالبحر. وبتكون البلاستوله ، يتوقف الانقسام الخلوي الى حد كبير . وتتكون فجوة صغيرة عند الحد بين الهلال الرمادي والمنطقة الخضرية ، وتسمى حافة هذه الفجوة بفتحة **البلاستوله** (blastopore) . وتبدأ الخلايا في المناطق المجاورة بالتحرك باتجاه الفتحة ، وعند وصولها تتجه الى داخل الجنين . ثم تكبر الفجوة بسرعة ،وتصبح الجهاز الهضمي الأولي . أما فتحة البلاستوله ، فانها تنمو في الحجم لتكون حلقة كبيرة .



الشكل (٢١ ــ ٤) : لبويضة نجمة البحر في مرحلة ال ٦٤ خلية ، أو الانقسام السادس ، منظر شفاف . ولقد ابتدات فجوة البلاستولة في التكوين .

ويعرف الجزء الحيواني من هذه الحلقة **بالشفة العليا** (dorsal lip) ، نظرا لان هذا الجزء سيكون ظهر الجنين .

يتكون سقف القناة الهضمية من خلايا الطبقة الوسطى التي ترحل داخليا فوق الشفة العليا ، بينما تتكون ارضية هذه القناة من خلايا الطبقة الداخلية . وتتكون منطقة اخرى من الطبقة الوسطى داخل الحافة الخضرية لفتحة الجاسترولة ، وتسمى **بالشفة السفلى** ventral lip .

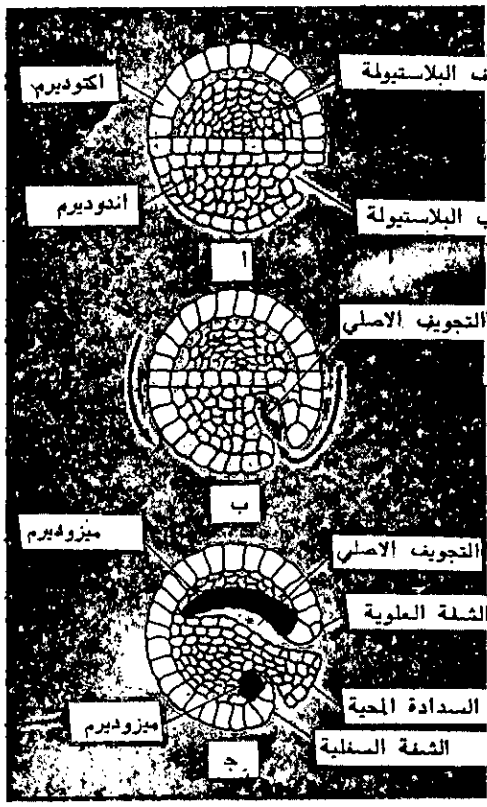
وبنمو القناة الهضمية ، تنهار فجوة البلاستولة ، ثم تختفي كليا . وباكتمال الجسترلة ، فان السطح الكلي للجنين يكون مغطا بالطبقة الخارجية ، بينما يحتوي داخل الجنين على كتلة كبيرة من الخلايا الداخلية . أما فتحة الجاسترولة فانها تنكمش ، وتقل بالتدريج لتصبح شقا صغيرا . بعد ذلك ، فانها تغلق كليا ، ولكن تترك انخفاضا يصبح فيما بعد الشرج . ويتكون الفم من الطرف الداخلي لقناة الهضم البعيد عن فتحة الجاسترولة . وبهذا يتكون **المحور الامامي الخلفي** للجنين anterior-posterior axis .

وفي وسط سقف القناة الهضمية ، تتخلق الطبقة الوسطى في الضفدع لتكون عمودا مستطيلا متوازيا مع المحور الجديد . ويسمى هذا العمود **الحبل الظهري** (notocord) . ويؤدي تكاثر الخلايا في الجزء العلوي من الطبقة الخارجية فوق الحبل الظهري الى تغلظ يسمى **الصفيحة العصبية** (neural plate) .

ويوجد على طرفي هذه الصفيحة ثنيتان مرتفعتان تدعيان **الثنيتين العصبيتين** (neural folds) . وتتحرك الثنيتان كل نحو الاخرى ، ثم تلتقيان وتدمجان لتكونا **الانبوب العصبي** (neural tube) ، الذي سيكون فيما بعد المخ والحبل العصبي . وتسمى هذه **العملية التعصب** (neurulation) ، ويشار الى الجنين الان على انه في **مرحلة التعصب** (neurula) .

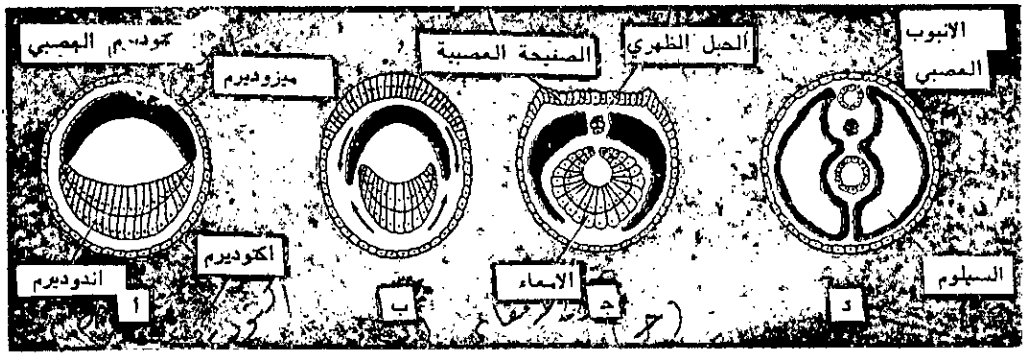
وبتقدم هذه المرحلة تتحرك اطراف الطبقة الداخلية الى اعلى ، ثم تلتقي ، وتندمج لتكون انبوبا ، هو القناة الهضمية . وبنفس الوقت ، فان الطبقة الوسطى تنتشر باتجاه ظهري - بطني ، ولكن لاتغطي القناة الهضمية كليا . وتتغلظ هذه الطبقة بالقرب من الحبل الظهري ، وينقسم الجزء العلوي من هذا التغلظ الى **فلقات** (somites) تتخلق فيما بعد لتكون عضلا وغضروفا . وينفصل الجزآن الخارجي والداخلي من طرف الطبقة الوسطى ليكونا فجوة تسمى **السيلوم** (coelom) .

وعند هذه النقطة ، تكون المرحلة الاولى من النمو الجنيني قد اكتملت . اذ قد تكونت الطبقات الثلاث من الانسجة التي تتكون منها كل الاعضاء ،واخذت مكانها المناسب . (فتكون) الطبقة الخارجية المحيط الخارجي للجنين ، وتنفصل



الشكل (٢١ ــ ٥) : الجسترلة . (ا) نمو فتحة البلاستولة (ب) المعـــي البدائي (ج) الشفتان العليا والسفلى .

عن الطبقة الداخلية بطبقة وسطى . بالاضافة الى ذلك ، فان الجزء الكبير من تركيب فرخ الضفدع قد ظهر . والآن تبدأ المرحلة الرئيسية الثانية من النمو ، وهي مرحلة تكوين الاعضاء (organogenesis) . فأساس الجهاز العصبي موجود ، بشكل الانبوب العصبي ، الذي يكون مع الطبقة الخارجيـــة المجـــاورة المخ والحبل العصبي ، والاعصاب . أما الطبقة الخارجية المتبقية فانهاتكون أجزاء مثل بشرة الجلد ، والشعر وعدسة العين ، والاذن الداخلية . وكذلك القناة الهضمية موجودة وهي ستنطلق لتكون ، مناطق الانبوب الهضمي المختلفة ، وتعطي اعضاء مثل الكبد ، والبنكرياس ، والمثانة ، والجهاز التنفسي . امـــا الفقرات فانها ستكون العضلات الارادية ، والبشرة تحت الجلدية ، والمـــادة الهيكلية ، بينما تعطي المنطقة الجانبية من الطبقة الوسطى التي تحيط بالسيلوم



الشكل (٢١ ــ ٦) : التعصب : (ا) تخلق الطبقة الخارجية العصبيـــة . (ب) الارتحال الاعلى لطرفي الطبقة الداخلية . بداية تخلق الطبقة الوسطى لتكوين الحبل الظهري (ج) التحام طرفي الطبقة الداخلية لتكوين الانبوب الهضمي ، تغلظ في الطبقة الخارجيـــة العليا لتكوين الصفيحة العصبية . (د) تكوين الانبوب العصبي من ثنايا الصفيحة العصبية: انفصام وفصل الطبقة الوسطى لتكوين السيلوم .

الاعضاء التناسلية ، وأعضاء الاخراج والقلب ، والجهاز الدموي ، وعضلات الاحشاء والمساريقا .

تكوين الامشاج Gametogenesis

تتكون الخلايا الجرثومية الأولية التي ستعطي البويضات والحيوانات المنوية خلال **مراحل تكوين الجنين الاولى** (embryogenesis) . وتسمى الخلايـا التي تتخلق لتكوين البويضات **بأمهات البويضات** (oogonia) ، بينما تدعـى تلك التي ستكون الحيوانات المنوية بأمهات المنى (spermatogonia) .وفي مرحلة تكوين الاعضاء الاولى ، تمر امهات البويضات والمنى بعدة انقسامات لتزيـد بذلك عددها وعندما تتوقف هذه المرحلة ، تسمى الخلايا الناتجة **بالخلايـــا البيضية** (oocytes)**والخلايا المنوية** (spermatocytes) . وفي انقسال هـذه الخلايا لتكوين البويضات والحيوانات المنوية ينصف ال(DNA)من مجموعتين الى مجموعة واحدة وذلك من اجل التحضير للاخصاب .

وعلى الرغم من ان تكوين الجنين لا يبدأ الا بعد الاخصاب ، فان العملية التي تتكون فيها البويضة غير المخصبة داخل المبيض ، مهمة جدا في موضوع التكاثر . فخلال تكوين البويضات ، تتكون كل الجزيئات والعضيات التي تستعمل

خلال مراحل النمو الاولي . وتختلف عملية تكوين البويضات من نوع لآخر ، فيمكن ان تستغرق اياما قليلة ، كما في ذبابة الفاكهة ، ويمكن ان تستغرق وقتا طويلا يصل الى حد ٣ سنوات ، كما في الضفدع حيث يزداد حجم البويضة ١٠٠ر٠٠٠ مرة ، وتصنع كميات هائلة من المواد الخلوية التي تخزن لتستعمل فيما بعد .

ويتم تكوين الحيوانات المنوية داخل الخصية ، وتستغرق حوالي تسعين يوما ، باستثناء المراحل البينية . وبامداد الحيوان المنوي غير الناضج بالغذاء من الخلايا المجاورة ، فانه ينمو في الحجم . وخلال الفترة الاخيرة من تكوين الحيوان المنوي ، توجد تغيرات في شكل هذه الخلية لتتكيف بشكل كاف للقيام بوظيفتها في الحياة : نقل نواتها ، بسرعة كبيرة ، بعد خروجها من الخصية الى البويضة . وتنكمش الخلايا المنوية في الحجم ، وتتخلص من كل السيتوبلازم والعضيات غير الضرورية في عملية النقل هذه . ثم تصبح المادة النووية مكثفة ومنتظمة في راس يغطى جزئيا بغطاء يدعى (acrosome) يحتوي على انزيمات حيوية في اندماج الحيوان المنوي بالبويضة . ويصبح جسم الحيوان المنوي انسيابيا من اجل السرعة ويتكون سوط قوي من اجل الدفع ، وتمد الميتوكوندريا الكبيرة الطاقة اللازمة لتنشيط السوط .

خلية البويضة — The egg cell

بتوقف امهات البويضات عن الانقسام ، وبتحولها الى خلايا بيضية ، تدخل البويضة الناشئة بسرعة مرحلة الطور التمهيدي للانقسام المنصف للاول .ولكن تتوقف هذه الخلايا عن التقدم في الانقسام بعد نهاية هذا الطور ، لمدة تصل احيانا الى عدة سنوات ، وخلال هذه المرحلة المجمدة ، يتم معظم الخلية البيضية وباكتمال النمو ، تكون الخلية البيضية جاهزة لتستمر بالانقسام المنصف عند تحفيزها لذلك .

ويبلغ قطر الخلايا البيضية في الضفدع ، مثلا ، ٥٠ ميكرون ، ولكن تنمو في السنوات الثلاث التالية لتصل الى قطر يبلغ ٢٠٠٠ ميكرون ، ويزيد حجمها الى اكثر من ٦٠ الف ضعف . ويمكن تقدير الحاجة الى نمو كهذا اذا عرفنا الاحداث التي تلي الاخصاب . فخلال مرحلة النمو بين الاخصاب

والتفقيس يكون جنين الحيوان الذي يضع بيضا ، مثل الضفدع ، غير قادر على التغذية ، ولهذا لا يأخذ اي غذاء او مواد اخرى من البيئة . ويتم كل النمو والتخلق بتحويل المواد الموجودة في البويضة . وهكذا ، فان كل المواد الغذائية والمواد الخام اللازمة لكل عملية النمو المبكر يجب ان تتكون وتخزن قبل الاخصاب، وإلى ان يفقس فرخ الضفدع ويستطيع الحصول على غذائه ، يتم النمو والتخلق الجنيني بواسطة تحويل المواد الموجودة اصلا (في البويضة) . وفي المقابل ، فان الثدييات المشيمية تستطيع امداد الجنين بالمواد الغذائية . ولذلك فان البويضة في هذه الحيوانات اصغر ، وتستطيع أن تؤخر الولادة الى مرحلة متأخرة من النمو .

التخزين الاحتياطي *Stockpiling* : مادامت الخلايا البيضية تنمو ، فانها تجمع وتخزن احتياطات كبيرة من المواد الدهنية والبروتينية ، والكربوهيدراتية التي تعرف بمجموعها باسم **المح** (yolk) . فالمح لايعني نوعا واحد من المواد الكيميائية ذا شكل واحد . وتكون بعض مواد المح مذابة في السيتوبلازم ، ولكن معظمه يكون بشكل حبيبات ، ونقاط ، او صفائح . وتختلف هذه الجسيمات كثيرا في الشكل والحجم والتركيب . وتوجد كربوهيدرات المح ، التي تتكون خلال الجزء المبكر لنمو الخلية البيضية في حبيبات مركزة في طرف السيتوبلازم . ويتكون المح الدهني ، الذي يصنع بعد ذلك من قطريات وكريات ، ويوجد في وسط السيتوبلازم . أما المح البروتيني ، فانه يتكون أخيرا ، ويخزن عادة على شكل بلورات بروتين مترسبة في حويصلات تعرف باسم **صفائح المح** (yolk platelets) . ومثل المح الكربوهيدراتي ، فان المح البروتيني متوفر بكثرة في طرف السيتوبلازم .

وعلى الرغم من ان الخلية البيضية تصنع بعض موادها من المح فان النتائج المخبرية تبين ان معظم المح يتكون داخل انسجة الأم ، ثم ينتقل فيما بعد الى الخلية البيضية من اجل التصنيع والتخزين . فمثلا بمرور بويضة الدجاج في المبيض ، فان كمية المح تزداد اكثر من مئة مرة ، لتصل الى ٢٠ غرام . وهذه كمية كبيرة لاتستطيع البويضة نفسها ان تصنع ما فيها من بروتينات ودهنيات . وهكذا ،تصنع الدجاجة معظم المح الذي ينتقل فيما بعد الى البويضة.

كما ان عدم توافر المصادر الغذائية الرئيسية بكمية كافية يمكن ان يحدد نمو ونشاط الخلية ، كذلك يمكن ان تصبح المصانع الخلوية مختنقا خطيرا اذا

كانت قدرتها الانتاجية غير مناسبة . فبعد الاخصاب بقليل ، تدخل البويضات طور انقسام سريع وتخلق . وتعتمد على تصنيع كميات كبيرة من انواع متعددة من البروتينات . ونظرا لان امكانيات الانتاج في الخلايا الجنينية تكون مرهقة خلال هذه المرحلة ، فانه يتوقع ان تكون الريبوسومات ، وهي مصانع بروتينات الخلايا ، مخزونة احتياطيا قبل الاخصاب .

وخلال تكوين البويضة تزداد الجينات المشتركة في انتاج حمض (RNA) الريبوسومي حوالي الف مرة ، وتوجد جينات ال (RNA) الرايبوسومي هذه في جزء من الكروموسوم يعرف باسم **منظم النوية** (nucleolar organizer) . وتبدأ هذه الجينات في تصنيع الحمض المذكور (rRNA) في نهاية الجزء المتأخر من نمو الخلية البيضية ، وبنهاية نمو هذه الخلية فان هذا الحمض الريبوسومي يخزن بكميات كبيرة من الريبوسومات في السيتوبلازم للاستعمال فيما بعد .

ان المح والريبوسومات ليست المواد الوحيدة التي تخزن خلال تكوين البويضات ، اذ يوجد تصنيع مستمر وتخزين لنوعين آخرين من حمض (RNA) : الحامل والرسولي ، وكذلك الميتوكوندريا ، وانزيمات كبيرة وينتهي كل هذا بنهاية مرحلة نمو الخلية البيضية . اما الاستثناء الوحيد لهذا فهو حمض (RNA)الرسولي ، الذي يزداد تصنيعه لفترة بسيطة استجابة لهرمون الغدة النخامية الذي يحفز نضوج البويضة ، ثم يتوقف التصنيع بعد ذلك .

بعد هذا ، يتوقف النشاط الاستقلابي للبويضة ، حتى ان كثيرا من انزيماتها تتوقف عن العمل وتبقى هادئة الى ان يأتي تنشيط البويضة بواسطة الحيوان المنوي الذي يخصبها . وبعد الاخصاب يسمح تحويل المواد المخزنة بحدوث النمو الجنيني والتخليق .

الاخصاب Fertilization

في حين ان البويضة راكدة ليس لها القدرة على الحركة النشطة ، فان الحيوان المنوي ذو شكل انسيابي متخصص لعمل شيئين فقط : نقل الكروموسومات الابوية والحركة السريعة . فبعد اطلاقه ، يبدأ السوط بنبضه

سريعة تدفعه باتجاه عشوائي . فاذا اقترب من بويضة ، فانه يواجه مواد كيميائية خرجت من البويضة ، تحفزه ليتحرك بسرعة اكثر ، وبهذا تزداد فرصة التصادم بين البويضة والحيوان المنوي .

وعندما يتصل الحيوان المنوي بالغطاء الخارجي الذي يحيط بالبويضة ويحميها ، فان راسه يتفكك ويفرز عددا من **الانزيمات المحلله** lytic enzymes ، التي تفسخ الغطاء وتسهل عبور الحيوان المنوي .وبعد دخول الحيوان المنوي الغطاء، يستطيل **الغشاء الاكروسومي** (acrosomal membrane) ليكون عدة انابيب دقيقة تمتد باتجاه غشاء البويضة البلازمي . وعند حدوث الاتصال (بين غشائي الحيوان المنوي والبويضة) ، يرتفع سطح البويضة ليكون **مخروط الاخصاب** (fertilization cone) الذي يحيط براس الحيوان المنوي . ثم يندمج غشاء البويضة البلازمي بالغشاء الاكروسومي ، ليصبح الحيوان المنوي والبويضة خلية واحدة . والآن تكون نواة الحيوان المنوي حرة في التنقل خلال سيتوبلازم البويضة ، لتندمج كروموسوماتها بكروموسومات نواة البويضة . وهذه العملية سريعة جدا .

وعند خلط الحيوانات المنوية والبويضات في ماء بحر ، او محلول ملحي ، فان اغشية هذين المشيجين تندمج خلال عشرات قليلة من الثواني ، ثم تستغرق عملية خلط مجموعتي الكروموسومات دقائق بعد ذلك .

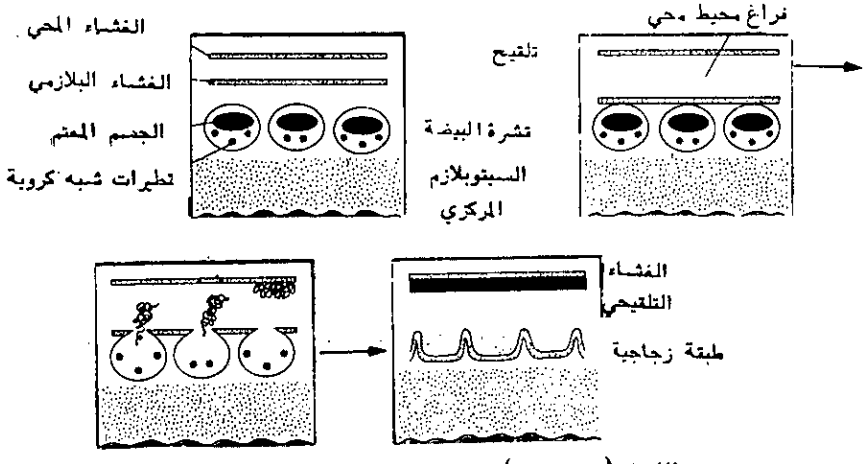
التفاعل القشري : The cortical reaction

يبدو ان الحدث الذي يطلق نشاط البويضة هو التغيرات الكهربائية في غشاء البويضة التي يسببها الحيوان المنوي . وينتج عن ذلك تغير في التركيب الايوني لسيتوبلازم البويضة الملاصق لغشاء الخلية . ويبدو أن مجرى الايونات هو سبب مباشر للحدث التالي في تنشيط البويضة ، وهو **التفاعل القشري** cortical reaction .

يختلف السيتوبلازم المحيطي في البويضة : كما في خلايا عديدة ، في قوامه عن الجزء المركزي منه . فبينما يكون السيتوبلازم المركزي سائلا ، فان الجزء الخارجي يكون اكثر لزوجة ويدعى **بالقشرة** (cortex) . وتحتوي القشرة في بويضات انواع عديدة من الحيوانات على طبقة كروية من حبيبات قشرية

صغيرة تقع بالقرب من الغشاء البلازمي . ويوجد في النصف الخارجي لكل حبيبة كرية كبيرة تدعى **الجسم الاسود** (dark body) ، بينما يحتوي النصف الداخلي على كريات اصغر . وعندما يصبح سطح البويضة منشطا ، يحدث تفكك مؤقت في التنظيم التركيبي للقشرة . وخلال فترة التفكك المؤقتة هذه ، تندمج الحبيبات القشرية مع الغشاء البلازمي ، ثم تنفجر بعد ذلك لتفرز جزءا من محتوياتها الى الفراغ حول البويضة بين غشاء البلازما **والغشاء المحي** (vitelline membrane) الذي يكون طبقة واقية حول البويضة . وتخرج الاجسام السوداء الى هذا الفراغ ، وتلتصق على سطح الغشاء المحي . أما الغشاء البلازمي الذي يكون مندمجا الآن مع غشاء الحبيبات ، فيبقى كمجموعة من المنخفضات الشبيهة بفوهات البراكين . وتكون المنطقة السيتوبلازمية بين هذه الفوهات انحف ، ولكنها تمتص الماء وتتسع لتكون مادة مخاطية تسمى **الطبقة الهيلانية** (hyaline layer) داخل الجزء السفلي من الفراغ حول الغشاء المحي .

ونتيجة لهذه التغيرات على سطح البويضة ، **فان الغشاء المحي يصبح** اغلظ واقسى ، ويسمى الآن **بغشاء الاخصاب** (fertilization membrane) الذي يقوم بوظيفتين مهمتين : اولاهما انه يمنع دخول اكثر من حيوان منوي الى البويضة لان **دخول اكثر من حيوان منوي** (polyspermy) يسبب تعقيدات سوف تتدخل بالنمو فيما بعد . ويساعد غشاء الاخصاب في تحقيق ذلك عاملان: تغلظة وقساوته ، وثانيهما هي ان هذا الغشاء والطبقة الهيلانية يعملان كغطاء واق للبويضة .



الشكل (٢١ ــ ٧) : تكوين غشاء الاخصاب.

تنشيط انزيمات البويضة : Activation of egg enzymes

تكون ميكانيكية البويضة في حالة توقف النشاط التي تسبق الاخصاب غير متوقفة . ثم في لحظات قليلة بعد الاخصاب ينشط جزء كبير من هذه الميكانيكية، ويتابع سرعته الطبيعية ، ويثير هذا الامر سؤالين هامين : كيف تتوقف آليـــة الخلية في البويضة غير المخصبة؟وكيف تستعيد هذه الآلية عملها بعد الاخصاب.

قبل الاخصاب ، يكون الكثير من انزيمات البويضة محجوزة عن المواد التي تؤثر في تحويل تركيبها الكيميائي . ويسمى هذا الحجز **بالتحجير** (compartmentalization)، ويبدو انه من اهم الطرق التي لدى البويضة للحد من نشاط الانزيمات .

واليك مثالا جيدا عن التحجير : **أنزيم قنفذ البحر** (ب ١ ، ٣ جلوكانيـــز) B-1,3-glucanase الذي يبدو انه يلعب دورا في اعادة التنظيم التركيبي الذي يحول الغشاء المحي الى غشاء الاخصاب . ويوجد هذا الانزيم في البويضـــة غير المخصبة داخل حبيبات وحويصلات لها اغشية غير نفاذة للمواد التي تؤثر فيها الانزيمات (substrates) . ونتيجة لهذا الحجز للنفاذية ، فان الانزيـــم جلوكانيز يكون محجوزا (داخل حجرة) عن بقية السيتوبلازم . ويوجد الجزء الاكبر منه داخل الحبيبات القشرية التي تفرز هذا الانزيم عند تفجيرها ، الـــى الحيز حول الغشاء المحي ، حيث يلاقي المواد التي يعمل عليها ، والتي هي اجزاء من كربوهيدرات المح.

وتشتمل الخطوة الثانية في تنشيط جلوكانيز تغييرا في بيئته المحيطة . فهذا الانزيم يعمل بأحسن شكل في مدى pH ٨ر٤ الى ٦ر٥ .

ويكبح نشاط الانزيم بزيادة قيمة ال pH . وماء البحر الذي يملأ الحيـــز حول الغشاء المحي لبويضة قنفذ البحر قيمةpH تتراوح بين ٨ر٧ و ٢ر٨ . ولكن البويضة تفرز احماضا داخل هذا الحيز ، بحيث تنخفض قيمة pH بعيدا عـــن المدى القلوي إلى المدى الحمضي الذي يناسب الانزيم .

اما النشاط الميتوكوندريوني ، فانه كنشاط الانزيم ، يكون مكبوحا فـــي البويضة غير المخصبة . احيانا باضافة مانع لانزيم **سيتوكروم اكسيديز** (cyto chrome oxidase)، وهو انزيم حيوي في انتاج طاقة الميتوكوندريا . **ويختفـــي**

هذا المانع مباشرة بعد الاخصاب .

وكذلك ، فان تصنيع البروتين يكون مكبوتا في البويضة غير المخصبة . ولكن ، تنمو البويضة بعد الاخصاب لغاية مرحلة البلاستولة على الرغم من أن تصنيع البروتين يكبت بواسطة العقاقير . اذ تستطيع انزيمات البويضة التي تخزن خلال تكوينها والتي تنشط بعد الاخصاب أن تحمل البويضة الى هذه المرحلة من تكوين الجنين . ولكن في الظروف الطبيعية ، فانه يمكن ملاحظة تصنيع بعض البروتينات الجديدة بعد الاخصاب بدقائق ، وتزداد سرعة هذا التصنيع لعدة ساعات بعد ذلك .

وتكون بعض البروتينات الجديدة متطابقة في نوعها مع بروتينات كانت موجودة قبل الاخصاب . ولكن بعضها يكون جديدا ، فمثلا في **سمندل المكسيك** (axolotl) وهو رمائي كبير ، بين تحليل بروتينات الجنين حتى مرحلة ال ٣٢ خلية بأن البروتينات الجديدة مطابقة لتلك التي تكون في البويضة غير المخصبة. ولكن ، في مرحلة ال ٦٤ خلية ، تظهر أنواع جديدة من البروتينات . وأشير الى معلومات مشابهة لذلك في أجنة الضفدع وقنفذ البحر . ويمثل ظهور البروتينات الجديدة مثالا عن التخلق البيوكيميائي للجنين ، ذلك ان هذا يبين تغيرا نوعيا ، بحيث تصنع جزيئات كبيرة لم تكن موجودة في البويضة .

وتكون معظم مظاهر التخلق البيوكيميائي في مراحل النمو المبكر **مبرمجة سلفا** (preprogrammed)بمعنى أن الجزيئات الكبيرة او احماضها (RNA) الرسولية تكونت خلال مراحل تكوين البويضة وخزنت قبل الاخصاب الذي ينشطها فقط . وتكون الرسائل التي صنعت في تلك المراحل المبكرة من النمو متطابقة الى حد بعيد في نوعيتها مع تلك المخزنة خلال تكوين البويضة ، ولاتلعب دورا أساسيا في توجيه النمو المبكر . انه فقط عندما يصبح النمو اكثر تعقيدا يبدأ الجنين بتصنيع انزيمات جديدة واحماض (RNA) رسولية لازمة لتوجيه عملية النمو .

عدم التماثل وتنظيم الحيز : Asymmetry and the organization of space

من المعتاد ، ان ينظر الى سيتوبلازم معظم الخلايا وكأنه متجانس ،وان اية منطقة منه شبيهة بمناطق أخرى . ومن العادة أيضا الافتراض بأنه عندما

تنقسم خلية ، فان خليتيها الوليدتين تكونان متطابقتين . وعلى الرغم من ان كلا من الافتراضين غير صحيح تماما ، فانهما قريبان جدا من الواقع في كثير من الحالات . وسننظر الآن بعمق اكثر لبعض الاليات التي يتم بواسطتها التخلق .

لاتوجد قوى خارجية خلال النمو المبكر تؤثر على الجنين . وعلى الرغم من ذلك ، فان انواعا خلوية كثيرة يجب ان تتخلق فورا . ويمكن تحقيق هذا فقط اذا كانت البويضة نفسها غير متماثلة ، اي اذا كانت مناطق مختلفة من البويضة مختلفة في صفاتها وخصائصها . ويبنى اختلاف كهذا على تركيب البويضة خلال مراحل تكوينها ، بحيث يكون التخلق السريع الذي يلي الاخصاب مبرمجا سلفا ، تماما كما تكون معظم التغيرات البيوكيميائية والفيزيولوجية (الوظيفية). وتكون الفروق بين مناطق قريبة في السيتوبلازم اساسية ، وتكون الخلايا الوليدة مختلفة بشكل اساسي . ان هذه الفروق الاساسية هي السبب المباشر **للتخلق الجنيني المبكر** early embryonic **differentiation** ، وهي العملية التي يتم بواسطتها نمو خلايا وانسجة مختلفة من اسلاف متشابهة .

ان ابكر نوعين من التخلق (الجنيني) هما تحديد محور امامي خلفي ومحور ظهري — بطني . اي تحديد مناطق الراس والذيل ، ثم منطقة الظهر والبطن . وفي انواع حيوانات متعددة ، تتم العمليتان قبل الاخصاب .

المحور الأمامي — الخلفي : The anterior-posterior axis

تكون الخلايا المولدة الانثوية الأولية عادة ، متماثلة كرويا . فاذا قطعت مناصفة على اي محور ، فان كلا النصفين يكونان متطابقين ، وتقع النواة في وسط الخلية . وخلال طور النمو في تكوين البويضة ، تنتقل النواة باتجاه طرف البويضة قريبا من القشرة . ويصبح سطح البويضة فوق النواة مباشرة القطب الحيواني ، اما الطرف المقابل فيصبح القطب الخضري . وهكذا تصبح البويضة متماثلة ثنائيا باتجاه القطبين اللذين يمران في النواة ، ولكنها غير متماثلة اذا قطعت من خلال الخط الاستوائي ، نظرا لانه في هذه الحالة يكون النصف الحيواني هو الوحيد الذي يحتوي على نواة .

وفي معظم الحيوانات ، يصبح القطب الحيواني الجزء الامامي من الجنين ، بينما يصبح القطب الخضري الجزء الخلفي . ولا تعرف الآلية التي تسبب نقل النواة ، ولكن يبدو في كثير من الحالات بأنها تنشأ من المبيض . فمثلا ،

في تنفذ البحر يكون طرف الخلية المولدة متصلا بالمبيض ، وتنتقل النواة من جانب المبيض لتستقر بالقرب من قشرة جزء الخلية الحر . ويصبح جزء البويضة القريب من جدار المبيض الجزء الخضري أو النصف الخلفي ، بينما يصبح الجزء الحر القطب الحيواني أو النصف الأمامي .

المحور الظهري ــ البطني : The dorso-ventral axis

في الوقت الذي يتعين فيه المحور الأمامي ــ الخلفي نتيجة تقدير موقع القطبين ، فان البويضة تستمر في تحديد المواقع المستقبلية « لظهرها وبطنها ». ويمكن ان يتم هذا قبل الاخصاب او بعده . ويعتمد ذلك على نوع الحيوان . وللبويضة الناضجة كتلة من المح ، على شكل زبديه ، في النصف الخضري ، وعدد كبير من حبيبات الصباغ الداكنة في الجزء العلوي من القطب الخضري اي الجزء القريب من القطب الحيواني .

وعندما يدخل حيوان منوي يظهر للمح حركة باتجاه جانب البويضة الذي عبره الحيوان المنوي ــ وبعد فترة وجيزة ، يوجد حركة للقشرة المصبغة بنفس الاتجاه . وستصبح الجهة التي دخلها الحيوان المنوي المنطقة البطنية المستقبلة ، وستصبح الجهة المقابلة المنطقة الظهرية . ويظهر السيتوبلازم التحتي ذات الصبغة الخفيفة على الجهة الظهرية التي رحلت عنها كتلة المح والقشرة .. ونظرا لأن القشرة ذات لون داكن والمح أبيض ، فان شباك السيتوبلازم الهلالي الشكل يكون ذا لون وسط بين اللونين ، ولهذا فان اسم هذه المنطقة هو « الهلال الرمادي » كما وصف سابقا في هذا الفصل .

وللهلال الرمادي بعد تكوينه اهمية في تقرير المكان الذي ستتكون فيه الشفة العليا لفتحة الجاستروله . ولكن ذلك لايتم تلقائيا . ان اية نقطة تماس بين طرف كتلة المح وقشرة البويضة يمكن أن تكون شفة لفتحة الجاستروله ولكن ، يتصرف الهلال الرمادي وكأنه يضع بعض المؤشرات الجافزة التي تقل فعاليتها كلما ابتعدت عن الهلال . وهكذا ، فان سطحا بينيا بالنسبة للمح والقشرة قريبا من الهلال سيكون شفة عليا ، اما أي سطح بعيد فلا يفعل ذلك .

واذا دمر الهلال الرمادي بواسطة الاشعاع فوق البنفسجي بعد مدة وجيزة من تكوينه ، فان عملية تكوين الجهاز العصبي لن تتم . وتنعكس نتائج

الاشعاع هذه اذا حصنت كمية من سيتوبلازم الهلال الرمادي الطبيعي داخل المنطقة المعرضة للاشعاع ، ونتيجة لذلك فان عملية تكوين الجهاز العصبي تصبح طبيعية . ويبدو واضحا ان عوامل خاصة توجد في اماكن محددة داخل سيتوبلازم الهلال الرمادي . تكون اساسية في تكوين الجهاز العصبي وتقرير مكان الشفة العليا .

الاتصال الخلوي : Cellular communication

التمايز (التخلق) هو العملية التي بواسطتها تصبح خلايا متشابهة مختلفة بعضها عن بعض والتي يصبح فيها كل نوع خلوي اكثر تخصصا للدور الذي يجب ان يلعبه فيما بعد ، ويكون التخلق خلال مراحل النمو المبكرة مبرمجا سلفا بيوكيميائيا وحيزا ، نتيجة للاحداث التي تتم اثناء تكوين البويضة .

والبرمجة سلفا هي مثال يعرف **بالضبط الحلقي المفتوح** (open loop control) . واي نظام له هذا النوع من الضبط ، له مجرى عمل ثابت لايستطيع الحياد عنه حتى في الوقت الذي يحتاج فيه الى ذلك . والقذيفة التي تطلق من بندقية هي مثال جيد على ذلك . ففي حال سحب الزناد ، لايستطيع الرامي ان يغير او يضبط مجرى القذيفة .

تشمل البرمجة المسبقة لمرحلة النمو المبكرة الضبط الحلقي المفتوح ، ولهذا فانها صلبة لا مرونة فيها ، وهي غير قابلة للتغير الا عند وقوع حادث . وللضبط الحلقي المفتوح ميزة البساطة . ولكن نظرا لصلابته ، فانه لايستطيع مجاراة الظروف المتغيرة ، ولهذا فانه يقود حتما للفشل والخراب عند تطبيقه في آلية معقدة ، او عند استعماله في حالات معقدة .

وعند حدوث الجسترله ، فان الجنين يكون نظاما معقدا وسطيا ، ولهذا فانه يحتاج الى وسائل اكثر ليونة وتكيفا لتنظيم شؤونه الخاصة . ولهذا فان الجنين يغير خطته من الحلقة المفتوحة الى **الحلقة المغلقة** (closed loop) . ان الصفة الاساسية لآلية ضبط الحلقة المغلقة هي انها تراقب نفسها وتراقب الاشياء المحيطة بها ، وتعطي نفسها معلومات استرجاعية لعمل تعديلات حسب اية تغيرات تكتشفها .

وقبل ان تصبح خلية ما طلائية ، مثلا ، فان مصيرها يكون قد تقرر ،

بمعنى أنها تكون مجبرة على السير في طريق نمو محدد . واذا اخرجت الخلية من الجنين وسمح لها بالنمو بمعزل عنه ، فانها تستمر في النمو لتصبح طلائية ولكن نموها يكون ناقصا او مختلا . لذا يمكن استخلاص ثلاثة استنتاجات . اولا ، عندما يتقرر مصير الخلية ، فانها تتصرف وكأن لها هدفا محددا تحاول تحقيقه . ثانيا ، عند أخذها من بيئتها الطبيعية ، ونموها بمعزل عن الجنين ، فانها تعمل بعض التعديلات (تنظيم الحلقة المغلقة) ، للتعامل مع هذه التغيرات ومن ثم تستمر باتجاه هدفها الاصلي . ثالثا ، لايحدث التخلق المناسب الا اذا كان للخلية حرية الوصول لخلايا أخرى ، وانواع خلوية اخرى في بيئتهـــــا البيولوجية الطبيعية . اي ان الخلايا تؤثر في تخلق بعضها بعضا . ويسمى هذا التأثير **بالترابط** (coupling) . وقبل تفحص دور التفاعلات المترابطة في النمو ، دعنا نعتبر بعض آليات الترابط الخلوي .

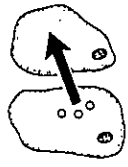
آليات الترابط : Coupling mechanisms

تستطيع الخلايا ان تؤثر بعضها في بعض بواسطة آليات تتطلب اما تماس خلية بخلية اي **ترابط تماس** (contact coupling) ، او بواسطة آليات تعمل على مدى مسافات قصيرة اي **ترابط قرب جوار** (proximity coupling) ، او بواسطـــة آليات تعمل على مدى مسافات أطول وهذا هو ترابـــط **بعيـــد** remote coupling . وعندمايكون للخلايا تماس مباشر تستطيع جزيئات صغيرة العبورمن خليةلاخرى — ويسمى هذا **ترابطا استقلابيا** metabolic coupling . كما تستطيع جزيئات كبيرة مثل الانزيمات وجزيء (RNA) العبور — وهذا هو **النقل الجزيئي الكبير** (macromolecular transfer) . بالاضافة الى ذلك ، فان انواعا كثيرة من الخلايا لها **ارتباط كهربائي** (electrically coupled) بمعنى ان اي تغير في قدرة الغشاء الخلوي الكهربائية يسبب مجرى ايونات ينتج عنه تغير مشابه، ولكن مختلف قليلا ، في الخلية المجاورة . وتفرز كثير من الخلايا حـــول نفسها مادة بروتينية مخاطية تسمى **السجادة الصغيرة** (microcarpet) التي تعمل كآلية في ترابط قرب الجوار ولا تذوب هذه السجادة الصغيرة بسرعة، اذ انها غير ذوابة ولاصقة . بدلا من ذلك ، فان بعضها يبقى متصلا بالخلية ، بينما ينتشر الباقي ليكون طبقة رقيقة حولها .

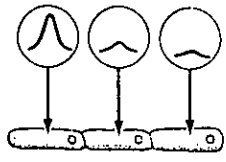
الشكل (٢١ ــ ٨) : بعض آليات الترابط .



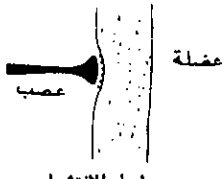
الترابط الايضي



نقل الجزيئات الكبيرة



الترابط الكهربائي



ترابط الانتشار

وعندما تنمو الخلايا في وسط خارجي ضمن كثافة جماعية ضئيلة ، فانها تنقسم ببطء شديد . واذا عرضت هذه الخلايا لسجادة رقيقة كونتها خلايا اخرى ، فان الانقسام يتسارع ليصل بسرعة طبيعية .

ولقد اكتشف نوعان من الارتباط البعيد ، حتى الآن . الاول هو **ترابط الانتشار** (diffusion coupling) ، وهنا تنتقل مادة كيميائية افرزت في مكان معين من الجسم ، وعادة خلال مجرى الدم ، لمناطق اخرى حيث تؤثر هناك في خلايا معينة . والهرمونات هي مثال لترابط الانتشار . وتشابك العضلة والعصب مثال آخر ، حيث يفرز العصب مادة كيمائية تسبب انقباض العضلة.

اما النوع الثاني **الترابط غير المباشر** (indirect coupling) حيث تتفاعل خليتان خلال سلسلة من مواد وسيطـــــة . وفي ظاهرة التحول او

الانسلاخ (metamorphosis) ، مثلا ، تفرز خلايا الدماغ مادة تحفز الغدة النخامية لانتاج **الهرمون المنشط للغدة الدرقية** (thyrotropic hormone) . فيدفع هذا الهرمون الغدة الدرقية لافراز الهرمون **ثايروكسين** (thyroxine) الذي ينتشر خلال الجسم ويسبب تأثيرات تخليقية متنوعة في انسجة مختلفة.

حدود النمو — The limits of growth

في الوقت الذي تتخلق فيه الانسجة ، فانها تنمو في الجسم ، الى نقطة معينة يتوقف بعدها النمو . وهنالك محاولة لدراسة سلوك الخلية في وسط خارجي لفهم الآليات المسؤولة عن هذا التوقف .

ولتحضير **مزرعة نسيجية** (tissue culture) ، يعمل معلق لخلايا منفردة مأخوذة من نسيج معين ، وتوضع في وعاء زجاجي او بلاستيكي . وبسبب الجاذبية ، تستقر الخلايا في قعر الوعاء ثم تتصل بعضها ببعض الى ان تغطي قعر الوعاء كليا . وبعد مرور وقت معين على وضع الخلايا في الوعاء فان نموها يهبط بشكل كبير . وتسمى هذه الظاهرة التي يسببها برنامج داخلي مؤقت **بالمنع المبرمج للنمو** (programmed inhibition of growth) . واذا ماكانت الخلايا متراكمة ، فان آلية ثانية تتدخل ، وتوقف الخلايا في حالة النمو الممنوع ، بواسطة نوع من ترابط التماس ، يدعى **المنع الكثافي للنمو** (density inhibition of growth) . ولايمكن رفع آلية المنع او الايقاف الا بتفكيك ترابط الخلايا . ان كلا من المنع المبرمج والمنع الكثافي يتعاونان للمساعدة في تنظيم نمو الخلايا في المزرعة . واذا وضعت مجموعة من **الخلايا المندمجة** confluent (التي تكون متلاصقة وتحتل كل الحيز المتوافر في مزرعة النسيج) في وسط وعاء ، فان الخلايا على الحافة الخارجية ، التي يكون نصف مساحتها السطحية الجانبية حرا ، تنمو . أما الخلايا الداخلية ، التي تكون محاطة كليا بجيرانها ، فانها تمنع من النمو نتيجة للكثافة . ونتيجة لذلك ، فان النمو يحدث فقط على حافة المستعمرة « النسيجية ». ولا تعرف الآليات المسؤولة عن هذا الترابط المانع .

ولكي تنمو الخلايا في جميع الأوقات في مزرعة نسيج ، يجب أن يكون هنالك حد ادنى للكثافة السكانية — اي عدد الخلايا في كل وحدة مساحة .

فاذا كانت الخلايا متباعدة كثيرا ، فانها تموت . واذا أصبحت اكثر كثافه ، فان الخلايا تستطيع البقاء وتنمو اكثر وبسرعة اكبر . فكلما زادت الكثافة ، كانت سرعة النمو اكثر . وواضح ، ان هذا عائد ، على الاقل جزئيا ، لتعرض الخلايا المتراكمة الى كميات كبيرة من مادة السجادة الدقيقة التي تفرزها الخلايا المجاورة . ويستمر هذا الحفز المتبادل الى ان يتحقق الاندماج ، الذي يبطله المنع المبرمج والكثافي .

التحفيز والتخلق النسيجي : Induction and tissue differentiation

ان الحدث الحقيقي الاول في تكوين اعضاء الفقاريات — الذي سميناه الطور الرئيسي الثاني في النمو — يحدث في **مرحلة التعذب** (neurula) عندما يبتدىء الجهاز العصبي البدائي بالتكوين . ولا تستطيع **الطبقة الجنينية الخارجية** (ectoderm) الانثناء لتكون الانبوب العصبي الا اذا كانت متصلة مباشرة **بالطبقة الجنينية الوسطى** (meso derm) التي تبطن سقف القناة الهضمية . فاذا دمرت هذه الطبقة الوسطى ، **او اذا وضعت مادة غير نفاذه** بينها وبين الطبقة الخارجية ، فان عملية تكوين الجهاز العصبي لن تتم : وتسمى العملية التي يحفز فيها نسيج ما نسيجا آخر ، كان قريبا من النسيج المعني او متصلا به ليتخلق . **بالتحفيز** (induction) وربما يكون هذا أهم تكتيك تستعمله الفقاريات لبدء وضبط نمو الاعضاء . ويشتمل اكثر انواع التحفيز شيوعا على التفاعل بين الميزانكايم، والنسيج الطلائي . يقع الميزانكايم — وهو النسيج الضام الجنيني المشتق من الميزوديرم (الطبقة الوسطى) تحت النسيج الطلائي وهو صفيحة أو انبوب من الخلايا التي تغطي الفجوات ، والأنابيب ، واسطح الجسم المكشوفة) .

فمثلا ، تتكون معدة الدجاج من جزاين . الجزء الامامي الذي يفرز انزيمات هاضمة ولكن يحتوي على جلايكوجين قليل ويفرز من المادة المخاطية . وفي اليوم السادس بعد تكوين القناة الهضمية ، يبدأ تكوين الجزء الامامي كانغماد للطبقة الداخلية بداخل الطبقة الوسطى المجاورة . وتتخلق الطبقة الداخلية لتكون نسيجا طلائيا ، وتتحول الطبقة الوسطى الى ميزانكايم .

والجزء الثاني الخلفي من المعدة هو عضو الطحن المسمى **بالقانصه** (gizzard). **ولا يفرز هذا الجزء اية انزيمات هاضمة ولكنه غني بالجلايكوجين ، ويفرز** كميات كبيرة من مادة مخاطية . ويبدأ نمو هذا الجزء من المعدة في اليوم السابع، ويشتمل على انغماد الطبقة الداخلية حول الطبقة الوسطى المحيطة به .

ويمكن دراسة تخلق الطبقة الطلائية بازالة جزء من الطبقة الداخلية ليعيش في مزرعة بوجود أو عدم وجود قطعة من الطبقة الوسطى . **واذا وضعت** الطبقة الداخلية للجزء الامامي لوحدها ، فانها تموت ويبدو تحت هذه **الظروف** ، انه لايوجد لهذه الطبقة الدعم الكافي ، اذا ان وضع جزءين من هذه الطبقة ومعهما جزء المعدة المعني ، فانهما يستمران في البقاء . اذ يدعم كل منهما الآخر ولكنهما لايتخلقان ليكونا طبقة طلائية لجزء المعدة الأمامي ، بل انهما يصبحان الطبقة الطلائية للجزء الخلفي . وهكذا يبدو انه بحلول اليوم الخامس يتقرر مصير الطبقة الطلائية للجزء الامامي ، بمعنى انه بذاته سوف يكون طبقة طلائية ، ولكنه مبرمج ليخلق الجزء الخلفي وليس الجزء الامامي .

ان التحفز النسيجي يشتمل على خطوتين متتاليتين اولاهما : تقرير مجرى النمو العام ، وثانيتهما نشوء فروق محددة . فاذا وضعت قطعة من الطبقة الداخلية لجزء المعدة الامامي (للدجاج) معقطعة من الطبقة الوسطى للجزء الخلفي ، فان هذه الطبقة الداخلية تصبح طلاء للجزء الخلفي . ولكن اذا وضعت هذه الطبقة مع شريكتها الطبيعية ، اي الطبقة الوسطى للجزء الامامي ، فانها تتخلق لتكون طلاء للجزء الامامي . وهكذا ، فان الطبقة الوسطى للجزء الامامي تغير مجرى النمو للطبقة الداخلية لهذا الجزء ، وتحفزها لتصبح طبقة طلائية للجزء الامامي بدلا من الجزء الخلفي . وفي هذه الحالة ، فان مجرى تخلق الطبقة الطلائية يتعلق بالنسيج المحفز ، وهو الميزانكايم .

ويبدأ نمو الكلية عندما ينقسم الجزء الظهري للطبقة الوسطى الى صف من الجيوب تدعى **قطع اخراج** (nephrotomes) تفتح الى صف مقابل من الفجوات تدعى الفجوات **الاخراجية** (nephrocoels) ، التي تصل **بالفتحة** السيلومية . ويستطيل الجزء الظهري الجانبي لكل قطعة اخراج ليكون انبوبا اجوفيا ، يرتد على نفسه ويندمج مع انبوب خلفه ليكون **قناة اخراج مشتركة** (pronephric duct) . وتنغمد مجموعة من الشعيرات بداخل كل فتحة اخراج لتكون **كبيبة** (glomerulus) ويكتمل نمو **وحدة الاخراج** (nophron)

بالاستطالة المتزايدة لأنابيب الاخراج بالاضافة الى تكوين شبكة شعرية حولها.

وتدعى وحدات الاخراج ، في الدجاج ، التي تتكون في اجزاء الاجسام الامامية **بالكلي الاولية** (pronephros) . ويكون الجزء الوسط لجذع الجنين وحدات من **الكلية المتوسطة** (mesonephros) ، وأخيرا يعطى الجزء الخلفي من الجذع **الكلية الخلفية** (metanephros) . ولا تنمو الكلية الاولية الى مدى بعيد . وعلى الرغم من ان الكلية الوسطى تنمو اكثر بقليل ، فان الكلية الخلفية هي التي تكون معظم كلية الكائن الناضج .

ولا تكون الكلية الوسطى قناة جمع خاصة بها . فبدلا من ذلك ، فان انابيبها تتصل بقناة الكلية الاولية **لتكون قناة وولف** (Wolffian duct) ويتكون **برعم الحالب** (ureter bud) من قناة وولف ويبدأ في الاستطالة ويتكون الحالب (القناة الجامعة الرئيسية للكلية الخلفية)من قاعدة البرعم المذكور .وتنزلق طبقة غير كثيفة من الميزانكايم فوق برعم الحالب الى جانب واحد ، وتحفز البرعم ليستطيل ويتفرع ليكون انبوبا جامعا لكل وحدة اخراج . وبنفس الوقت تحفز الطبقة الطلائية الميزانكايم ليكون كبيبة وانابيب ملتوية ، **وحلقة هنلي** (Henle's loop) (في الطيور والثدييات) .

ويمكن فحص العلاقة بين الميزانكايم وطلاء برعم الحالب في الكلية الخلفية، وذلك بازالة اجزاء من كل منهما وزرعها منفصلة أو معا . وعند نموها منفصلة، فانها لاتستطيع التخلق . ولكن عند وضعها معا ، فانهما يتخلقان بشكل طبيعي. ولا يوجد للطبقة الطلائية او الميزانكايم القدرة على النمو لوحدها . اذ يجب تحفيز كل منهما بواسطة الأخرى لكي تتخلق . واذا زرع الحالب مع نسيج رئوي ، أو معوي ، او ميزانكايم ، أو جزء المعدة الأمامي ، فانه يتخلق ليكون طلاء خاصا بالرئة ، أو الامعاء ، او جزء المعدة الامامي . ولهذا فان مجرى تخلق الطلاء محكوم بواسطة الميزانكايم المرتبط به . وينطبق هذا الكلام على اعضاء أخرى كذلك . وتصبح الطبقة الداخلية للرئة المتصلة بميزانكايم المعدة الخلفي ، أو الامامي ، أو الكلية الخلفية ، طلاء المعدة الخلفية ، أو المعدة الأمامية أو الكلية .

ولا يستطيع الميزانكايم ، بدوره ، التخلق ، الا اذا ارتبط بنسيج طلائي. وينمو ميزانكايم الكلية الوسطى أو الخلفية اذا ارتبط ببرعم الحالب ، ليكون انابيب كلية خلفية وكبيبات. وهذا ليس مستغربا ، لأن كلا النوعين من الميزانكايم

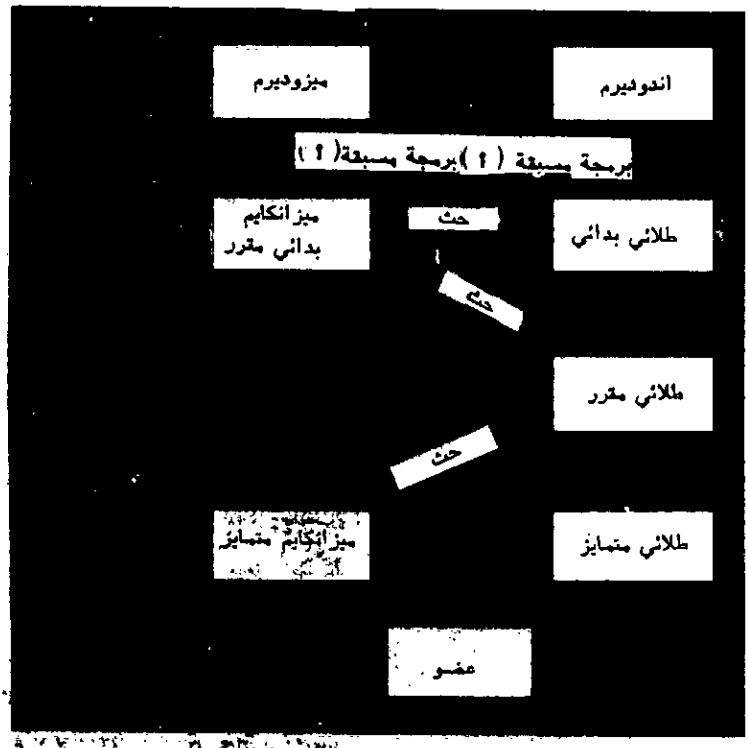
متشابهان جدا . وحتى ان زرع ميزانكايم **البرئة او جزء المعدة الامامي** مع برعم الحالب يظهر نموا شبه كلوي ، نظرا لتكوين بعض الانابيب والكبيبات . وهكذا، في حين يتغير مجرى تخلق الطبقة الداخلية بواسطة الميزانكايم ، فان نمـــو النسيج الاخير يتغير جزئيا . ولكن يبقى بعض هذا النسيج (الميزانكايم) غير متخلق وعندما يوجد الميزانكايم المعوي مع برعم الحالب ، فانه لا يتخلق ابدا .

يبدو واضحا انه يوجد نوعان من التخصص متصلان في تحفيز الميزانكايم . فالميزانكايم لايتخلق لوحده . واذا ارتبط بنسيج طلائي ، فان تخلقه سيتقرر ، ولو جزئيا ، بواسطة هذا النسيج . ولكن ، لاتستطيع كل انواع الميزانكايـــم الاستجابة للتحفيز من قبل نسيج طلائي معين . ان الميزانكايم يصبح قادرا علي الاستجابة لحافز معين فقط بعد تخلقه جزئيا بطريقة معينة .

ونظرا لان الميزانكايم والنسيج الطلائي يتطلبان تحفيزا كل من قبل الآخر، فكيف يحدث التخلق في المقام الاول ؟ يمكن الاجابة عن هذا السؤال بالعودة الى مرحلة نمو مبكرة تكون فيها الطبقة الوسطى غير متخلقة لتكوين ميزانكايم . ففي جنين الدجاج البالغ من العمر ثلاثة أيام ، فان جزء الطبقة الوسطى الذي يساعـــد في تكوين الكبد يكون قد تقرر ، على الرغم من انه لم يتخلق بعد . ولا يعرف كيف ينشأ هذا التقرير بعد ، ولكن يمكن ان تكون البرمجة المسبقة سببا في ذلك .

اما الطبقة الداخلية التي ستصبح طلاء الكبد ، فانها ، في جنين اليوم الثالث ، تكون غير متخلقة وغير مقررة . واذا عزلت وزرعت مع ميزانكايم الكبد فانها تتخلق . وفي الجنين ، تكون هذه الطبقة بجانب ميزانكايم منطقة قبـــل القلب . ويبدو ان هذا الميزانكايم يحفز تقرير الطبقة الداخلية في مجرى نمـــو الكبد ، على الرغم من انه لايسبب تخلقه .وفي اليوم الخامس ، يكون قد حدث تقرير كاف في الطبقة الداخلية حيث يمكن تحفيزها بواسطة ميزانكايم الكبـــد لتتخلق الى طلاء الكبد . وهكذا فان نمو الكبد يشتمل على نوعين من التحفيز : **الاول** للتقرير ، **والثاني** للتخلق .

وخلال الفترة بين اليوم الثالث واليوم الخامس ، يحدث تغير اساسي في الميزانكايم . ففي المراحل الاولية ، ونظرا لطبيعة تحفيزه الضعيفة ، فـــان الميزانكايم يدعم بقاء ونمو انواع طلاء مختلفة ، ولكن يحفز الطلاء غير المتخلق. واذا زرعت انواع طلاء متخلقة ، مع ميزانكايم جنين عمره ثلاثة أيام ، فـــان هذا الميزانكايم لايتحكم بتخلق هذه الانسجة الطلائية .



الشكل (٢١ ــ ٩) : التحفز النسيجي للنسيج الطلائي والميزانكايم في الكبد ، وبين تاثيراتهما على بعضهما في مراحل مختلفة .

وتبقى الانسجة الطلائية في الغدة الدرقية ، والكبد ، أو الرئة ، اذا زرعت مع ميزانكايم المعدة الخلفي ، كأنسجة طلائية للغدة الدرقية والكبد ، والرئة .

وتتغير هذه الحالة في اليوم الخامس . في الكبد ، ينغمد الطلاء المقـــرر « الى داخل الميزانكايم المحيط به ــ وهذا بدوره يكون مقررا ــ ويحفزه على التخلق . وبتخلق الميزانكايم استجابة للطلاء ، تزداد قواه المحفزة كثيرا ، ونتيجة لذلك فانه يحفز النسيج الطلائي « المقرر » ليتخلق الى طلاء كبد . وفي الحقيقة، تصبح قدرات الميزانكايم المحفزة كبيرة الى الحد الذي تسبب فيه تغيير مجرى نمو انواع اخرى من الطلاء (مثل الرئة ، والامعاء والمعدة الخلفية) لتتخلـــق الى طلاء كبد . والعملية بمجموعها تعاونية ، تشتمل على تسلسل من التحفزات المتبادلة . والنتيجة النهائية هي تكوين عضو كامل مكون من أنسجة ميزانكيمية وطلائية .

تنظيم الأنسجة : Tissue organization

يعتمد شكل الكائن الى حد كبير على الدرجة التي تتفاعل فيها نشاطاته الوظيفية والتي يجب ان تتركز معا في منطقة محددة . ومن كل الاجسام ذات البعد الثلاثي ، فان الكرة اصغرها مساحة باعتبار الحجم واحدا . وهي عادة شكل مقبول في الحيوانات البسيطة . وعندما تكون النشاطات متجمعة في حجم محدود ومحمية من مضايقات خارجية ، فان الشكل الكروي يقلل مشاكل التوازن الاسموزي والحماية.ولكن لأنواع الكائنات الاكثر تطورا تفاعلات أوسع مع بيئتها ، وهذا يستدعي مساحة سطحية اكبر . ولذا تكون انواع الكائنات المتقدمة مستطيلة على محور واحد ، وتتخذ شكلا شبه انبوبي او بويضي .

وتسمى المنطقة التي تتجمع فيها نشاطات متصلة **بالمكان المركزي** (central place) اي مركز نشاط له تأثير قوي على المناطق المجاورة . فالدماغ مثلا مكان مركزي ، وهو ايضا جهاز تنسيق رئيسي للفقاريات ، وهو العضو الاول الذي يبدأ تخلقه بعد الجسترلة مباشرة . وتتخصص اماكن مركزية مختلفة لأنواع مختلفة من الوظائف . فالهضم مركز في قناة الهضم ، وضخ الدم في القلب ولكن ، على هذه المراكز الاتصال مع بعضها . ويتم معظم الاتصال ، مثل نقل الدم ، والحوافز العصبية ، بواسطة عدد صغير من الخطوط المستقيمة التي يمكن وصلها بطرق بعيدة المدى . وتتجمع الوظائف التي لاتكون مركزية أو متصلة عن كثب بوظائف أخرى على خطوط مستقيمة تتصل بالاماكن المركزية.

من هذه الاعتبارات ، يمكن التكهن حول نوع تنظيم الحيز الذي ينشأ في الحيوان خلال تكوين الجنين . وتتركز الوظائف التي تشتمل على درجة كبيرة من الاتصال الداخلي وتتخذ اشكالا كروية . ومن الامثلة على ذلك : القلب ، والمثانة ، والكلية ، والدماغ . ولتسهيل التفاعل بين مناطق وظيفية مختلفة ، فان الاعضاء تنتظم حول محور طولي مستقيم . وهكذا ، يكون الدماغ اماميا في الفقاريات ، ويوجد الكبد ، والقلب ، وقناة الهضم في الوسط ، وتكون اعضاء الاخراج خلفية ، ولا تكون الاعضاء التي تتفاعل بشكل كثيف مع اعضاء أخرى مكتنزة ، ولكن مستقيمة ، مثل الحبل العصبي ، والقناة الهضمية ، او تتخذ شكل صفائح نحيفة ، كما في **الأغشية الصفاقية** (peritoneal membranes) .

وتميل الانسجة او الاعضاء ذات المناطق العديدة المتخصصة الى أن تكـــون مستقيمة ، مثل القناة الهضمية .

مبادىء التصميم Principles of design

يبدو أن المبدأ الوظيفي لتنظيم الأنسجة شبيه بمبدأ ايجاد الحلول المثلى لمشاكل النقل الجغرافي . والحلول المثلى هي تلك التي تحقق هدفا ما ، اما بشكل اكثر فعالية او بأقل جهد . فمثلا ، يتم النقل والاتصال بين نقاط وخطوط ، ومناطق ، واحجام . ومهما كان نوع الارتباط المعني ، فان التصميم الأمثل هو الذي يقدم « الرسالة » أو « الشحن » بأسرع ما يمكن ، والذي يقلل من تعقيد وصيانة تنظيم الأنسجة .

مثلا ، تحتوي الكلية الناضجة ، على عدد كبير من الكبيبات التي ترشـــح السائل من الدم . واخيرا ، ينقل السائل من كل كبيب الى حيز مشترك . واذا فحصت الكلية في مقطع عرضي ، يمكن تشبيه المشكلة بوضع يكون فيه عدد كبير من النقاط متصلا بمنطقة مشتركة . ولكي تعمل بأقل جهد يجب ان تكون منطقة التجمع المشتركة في الكلية مركزية في موقعها ، ويجب ان يحيط بهذه المنطقة الكبيبات لينتج عن ذلك نظام دائري . ويشبه هذا الحل الأمثل لمشكلة النقطة والمساحه تنظيم الكلية كما وصف في الفصل ١٧ .

وتمثل كلية الجنين طريقة اتصال أخرى يستعمل فيها خط ليشمل مساحة كاملة . والمشكلة كمثل مشكلة صاحب الأرض عليه أن يسحب الماء من مستنقع الى قناة مركزية او نهر . ولاتكون وحدات الاخراج خلال اطوار نمو الكليـــة الاولية مركزية ، كما في التركيب الناضج ، بل تكون موزعة حول المحور الاساسي للجنين . وكما هي الحال في شبكة الأقنية ، فان وحدات الاخراج (في الكلية الجنينية) . تصب في قناة اولية ـــ وهذا هو الحل الامثل لمشكلة الخط والمساحة .

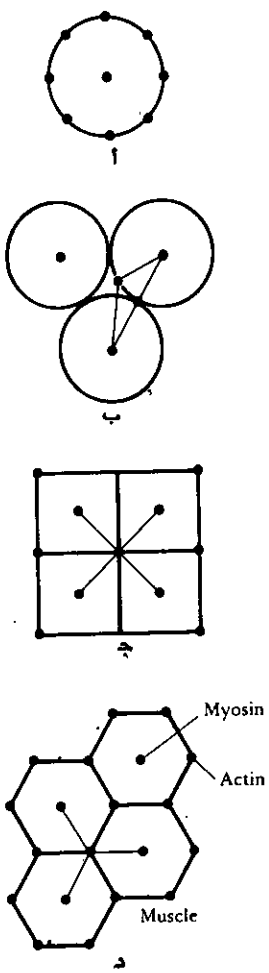
وتستعمل الكلية الناضجة مزيجا من تصاميم الخط والمساحة والنقطـــة والمساحة . تنقسم الكلية الى عدة مقاطع . وضمن كل مقطع تتصل عدة نقاط (الكبيبات) مع كل خط (قناة الجمع) وتصب هذه الخطوط بدورها في جســـم مركزي مشترك .

وتستعمل الاسماء تصميمامثالياً آخر : الخط الذي يلتوي عدة مرات .

وهكذا تستطيع الامعاء وضع انبوب طويل في حجم محدود .

ومن المرغوب فيه أحيانا أن يكون شيء ما قادرا على التفاعل بقدر متساو مع جميع جيرانه . والشيء الواضح ، هو ان هذا الشيء يجب ان يكون في مركز وسط ويكون جميع جيرانه متساوين بعدا عنه . واذا لم يكن هنالك سوى مركز واحد ، فان التنظيم الدائري هو الأمثل . واذا وجد عدد كبير من المراكز، واذا تفاعل كل جار بشكل متساو مع جميع المراكز المجاورة ، فان التصميم الدائري ليس جيدا . وعندما تكتظ الدوائر ، فانها ستترك فراغات بينها . واذا وقع شيء ما على جزء دائري في منطقة فراغ ، فانه سيكون اقرب الى اكثر من مركز آخـــــر .

وهناك اربعة تصاميم فقط يمكن ان تشمل منطقة كاملة دون ان تترك فراغات ، وتسمح لكل نقطة على الحافة بان تكون متساوية البعد عن جميـــع

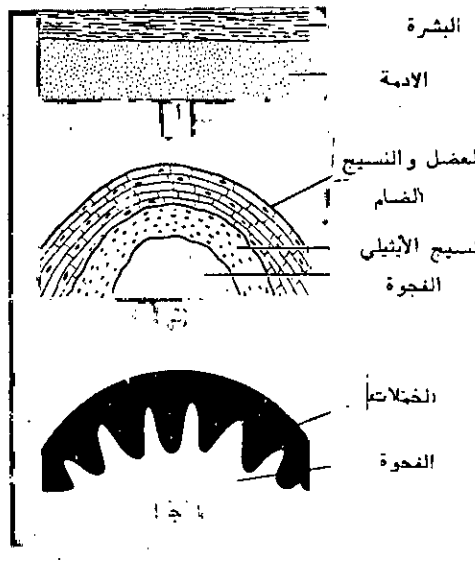


الشكل (٢١ ــ ١٠) : مبادىء تكويـــن شكل الانسجة . في الرســـوم (أ) ، (ج) و (د) ، تكون النقاط السود متساوية البعـد من مركز الاشكال المذكورة . أما في الرســـم (ب) فان النقطة الملونة الموجودة في الفراغ بين الدوائر ، ليست متساوية البعد . وكما قرانا ، فان الشكل السداسي في الرسم (د) ، الذي يستعمل نفس المبادىء كما هي الحال في المربع، فانه يستعمل في تركيب العضلات .

المراكز القريبة . يجب ان تكون النقاط منتظمة على زوايا مثلثات أو مربعات ، أو مخمسات ، أو مسدسات منتظمة . وربما يكون الشكل السداسي هو الاكثر شيوعا بالنسبة لهذه التصاميم المثالية الاربعة في الكائنات الحية . فمثلا في التركيب الدقيق للعضلة تنتظم ستة جزئيات اكتين حول كل جزيء ميوسين في نموذج سداسي منتظم . وتظهر عين الحشرة نفس المبدأ ، بحيث تنتظم ست خلايا مستقبلة في شكل سداسي حول خلية مركزية .

واذا كان على نسيجين ان يكونا قريبين احدهما من الآخر دون ان يتفاعلا الى اى مدى بعيد ، فان تصميم القشرة المتراكز هو تنظيم ممكن لانه يقلل منطقة المساحة التي يتم بواسطتها حدوث الاتصال بين النسيجين . وتستعمل بطانة القناة الهضمية هذا التنظيم . فالنسيج الداخلي هو انبوب طلائي يفرز مادة التجويف لقناة أو يمتص مواد منها . ويحيط بهذا الطلاء قشرة من انسجة عضلية وضامة تولد الحركة . وللطبقتين العضلية والطلائية حاجة ضئيلة للتفاعل . ولهذا فانهما مناسبان جدا لتصميم القشرة المتراكز .

وعندما يتوجب على نسيجين أن يبقيا منفصلين ولكن متفاعلين بشكل معتدل ، فان تنظيم الصفائح المتوازية هو الامثل . والمثال على ذلك هو الجلد الذي يحتوي على طبقة خارجية (البشرة) وطبقة داخلية ، الأدمة (dermis) . تقدم البشرة للأدمة الحماية ، والأدمة تحتوي على **جريبات الشعيرات** (hair follicles)واعصاب حسية لتراقب البيئة الخارجية من خلال البشرة



الشكل (٢١ ــ ١١) : ترتيب الانسجة
أ ــ نظام الصفائح المتوازية
ب ــ نظام القشرة المتراكزة
ج ــ نظام الثنايا المتعددة

الحامية .

وتستدعي التفاعلات بين الانسجة والبيئة تقسيما تحتا دقيقا للسطح البيني ، سواء عن طريق الثنايا ، أو بواسطة وسائل اخرى . فمثلا ، يتوجب على جهازي الهضم والتنفس استخراج المواد الغذائية والاكسجين من البيئة . وتنظيم النسيج الطلائي للامعاء في أزغاب صغيرة villi وازغاب دقيقة (microvilli) تعطي المساحة السطحية العظمي لامتصاص المواد المغذية. وكذلك تبطن الرئتان بنسيج طلائي مثني عدة مرات ليكون حويصلات شبه كيسية ، لتسمح بتبادل فعال للغازات . وتتطلب التفاعلات النسيجية مساحة سطحية عظيمة — فالدم يمد انسجة الجسم الأخرى بمواد مغذية وغازات ويخرج الفضلات خلال شبكة كبيرة جدا من الشعيرات .

مراحل النمو المتاخرة Later stages of development

في بعض الكائنات ، مثل الثدييات ، يقود **تكوين الاعضاء** (organogenesis) الى تركيب ناضج ومتكامل مباشرة . وفي انواع عديدة اخرى ، بما في ذلك قنفذ البحر والضفدعة ، ينتج عن تكوين الاعضاء مايسمى **يرقة** (larvae). ومن ناحية وظيفية فان لليرقات كل طاقات الكائن الناضج ، باستثناء واحد . ففي معظم الكائنات ، لاتستطيع اليرقات التكاثر . واسباب وجود اليرقات هي اساسا بيئية . فاليرقات تعيش في اوساط مختلفة ، وتأكل مواد غذائية تختلف عن تلك التي تتناولها الكبار .

وهكذا لاتتنافس اطوار اليرقات والكبار على مصادر الغذاء . وعندما يكون عدد الكبار كبيرا كما تسمح البيئة بذلك ، فان الانواع تستطيع زيادة اعدادها بزيادة مجتمعات يرقاتها . واخيرا تمر اليرقات باعادة تنظيم انسجتها واعضائها ، ويسمى ذلك **بالانسلاخ** (metamorphosis) . وبهذه العملية تتحول اليرقات الى شكل بالغ ولكن صغير .

وتشتمل مراحل متأخرة اخرى من النمو على تضميد الجروح والشيخوخة. ويشتمل تضميد « الجروح » على قدرة الحيوانات على تعويض الخلايا أو الانسجة التي توقفت عن العمل بشكل مناسب . وفي حالات معينة تتجدد اعضاء كاملة أو اطراف . **والشيخوخة** (Senescence) هي المرحلة الاخيرة

في النمو . وتمتاز هذه المرحلة بتغيرات خلوية ونسيجية لم تفهم أسبابهـــا بعـــد .

الانسلاخ ونمو اليرقـة Metamorphosis and larval development

بعد انتهاء السبات (hibernation) في اوائل الربيع ، وغالبا قبل ذوبان الجليد كليا ، تشق الضفادع ومعظم البرمائيات طريقها الى ماء قريب، بحيرة او جدول ، او ربما بركة صغيرة تتبخر بسرعة بعد أيام . هنا تضـــع الضفادع بيوضها ، التي تنمو الى يرقات سابحة تشبه الاسماك ، تتكيـف تماما مع بيئتها المائية . ولكن بتقدم الفصل ، تمر هذه اليرقات بتحول رئيسي واساسي ، اذ يجب عليها التخلي عن كل الصفات التي مكنتها من العيش تحت الماء ، ويجب ان تبني كل الاعضاء اللازمة لمرحلة النضج البرية ، التي تتصف بالتنفس الهوائي .

في الحقيقة ان الضفادع هي ضمن حيوانات كثيرة تولد أو تفقس حتى قبل اكتمال تكوين اعضاء اليرقة . وهكذا يستمر النمو الجنيني خلال الجـزء الاول من مرحلة اليرقة والانسلاخ هو الجزء الأخير من عملية مازالت مستمرة منذ الاخصاب . وبعد التفقيس مباشرة يكون التناسق العضلي ضعيفا جدا ، فلم يكون الفم اتصالا مع القناة الهضمية بعد ، والخشيمات لاتزال ضعيفـــة النمو . وهكذا ، وفي حين يكون الجنين حرا من كبسولة البويضة فانه لايزال غير قادر على وقاية نفسه.

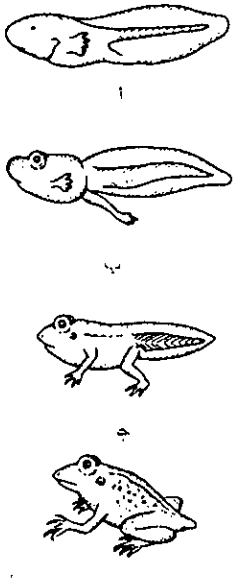
يسبح فرخ الضفدع بشكل مترنح الى صخرة قريبة ، او نبتة مائيـــة ويتصل بواسطة **ماصة الفم** (oral sucker) ، ويبقى متصلا لعدة أيام ، بينما تنمو خشيماته وتتغلغل فيها الشعيرات الدموية . وعندما يصل الفـــرخ الى طول ٧ مليمترات ، تبدأ اعضاؤه التناسلية بالنمو . وعند بلوغ طول ٨ مليمترات ، يبدأ الفم اتصاله بقناة الهضم ، بينما تبدأ الاسنان والمنقار فـــي النمو في مرحلة ٩ مليمترات . وعندما يبلغ الجنين طول ١١ مليمترا ، فانه يكون ناميا بشكل كاف بحيث يتمكن من السباحة النشطة . ثم تبدأ ماصات الفـــم بالاختفاء ، وتصبح قرنية العين شفافة ، ويبدأ جيب من الجلد يسمى **الغطاء** (operculum) ، بتغطية **الخشيمات** (gills). كما أن البراعم التي ستكون

الاطراف الخلفية تبدأ بالنمو .

ويعتبر فرخ الضفدع الان يرقة تسبح حرة ، وتعتمد على نفسها . ولكن نموها لايزال مستمرا وتبدأ في تحضير نفسها للانسلاخ الى ضفدعة برية .

ان اول مرحلـــة في هـــذا الانتقـــال هـــي **مرحلة برعـــم الطـــرف** (**limb bud stage**) ، التي سميت كذلك لأن أورمات الاطراف الخلفية قد بدأت بالنمو . وخلال المرحلة التالية المسماه **مرحلة الاجـــداف** (**paddle stage**) تتسطح نهاية كل برعم لتكون شكلا شبيها بالمجذاف ، يظهر عليه تستنـــات لتكون تخطيطا للاصابع . ثم **الركب** (Knees) **والأكواع** (ankles) وتصبح قادرة على الانثناء . ويتبع ذلك **مرحلة القدم** (**foot stage**) ، التي يتم خلالها النمو الجيد للأصابع ، ويكتمل نمو الاطراف الخلفية . ويكون الفرخ الآن جاهزا للانسلاخ الى ضفدعة صغيرة .

وخلال عملية الانسلاخ ، تنمو الاطراف الامامية ويسقط المنقار ، ويتسع الفم ، وتفقد الاجزاء الجنينية التي كانت متخصصة لأكل النبات ، وتبتلـــــع الخشيمات وغطاؤها ، وكذلك الذنب . ويعاد تنظيم جهاز الاخراج للتعامـــل مع **اليوريا** (urea) بدلا من الامونيا . وباستكمال الانسلاخ ، يكون الحيوان قد تحول الى ضفدع صغير . أما المرحلة التالية وقبل الاخيرة فهي الكبر ، حيث يحقق الضفدع الحجم الناضج الكامل .



الشكل (٢١ ــ ١٢) : الانسلاخ البرمائي في الضفدع . (أ) مرحلة ما قبل الانسلاخ ، جنين الضفدع بشكل يرقة تسبح بحرية . (ب) و (ج) نمو الاطراف الخلفية ، وبداية نمـــو الاطراف الامامية . (د) مرحلة الـــذروة ، يتسع فم فرخ الضفدع ، تتكون الاذنـــــان ، ويمتص الذنب .

وعاملا الوقت والتنسيق امران هامان في اعادة تركيب كائن معقد مثل فرخ الضفدع . فستكون كارثة مثلا لو ان الفرخ فقد ذيله ، الذي يساعده في اندفاعه خلال الماء ، قبل نمو الاطراف الضرورية للحركة على اليابسة . لهذا يكون التخلق متسلسلا . **اولا** : يجب على فرخ الضفدع تكوين الاطراف ، وبعد ذلك يتمكن من اعادة امتصاص ذيله ولكن تكون الحالة مختلفة كليا في الانتقال من اخراج الامونيا الى اخراج اليورا . انه يتوجب على الفرخ نقل كميات من انزيمات مختلفة لكي يتم التغيير المشار اليه ، واذا لم يعد تنظيمها كليا ، فان







الشكل (٢١ ــ ١٣) : ليرقة عث الحرير فترة نمو تقارب ٤٥ يوما وتبلغ من الطول ثلاثة انشات وتختلف كليا عن الحشرة البالغة وبعد هذه الفترة تحيط نفسها بشرنقة هي اهم مصدر للحرير الطبيعي . وبعدها تتحور الى الحشرة البالغة .

العملية الكيميائية وراء اخراج الامونيا أو اليوريا لن تتم بشكل فعال . وفي هذه الحالة يكون تعديل مجموعة كاملة من مستويات الانزيمات أمرا ضروريا . واخيرا يجب ان تكون التغيرات المتعلقة بالانسلاخ متناسقة فيما بينها بالطريقة المناسبة. وعلى الرغم من ان تكوين الاطراف واعادة امتصاص الذنب (في فرخ الضفدع) أمران متسلسلان ، مع تنظيم انزيمات الاخراج في نفس الوقت ، فان نشوء اخراج اليوريا يجب أن يكون متناسقا مع نشوء الاطراف ، نظرا لأن كلا من اليوريا والاطراف مهمة للعيش على اليابسة .

تفقيس دودة الحرير *Silkworm hatching* : يتم تفقيس **خادرة** (pupa) دودة الحرير **من فيلجتها** cocoon خلال الخطوة الاخيرة في الانسلاخ الى الشكل البالغ . تتكون فيلجة دودة الحرير من نوعين من البروتين: الحرير نفسه أو **الفبروين** (fibroin) وبروتين آخر هو **سريسين** sericin الذي يعمل كنوع من الصمغ . وللخروج من الفيلجة ، فان دودة الحرير تصنع انزيما هاضما يسمى **كوكونيز** (Cocoonase)يفكك بروتين السريسين ، بحيث تترك خيوط الفبروين في حالة لينة . ولكي تهرب ، فان الحشرة تدفع الخيوط جانبا وتنسلق للخارج .

ويتكون انزيم كوكونيز من جزأين يدعيان **جاليا** (galeae) ويعتبران بمثابة مخلفات اجزاء الفم التي تقابل الخرطوم أو منطقة الفم في الفراشة. ويتكون كل جاليا من خلية قناة (انبوب أو صف من خلايا مستطيلة فقدت جدرانها النهائية) ، وخلية عملاقة يتكون فيها ويخزن الشكل غير النشط لانزيم كوكونيز .

وفي اليوم التاسع بعد أن تبدأ الفيلجة في الانسلاخ للشكل البالغ ، تبدأ أجسام **جولجي** لخلية **الزايموجين** (zymogen) في تصنيع كميات كبيرة من زايموجين بروتين واحد . ثم يخرج البروتين من اجسام جولجي ليدخل فجوة الزايموجين في الخلية حيث يخزن حتى وقت حاجته ثم يتسارع التصنيع ويستمر من اليوم التاسع حتى اليوم الرابع عشر .

وخلال هذه الفترة يعيد الزايموجين اكثر من ٧ ٪ من كل البروتين المصنع داخل الخلايا العملاقة ، وتحتوي الفجوة على زايموجين نقي . وفي اليوم الرابع عشر تفرز خلايا الجاليا نقاطا صغيرة من الكوكونيز المركز على وجه الفراشة . وتتبخر هذه النقاط بسرعة تاركة وراءها بلورة من الكوكونيز النقي، وغير النشط . ويبدو ان الكوكونيز يتكون عندما ينفسخ جزء من جزيء

الزايموجين عند نقطة محددة ، غالبا بواسطة انزيم بروتيني يحوله الى شكل الكوكونيز الأخير .

وتجلس بلورات الكوكونيز على وجه الفراشة من يوم ليومين بعد افرازها، الى أن تكمل عملية الانسلاخ ، وتكون الخادرة جاهزة لتخرج من فيلجتها ثم تبدأ **الغدة الشفوية** (labial gland) التي تقع بين الجاليتين بافراز كمية كبيرة من بايكاربونات البوتاسيوم النقي على درجة حموضة تبلغ ٨ر٣ .

وهذا المحلول مثالي لانزيم كوكونيز ، الذي يذوب ويبدأ بهضم بروتين السريسين ، وعند انتهاء ذلك ، تدفع الفراشة خيوط الفبروين المتبقية وتخرج الى العالم بالشكل البالغ .

ترميم الجروح — The repair of injuries

لكل الحيوانات قدرة معينة على ترميم الجروح التي تصيبها . **وتعويض الخلية** (cell replacement.) هي اسهل نوع من عملية الترميم . وفي انسجة كثيرة ، تموت خلايا باستمرار ، وتنتزع او يتخلص منها . وللمحافظة على شكل النسيج ووظيفته ، يجب ان يكون هنالك عملية تجديد مستمرة للخلايا التي تفقد . وعندما يجرح حيوان ، أو يصاب بحرق ، يحدث نوع من تدمير **الانسجة**. فمن الضروري الذهاب ابعد من تعويض خلايا . اذ يجب بناء التركيب المحلي وتنظيم النسيج المدمر . وتسمى هذه العملية **بتجديد النسيج** tissue restoration. واخيرا ،يمكن أن يفقد أو يدمر طرف كامل أو عضو . وتسمى العملية التي يجدد بها عضو معقد **بالتجدد** (regeneration.) .

ان عملية الترميم متطابقة الى حد كبير مع عملية النمو والتخلق . والفرق الرئيسي الوحيد هو ان الترميم يبنى على اساس من انسجة واعضاء كونت ، بينما في النمو لايوجد هذا الاساس . ان الحقيقة القائلة بان الترميم يمكن ان يتم . وبانه يستعمل بعض الآليات الاساسية ، مثل النمو الجنيني ، تعني ان قوى النمو التي تنتج جزءا ما لا تختفي أو تنهك بعد اكمال هذا الجزء ، بل ان هذه القوى تستمر على الاقل الى حد ما خلال الحياة ، ويمكن ان تتنشط ثانية عندما تدعو الحاجة الى ذلك .

تبديل الخلايا *Cell replacement* : تقع الخلايا الطلائية على السطوح

الخارجية لأعضاء معينة ، وهذا الموقع يجعلها عرضة للخراب بواسطة قوى بيئية . فمثلا تكون الخلايا الخارجية في جلدنا ، معرضة للجفاف بفعل الهواء ، وللاشعاع فوق البنفسجي المميت القادم من الشمس ، وللحرارة والبرودة ، وللازعاج الميكانيكي . وتكون الخلايا الطلائية التي تبطن معدتنا وامعاءنا معرضة لاحماض قوية وانزيمات هضم . وكما هو متوقع ، فان الخلايا الخارجية تموت بسرعة . وعندما يتم ذلك ، فانها تنزع ويجب تبديلها .

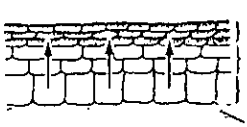
تقع بشرة الجلد على غشاء قاعدي ، وتتكون من ثلاثطبقات . فبجانب الغشاء القاعدي هناك طبقة وحيدة من **خلايا قاعدية** (basal cells) . وفوق هذه الطبقة طبقة مكونة من **خلايا متمايزة** (differentiating cells) . وبعدها **طبقة قرنية** (cornified layer) . مكونة من خلايا ميتة تنزع باستمرار .

ولتبديل الخلايا التي تموت في الطبقة القرنية ، فان الخلايا القاعدية تقوم بانقسام خلوي مستمر . وينتج عن هذا الانقسام النشط حشد كبير للخلايا ، وضغط ميكانيكي يدفع الخلايا القاعدية الى طبقة الخلايا المتمايزة .

هنا ، تتوقف الخلايا عن الانقسام وتبدا في التمايز لتكون طبقة خلايا طلائية قرنية . وكلما أصبحت هذه الطبقة اكثر قرنية ، فانها تدفع بالتدريج الى الطبقة القرنية نتيجة « صعود » الخلايا من الطبقة القاعدية . وعند وصولها الى الطبقة القرنية ، فانها تعوض عن خلايا قديمة ماتت .

ان النسيج الطلائي هو مثال جيد للنسيج الذي يجب ان يعوض باستمرار عن الخلايا المنهكة ، اي انه يحتوي على منطقة يكون فيها موت الخلايا امرا عاديا ، وكذلك على منطقة محمية يتم فيها الانقسام الخلوي لتعويض هذه الخلايا الميتة . ثم طبقة متمايزة وسطية ، تتحول الخلايا فيها للقيام بوظائف معينة .

استعادة النسيج *Tissue restoration* :اذن الجرذان عضو نحيف جدا يتكون اساسا من البشرة والأدمة . واذا نشأ جرح في الاذن نتيجة ازالة جزء من البشرة ،فان الخلايا الطلائية من طرف الجرح تتحرك باتجاه الجرح وتغطيه.



الشكل (٢١ ـ ١٤) : تبديل الخلايا في بشرة الجلد .

وفي الوقت الذي تقوم فيه هذه الخلايا بهذا العمل ، فانها وخلايا البشرة في المناطق غير المدمرة القريبة من الجرح تزيد من سرعة انقسامها . وتنقسم الخلايا القاعدية بسرعة اكثر من العادة . ويبدأ في الانقسام خلايا الطبقة المتمايزة التي لاتنقسم عادة . وباستمرار هذا ، فان المنطقة المجروحة تمتلىء بالخلايا الجديدة التي تبدأ بعملية التخليق لخلايا قاعدية وقرنية .

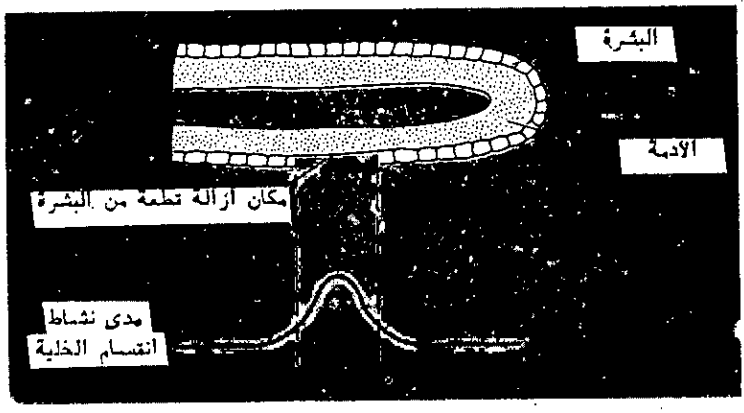
ما الذي يجعل الخلايا تبدأ فجأة بالانقسام عندما يحدث الجرح ؟ التفسير المعقول،هو أنه تحت ظروف عادية ينتج كابح للنمو يمنع معظم الخلايا من الانقسام ويدمر الجرح بعض الخلايا التي تنتج هذا الكابح وبذلك يتبقى كمية اقل منه . ويساعد هذا على تحرير الخلايا من منع النمو ويسمح لها باستمرار الانقسام الخلوي .

وهناك مثل هذا الكابح ويدعى **الكالون** (chalone) . وتنتج انسجة عديدة نوعا خاصا بها من الكالون الذي يمنع نسيجا خاصا من الانقسام . ونظرا لأن لمعظم الخلايا الاتجاه الذاتي للانقسام الا اذا كبتت ، فان نقصا في كمية الكالون كنتيجة لجرح ترجح كفة متابعة الانقسام .

وتكون الكالونات من الخلايا سريعة الانقسام ، ولكن لسبب ما لاتؤثر كثيرا في الخلايا التي تنتجها . وبدلا من ذلك ، فانها تمنع من الانقسام خلايا مجاورة من نوع مختلف . وهكذا ، فان السبب الذي يمنع الخلايا المتخلقة والقرنية في بشرة الجلد من الانقسام هو مادة الكالون الذي تنتجه الخلايا القاعدية .

وهكذا نرى ان استعادة النسيج هي عملية معقدة نوعا ما ، اكثر من تعويض الخلايا . فبالتعويض ، لايتأثر التنظيم الطبيعي للنسيج ، ويكون منطقة انقسام خلايا جديدة . وتمنع الخلايا في منطقة الانقسام هذه من التمايز غالبا بواسطة النسيج القاعدي الذي يوجد في معظم الانسجة الطلائية الحيوانية. اما الخلايا الموجودة فوق المنطقة المذكورة فهي حرة التخلق ، ولكن تمنعها من الانقسام الكالونات المانعة للنمو . اما استعادة النسيج ،فانها تسبب بعض الاضطراب في تنظيم النسيج ، ويتم كل من الانقسام والتخلق على مستوى واسع .

التجدد *Regeneration* : نتيجة الجرح ، ينهار تنظيم الأنسجة محليا ، ولكن تبقى مناطق الانسجة المجاورة سليمة ، ويمكن ان تعمل كاساس لاعادة



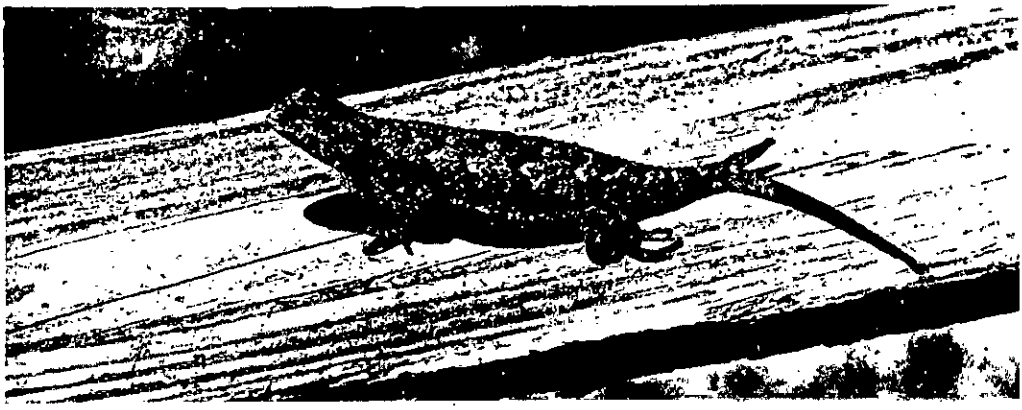
الشكل (٢١ ــ ١٥) : استعادة النسيج مبينا بسرعة الانقسام الكبير في المكان الذي يحدث فيه الجرح .

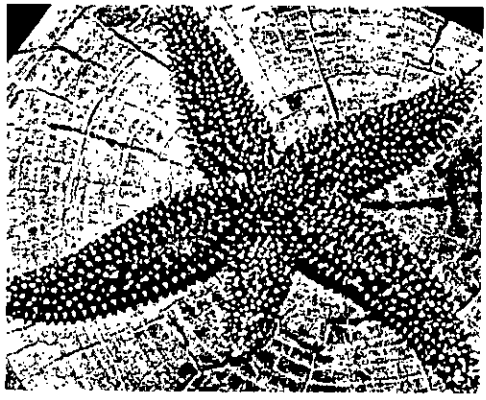
بناء الأنسجة . ويمكن ان تدمر اعضاء كاملة او اطراف نتيجة الخراب الكبير ، مثل بتر الطرف مثلا . وعندما يحدث هذا ، فانه يتوجب اعادة تكوين الجزء كليا ، وكأنه خلق لاول مرة خلال التكوين الجنيني .

وتتغير القدرة على التجدد بشكل كبير من حيوان لآخر ، وعلى الرغم من انه صحيح بشكل عام ان الكائنات الابسط (تركيبا) لها قدرة تجدد افضل من الكائنات الاكثر تعقيدا ، فانه توجد استثناءات عديدة . فمثلا ، تستطيع **جوفمعويات** (coelenterates) عديدة ان تجدد كائنات كاملة ، حتى بعد تدمير ٨٠ أو ٩٠ ٪ من الحيوان . ولكن الحيوانات من مجموعة المشطيات (ctenophores) القريبة من الجوفمعويات ، فليس لها قدرة تجددية على الاطلاق . ولاتستطيع معظم الفقاريات البالغة تجديد اعضاء باستثناء الكبد ، ولكن لافراخ الضفدع **والسلمندرات** (salamanders) قدرات كبيرة على التجديد .

عندما تبتر قدم السلمندر ، تترك الأرومة بجرح خام . والخطوة الاولى في التجدد هي شفاء الجرح . فتنتقل خلايا البشرة من الطبقة الظلائية السليمة للأرومة عبر سطح البتر المفتوح لتقدم غطاء واقياً . وبعد أيام عديدة ، تنتقل خلايا الادمة لتكون طبقة تحت خلايا البشرة . وتتغلظ البشرة التي تغطي الجرح لتكون **غطاء رأسيا**(apical cap) شبيها بذلك الذي يتكون خلال النمو الجنيني للاطراف . واذا ازيل هذا الغطاء ، فان عملية التجدد لاتحدث .

ويجب ان يتم التجدد ، كما هي الحال في النمو ، جزئيا من خلال تخلق





الشكل (٢١ ــ ١٦) : التجدد : ذيل لسحلية ذات الذيلين (الشكل العلوي) ،وذراع لنجمة البحر (الى اليمين) .

الخلايا لتكوين انسجة متخصصة ، وتتطلب هذه العملية بدورها وجود خلايا ميزانكيمية غير متخلقة كمادة خام . ولكن ، بعد البتر ، لاتوجد خلايا ميزانكيمية في أرومة الطرف المبتور نظرا لأنها تخصصت منذ مدة طويلة لتكون انسجة مثل العضل والعظم . وللتغلب على هذه الصعوبة ، تمر انسجة الأرومة في موقع البتر بعملية تتخلى بها عن **التمايز** (dedifferentiation) وتصبح شكلا ووظيفة ، معادلة للميزانكايم الجنيني الذي لم يتخلق بعد .

وتشترك انواع مختلفة من الخلايا في هذه العملية . وتفرز الانزيمات الهاضمة التي تذيب الغضروف والنسيج الضام ، بحيث تحرر خلايا الغضروف والخلايا الليفية من الوسط الذي يحيط بها . وتتكسر الخلايا العضلية الهيكلية متعددة الخلايا ، لتكون حطاما وبعض الخلايا احادية الانوية . وتنفصل خلايا شوان من الخيوط العصبية التي تغلفها ثم تبدأ كل هذه الخلايا بفقدان خواصها التخلقية ، وتصبح بعد عدة ايام لاتتميز بعضها عن بعض .

وتبدأ هذه الخلايا التي فقدت تخلقها والتي تشبه خلايا الميزانكيم

بالتجمع تحت الغطاء الراسي ، لتكون كتلة جديدة شكلها مخروطي تدعى **برعم التجدد** (blastema) . وعند تكوينها لهذا البرعم فان الخلايا تولد نوعا من الآلية يوقف المزيد من فقدان التخلق وتبدأ خلايا البرعم في الانقسام .

واذا اميت الغطاء الراسي بواسطة الاشعاع فوق البنفسجي ، فان تكوين البرعم يتوقف . واذا تحرك هذا الغطاء الى مكان جديد على أرومة الطرف ، فان خلايا البرعم ترحل بعيدا عن مكانها الاصلي لتتجمع مباشرة تحت الغطاء الراسي في موقعه الجديد .

وهكذا فان الغطاء الراسي ينظم الخلايا شبه الميزانكيمية تماما ، كما ينظم الطبقة الوسطى الأولية في النمو الطبيعي للطرف . ومن الاسباب في ان الضفادع ، مثلا ، لاتستطيع تجديد الاطراف هو انها لاتكون غطاء راسيا .

نأتي الآن لأحد المظاهر القليلة لتجديد الاطراف التي تختلف بها عن النمو الطبيعي للطرف . فاذا دمرت الاعصاب لارومة طرف مبتور خلال الاسبوع الاول للتجديد ، فانه عملية التجديد تتوقف راسا . وهكذا ، فان الاعصاب لازمة لتجديد الاطراف . وكما نتذكر ، فان السلمندرات البالغة تجدد اطرافها بسرعة ،بينما لاتستطيع الضفادع البالغة والسحالي التجديد ابدا.وتبين المفارقة بين هذه الحيوانات ان للسلمندرات اعصابا عديدة في اطرافها ، بينما يوجد عدد قليل من الاعصاب في اطراف الضفادع والسحالي . واذا جلبت اعصاب اضافية من اجزاء من جسم ضفدعة الى ارومة طرف مبتور ، فان هذا الطرف يستطيع ان يتجدد . وهذا سبب آخر لا يتيح لحيوانات ما بان تتجدد ، ذلك انها لاتملك عددا كافيا من الاعصاب .

كيف تساعد الاعصاب عملية التجدد ؟ ان الجواب غير واضح ولكننانعرف انه لتجديد الطرف ، فان على الاعصاب ان تتصل بالنسيج الطلائي . في الضفدع ، تتكون طبقة الأدمة فوق الجرح قبل ان تتصل نهايات الاعصاب بالنسيج الطلائي . أما في السلمندرات ، فان نهايات الاعصاب تصل الطبقة الطلائية قبل ان تكون طبقة الأدمة . وهكذا فان تجديد طرف يتطلب : (١) اتصالا عصبيا مناسبا (٢) تكوين غطاء راسي (٣) اتصالا عصبيا طلائيا قبل ان تغطي طبقة الأدمة السطح المجروح . وعند تحقق هذه الشروط الثلاثة، تستطيع عملية التجديد أن تسير . وتستطيع الخلايا شبه الميزانكيمية التي فقدت تخلقها ان تستعيد هذا التخلق لتكون غضروفا ، ونسيجا ضاما وعضلا وعظما .

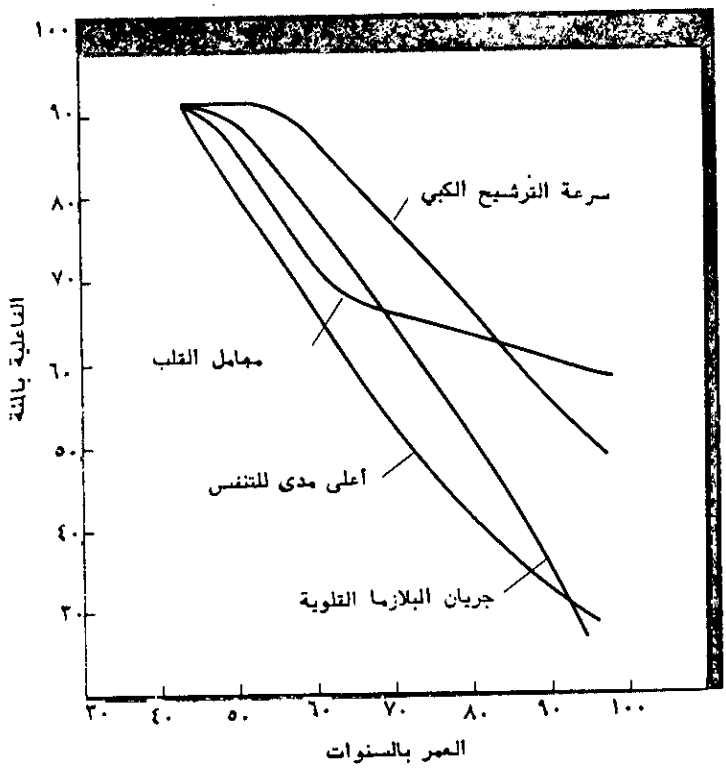
لقد كان أمرا عاديا التفكير بان الخلايا لاتستطيع فقدان تخلقها ـــ بل كان الاعتقاد بانها تظهر كذلك ، ثم تستعيد شكلها المتخلق الاصلي . ولكن اظهرت التجارب الحديثة أن الخلايا الميزانكيمية المشتقة من الخلايا العضلية تستطيع ، خلال عملية التجدد ان تكون خلايا غضروفية وعضلية ، وأن الخلايا الميزانكيمية المشتقة من الغضروف تستطيع تكوين الغضروف والغشاء الذي يحيط بالغضروف ، والنسيج الضام ، والخلايا الليفية . وهنالك قيود على اعادة التخلق ، لان البشرة تعطي بشرة فقط خلال عملية التجدد ، ولا تستطيع خلايا الغضروف ، كما يبدو ، أن تعطي بشرة او عضلا .

الشيخوخة Senescence

الشيخوخة هي العملية التي تؤدي الى الكبر . وكثير من الكائنات الحية البسيطة على كوكبنا خالدة ، بمعنى انه اذا لم تقتل بحادث او على يد عدو ، فانها لاتقاسي أبدا الهرم . فكائنات مثل البكتيريا ، والاميبا ، والهيدرا ، تعيش لمدة غير محدودة ، الا اذا قتلتها قوى خارجية .

وبتدرج الحياة صعودا على الشجرة الوراثية ، نجد انتقالا من الخلود الى الفناء . تكبر النباتات والحيوانات العليا وتموت ، أما الخلايا الجرثومية فهي طبعا خالدة . وجيلا بعد آخر تحمل خلايا الانسان الجرثومية ، بأمانة ، معلوماتها الوراثية ، وتستعملها حينا بعد آخر بكل فعالية لخلق كائنات انسانية جديدة . الانسان يموت ، في حين لاتفعل ذلك خلاياه الجرثومية ، شريطة ان تبقى منشغلة بنجاح في عملية التناسل . وهكذا في حين يعيش النوع الانساني الى الابد ، فان الانسان الفرد يموت بعد بضع عشرات من السنين .

لماذا وهبت عملية التطور الحياة الخالدة للحيوانات البسيطة ، ومنعتها عن المخلوقات الاكثر تقدما ؟ لقد تبين لعلماء البيئة النظريين أن الاستقرار البيئي يتعطل اذا ما اصبح نوع من الكائنات الحية شائعا كثيرا ، أو اذا استعمل كثيرا من الطاقة المتوافرة في البيئة . وبنفس الوقت يتحسن الاستقرار اذا ازداد عدد انواع الكائنات في البيئة . فالحيوانات التي تكون محمية على نحو جيد ضد الموت بالافتراس ، تميل الى الازدياد بسرعة وتستهلك الغذاء والحيز اذا لم تتحكم بها آلية مثل الكبر . ان الموت عن طريق الهرم ، بالاضافة الى منع التزايد



الشكل (٢١ ــ ١٧) : تدني فاعلية الاعضاء مع العمر .

السكاني الخطير ، يؤمن أن الكائنات التي تتحكم بالأمر الواقع في مرحلة معينة تزول أخيرا ، وبهذا تعطي الفرصة لافراد جدد ذوي مواهب وراثية مختلفة لتحل محلها ، ويدفع هذا ، بدوره ، عملية التطور ، وتكوين انواع جديدة .

ان الانحطاط الذي ينتج عن الكبر معروف جيدا ، ولكن الآليات التي تسبب الشيخوخة ماتزال لغزا الى حد كبير . لقد وضعت نظريات كثيرة ، ولكن هنالك دليل لدعم ثلاث منها فقط ، وحتى هذا الدليل محدود . وهذه النظريات الثلاث هي :

هرم خارج الخلية ، تقصير جهاز المناعة عن اداء وظيفته ، والطفرة في الخلايا الجسدية .

أن افضل آلية للهرم ، اثبتت هي هرم خارج الخلية ــ اي التغير التدريجي الذي يتم في الانسجة خارج الخلية ، وخاصة النسيج الضام . ومن ضمن البروتينات الرئيسية في الانسجة الضامة في الثدييات مولد الغراء **الكولاجين**

collagen **والاستين** (elastin) ويكون الاول من ٢٥ الى ٣٠ ٪ من بروتين الجسم . ووحدة التركيب في مولد الغراء هي جزء بروتين خيطي يدعى **تروبوكولاجين** (tropocollagen) الذي ينتج ويفرز من قبل **الخلايا الليفية** (fibroblasts) . ويبلغ طول كل جزء **تروبوكولاجين** حوالي ٣٠٠ نانومتر ، وعرضه ١٫٥ نانومترا . ويتكون من ثلاث سلاسل من الببتيدات المتعددة الملتفة بعضها حول بعض في لولب « عسراوي » . وبعد افرازها بقليل تتجمع جزيئات تروبوكولا جين مع بعضها لتكون صفائح متوازية من مولد الغراء (الكولاجين) .

عندما يوضع مولد الغراء لأول مرة ، يوجد عدد قليل جدا من **الروابط العرضية التساهمية** (covalent cross-links) اما بين الببتيدات المتعددة لجزيء تروبوكولا جين ، أو بين جزيئي تروبوكولا جين متجاورين . ولكن مع الكبر يتكون المزيد من الروابط التساهمية ، ويصبح مولد الغراء اقسى ، واصلب ، واقل ذوبانا . ولهذه الزيادة في الصلابة عدة تأثيرات . فنظرا لان مولد الغراء يحيط بالخيوط العضلية ،فان قساوته تقلل من مرونة العضلات وتجعل الانقباض العضلي اكثر صعوبة واقل فعالية ، وهذا صحيح في حالتي العضلة الهيكلية والعضلة القلبية . وهكذا فان حركة الجسم تتعطل ، وتقل قدرة القلب على ضخ الدم . وكذلك يتدخل مولد الغراء الصلب بمرور المواد الغذائية ، والهرمونات ، والفضلات السامة ، والاجسام المضادة من الانسجة واليها . يضاف الى ذلك ان الطبقات الداخلية للأوعية الدموية الكبيرة مجهزة باوعية دموية صغيرة محاطة بمولد الغراء . وبتصلب مولد الغراء تتجمع الدهنيات ، والبروتينات الكربوهيدراتية ، والمعادن في الاوعية الدموية . ويسبب هذا التجمع تفاعلا التهابيا يسبب آفات لها علاقة بتصلب الشرايين . ويؤدي تصلب مولد الغراء الى زيادة قساوة،للأوعية الدموية الكبيرة ، وينتج عن ذلك ضغطا دمويا عاليا .

كذلك يهرم الإلاستين . ومثل مولد الغراء فانه يكون الكثير من الكالسيوم. نتيجة لذلك فانه يصبح هشا ومنهكا ، ويؤدي الى تأثيرات شبيهة جدا بتلك التي تنتج عن مولد الغراء الصلب .

لقد ادت المعرفة العلمية للتغيرات في فاعلية اجهزة المناعة الى نظرية **الهرم المناعي** (immunological aging.) . ويمكن تقسيم الاجسام المضادة التي تجري في اجسامنا الى مجموعتين : (١)**اجسام مضادة متشابهة**

(isoantibodies) وهي التي تصنع ضد اجسام غريبة على الجسم نفسه .

اجسام مضادة ذاتية autoantibodies, تصنع ضد انسجة الجسم نفسه .

تصل الاجسام المضادة المتشابهة التي تجري في الجسم ، والتي تكونت في الطفولة الى الذروة في الانسان ، بين ٥و ٢٠ سنة . ولهذا فانه يحدث هبوطا في هذه الاجسام . ولوحظ هذا النوع من السلوك في انواع مختلفة من الاجسام المضادة . وهذا يعني انه بكبر الناس ، تصبح اجهزة المناعة عندهم اقل فاعلية.

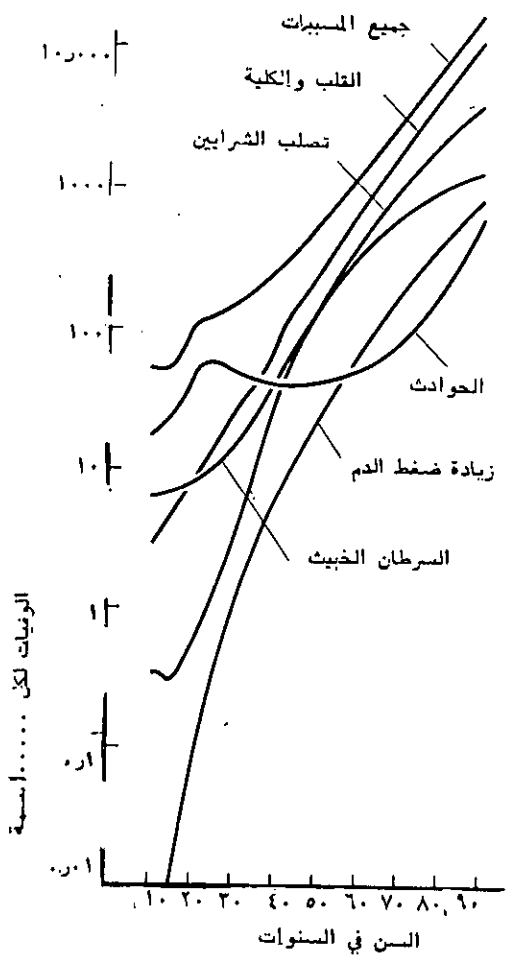
ان اول وظيفة للاجسام المضادة هي ملاحقة وقتل الخلايا الغريبة والكائنات التي تدخل للجسم . ولكن من المهم ان لاتهاجم هذه الاجسام المضادة خلايا وانسجة الجسم نفسه والا ، فان جنين الحيوان سوف يتفاعل ضد مواد مثل البروتينات التي تنتجها الام . وعندما تتعرض حيوانات صغيرة لاجسام غريبة،فان جهازها المناعي لايهاجم هذه الاجسام ، بل يتقبلها «كأصدقاء »وليس « كأعداء » ، وهذا ما يجعل الحيوان مريضا خلال مراحل النمو وفي مراحل متأخرة . وتسمى عملية قبول جسم غريب تعرض له الجسم في مراحل اولية **بالتسامح المناعي** (immune tolerance) . ولكن تضمحل درجة التسامح مع زيادة العمر بحيث ان حيوانات تقبل جسما غريبا ، يمكن ان يبدأ بمهاجمته في مراحل متأخرة من حياته .

ويمكن أن يفسر فقدان التسامح المناعي وجود زيادة في مايسمى **بالمناعة الذاتية** (autoimmunity.)بعد منتصف العمر . ان مرض المناعة الذاتية يؤدي الى انتاج اجسام مضادة تهاجم وتدمر انسجة وخلايا الجسم نفسه . فأنواع كثيرة من فقر الدم ذاتية المناعة ، ويوجد اثبات بان فقدان الاسنان الدائمة وشيب الشعر ، وبعض انواع مرض القلب تشتمل على درجة من المناعة الذاتية .

وعلى الرغم من أنه لايعرف كيف ان التغيرات المناعية تؤثر في عملية الهرم ، فانه من المؤكد انه يوجد قليل من الاجسام المضادة التي تجرى في الجسم خلال مراحل العمر المتأخرة ، وبأن الجسم يكون اقل قدرة للاستجابة لغزو جسم غريب . وهكذا يبدو واضحا أن فقدان القدرة على الاستجابة المناعية وهبوط التسامح المناعي لانسجة الحيوان نفسه تساهم في الشيخوخة .

والتفسير الثالث للكبر هو نظرية طفرة الخلايا الجسدية . وحسب هذه النظرية ، فان الطفرات تحدث من حين لآخر في جميع الخلايا . وتؤدي هذه

الشكل (٢١ ـ ١٨) :
زيادة التعرض للمرض
مع زيادة السن .



الطفرات الى خراب جين ما ، مما يعطل قدرة الجين على العمل . وهكذا فان الطفرات الجسدية بداخل خلية تتجمع تدريجيا الى أن تفسد قدرة الخلية على العمل بشكل سليم .

ويوجد بعض الدليل الذي يدعم نظرية الطفرات الجسدية ، ولكن هناك ملاحظة واحدة تجدر الاشارة اليها . يمكن ان يؤدي الخراب العنيف لجين الى تغيرات كزوموسومية مثيرة يمكن رؤيتها بالمجهر . ففي خلايا كبد الجرذان، والخلايا اللمفاوية الجانبية في الانسان وخلايا النخاع العظمي في الارنب ، لوحظ بأن التغيرات الكروموسومية تزداد بزيادة السن ولكن هذا غير صحيح بالنسبة لكل انواع الخلايا . فلو لم تساهم الطفرات الجسدية في الدم ، فاننا نتوقع

نقصانا في نشاط الانزيمات في الحياة فيما بعد . لقد فحصت انزيمات عدة ، فأظهرت بعضها نقصانا واضحا في النشاط في الحياة المتأخرة ، ولكن معظمها لايفعل ذلك .

وهكذا يبقى الهرم ، عملية معقدة لاتزال آلياتها تدرس . وربما سيوضح البحث في المستقبل هذه العملية ، وعلاقتها بالنمو .

ملخص الفصل الحادي والعشرين

يبدا نمو الجنين عندما يندمج حيوان منوي ببويضة ناضجة ، ليتكون زايجوت . ثم تندمج انوية الحيوان المنوي والبويضة ، وتذوب اغشيتهما ، لتسمح بخلط موادهما النووية وبعد فترة من مضاعفة الحمض النووي (DNA) يتكون مغزل . وتختلط مجموعتا الكروموسومات ثم تصطف ، وتبدا بالانفصال . ثم يحدث التفلج ، بحيث ينقسم الزايجوت ليكون خليتين وليدتين . وباستمرار التفلج ، تتكون فجوة ، تدعى فجوة البلاستولة بواسطة الجنين ، وتصبح الخلايا منتظمة بطبقة واحدة حولها . وخلال مرحلة البلاستولة المتأخرة ، تنبسط الخلايا الموجودة في القطب الخضري لتكون الصفيحة الخضرية . ثم تبدا هذه الصفيحة بالانغماد لتكون القناة الهضمية البدائية . تسمى عملية الانغماد بالجسترله . وبنمو القناة الهضمية البدائية ، تنهار فجوة البلاستولة ، ويتكون انبوب عصبي . ثم يتبع ذلك تكوين الاعضاء وتخلق الطبقات الداخلية ، والوسطى ، والخارجية .

وتتم عملية تكوين الامشاج — الحيوان المنوي والبويضة — مبكرا في عملية خلق الجنين . تتكثف المادة النووية للحيوان المنوي في الراس الذي يغطى بغطاء يدعى اكروسوم يحتوي على انزيمات حيوية لاندماج الحيوان المنوي والبويضة . ثم يتكون سوط قوي ، مزود بطاقة من الميتوكوندريون الكبير ،

ليقوم بدفع الحيوان المنوي . وقبل الاخصاب ، تخزن البويضة التي تنضج مواد احتياطية من الدهون ،والبروتينات ،والكربوهيدات ، وكذلك الريبوسومات لتكوين البروتينات والانزيمات ، والميتوكوندريا . ثم تبقى البويضة بحالة استقلالية غير نشطة الى ان تحفز بواسطة خلية حيوان منوي .

وعندما يتصل الحيوان المنوي بغلاف البويضة الخارجي ، فان قمة الاكروسوم تتفكك ، وتفرز الانزيمات المحللة .وفي داخل غلاف البويضة ، يستطيل الغشاء الاكروسومي ليكون مجموعة من الانابيب الدقيقة التي تمتد لتصل بالغشاء البلازمي للبويضة . ثم يتكون مخروط الاخصاب ، ويندمج الغشاء البلازمي للبويضة مع الغشاء الاكروسومي ، بحيث يصبح الحيوان المنوي والبويضة خلية واحدة بالفعل . ويتكون غشاء الاخصاب ليحمي ويمنع دخول حيوانات منوية اضافية .

وتتخلق انواع خلوية مختلفة بسرعة . فالبويضة غير متماثلة ، بحيث يكون لمناطق مختلفة خصائص مختلفة . وتكون الخلايا الوليدة عادة مختلفة تسمح بنمو خلايا وانسجة مختلفة من اسلاف مشتركة .

وبعد مراحل النمو الاولي ، عندما يكون التخلق مبرمجا سلفا ، تبدأ الخلايا بالتفاعل مع بيئتها . وتسمى العملية التي تؤثر فيها الخلايا بعضها بعضا ، بالترابط . ويمكن ان يشمل الترابط آليات تتطلب اتصال خلية بخلية تعمل على مدى مسافات قصيرة جدا .

ان نمو الجهاز العصبي البدائي هو أول حدث في عملية تكوين الاعضاء في الفقاريات . ولكن ، لاتنثني الطبقة الخارجية لتكون الانبوب العصبي الا اذا كانت متصلة مباشرة بالطبقة الوسطى التي تبطن سقف القناة الهضمية .

وتسمى العملية التي يحفز فيها نسيج نسيجا آخر ، قريبا منه أو متصلا به لكي يتخلق ، بالتحفز . ويشتمل اكثر انواع التحفز شيوعا على التفاعل بين الميزانكايم ــ وهو النسيج الضام الجنيني المشتق من الطبقة الوسطى ــ والنسيج الطلائي . والتخلق عملية تشتمل على تسا[illegible] التحفزات المتبادلة.

يعتمد شكل العضو الى حد كبير على الدرجة التي تتفاعل فيها نشاطاته الوظيفية ، ويجب ان يكون مركزا في منطقة محددة . وتميل الاعضاء التي تشتمل على درجة كبيرة من الاتصال الداخلي مثل ــ وظائف القلب والكلية

والدماغ ـ الى ان تكون مركزية وكروية الشكل . ولتسهيل التفاعل بين المناطق الوظيفية ، تنتظم الاعضاء على محور طولي مستقيم وتميل الاعضاء التي يجب ان تتفاعل بكثرة مع اعضاء اخرى الى ان تكون مستقيمة ـ مثل الحبل العصبي والقناة الهضمية او تتخذ شكل صفائح نحيفة او اغشية . وكذلك تكون الاعضاء او الانسجة التي لها مناطق تحتية متخصصة .

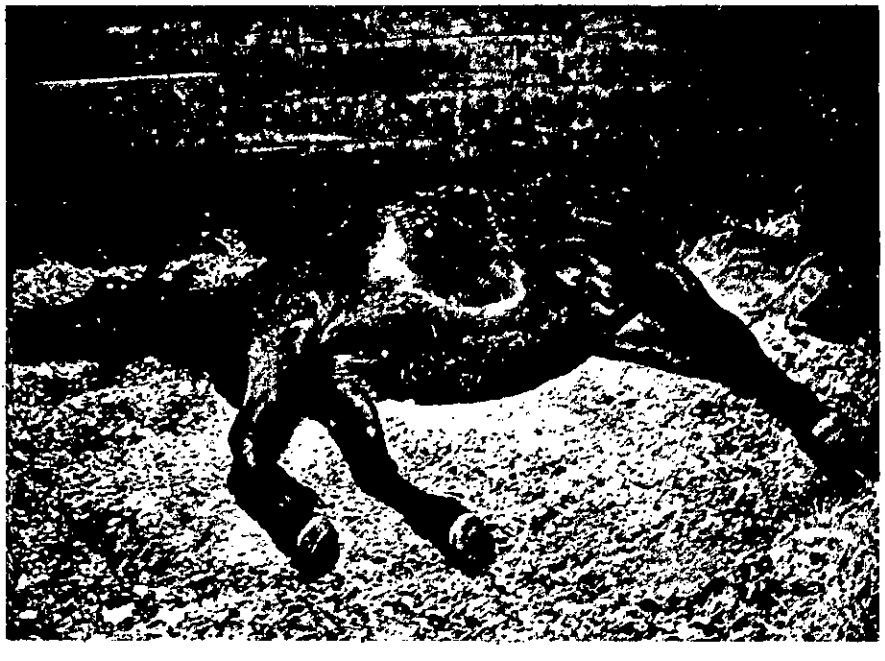
في بعض الكائنات ، تقود عملية تكوين الاعضاء ، مباشرة الى تشكيل ناضج كامل . وفي كائنات عديدة اخرى ، تكون هذه العملية يرقة لها كل القدرات الوظيفية الموجودة في الكائنات الناضجة تقريبا ، ماعدا التناسل . واخيرا تمر اليرقة بمرحلة الانسلاخ ـ وهي عملية تنظيم رئيسية لانسجتها واعضائها ـ وتتخذ شكل الكائن الناضج الصغير .

ولكل الكائنات قدرة معينة لترميم الجروح التي تحل بها . وفي انسجة عديدة تموت الخلايا باستمرار ، وتطرح . وتبديل الخلايا هي اسهل عملية ترميم . ولكن ، عندما تدمر الانسجة ، فان تعويضها يجب ان يتم ، وتستطيع بعض الحيوانات تعويض اطراف كاملة او اعضاء بواسطة عملية التجدد . وعموما للكائنات البسيطة قدرة تجدد افضل من تلك التي في الكائنات الاكثر تعقيدا .

الشيخوخة هي عملية الهرم . وكثير من الكائنات البسيطة لاتهرم . فمثلا، تعيش البكتيريا والهيدرا ، والاميبا ، الى آجال غير محدودة ، الا اذا قتلت بحادث او قوة خارجية . ولكن تهرم معظم الكائنات وتموت . والموت نتيجة الكبر يتحكم بزيادة السكان ، ويكفل زوال الكائنات المسيطرة في نهاية المطاف . وهكذا تعطى كائنات جديدة ذات قدرات وراثية مختلفة الفرصة لتحل محلها . ويدفع هذا الامر بدوره عملية تطور ونمو انواع جديدة . وعلى الرغم من أن الانهيار الذي يسببه الكبر معروف جيدا ، فان الآليات وراء الشيخوخة تبقى سرا الى حد كبير .



بعد انتهاء اشهر الحمل الطويلة، تعاني هذه الفرس آلام الوضع.



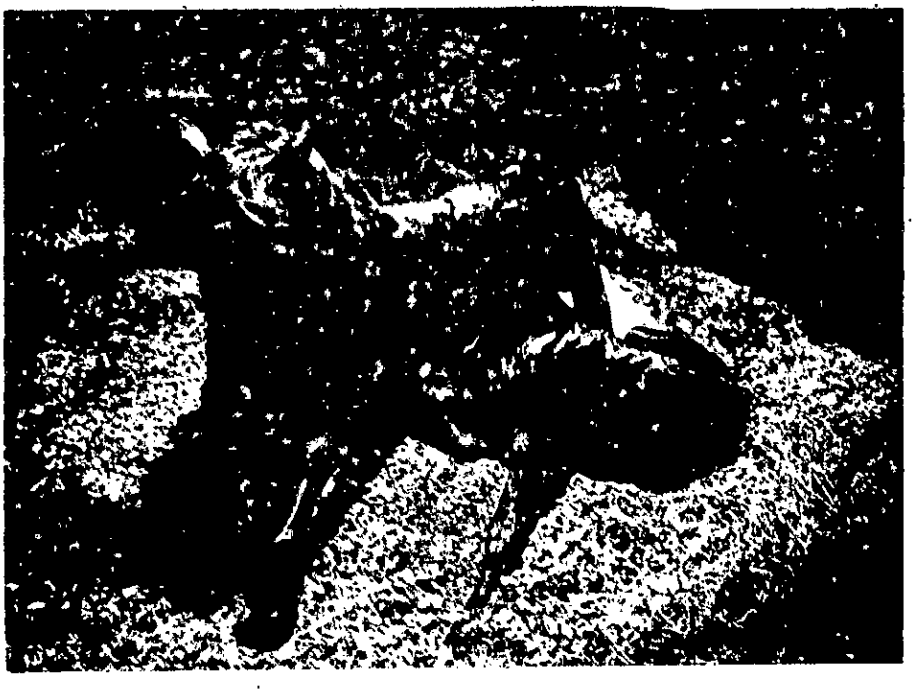


بعد الولادة مباشرة، تدير الفرس رأسها لتشم رائحة وليدها بشغف، مستكشفة مميزاته التي ستساعدها في المستقبل على التعرف عليه كمهرها.





بعد عشر دقائق من الولادة، يكون المهر قد تمكن بعد التململ من الوقوف على قوائمه.





بعد ذلك، وبمساعدة من الفرس الأم، يتلمس المهر طريقه الى محاولته الأولى للرضاعة.



نظـرة فاحصـة
أطفال انابيب الاختبار
Creating Test-tube Babies

قام العلماء في العقد الماضي بتجارب جريئة يمكن ان تغير مجرى التطور البشري . فمثلا ، اذهل العالم **دو جلاس بفيس** (Dr. Douglas Bevis) مـن جامعة ليدز في انكلترا ، عام ١٩٧٤ م ، زملاءه وبقية العالم بالاعلان المثير بأنـه اخصب بويضات انسانية نمت في المختبر وصارت اجنة ، ثم زرع هذه الاجنة في رحم ثلاث نساء . وحملت كل سيدة منهن الجنين طوال فترة الحمل الى مرحلة الولادة . وذكر بان الاطفال الذين بلغوا ١٢ ــ ١٨ شهرا عند الاعلان عن هذا الحدث ، يتمتعون بصحة جيدة .

لقد شك الكثير من زملاء بفيس بصدق ذلك التقرير ، ذلك لانه رفض نشر تفاصيل بحثه . ولكن اذا كانت هذه القصة حقيقية ، فان بفيس سيكـون اول رجل في التاريخ حقق الحلم الطويل في تكوين حياة انسانية في المختبر . وتسمى ظاهـرة الحمل خارج الرحـم **بالاخصـاب في الزجاجـة** (in vitro fertilization) الذي يعني فعلا : الاخصاب في اية بيئة مصطنعة.

واذا كان بفيس لم يصف الوسيلة التي استعملهـا في الاخصـاب


P19-900-36T
DANCER
Dept 18F


Q11-542-575
ACCOUNTANT
Dept 3M





« ومداراة » البويضة حتى اصبحت جنينا ، فان طريقة ذلك معروفة جيدا . ففي كتاب عن هـذا الموضـوع ، يبحث العالمـان البريطانيـان **أوستـن** (C.R.Austin) **وشورت** (R.V.Short) الخطوات اللازمة اولا ، يضخ غاز خامل ، مثل ثاني اكسيد الكربون ، في فتحة صغيرة تحت صـرة الانثى ليسمح بتمدد البطن ليتسنى تحريك الادوات . وتدخل آلة صغيرة تدعى **لبارو سكوب** (laparascope) وهي تلسكوب ذي مصدر ضوء خارجي ـ خلال الفتحة لملاحظة المبيض وعند رؤية المبيض بوضوح ؛ يغمس الطبيب محقنـة داخل حويصلة على سطح المبيض ويشفط البويضات الموجودة هناك . وتعمـل هذه العملية تحت البنج الكامل ، ويستطيع « المريض » ان يترك المستشفى في نفس اليوم او بعد ذلك بفترة وجيزة .

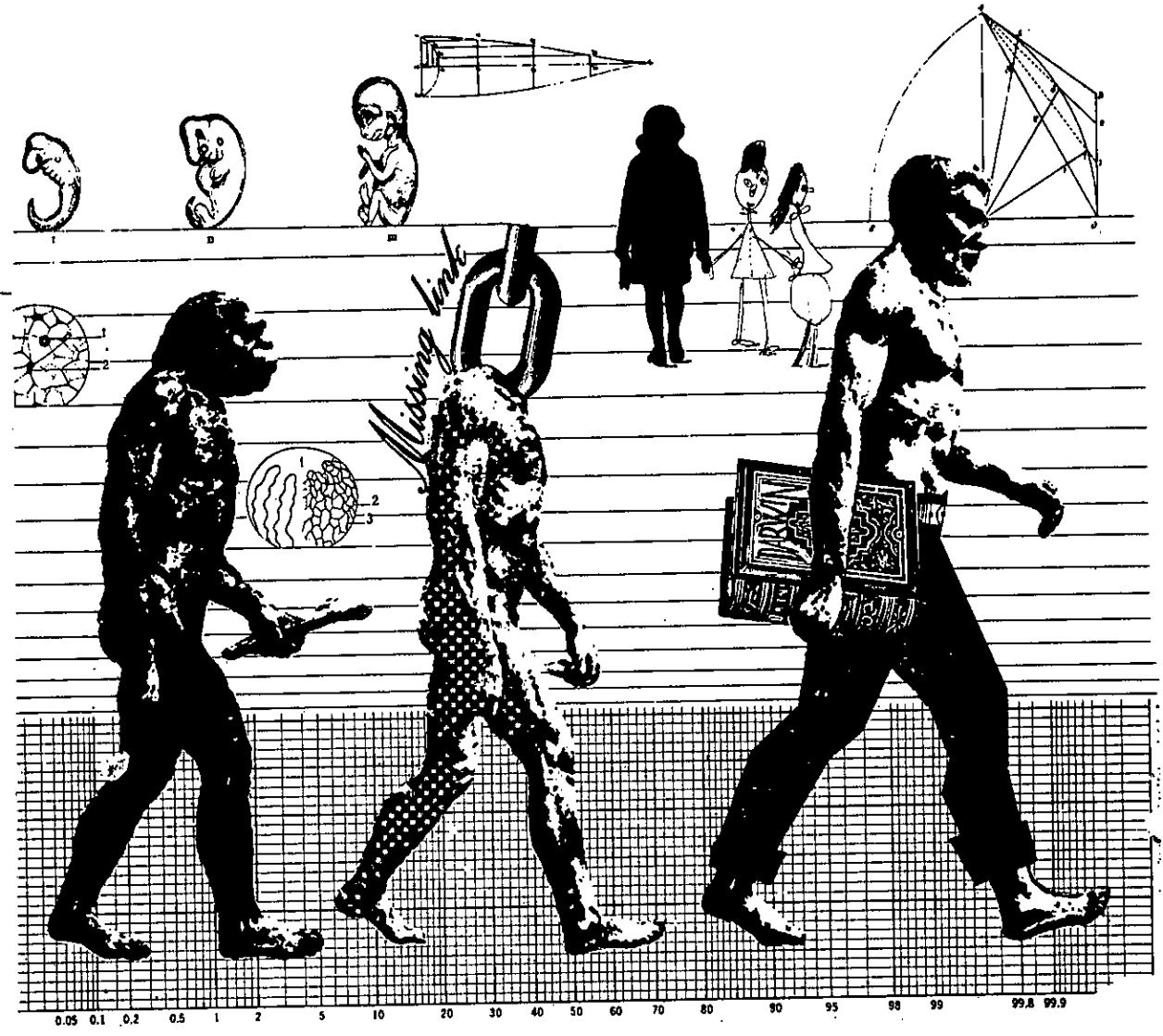
وقبل أيام من العملية تحقن السيدة بهرمونات معينة تساعد على نضـج البويضات ، للتأكد من أن اكثر من بويضة تنتج في المبيض.وبعد اخراج البويضة، توضع في وسائط تحتوي على مصل الانسان ، ثم يضاف اليه مواد كيميائية ، وحيوانات منوية من زوج السيدة المعنية . وبعد ١٢ ساعة من اضافة الحيوانات المنوية ، تخصب البويضة . وفي غضون ٣٨ ساعة تنقسم البويضة الـى خليتين ، وتصل الى مرحلة الخلايا الثماني بعد ثلاثة ايام من دخول الحيوان المنوي الى مرحلة البلاستولة في خمسة ايام . ثم يدخل الجنين ، الذي يكون جاهزا الآن للزرع ، الى داخل الرحم باحدى طريقتين : اما بواسطة انبوب خلال المهبل وعنق الرحم الى الرحم ، او من خلال الفتحة التي عملت في جدار الرحم. .

ان افضل اخصاب وثائقي خارج الرحم قام به عالمان بريطانيان همـا **روبرت ادواردز** (Robert Edwards) **وباتريك ستبتو** (Patrick Steptoe) . ففـي مختبرهما في كامبردج ، شاركت خمسون سيدة لم يستطعن الحمل بسبـب انسداد قنوات فالوب في التجارب التي تم فيها ازالة البويضات الناضجـة بواسطة اللبارو سكوب ، ثم اضيف اليها الحيوانات المنوية من ازواجهن ، وبعد ذلك ، حضنت البويضات المخصبة الى أن وصلت مرحلة الجنين ذات الخلايا الثماني . وبينت التقارير الأخيرة ان ادواردز وستبتو استطاعا تنشئة عشرة اجنة الى مرحلة البلاستوله ، واستطاع جنين واحد العيش لمدة ثلاثة أسابيع بعد زرعه في الرحم .

يبدو ان العقبة الكأداء في هذه الطريقة هي المعرفة غير الكافية للتوازن

الهرموني المناسب ، وعدم توافر طريقة الزرع المناسبة . فقبل زرع الجنين ، يجب تجهيز بطانة الرحم بالهرمونات التي تساعد الرحم على افراز مـــواد مغذية كافية للمحافظة على الجنين المزروع . ويعتقد ان الجواب على مشكلـة الزرع قد يكمن في اضافة مواد مغذية الى الوسط الذي تعيش فيه البويضـة المخصبة قبل الزرع (في الرحم) . ويمكن ان تقوى هذه الاضافة البين بحيث يتمكن من البقاء مدة كافية في الرحم . وحين يقبل الرحم الجنين المزروع ، فانه يتصرف وكأن الجنين قد وضع بشكل طبيعي ، وبالتالي فان الرحم يغذي الجنين ويفرز الهرمونات الضرورية لنموه . وربما تجدر الاشارة بهذا الشأن الـــى العلماء الذين آمنوا بقصة بفيس يفعلون ذلك لأنهم يعرفون أنه يعرف جيـــدا التغيرات البيوكيميائية التي يمر بها الرحم خلال مراحل الحمل الأولى.ولهذا فانه من الممكن ان يكون (بفيس) قد حل مشكلة الزرع وأوصل نمو الجنين للنهاية . وعلى كل حال ، فان البحث في كامبردج لايزال مستمرا ، ويتكهن المراقبون أن الزرع الناجح كليا والموثق يلوح في الأفق .

ان الميزة الاساسية للاخصاب خارج الرحم واضحة . انها تسمح للسيدة التي تكون قناة مبيضها مريضة أو مفقودة ، ان تولد طفلها الخاص . بالاضافة الى ذلك فان البحث في الزجاج (in vitro) يعطي معلومات حيوية عن أمـور اخرى ، بما في ذلك وسائل التحكم في الولادة . وربما الآليات المتعلقة بنمو خلايا السرطان .


Missing link
0.05 0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 98 99 99.8 99.9

الفصـــل الثاني والعشرون
نمو الانسان وتطوره

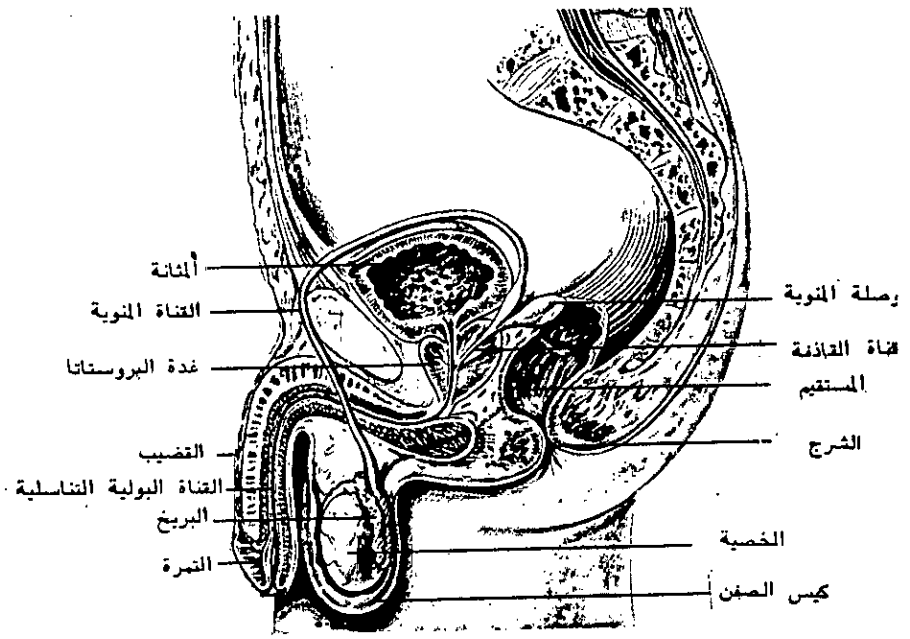
Human Growth and Development

ينشأ جسم الانسان بكل تعقيده الرائع ، كغيره من اجسام الحيوانات الاخرى ، من تنوع بدائي من الكتل ، والانابيب ، والفجوات . وقد نشأت هذه بدورها باتحاد بويضة صغيرة ، يبلغ قطرها ١/١٧٥ من الانش ، وخلية حيوان منوي اصغر ، طولها ١/٥٠٠ من الانش . ولقد قدر ان جميع البويضات التي نشأت عنها التجمعات الانسانية الراهنة على اليابسة ، يمكن احتواؤها بصندوق صغير . واذا جمعت كل الحيوانات المنوية فانها تملا قمعا فقط . والبويضات والحيوانات المنوية ، التي تعرف باسم **الخلايا الجرثومية** (germ cells) هي الوحيدة المسؤولة عن التكاثر . وعند اندماجها في بويضة مخصبة او زايجوت ، فانها تبدا عملية النمو بناء على المعلومات الكروموسومية في نوياتها ، التي تؤدي اخيرا الى تكوين بلايين من **الخلايا الجسدية** (somatic cells) المتخصصة . وتكون هذه الخلايا جميع انسجة الجسم باستثناء الخلايا الجرثومية . وهي تعطي الهيكل العام لجسم الانسان وتساعده في القيام بوظائف حياته .

حتى قبل ان يبدا الزايجوت في تكوين اعضاء مثل القلب والدماغ ، فانـــه

يؤمن التكاثر المستمر للنوع الانساني بتكوينه **كيس المح** (yolk sac) الذي يعادل بحجمه الجنين المبكر نفسه . وبدلا من الامداد بالغذاء ، وهو ما يقوم به في حيوانات أخرى ، فان كيس المح يجهز جنين الانسان للابوة بانتاجه حوالي مائة خلية **جرثومية اولية** (primordial germ cells) . وبعد حوالي واحد وعشرين يوما من اتحاد النطفة (الحيوان المنوي) والبويضة اي بداية الحمل ، فان هذه الخلايا الجرثومية تشق طريقها باتجاه ما سيصبح المنطقة البطنية . وبعد ١٧ يوما تصل الى هناك ثم تبدأ بتكوين **عضوين تناسليين** (gonads) ، ينتجان الخلايا الجرثومية . ويتخلق هذان العضوان في الذكر بناء على المعلومات الكروموسومية ، فيكونان **خصيتين** (testes) تنتجان النطف (الحيوانات المنوية) . اما في الانثى فتصبحان **المبيضين** (ovaries) حيث تنتج البويضات .

واستجابة للتأثيرات الكيميائية ، يكون الجنين الذي سيصبح انثى ، بالاضافة الى المبيضين ، **رحما** (uterus) ، حيث ستتخلق اطفال يوما ما . ويتكون بنفس الوقت **انابيب فالوب** (fallopian tubes) **لتعطي طريقا** من المبيضين للرحم ، وللانبوب المرن المسمى **المهبل** (vagina) وهو بمثابة فتحة للخارج ، **ولعنق الرحم** (cervix) الذي يكون بمثابة قناة ضيقة مسدودة بمادة مخاطية تسمح بمرور اختياري بين الرحم والمهبل .



الشكل (٢٢ ــ ١) : الجهاز التناسلي الذكري

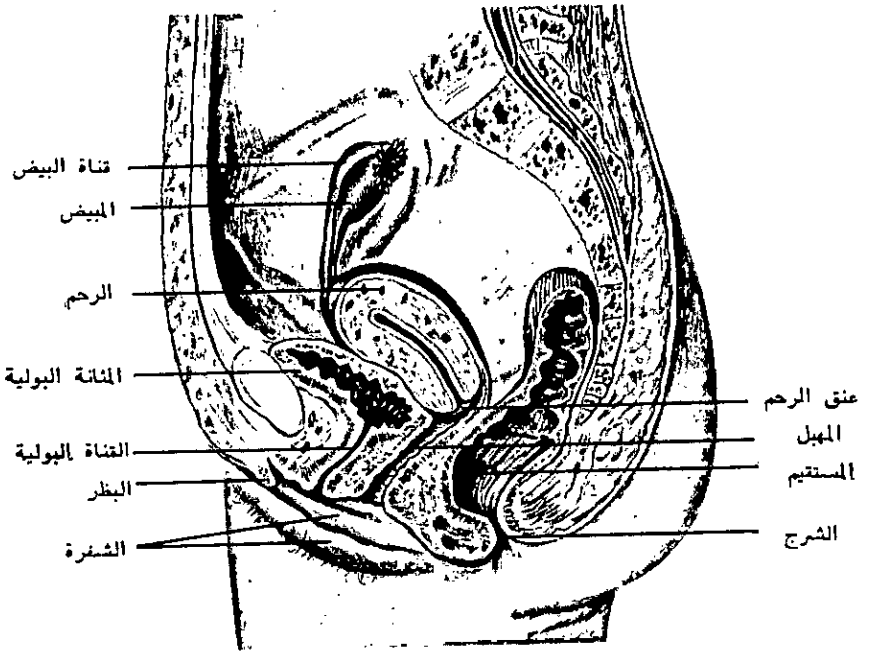
تنشأ خصيتا الذكر ، كما هي الحال في مبيضي الانثى ، في منطقة البطن. وقبل الولادة بثمانية اسابيع ، تهبط الخصيتان الى **الصفن** (scrotum) ، وهو كيس خارجي تبرد فيه الخصيتان بدرجات الحرارة خارج الجسم . واذا بقيت الخصيتان داخل تجويف الجسم بدلا من هبوطها، فان **النطف** (الحيوانات المنوية) (spermatozoa) او الخلايا الجرثومية الذكرية التي ينتجانها تفقد نشاطها نتيجة درجة حرارة الجسم العالية . وتكون اجنة الذكور اقنية تنقل الحيوانات المنوية خارج الجسم. وبداخل كل خصية يجمع ممر مثني طوله حوالي ٧ امتار يسمى **البربخ** (epididymis) النطف (الحيوانات المنوية) من اقنية صغيرة متعددة ويوصلها الى **القناة المنوية** (vas deferens) ، التي تقود الى **الحويصلة المنوية** (seminal vesicles) . وهناتخزن ملايين النطف التي ينتجها يوميا الذكر الناضج ، لحين **القذف** (ejaculation) خلال المحلب الى القضيب. ويتكون داخل الجنين الصغير غدد مثل **البروستات** (prostate) ، تنتج مع الحويصلة المنوية ، سائلا ابيضا قلويا يدعى **البلازما المنوية** (seminal plasma) . وتمتزج هذه المادة اللزجة مع النطف الساكنة فتنشطها ، خلال عملية القذف ومنها يتكون **السائل المنوي** (semen) .

الحمل — Pregnancy

مع البدء بتكوين الاعضاء التناسلية في الجنين ، تستمر الخلايا الجرثومية الاولية في الازدياد حتى الولادة . وعندما تولد طفله ، فان مبيضيها يحتويان على حوالي مليونين من **الخلايا الانثوية المولدة** (oocytes) — او البويضات الممكنة ، وهذا كل ما سيتوافر لديها . واما خصيتا المولود الذكر فتحتويان على ملايين النطف الممكنة . ولكن لاتنضج هذه الخلايا الجرثومية للقيام بالتكاثر الا عندما يبلغ الطفل مرحلة البلوغ .

وحوالي سن الثانية عشرة ، يبدأ الجهاز التناسلي في الانثى في الاستجابة للمؤثرات الهرمونية لانتاج **البويضات الناضجة** (ova) . ومن المليونين من الخلايا المولدة ، تصبح حوالي ٤٠٠ فقط ، بويضات . اما المتبقية فانها لا تنضج ابدا ، بل انها تعمل **كخلايا مغذية** (nurse cells) . وتحيط حوالي ٦٠٠٠ منها بكل بويضة ناضجة ، ولحمايتها الى ان تخرج من المبيض .

وفي دورة **الحيض** (menstrual cycle) ، تعيد عملية افراز البويضة نفسها مرة كل حوالي ٢٨ يوما ، وذلك من فترة البلوغ ، عندما تبدأ **مرحلة الحيض** (menarche) ، وتستمر دورات الحيض حتى مرحلة **سن اليأس** (menopause) (عادة بين سن ٤٠ ــ ٥٥) ، باستثناء المراحل التي يتم فيها اختراق البويضة من قبل حيوان منوي لينتج عن ذلك الحمل . وخلال الجزء الاول من كل دورة ، تكون بويضة ناضجة وخلاياها المغذية جريب جراف (Graafian follicle)، وهو نتوء بارز من سطح المبيض ممتلىء بالسائل وفي حوالي اليوم الرابع عشر من دورة الحيض تتم عملية **الإباضة** (ovulation). وهنا ينفجر جريب جراف وتطرح البويضة وخلاياها المغذية في تجويف الجسم . وفي معظم الاحيان ، تدخل البويضات أنبوب فالوب بواسطة نتوءات كالاصابع والاهداب في فم هذا الانبوب الذي يشبه البوق .واذا لم تخصب البويضة ، فانها تنزل في الانبوب لتفرز ، مع الغشاء المخاطي ، المزود بالدم الذي يبطن الرحم ، كل شهر ، للتحضير لامكانية الحمل .



الشكل (٢٢ ــ ٢) : الجهاز التناسلي الانثوي

الاخصـــاب Fertilization.

انها عملية اختراق البويضة من قبل النطفة ، ومن ثم اندماج نواتيهمـا . وتتم فقط اذا تلاقت هاتان الخليتان الجرثومتان في المكان المناسب وفـي الوقت المناسب . وتحت ظروف التحفز الجنسي والنفسي ، تمتزج مئات الملايين من النطف مع البلازما المنوية ، وتدفع بقوة نتيجة الانقباضات العضلية خلال قضيب الرجل ، وبعدها خلال مهبل المراة وتساهم على الاقل حوالي ٢٠ مليون نطفة في فرصة حدوث الحمل ، نظرا لان قلة منها تتحمل الرحلة للبويضة . ومن العدد الهائل الذي يتحرك عشوائيا في كل اتجاه ، فان بعضها شق الطريق خلال حموضة المهبل التي تكاد تكون مميته وخلال عقبات الافرازات المخاطية لعنـق الرحم ، وبعد السباحة الطويلة خلال الرحم تصل الى انبوب فالوب . ومـن هذه تجد النطف التي تتجه الى الانبوب الذي يحتوي على بويضة الشهر فرصة لاخصاب البويضة ، فتسبح ضد تيار الموجات العضلية والهدبية التي تحمـل البويضة باتجاه الرحم . وقد يتوقف العديد منها في التواءات الطريق ، فيتخلص منها كمادة غريبة بواسطة الخلايا الدموية البيضاء . والنطف قصيرة العمـر تعيش لمدة ٧٢ ساعة ، على الاكثر ، في الجزء العلوي من القناة التناسلية للانثى .

ورغم هذه العقبات ، تعمل بعض العوامل لمصلحة الخلية المنوية . فهي اولا ، محمية من الافرازات الحمضية في قناة الانثى التناسلية وذلك بواسطـة الحالة القلوية للبلازما المنوية . وخلال عملية افراز البويضة ، تصبح ممـرات الانثى اكثر قاعدية من العادة ، وبالتالي اكثر استضافة لمرور النطف ويصبح السد المخاطي في عنق الرحم اقل عرقلة . ويبدو ان انقباضات العضـلات الرحمية تساعد على سحب الحيوانات المنوية باتجاه قنوات فالوب . وبآليـة لم تعرف بعد ، فان الالاف القليلة من النطف التي تدخل قناة فالوب توجـه باتجاه البويضة او تقع في شباكها .

والنطف نفسها متخصصة جدا في دورها كرسل وراثية . فراس الحيوان المنوي معبأ بالكروموسومات ، ويحتوي جزء النطفة الذي يصل الراس بالذيـل على ميتوكوندريا تزوده بالطاقة . ويعطي الذيل الطويل ، وهو كالسوط ، الحركة

التي يحتاجها الحيوان المنوي للوصول الى البويضة .

وبعكس النطفة ، فان البويضة ضخمة ، غير متحركة تحتوي على ٢٣ كروموسوما ، كمثل الحيوان المنوي . ووظيفتها الاولى هي استقبال حيوان الاخصاب المنوي . وتحتوي نواتها على جينات الامومة ، وسيتوبلازمها محملة بمواد غذائية مخزنة لامداد الطاقة ومواد البناء اللازمة لنمو الجنين وعلى الرغم من احتياطها الغذائي ، فان البويضة الانسانية تبدأ بالانهيار بعد مضي ١٢ الى ٢٤ ساعة على افرازها ، هذا اذا لم تخصب.



الشكل (٢٢ ــ ٣) : المنطقة الشفافة . يمكن مشاهدة المنطقة الشفافة في هذا الشكل كغشاء جيلاتيني واضح شفاف يحيط بالبويضة. وما يبدو وكأنه معطف سميك من الشعر على البويضة هو في الحقيقة مئات من النطف اللازمة لتليين هذا الغطاء بافرازاتها الانزيمية .وسوف يخترق المنطقة الشفافة واحد فقط من هذا الحشد ليخصب البويضة .

واذا قدر لحيوان منوي الاصطدام ببويضة حية ، فانه يتوجب عليه اختراق غطائها الخارجي لتتم عملية الاخصاب . ويبدو ان عملية الاختراق تتسهل بتعريض النطف لافرازات الرحم وقناة فالوب . ويبدو ان هذه الافرازات تدفع قاعدة **راس الحيوان المنوي** او الاكروسوم (acrosome) الى افراز

انزيم يدعى **هيالورونيديز** (hyaluronidase) ، يذيب ممرا خلال الخلايا المغذية **والمنطقة الشفافة** (zona pellucida) للبويضة . وقد تلزم الانزيمات التي تفرزها مئات النطف التي تصل البويضة لتليين هذه العقبات حتى يمكن الاختراق . ولكن ستتمكن نطفة واحدة من شق طريقها خلال الغشاء الداخلي ، فعندما تلج البويضة ، فانها ترفض كل النطف الاخرى .

الجنين The embryo

في الشهر الاول بعد عملية الاخصاب او حوالي ذلك يشار الى الانسان الاولي بالجنين (embryo). وخلال هذه المرحلة من النمو العجيبينشأ الجنين من خلية جرثومية واحدة مخصبة يبلغ حجمها راس دبوس . الى ربع انش مكون من ملايين الخلايا المنتظمة في اجهزة الاعصاب ، والهضم ، والعضلات ، والدم ، والهيكل .

وتبدأ هذه التغيرات في الحال . وبدخول النطفة سيتوبلازم البويضة الداخلي ، تفقد ذيلها وغطاء راسها ، ولا يتبقى الا ٢٣ كروموسوما من الاب ، كانت تحمل في نواتها . ويحفز وصولها البويضة غير المتحركة فتنشط .

وسيكون الطفل الذي سينمو على اساس المخطط الوراثي في الكروموسومات كائنا فريدا ، تميزه فروق كروموسومية ضئيلة عن اي اتحاد ممكن لاي من ال ٤٠٠ بويضة في امه ، ولحوالي ال ٥٠٠ مليون نطفة التي تنطلق من ابيه في كل عملية قذف . واذا لم يكن توأما مطابقا ، فلن يكون بامكانه ان يجد نسخة مطابقة له بين بلايين الناس الاخرين في العالم .

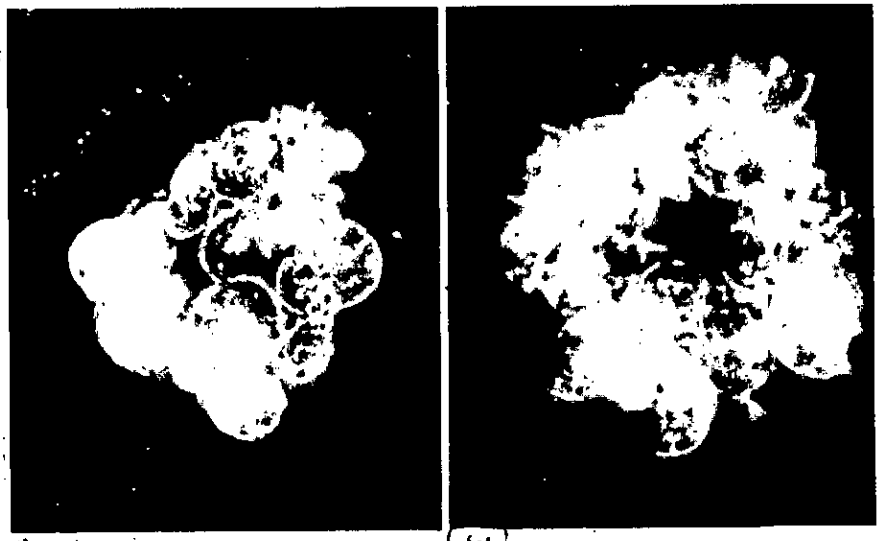
التفلج *Cleavage*

يبدأ نمو الانسان من بويضة مخصبة بمجموعة من **التفلجات** (cleavages) . وتمر الخلية الوحيدة ــ الزايجوت ــ بالانقسام ، وتنفصل لتكون خليتين وليدتين ، وتنقسم كل منهما لتكون خليتين او اكثر ،وهكذا. وتحدث كل هذه الانقسامات الخلوية بداخل غشاء البويضة الاصلي ، دون أن تحدث زيادة في الحجم الكلي . وتكون الانقسامات الاولية **متزامنة** (synchronous) ،

اي ان الخلايا تنقسم في وقت واحد . وبزيادة سرعة التفلج ، فان الانقسام الخلوي يصبح **غير متزامن**.(asynchronous) ، اي انه يحدث في اوقات مختلفة .

ويحدث التفلج الاول في انبوب فالوب ، بعد حوالي ٣٦ ساعة من اختراق النطفة للبويضة . وتتضاعف الكروموسومات من نواة الزايجوت الاصلية ، وتنفصل ، وتبتعد بعضها عن بعض اذ تبدأ اخاديد بالنمو بين النصفين وحتى بعد ان تكون قد انفصلت كليا ، فان الخلايا الوليدة تكون متصلة بعضها ببعض داخل المنطقة الشفافة بواسطة قوة ترابط ما . ونادرا ما ينتج عن التفلج الاول انفصال المنطقة الشفافة وانفصام كامل للخلايا الوليدة لتتكون توائم متطابقة في تكوينها الوراثي . ولكن الاكثر شيوعا من **التوائم المتطابقة** (identical twins) هي **التوائم الاخوية** (fraternal twins) ، وهما اخوان غير متشابهين نشآ نتيجة اخصاب بويضتين من قبل حيوانين منويين في وقت واحد .

وبعد حوالي ٤٨ ساعة من بدء الحمل ، تنقسم الخليتان اللتان تكونتا في التفلج الاول ، مرة ثانية . والان يتسارع التفلج . وبعد ساعات قليلة بعد



(أ) (ب)

الشكل (٢٢ ــ ٤) : مرحلة توتة متأخرة وبلاستوسيست متأخر .
أ ــ في مرحلة التوتة المتأخرة لا يزال الجنين ، الذي يظهر بشكل توتي ، بقناة فالوب .
ب ــ يظهر هنا علقة البلاستوسيت ، او البلاستولة الثديية ، وقد نظمت نفسها حول الفجوة المركزية التي تكون عادة ممتلئة بسائل . وتبدأ الخلايا بالتخلق لتكون تلك التي ستصبح الجنين نفسه (مضغة او blastoderm) ، وتلك التي ستكون غطاؤه الواقي .

مرحلة الخلايا الاربع ، يكون تجمع الخلايا المتزايدة — ربما من ١٦ الى ٣٢ منها — مايسمى بمرحلة **التوتة** (morula) ، وهي كلمة مشتقة من اللاتينية وتعني التوت . ومع تفلجها ، تنزل التوتة من انبوب فالوب الى الرحم الواسع.

تكوين البلاستولة *Blastulation*

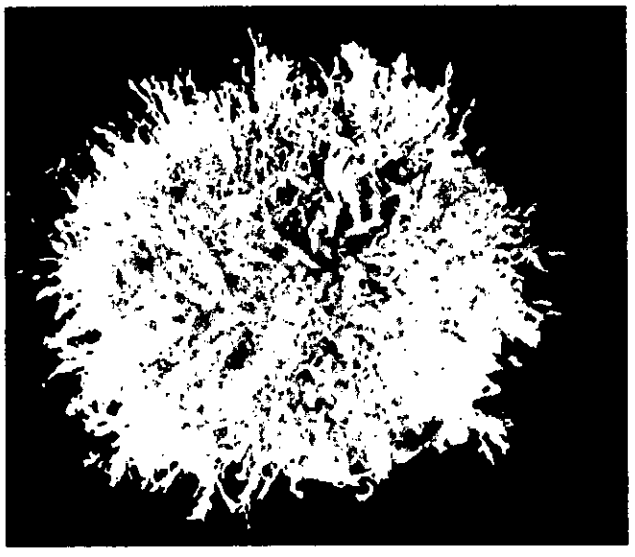
تبدأ الخلايا المتطابقة في المورولا باتخاذ وظائفها المختلفة متبعة المخطط الكروموسومي . وعند وصول كتلة الخلايا تجويف الرحم بعد حوالي اربعة ايام من بداية **الحمل** ، تكون قد كونت (هذه الكتلة) كرة جوفاء تدعى **علقة** (بلاستوسيست blastocyst) . ويتزايد حجم التجويف المركزي المملوء بالسائل أي البلاستوسيل (blastocoel) ، فان معظم الخلايا تتجمع حول جانب واحد منه . وتكون هنالك **القرص الجنيني** (embryonic disc)او **المضغة** (blastoderm) الذي سيصبح الجنين نفسه . واما الخلايا المتبقية والتي تتوزع كطبقة رقيقة حول بقية الكره ، فانها ستكون غشاء **الكوريون** (chorion) . او غطاء الجنين .

تتخلق الخلايا بداخل (البلاستوديرم) في طبقتين : **خارجية** غليظة او **اكتوديرم** (ectoderm) . وهذه ستصبح الجهاز العصبي ، والجلد ، واعضاء الحس . وطبقة **داخلية او الاندوديرم** (endoderm) وهذه ستكون بطانة القناة الهضمية . وفي الانسان كما في معظم الحيوانات توجد طبقة ثالثة **وسطى** او **الميزوديرم** (mesoderm) وهذه ستكون اساس اعضاء كثيرة مثل اجهزة الهيكل والعضلات.

الـــزرع *Implantation*

بعد مرور سبعة الى تسعة ايام على بدء الحمل ، تبدأ العلقة (البلاستوسيت) ، التي تكون سابحة بشكل حر ، وقد صارت تشتمل على بضع مئات من الخلايا بالحفر بداخل بطانة الرحم ، محطمة الاوعية الدموية ، وحافزة انسجة الام للتجمع حولها لوقايتها . واذ تجري عملية الزرع هذه ، وهي تدريجية تستغرق عدة أسابيع ، يحيط بالجنين **الجلايكوجين** الذي يخرج من اوعية الام النازفة ويمده بغذائه الاول . فيبدأ الجنين ، الذي يبلغ حجم رأس الدبوس ، بالنمو بسرعة ، مضاعفا حجمه كل يوم ، في البداية .

وبنفس الوقت ، ينتج عن عملية تخليق الخلايا فجوتان جديدتان في تجويف البلاستوله . **فجوة أمنيونية** (amniotic cavity)بالقرب من الجدار الخارجي



الشكل (٢٢ ــ ٥) نتوءات الارومة المغذية
الارومة المغذية هي النسيج الطلائي الذي يكون الجزء الجنيني من المشيمة ، والجزء الخارجي من الكوريون . وتبدو كنتوءات تفكك الاوعية الدموية في الرحم لتحمل من دم الام المواد اللازمة للجنين النامي .

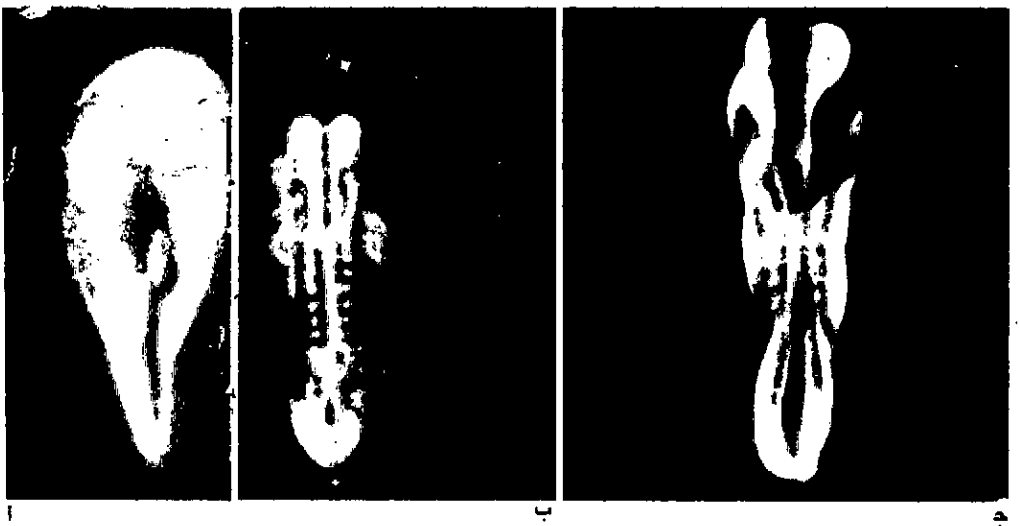
تمتلىء بالسائل الامنيوني ، الذي يوسد الجنين السابح ليحميه من الصدمات . وفجوة ثانية تصبح **كيس المح** (yolk sac) ، الذي ينتج الخلايا الجرثومية الاولية . ويقوم بتكوين خلايا الدم لحوالي شهر ، الى ان يكون الجنين كبدا ، وطحالا ، ونخاعا عظيما .

وبعد مرور ١٢ يوما على الاخصاب ، يكون الكوريون **نتوآت كالاصابع** تدعى (villi) تساعده في تكسير اوعية الرحم الدموية خلال عملية الزرع ، والحصول على بعض الغذاء المهضوم من الام والاكسجين لاستعمال الجنين . وتعيد هذه النتوآت النتاج الضار الى شعيرات الرحم التالفة لتمتصه الاوعية السليمة للام ، وتطرحه ، وآلية التبادل المهمة هذه المكونة من كوريون الجنين وجزء من بطانة رحم الام تكون فيما بعد **المشيمة** (placenta) ، وهي عضو مهم يتصل بجسم الجنين بواسطة **الحبل السري** (umbilical cord) . وتتيح المشيمة لجسم الام القيام بوظائف الهضم ، والاخراج والتنفس والدورة الدموية نيابة عن الجنين قبل ان ينضج . وضمن قوانين الانتشار ، تتحرك المواد الغذائية من منطقة ذات تركيز عال الى اخرى ذات تركيز منخفض ، او من الام للجنين . ونظرا لان التبادل يتم عبر اغشية بواسطة الانتشار دون مزج حقيقي لدم

الجنين والام ، فان الجنين يستلم من الام مواد مختاره . فمثلا ، يمتص الجنين المواد المضادة للعدوى ، ولا يمتص العدوى نفسها ، باستثناء امراض تحملها فيروسات صغيرة جدا تتسلل خلال مرشحات المشيمة .

وتحمل المواد الوافدة خلال المشيمة لجميع اجزاء الجنين بدورة دموية ناشئة وقلب نابض مصغر . وتتكون هذه الاعضاء وانسجة اخرى مبكرا . وفي غضون شهر من بداية الحمل ، تنشأ قناة هضم انبوبية لتعمل كجهاز هضم بدائي . وكذلك تظهر ازواج من أجزاء ستكون عضلات وكلى ، من كتل خلوية غير متخلقة ، وتبدأ بالعمل . وتظهر اجزاء مختلفة ليس لها فائدة ظاهرة للجنين لمدد قصيرة ، ثم تختفي او تتطور لاشكال اخرى .

ويشار الى الفترة من اليوم الثامن عشر الى اليوم الثامن والعشرين من بداية الحمل **بمرحلة التعصب** (neurula stage) ، وذلك بسبب النمو الحساس للجهاز العصبي في هذه الفترة . وقبل ذلك يظهر تغلظ في الخلايا كأخدود على طول المحور الرئيسي للجنين . وخلال مرحلة التعصب تعلو **الثنايا العصبية**



الشكل (٢٢ ــ ٦) : (ا) الصفيحة الجنينية ، بعد حوالي ١٣ يوما من بدء الحمل . ويكون نتوء الخلايا البارز في الصورة والاخدود القريب الذي يسير طوليا باتجاهه ، ما يسمى بالخط البدائي primitive streak ، وهو المحور الرئيسي للجنين .

(ب) و (ج) تبين جنين الانسان بعد ١٩ و ٢١ يوما . لقد ارتفعت الانثنات العصبية على جانبي الخط البدائي ، واتصلت لتكون الانبوب العصبي . وفي اليوم ٢١ يتكون دماغ بدائي في الجزء الامامي للانبوب العصبي ، ويوجد على جانبي الدماغ انخناضين صغيرين هما بداية العينين . أما الخطوط الافقية العمودية حول وسط الانبوب العصبي فهي الثلقات التي ستكون الجهازين الهيكلي والعضلي .

(neural folds) على جانبي هذا **الاخدود العصبي** neurula groove ، ثم تلتقي فيما بعد فوقه ويصبح **الانبوب العصبي** (neural tube) المكون نتيجة لما تقدم ، **حبلا عصبيا** (spinal cord) بعيون بدائية ، ودماغ يبدأ بعد ستة اسابيع من بداية الحمل بضبط الحركات ، وكذلك اعصاب اولية تصل الى كل اجزاء الجنين . وعلى جانبي الحبل العصبي ينمو اربعون زوجا من مقاطع تدعى **فلقات** (somites) هي اساس للجهازين الهيكلي والعضلي .

ويكون النمو في هذه المرحلة الحرجة المبكرة معقدا وكثيرا ما يفشل ، ويتوقف نمو الجنين ، حتى أن حوالي ٣٠ ٪ الى ٥٠ ٪ من البويضات المخصبة قد لاتكون اجنة . وكثير منها يتوقف عن النمو خلال الاسبوعين الاولين ، قبل ان تدري الام انها حامل . **والاجهاض** (abortion) هو انقطاع الحمل قبل ان يتمكن الجنين من العيش خارج جسم امه وخلال **الاجهاض الذاتي ، ويسمى** (miscarriage) ، تعاني الام من الم في اسفل بطنها ، وكذلك يحدث نزيف مهبلي ، وتحضيرا لاخراج الجنين من الرحم خلال المهبل .

جنين الشهر الثالث حتى الوضع

The fetus

بعد حوالي خمسة اسابيع من بداية الحمل ، يبدأ الجنين الذي ينمو بسرعة بأخذ مظاهر انسانية ، ويصبح قابلا للتمييز عن اجنةالدجاج، أو الفئران، او الفيلة . ويشار اليه الان باسم (fetus) وهو الاسم الذي يطلق على مرحلة الحمل حتى الولادة.بالاضافة الى مظهره الانساني في هذه المرحلة ، فانه بعد نهاية الشهر الثاني يصبح اكثر احتمالا للبقاء . وتصبح التأثيرات المدمرة للعقاقير والمرض ، والاشعة اقل خطورة بعد ان يكون الجنين قد كون اجهزته الحيوية وقام ببعض النمو .

فترة التطور *Period of development*

من البداية ، يبدأ الجنين بالنمو سريعا . وبعد شهر من بداية الحمل يكون الجنين ربع انش طولا ، ثلثه جذع هلامي،لا وجه له . وما يبدو وكأنه ذيل، ما هو الا طرف من الحبل العصبي . ويكون الجنين منثنيا مقوسا يكاد الرأس والذنب ان يتلامسا . وبعد ٣٠ يوما ، يبدأ ظهور براعم اليدين والقدمين ، وعضلات الحوض ، واعناق عصبية للعينين ، ومعدة ، وبلعوم وصمامات قلب

وخيوط جذرية للاعصاب . ويأخذ الجنين شكلا انسانيا ، فيختفي ذيله بالتدريج وبستقيم الظهر ، وتظهر اصابع اليدين والقدمين ، وينمو وجه له فكان ، وفتحتا الانف وعينان ملونتان ، واذنان تتكونان من اقبية الخياشيم .

وبالداخل ، تحدث تغيرات سريعة تجعل متابعة نمو الاجهزة الحيوية واحدا واحدا اقل ارباكا من تسجيل التغيرات اليومية للجنين كله . على الرغم من قيام المشيمة بوظائفها ، فان الجنين لا يتمكن من الاستمرار في النمو اذا لم يبدأ دوران دمه وتصريف فضلاته . فبنهاية الشهر الاول ، يبرز القلب الجنيني بوضوح تحت الراس ، ويكون غير كامل الا انه قادر على ضخ الدم بانتظام داخل شرايين واوردة بدائية متشعبة ، من المشيمة واليها بواسطة اوعية دموية في الحبل السري . وتتكون شبكة من الشعيرات الدموية من **جزر الدم** (blood islands) ، وهي خلايا دموية متجمعة هنا وهناك . وبنهاية الاسبوع السابع ، يكون القلب كاملا من ناحية وظيفية ، له صمامات وحجرات كاملة . وفي الشهر الرابع يدور القلب ما يربو على ستة غالونات من الدم يوميا بداخل الجنين ، تذكر بالمقابل ان قلب الكائن الناضج يضخ ١٨٠٠٠ غالون من الدم يوميا خلال ما يعادل ١٠٠٫٠٠٠ ميل من الاوعية الدموية .

وتتطور القناة الهضمية من قناة غذاء بسيطة تمتد من منطقة الفم الى حيث سيتكون المخرج . ويتخلق من هذا الانبوب البدائي كل من المعدة ، والامعاء ، والكبد والبنكرياس ، وفي بادىء الامر تأخذ حيزا كبيرا اذ تبرز من بطن الجنين



الشكل (٢٢ ــ ٧) : جنين الانسان بعد ٢٨ يوما . بنهاية الشهر الاول يكون طول الجنين ¼ انش ، ويكون الجنين مثنيا . ويمكن رؤية منطقة الراس في احد طرفيه . ويبدو الجزء البدائي من الناحية الثانية كانه ذيل ، ولكنه امتداد للانبوب العصبي . ويظهر تحت الراس قلب الجنين الذي يبدو وعلى شكل S ، ويحتوي على شرايين واوردة بدائية .

كأنها « كرش » ولا يفتح المخرج الا في الاسبوع الثامن عندما يكتمل نمو الشرج.

وتنمو ثلاث مجموعات من الكلى . المجموعة الاولى ، وهي **الكلية الاولية** (pronephros) ، تتكون من زوج من اجزاء غير فعالة شبيهة بتلك التي للاسماك الاولية . ثم يحل محل هذا النوع كلى كتلك التي للضفدعة ، وهي **الكلى المتوسطة** (mesonephros) التي تقوم ببعض نشاطات الاخراج بشكل مؤقت ، الى ان يحل محلها بالتدريج خلال الشهر الثاني انابيب الكلى الثديية الدائمة ، او **الكلى المتاخرة** (metanephros) . وتبدأ هذه الكلى خلال الشهر الثالث بترشيح الفضلات من مجرى دم الجنين ، وتمرر احيانا البول الى السائل الامنيوني خلال المثانة التي قد تكونت . وفي الشهر الثامن او التاسع ، قد يبتلع الجنين السائل الامنيوني ، الذي يفرز باستمرار بمعدل ٣ الى ٤ لتر كل يوم ، ليشتق منه بعض الغذاء ، ويعيد دوره الباقي على نحو ما خلال الكليتين الى السائل الامنيوني ، او يخرجه خلال المشيمة . ويستمر جسم الام في القيام بمعظم وظائف الاخراج حتى الولادة ، ولكن يتوجب تحضير الجنين للقيام بذلك كليا حين ولادته .

وكذلك يتوجب ان تتكون الرئتان بشكل جيد للقيام بعملهما في الكائن الوليد. وعلى الرغم من انهما غير ضروريتين للحياة داخل الرحم ، نظرا لان الاكسجين يصل الجنين من مجرى دم الام خلال المشيمة ، فانهما تبدأن نموهما مبكرا . واذا ابتلع الجنين جزءا من السائل الامنيوني مبكرا ، فان بعضه سيدخل الرئتين



الشكل (٢٢ ــ ٨) : جنين الانسان ، وعمره ٣٥ يوما . تكونت براعم اليدين والقدمين كنتوءات من الجسم . ونظرا لان اعضاء الهضم تنمو بسرعة ، فانها تبرز كاكياس نائلة جدا من المنطقة البطنية .

المنطبقتين ليحفزهما الى الامتداد والانقباض كما لو كانتا تتسلمان هواء ، بدلا من السائـــل .

وبنهاية الشهر الثالث ، يظهر فرق واضح بين الجنسين . ففي حوالـي اليوم الثامن والثلاثين بعد بدء الحمل ، تبدأ بعض اعضاء التكاثر في التكويـن . وتتكون **خيوط الحليب** (Milk lines) ، وهي اوائل الغدد الثديية ، في اجنـــة الجنسين . وتعطي هرمونات الام الاولاد والبنات القدرة الاولية لانتاج الحليب، ولكن الذكور يفقدون هذه القدرة حين انفصالهم عن هرمونات الام عند الولادة. وفي اليوم السادس والاربعين يكون نمو الخصية او المبيض قد تقدم كفاية بحيث يمكن تمييز اجنة الاولاد والبنات بمساعدة المجهر . وخلال الشهر الثالث ، تصبح كتل الخلايا التي ستكون البظر او القضيب اكثر وضوحا ، وتبدأ الغـدد المعنية في التكوين . وتتطور بعض اجزاء القناة التناسلية من الكلية المتبقيـــة عندما تحل محلها الكلية المتأخرة .ففي البنات تتحول الكلية الأولية الى قناة فالوب. وتطرح الكلية الوسطى في اجنة البنات ، اما في اجنة الذكور فتصبح قنوات هذه الكلية البربخ وقناة حمل الحيوانات المنوية ، وعند هذه النقطة يكون الذكر قد اكتمل نمو اعضائه التناسلية .

وخلال الشهر الثالث ، يبدأ الجنين في القيام بحركات منسقة صغيرة . وفي البداية ، يستجيب لاي منبه ــ وعندما يلمس في اي مكان ، يتحرك كل الجسم. ولكن في نهاية الشهر الثالث ، يساعده الدماغ والعضلات في التفاعل محليـــا وبشكل مناسب للمنبهات . فاذا لمست شفتاه ، فانه يقوم بحركات امتصاص بفمه تماما كما سيفعل بعد الولاده عند ارضاعه . وتأتي قدرته على الرفـس بقدميه ، وادارة رأسه ، وثني اصابع قدميه ، وقبضة يده ، وفتح فمه ، مـن جهازه العضلي الذي امتد واكتمل ، بعد ان وضع قبل اسابيع قليلة ، فقط ، كأربعين فلقة على طول الحبل الشوكي . ونمو الدماغ من الاهمية ، بحيـث يكبر كالجهاز الهضمي بسرعة اكثر من بقية الجسم ففي حوالي الشهرين يكـون نصف الجنين ، تقريبا رأسا ، حتى يبدو الجنين كشيء كل ثقله في رأسه .

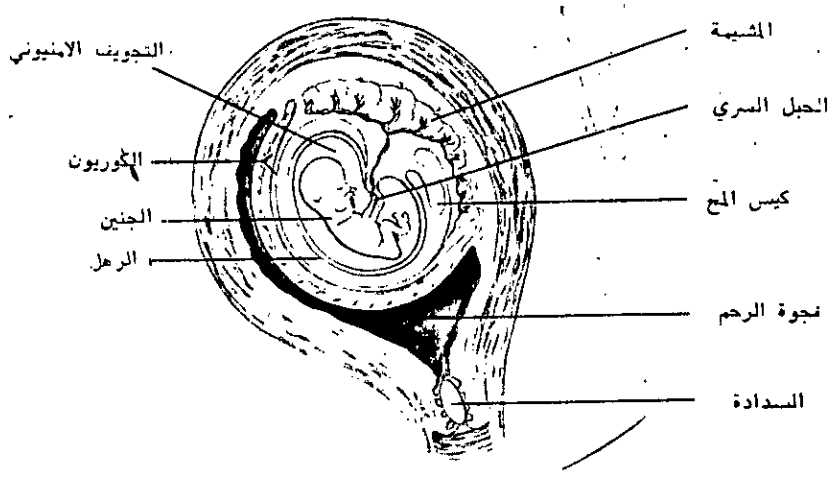
فترة النمـــو : *Period of growth*

رغم كل مظاهر النمو يكبر حجم الجنين قليلا جدا خلال الاسابيع الثلاثة الاولى . وبعد نهاية فترة الشهور الثلاثة الاولى ، يزن الجنين حوالي ٣٠غراما، ويبلغ طوله حوالي ٩ سم ، على الرغم من تعقيد اجزائه الصغيرة . ويزيـد

وزنه خلال الشهور الثلاثة التالية فيبلغ ٧٠٠ غرام . ويستطيل جسمه لياخذ تناسبا ، كما في الكائن الناضج . وتعاد الاحشاء البارزة الى داخل التجويف الذي يستجد اذ يتخذ الجنين وضعا اكثر انتصابا ويصبح الراس اقل بروزا ، وتحتل الاطراف نسبة اكبر من الطول الكلي . ويمكن ان يستعاض بالعظم في اجزاء كثيرة من الجسم عن الغضروف القوي المرن ، الذي كون الاطار للجنين . وهذا يعطي دعما هيكليا افضل للراس الكبير ، ويمنعه من الهبوط في منطقة البطن كما كان سابقا .

ولا يتكون في الانسان رحم ومهبل الا في مرحلة الشهور الثلاثة الثانية . وفي هذا الوقت ، تتزايد الخلايا المولدة في المبيض من الخلايا الجرثومية الاصيلة، وتتجمع في «عشش» لتغذي خلية مولدة واحدة ، ستصبح بويضة في المستقبل، من كل تجمع .

بقلب ينبض بانتظام ، وبصلابة في الجهاز الهيكلي ، آخذه في التزايد وبتنظيم الاجزاء التناسلية ، وبالرئتين ، والقناة الهضمية ، والجهاز العصبي



الشكل (٢٢ ــ ٩) : اغشية جنين الانسان . يظهر الكوريون الذي يغطي الجنين ، وأجزاء اخرى مثل الامنيون ، وكيس المح ، والمشيمة . ويصل الحبل السري ، الذي ينمو من القناة الهضمية ، الجنين بالمشيمة بواسطة شبكة من الاوعية الدموية الجنينية ، واخيرا من خلال شريانين وورید إلى الجنين .

والعضلات ، قد يبدو ان الجنين رغم صغره قادر على الحياة المستقلة اذا ترك الرحم في هذا الوقت . ولكن اذا ولد الجنين في فترة الثلاثة الشهور الثانية فانه على الارجح سيموت نتيجة الحاجة الى لمسات اخيرة . ففي هذه المرحلة ، مثلا ، يفتقر الجنين الى آلية لتنظيم درجة حرارة جسمه . لقد تكونت غـــدد العرق التي تساعد في تبريد جسم الجنين من خلال التبخر ، ولكنها لاتفتح للخارج حتى يصبح عمر الجنين سبعة شهور . ولا تتجمع الدهون التي تخزن لتعـزل الجنين المولد حديثا عن خسارة حرارته الا في الشهر الثامن . وعلى الرغم مـن ان **غدة الثلامس التحتية** (hypothalamus) تتكون باكرا ، (وهي الجزء مـن الدماغ الذي يضبط تنظيم درجة حرارة الجسم) ، فانها لا تبدأ بالعمل حتـــى نهاية فترة الحمـــــل .

فتـــرة الذكـــاء *Period of intelligence*

يستمر الجنين في النمو السريع داخل الرحم ، ويزيد من وزنه ليصل الى معدل ٣ ½ كيلو غرام عند الولادة . وخلال فترة الشهور الثلاثة الاخيرة ، تكون منطقة النمو الاهم هي نمو وتهذيب جهاز عصبي مركزي ، يستلم شتى انـــواع المنبهات من كل اجزاء الجسم وينسق نشاطات الطفل الارادية منها واللا ارادية.

يكون دماغ الجنين في البدء الجزء الاكبر من الانبوب العصبي المركزي ، ثم يمتلىء تدريجيا بالخلايا العصبية ، التي توضع على جانبي الفجوة المركزيـــة المتلئة بالسائل ، **ساق الدماغ** (brain stem) ، الذي يكون متصلا بقنـــــاة شبيهة بالحبل الشوكي . ويستلم الدماغ رسائل من الخلايا العصبية البدائية ، ويوصل تعليماته للعضلات المعنية من خلال الحبل الشوكي النامي . وتنسـق التفاعلات مركزيا بواسطة **قشرة المخ** (cerebral cortex) البدائية غير المكتملة ، التي تخلقت من تركيب الدماغ المبكر ، الذي ، تشكل بدوره من طرف الانبوب العصبي . ويكبر الى حد مميز في اجنة الانسان جزآ الدماغ نصف الكرويين ، الموجـــودان في الجزء العلوي من ســـــاق الدماغ ، او **الدماغ الامامـــي** (forebrain) ، حتى يغطيا جميع اجزاء الدماغ الاخرى . وتتكون انثناءات عميقة في قشرة المخ ــ وهي غطاء الدماغ الامامي لتزيد من المساحة السطحية بدون الحاجة الى تكبير الجمجمة . وتبدأ حركاته ارادية من مقاطع معينة فـي المخ الذي يعطي تحفزا للاحساسات في اجزاء محددة من الجسم . وتتم ايضا في قشرة المخ نشاطات ذهنية تميز الطفل عن الحيوانات الادنى اذ تعمل قشرة

المخ ، كمركز للفكر المنطقي ، والذاكرة ، والتخيل .

يعمل دماغ الانسان البالغ من خلال اقترانات متبادلة بين حوالي ١٠ بلايين من الخلايا العصبية ، تتصل كل منها بحوالي ٢٥ الف خلية اخرى . ومن الصعب التصور كيف أن ال ٤٠ الف جين في المادة الكروموسومية المحتواه في كل خلية انسانية تستطيع توجيه ترابطات متميزة غير عشوائية ، بين هذا العدد من الخلايا الدماغية . والظاهر انها لا تفعل ذلك . ان مجاري الترابط التي تأسست خلال مرحلة الجنين تمثل جزءا من تلك التي في دماغ الانسان البالغ . ان الدماغ الجنيني هو شبكة عصبية وصلت بناء على توجيهات كروموسومية للاستجابات والقدرات الداخلية التي تكون متشابهة لكل الناس . وبعد الولادة، تتكون عدة مجاري جديدة ، بين خلايا الدماغ نتيجة لتجارب الطفل التعليمية ، فتتكون هذه الشبكة وهي تعرف كيف ترى وتسمع .

ان عدد الروابط العصبية في الجنين والانسان البالغ عجيب جدا . على انه قد لوحظت استجابات غريزية قليلة حال الولادة ربما اتاحتها الاتصالات المتبادلة بدماغ الجنين ، وقد شوهدت ايضا في اطفال ولدوا بعد سبعة اشهر من الحمل . فمثلا ، رد الفعل اللا ارادي للرضاعة ، يتولد عند لمس شفاه الطفل **ورد الفعل الجذري** (rooting reflex) ، حيث يدور الراس بحثا عن الغذاء ، يحفز بلمسه على الخد . واذا غير وضع الجسم فجأة . او اذا بوغت الطفل بصوت عال ، فانه يلقي بذراعيه ورجليه بذهول في ما يسمى **رد فعل مورو** (Moro reflex) كأنه يبحث عن انسان يتعلق به طلبا للحماية . واذا اوقف على قدميه ، فانه يأتي بما يسمى **رجع الخطوة** (step reflex) . واذا اعطي شيئا يمسك به ، فانه يظهر **رجع قبض** (grasp reflex) قويا ، وهو يلوي قدمه اذا ضربت على باطنها . وتكون القدرة على الامساك عند الاطفال الذين يولدون بعد سبعة شهور من الحمل قوية الى حد انهم يتمكنوا من حمل وزنهم وايديهم معلقة بطرف ثوب . فلعل رجع القبض هذا بقية من عهد كان فيه الانسان قردا كثيف الشعر وكانت اولاده تتعلق بشعره وهو يتنقل من مكان الى مكان .

وخلال الشهر التاسع والا خير من شهور الحمل ، يتباطأ النمو ، وتبدا المشيمة في الانهيار ، في حين يجهز الجنين نفسه للحظة الولادة الحرجة ، عندما يتوجب عليه القيام بتنفسه ، وهضمه واخراجه . ويكون الجنين قد نما حتى

بلغ طوله من الراس حتى نهاية الظهر من ١٤ الى ١٥ انش ، وبلغ وزنه من ٣ الى ٤ كغم ، وصار يملأ غجوة الرحم الكبيرة ، حتى انه لا يستطيع الحراك بحرية . ومع ذلك يستطيع الجنين ان يعكس وضعه قبل الولادة بقليل ، بحيث يكون راسه متجها الى اسفل في منطقة الحوض المتوسعة كما يضغط نفسه خلال قناة الولادة الضيقة .

وقدرة الطفل على اخذ النفس الاول ستكون العامل الحاسم في تقرير حياة الطفل او موته ، لا يفوقه في الاهمية سوى القدرة على تنظيم درجة الحرارة . وفي خلال ٣٠ ثانية من الولادة ، على **الحويصلات** (alveoli) أو الجيوب الهوائية ــ داخل الرئتين ان تنتفخ وتمتلىء بالهواء ، وان يتم تبادل الاكسجين بداخلها مع ثاني اكسيد الكربون في الدم الاتي من القلب . ويبدو ان رجع الشهيق الذي ينتج عنه بدء عملية التنفس يحفزه تراكم ثاني اكسيد الكربون في مجرى الدم اكثر مما ينبغي .

ازالة اثار ما قبل الولادة *Damaging prenatal influences*

نظرا لعمليات الصقل الدقيقة في الاشهر القليلة الاخيرة التي تحضر الجنين للحياة خارج الرحم ، فان الاطفال الذين يولدون قبل نهاية فترة الحمل، اي حوالي ٢٦٦ يوما من بداية الحمل ، لهم فرص اقل للبقاء . ففي حين يعيش ٩٩ من اصل ١٠٠ ولد انهوا فترة الحمل كاملة (في الولايات المتحدة) ، فان ٧٠ ٪ من المولودين بعد نهاية ٨ اشهر ، و١٠ ٪ من المولودين بعد ٧ اشهر ، يتمكنون من البقاء.ولكن،حتى المولودون بعد فترة الحمل الكامل يواجهون مشاكل النمو غير المناسب التي تظهر بعد الولادة **كعيوب ولادة** (birth defects).وفي الولايات المتحدة ، يولد واحد من اصل ١٦ طفلا بعيب أو آخر ، منها **سقف الحلق المفتوح** (cleft palate)، ومرض القلب ، **والقدم الخنفاء** (clubfoot)، وكذلك **البلاهة المنغلية** (Mongolism)، وهي مجموعة امراض خلقية كأن يولد الطفل منحرف العينين مسطح الجمجمة ، عريض اليدين ، قصير الاصابع ، أو اي من حوالي ١٥٠٠ نقص خلقي ، ان لم يكن مميتا فهو في أحسن الاحوال ضار نفسيا . من الممكن ، بالوقاية المناسبة قبل الولادة ، منع الكثير من ربع مليون حالة ولادة سنويا في الولايات المتحدة ، ترافقها عاهة . ومن هذه العاهات ، حوالي ٢٠ ٪ **وراثية** (inheritable anomalies) ، مثل فقر الدم ذي **الخلايا المنجلية** (sickle-cell anemia) ، **التليف الكيسي** (cystic fibro)،

اللذان ينتقلان من الابوين . اما الباقي ، فانها **عاهات خلقية** (congenital anomalies) ، ينشأ بعضها من قبل احد الابوين المتعرض لتأثير ضار . فكثير من العاهات الخلقية عزيت الى تعرض الام ـ وبالتالي الجنين الى عقاقير معينة ، او امراض ، او اشعاع . ويشتبه احيانا بان عمر الام هو سبب لعاهات وراثية ، فيكون الاطفال الذين يولدون من امهات اصغر من ١٧ سنة ، او اكبر من ٣٥ سنة اكثر عرضة للنمو غير الطبيعي . فمثلا ، **البلاهة المنغلية** (Mongolism)، وهي عاهة تمثل تخلفا عقليا ، تحدث في واحد من بين ٥٠ طفلا يولدون لامهات تزيد أعمارهن عن ٤٥ سنة ، ولكن تحدث في واحد من بين ٢٠٠٠ طفل يولدون لامهات أعمارهن حوالي ٢٥ سنة . ويمكن أن تكون بويضات الامهات الكبار ، التي توجد في مبيضاتها قبل ولادتهن قد هرمت ، وأصبحت اقل قدرة للعمل كاساس لنموذج دقيق للنمو الجنيني .

بالاضافة الى العمر ، فان عددا من **العقاقير المولدة للعاهات** (teratogens)والتأثيرات البيئية المدمرة ، قد ذكرت كأسباب ممكنة لعيوب الولادة . ويمكن ان تصل امراض معدية في الام ، مثل **الحصبة الالمانية** (German measles) أو **الشلل** (polio) أو **السفلس** (syphilis) أو **ابو كعب** (mumps) ، الى الجنين ، نظرا لانها نتجت عن فيروسات دقيقة جدا تمر خلال المرشح المشيمي . ويمكن ان تكون هذه الامراض السبب في حالات خلق غير طبيعية مثل العمى والطرش .ويعتمد تأثير هذه الامراض على الجنين .والطريقة التي تؤثر فيها ، على عوامل تتعلق بمرحلة النمو . وتكون الشهور الثلاثة الاولى اكثر حرجا : فاذا اصيبت الام بحمى خلال الشهر الثالث حيث تكون عملية السمع في طريق التكوين ، مثلا ، فان الطفل يمكن ان يولد اصم . ومن سوء الحظ ، ونظرا لان الجهاز العصبي المركزي يستمر في النمو من مراحل النمو المبكر حتى الولادة ، فانه يكون دائما حساسا للتأثيرات الضارة .

وهناك عدد من العقاقير التي تولد عاهات خلقية . فآلاف الاطفال ذوي العاهات ولدوا في المانيا الغربية في الستينات لامهات استعملن ببراءة مهدئا يدعى (thalidomide) . ويمكن أن يكون للتدخين تأثيرات ضارة ، كالتغير الخطير للدورة الدموية في الجنين ، أو تقليل كمية الاكسجين في الدم أو توقيف النمو ، وغالبا الولادة المبكرة . واذا استعمل المورفين ، فانه يمكن أن يصاب الجنين بالادمان ، او مشاكل تنفس ، وقد يحدث تشنجات ، وربما

موت من استعمال الهيروين .

ويمكن أن يسبب التعرض للإشعاع من مواد مشعة ، واشعة أكس ، تغيرات كروموسومية غير طبيعية ، أو **لوكيميا** (leukemia) ، أو دمارا للدماغ الجنيني . ولا يعرف كم يستطيع الجنين الانساني أن يتحمل من الاشعاع في مراحل مختلفة ، ولكن ، للاحتياط ، يوصي بعض الاطباء باجهاض الحمل اذا تعرضت الام الى ١٠ **رونتجينات** (roentgens) أو أكثر من اشعة أكس . وهذه الكمية هي ١٠٠ مرة اكثر من الاشعاع الذي يأتي من شعاع اكس واحد .

لقد وجدت أنواع أخرى مختلفة من التأثيرات التي تسبب عاهات خلقية وراثية . فقد يؤدي الضغط الكثير أو التغيير الكبير في درجة الحرارة الى تدمير الجنين ، على الرغم من الحماية التي يعطيها الرحم . والكثير من ثاني اكسيد الكربون ، او القليل من الاكسجين ، والتخدير ، والسكري ، والتغذية غير المناسبة للأم ، يمكن ان تتدخل بالنمو السليم للطفل داخل الرحم . ويؤدي النقص في معظم الفيتامينات ، والبروتينات ، والكالسيوم ، والحديد ، والبوتاسيوم الى تأخير النمو .

لقد اظهر البحث الحديث وجود مواد مسببة للعاهات الخلقية في عدد مثير من المواد الملوثة . فلقد وجد أن استعمال البطاطا الفاسدة التي تحتوي على مادة كيميائية مضادة للفطر خلال الشهر الاول من الحمل ، يسبب فتح **الحبل الشوكي** (spina bifida) وهي فجوة في احدى الفقرات التي تسبب بروز الحبل الشوكي ، وهذه الفجوة قد تسبب الشلل او الموت . وقد تسبب ايضا **فقدان الدماغ** (anencephaly) ، وهذه عاهة مميتة ، اذ تمنع نمو قمة الراس ، الذي يحتوي على الدماغ .

انجاب الاولاد — Childbearing

على الرغم من كل الاحتمالات بأن خطأ قد يحدث خلال نمو بويضة مخصبة الى جنين عمره ٩ اشهر ، فان ٩٣ ٪ من الاطفال الذين يولدون (في الولايات المتحدة) يبدون طبيعيين واصحاء عند ولادتهم . وتشير عملية اخراج الجنين خلال الولادة الى الوقت الذي تنحى فيه الحياة داخل الرحم لحياة الاستقلال في العالم الخارجي .

تعمل انقباضات الرحم ، اللا ارادية التي تكون عادة مؤلمة للام على توسيع عنق الرخم وتقصيره ، وعلى طرد الجنين من الرحم من خلال العنق ، الى قناة المهبل . ويمكن التخلص بشكل جزئي من هذا العناء اما عن طريق عقاقير ، أو طرق نفسية . وتستعمل هذه العلاجات بحذر ، نظرا لانها تؤثر في الجنين وفي الام . وهي قد تبطىء انقباضات الرحم وتجعل الام غير قادرة على دفع طفلها الى الخارج .

تختار نساء كثيرات هذه الايام الولادة بدون عقاقير ، فتتغلبن على الالم نفسيا باستعمال طرق الولادة الطبيعية التي ابتكرها الدكتور **جرانتلي ديك ريد** (Dr. Grantly Dick Read) والدكتور **فرناند لاماز** (Dr. Fernand LaMaze) . فالنساء اللواتي يخترن الولادة الطبيعية يتعلمن مسبقا كيف يواجهن آلام الولادة بالفهم وليس بالخوف الذي يزيد الالم من خلال توتر العضلات . وتقترح لهن تمارين تجهز أجسادهن لدفع اطفالهن بنشاط ، ويأخذن بتدريبات في تمارين على الاسترخاء . وتؤكد هذه التمارين على طرق وتمارين خاصة بالتنفس .

الطلق Labor

تسمى المرحلة الاولى والاطول في عملية انجاب الاولاد **بالطلق** (labor) . ونظرا لان جسم المراة يعمل بجهد كبير لدفع طفل وزنه بين ٣ و ٤ كيلو غرامات من خلال الفتحة الضيقة في منطقة الحوض والمهبل ، ولجعل خروج الطفل ممكنا، يتوسع عنق الرحم ، الذي يبلغ طوله ½ انش ، بشكل تدريجي ، بحيث يتغير قطره من ½ انش الى حوالي ١٠ سم . وكذلك فانه يتمدد نتيجة الضغط السفلي الذي يمارسه راس الطفل . ويحضر المهبل لعملية الولادة باقرازه مادة الجلايكوجين ، الذي يتحول الى مادة مضادة للبكتيريا وهي **الحامض اللبني** (lactic acid) ، وبهذا تعقم قناة الولادة .

وعندما يبدأ عنق الرحم بالتوسع ، تباشر جدران الرحم العضلية بانقباضات لا ارادية متتابعة بانتظام . ويمكن أن تكون هذه الانقباضات منفصلة بعضها عن بعض بحوالي ١٠ الى ١٥ دقيقة في البداية ، وتستمر الطلقة (الانقباضة) من ١٠ الى ٢٥ ثانية . وتستمر فيما بعد لحوالي دقيقة ، وتحدث مرة كل دقيقتين أو ثلاث . وتولد هذه الطلقات ضغطا معدله ٢٥ الى ٣٠ رطلا

في المرحلة الاولى ، وفي المرحلة الثانية ــ مرحلة خروج الطفل ــ يصل الضغط الى ٦٠ رطلا .

ان بلوغ مرحلة اخراج الطفل يحدث بشكل فجائي عندما يتيح التمدد الكامل لعنق الرحم مرور الطفل ، ويسبق هذا ، عادة ، نزول السائل الأمينوني عندما يمزق ضغط الطلق الغشاء الامنيوني . والان يضغط الراس على اسفل المهبل والامعاء ، وتحدث تأثيرات تحضر الام لتنزيل الطفل من داخلها . وبينما يدفع الطفل الى اسفل نتيجة الانقباضات الرحمية والبطنية ، فان رأسه يدور لتلج قمة الراس في ممر الولادة . ونظرا لأن عظام جمجمة الطفل ليست ملتحمة بعد ، فانها قد تتحرك قليلا لتتناسب وتركيب قناة الولادة .

الـــولادة Delivery

بعد حوالي ٧ الى ١٢ ساعة من الانقباضات ، ينتهي الطلق اخيرا لتبدأ **الولادة** (delivery) ، وهي عملية عبور الطفل خلال قناة الولادة ، وخروجه من جسم امه . واذا سار كل شيء على مايرام ، فان رأسه يبدأ بالظهور في فتحة المهبل ، ويكون عادة متجها لخلف المراة . وعلى الرغم من أن المهبل قادر على الامتداد بشكل كبير ليسمح بمرور الطفل ، فانه غالبا ما يشق قليلا (على يد الطبيب) تجنبا للتمزق العشوائي عند تخطي حدود ليونته .

وعند خروج الراس من اضيق اجزاء قناة الولادة ، فان الطبيب يشده بلطف ، فيتبعه بقية الجسم بسهولة . ولكن ، اذا فشل الطفل بعكس وضعه داخل الرحم ، فقد تظهر أولا منطقة الردف . وتعادل نسبة هذه الحالات حوالي ٣ر٥ ٪ من الولادات المهبلية . وفي هذه الحالة تمتد فترة الطلق لحوالي ساعة ، ويمثل هذا خطرا في أن يبدأ الطفل بالتنفس قبل ان يغادر بطن أمه ، مما يؤدي الى الاختناق . وفي حالات ولادات مهبلية اخرى تمثل نسبة ١ر٥ ٪ يظهر الطفل مستعرضا ــ الكتفين اولا ــ او الوجه أولا ، واحيانا تتقدم مقدمة الراس وليس مؤخرته الصغيرة الى اسفل قناة الولادة .

وتتم حوالي ٦ ٪ الى ٧ ٪ من حالات الولادة (في الولايات المتحدة) بالطريقة **القيصرية** (Caesarean section) ، حيث يخرج الطفل جراحيا خلال شق في البطن والرحم . وتلزم هذه الطريقة (التي سميت نسبة الى الحاكم

الروماني يوليوس قيصر الذي عرف بأنه ولد بهذه الطريقة) اذا كان الطفل كبيرا جدا بحيث يصعب عبوره خلال منطقة الحوض ، أو نتيجة لاعتبارات صحية للام أو للطفل . وتقام هذه العمليات عادة قبل توقع بدء الطلق ، ولكنها تتم أحيانا احتياطيا عندما يهبط نبض قلب الجنين بشكل خطر خلال محاولة الولادة المهبلية.

وفي الولادات المهبلية والقيصرية ، حال خروج الطفل من رحم الام ،يمتص السائل المخاطي من فمه وانفه بمحقن لتنظيف ممرات التنفس . وصرخته الاولى انما هي رد فعل للشهيق اذ تمتلىء رئتاه بالهواء ، ويبدأ بالتنفس .ويتسلم الطفل الذي لايزال متصلا بالمشيمة بواسطة الحبل السري آخر دفعات من دم المشيمة قبل أن يقطع هذا الحبل .

وفي الطرق العادية في المستشفى ، ينظف الطفل الوليد وينشفه شخص مختص ، ويحقنه بفيتامين (K) ليمنع النزيف ، ويضع نقاطا من نيترات الفضة في عينيه ليمنع العدوى ، ومن ثم يفحص الطفل ليتأكد انه قادر على الحياة المستقلة والصحية . ويصنف المواليد الجدد بناء على **نظام أبجار القياسي** (Apgar Scoring System) ، وذلك حسب النبض ، أو التنفس ، ووقع العضلات ، ورد الفعل التأثري واللون . ويمكن أن تتطلب النتائج المنخفضة اجراءات لانقاذ الحياة .

فترة ما بعد الولادة — Afterbirth

بعد الولادة تستمر الانقباضات خفيفة لتحرج المشيمة ، (الخلاصة) بعد حوالي خمس دقائق من ولادة الطفل . وبفصل المشيمة عن جدران الرحم ، تنزف خلايا الرحم لمدة قصيرة قبل أن توصدها عضلات الرحم . ويبدأ الرحم بالعودة الى حجمه السابق ، حيث لا طفل ، ولا مشيمة ، ولا سائل امنيوني . وتستمر الانقباضات الرحمية التي يسببها ارضاع الطفل لبعض الوقت ، ويدفع هذا الى اخراج الفضلات المتبقية او يساعد في تقليص الرحم الذي كبر كثيرا الى حوالي ١/١٠ أو ١/٢٠ من الحجم الذي بلغه قبل الولادة . وفي عملية الانكماش هذه ، تتخلص كل عضلة في الرحم من السيتوبلازم الزائد الذي ساعد في نموها الكبير خلال فترة الحمل .

الارضـــاع

يعطى الطفل لامه بعد الولادة اذا كنت مستيقظة ، وبعد انتهاء المختص من فحصه واعتمادا على نظام المستشفى وتفضيل الام ، فانه يمكن تشجيعها لتجربة ارضاع الطفل من صدرها . واذا لم تختر ذلك ، فانها تعطى عقارا لوقف انتاج الحليب ، ويوصف لها معادلة لارضاع طفلها من الزجاجة .

عادة ، لا يوجد حليب في ثدي الام التي تختار ارضاع ابنها في بـادىء الامر ، انما يكون فيه فقط سائل اصفر يعرف **باللباء** (colostrum) . وهو يمد بحراريات قليلة ، الا انه غني بالمضادات الحيوية التي تمد الطفل بمقاومـة المرض والعدوى ، الى ان يستطيع تصنيع مضاداته الخاصة ــ وكذلك يمـد اللبا الطفل بالبروتين والمواد المعدنية ، وفيتامين A ، ويعمل كملين لطيف .

اذا وضع فم الطفل على ثدي الام ، واذا لم يكن نائما بفعل عقاقير مهدئـة أعطيت للام من اجل تخفيف المها ، فانه سيمص اللبا بشغف ، فيحفز ذلك مركز **الهايبوثلامس** في دماغ الام لتنشيط الغدة النخامية لافراز هرمون **أكسـي توسين** (oxytocin) ، الذي يحمل بسرعة خلال الدم الى الثديـين ، حيـث يحفز حويصلات الثدي ، وهي كيسات تنتج الحليب ، للانقباض ، ودفـع محتوياتها في قنوات تقود الى فتحات في حلمات الثديين . وفي غضون أيام قليلة، تنتج الحويصلات حليبا ، يتغذى به المولود الجديد ، يحفزها الى ذلك رضاعة الطفل وهرمون آخر تفرزه الغدة النخامية عند الولادة . وتتاثر نوعية الحليب بغذاء الام . ويؤمن غذاء متوازن مكون من البروتينات ، والفيتامينات ، والحديد، والكالسيوم والسوائل ، انتاج الام لكمية كافية من الحليب الممتاز ، كما انـه يؤمن احتياجات الام الغذائية . ويمكن ان يسبب سوء التغذية في الام الى تخلف عقلي لدى الطفل ، نظرا لان حليبها هو غذاؤه الوحيد في البداية ، عندما يكون جهازه العصبي مازال في حالة النمو .

ويصر معظم الباحثين الذين يهتمون بسلوك المولود الجديد على ان التاكيد الحالي على الولادة الطبيعية يجب ان يصحبه تعديلات متشابهـة في اجراءات المستشفى للسماح بالمعاملة الطبيعية للطفل بعد الولادة . ويدعون بأن اساليب الاهتمام بالطفل بعد ولادته مهما تكن فعالة ، ان لم تكن ذاتية (تمنحه الحنـان

لشخصه) ، يمكن أن تحول بشكل خطر دون ايجاد رابطة واقية بين الام وطفلها الجديد ، وكذلك تبطيء من عملية شفاء الام . ويقترح الدكتور **مارشال كلاوس** (Dr. Marshall H. Klaus)بان الساعات القليلة الاولى التي تلي الولادة يمكن أن تكون فترة ارتباط حرجة ــ اذا منعت الام من التعامل مع طفلها ، واذا لم تعط فرصة جيدة لاستكشافه وملاطفته خلال هذه المرحلة الحساسة التي يكون فيها اطفال كثيرون على يقظة تامة ، فانها يمكن ان تفشل في تنمية استجابات الامومة لرعاية الطفل . وتوحي نتائج التجارب على السلوك الحيواني بان لها ما يقابلها في الانسان . فاذا فصلت امهات العجول او الماشية ، او الغنم عن اطفالها في الساعة الاولى او الثانية بعد الولادة ، فانها تدفع نسلها بعيدا عند جمعهما ثانية .

ويوحي دليل آخر بأن الاحتكام الكافي مع المولود الجديد يقوي من دور المراة في رعاية الطفل ويساعدها في القيام بواجبها اسرع من الامهات اللواتي يسمح لهن باحتكاك قليل مع اطفالهن . وهنالك احتمال كبير بأن رضاعة ثدي الام تسرع من شفاء الام ، ذلك ان هرمون الاكسي توسين يحفز انقباضات تعيد الرحم الى طبيعته .

تحديد النسل

Family planning

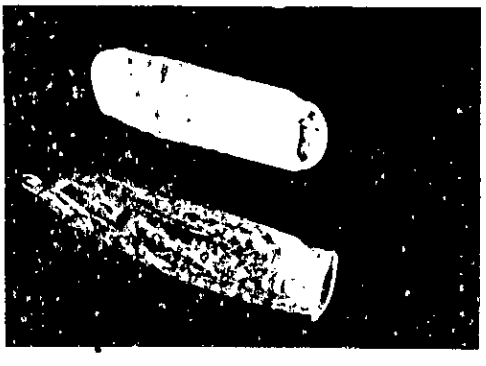
في مواجهة القلق المتزايد من خطر نمو المجتمعات بلا حدود ، ولاعتبارات شخصية ، فان أزواجا كثيرين ينشدون تحديد عدد ابنائهم . وفي احيان كثيرة، يتخوفون من ان ارتفاع تكاليف تربية الاطفال ، اي تكاليف الغذاء والمأوى والملابس ، والعناية الطبية ، أو التعليم — سوف تحبط رغبتهم في رفع مستواهم المعيشي . وبسبب عدم قدرتهم على تخفيض تكاليف زعاية الاطفال ، فانهم ، بدلا من ذلك ، يقللون من عدد الاطفال الذين يعولون . وهنالك ازواج « عصريون » يجدون تربية الاطفال امرا مكروها ، فيسعون الى التحلل من واجبات الامومة والامومة .

كانت الطرق القديمة لتجنب الحمل غير المرغوب فيه **الاجهاض** (abortion) **وقتل الاطفال** (infanticide)، ولكن عندما عرف بأن الاتصال الجنسي هو سبب الحمل ، جاءت عدة طرق لمنع الحمل قبل حدوثه . وتشتمل وسائل منع الحمل المنقولة من مجتمعات واوقات أخرى على سد المهبل ، وسد مدخل عنق الرحم بأمور مثل الريش والعشب ، وزبل التماسيح، وكذلك قتل الحيوانات المنوية من خلال اضافة مواد مثل عصير الحامض ، والصمغ الى المهبل ، وحتى شق القضيب بحيث يخرج السائل المنوي قبل أن يدخل المهبل .

أما وسائل منع الحمل الان فتذهب ابعد من منع الحمل . ان الازواج يريدون موانع حمل لا تقاطع الجماع الجنسي ، ولا تجعله أقل استمتاعا ، ولا يتطلبون مواد غير مناسبة ، أو زيارات متعددة للطبيب ، بل يريدون طرقا قليلة التكاليف ، غير ضارة ، مقبولة جماليا ، وفعالة في حوالي ١٠٠ ٪ من الحالات . ولا توجد الان طريقة تفي بكل هذه المتطلبات . وحوالي ثلث الاولاد الذين يولدون (في الولايات المتحدة) لم يكن مخططا لهم ، وبعضهم غير مرغوب فيه ، ومن ثم تنشأ مشاكل اجتماعية متعددة . ان هدف المدافعين عن تحديد النسل هو التأكد من ان كل طفل يضاف الى سكان العالم يولد لأبوين يرغبان فيه ويكونان على استعداد للعناية به .

الطرق الطبيعية لمنع الحمـــل Natural methods of contraception

ان الطريقة الطبيعية المعتمدة لمنع الحمل هي الابتعاد عن الجماع الجنسي. ولكن اناسا يريدون درجة من الحرية الجنسية ، وقد يقبلون ان تتحكم بها اعراف دينية ، فهؤلاء يعمدون الى الابتعاد عن فترة العادة الاكثر اخصابا . فـــلأن البويضات تبقى حيوية لفترة ١٢ ساعة بعد افرازها ، بينما تعيش الحيوانات المنوية لفترة ٧٢ ساعة بعد القذف ، فان الفترة التي يجب تجنبها (في الجماع الجنسي) هي ٣ أيام قبل افراز البويضة (من المبيض) ونصف اليوم الـــذي يلي ذلك . ولهذه الطريقة لمنع الحمل ــ وتسمى طريقة **التكرر النظامـــي** (rhythm method) ــ فان الفترة التي يمكن ان يتم فيها الحمل تحدد بعد الايام من فترة حيض واحدة الى فترة اخرى لمدة سنة ، لمعرفة الفترة التي يتم فيها افراز البويضة (عادة بعد ١٢ الى ١٦ يوما من بدء العادة الشهرية) . ولكن لأن العادة الشهرية غير منتظمة في حوالي ٩٩ ٪ من النساء ، فانه من الصعب جدا التأكد من الفترة التي يكون فيها الجماع آمنا ، ولذلك فان المنع يجب ان يشمل جزءا اطول من العادة الشهرية . وحسب اسلوب حديث تقوم المراة يوميا وبانتظام بتسجيل **درجة حرارة جسمها** ((BBT) basal body temperature) قبل نهوضها من السرير صباحا . ويظهر بأن ارتفاعا مقداره ½ ــ ¾ درجـــة فهرنهايت يشير الى بداية افراز البويضة . وبعد ثلاثة أيام من هذا الارتفاع، يعتبر الجماع امينا حتى فترة الحيض التالية . ولا يسمح بالجماع ابدا قبـــل الافراز . ولكن ، حتى في حالة اشراف طبيب على طريقة التكرر المنتظم ، فان هذه الطريقة التي تعتمد على درجة الحرارة تفشل في منع الحمل في ٧٪ من النساء كل سنة ، وتفشل طريقة التكرر المنتظم الميقاتية في ١٦ ٪ من الحالات .



الشكل (٢٢ ــ ١٠) : الكوندوم

ولكن كلا الطريقتين تحدان الجماع الجنسي الى حد كبير . وتتطلبان ضبط النفس وضبط المواقيت .

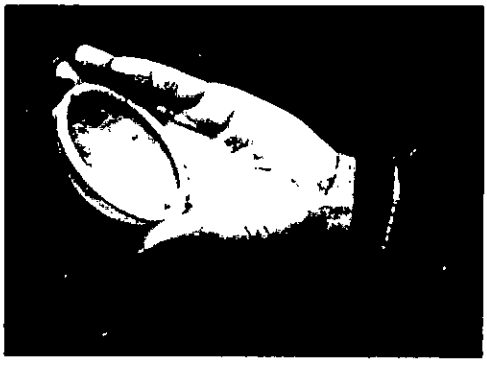
واقدم طريقة طبيعية لمنع الحمل هي **قطع الجماع** (coitus interruptus) اذ يسحب القضيب من المهبل قبل القذف . وربما تكون هذه الطريقة اكثر شيوعا في العالم اليوم . وهي تتطلب انضباطا كبيرا من جانب الرجل . ولكن عدم سحب القضيب في الوقت المناسب ، وسيلان نقط قليلة من السائل المنوي قبل القذف ، ووجود كميات ضئيلة من هذا السائل على الاعضاء التناسلية الخارجية للمراة ، يمكن أن تؤدي الى الحمل . ويمكن ان تحد هذه الطريقة من الاشباع الجنسي للمراة وتحرمها من الاسترخاء الذي يعقب انتصاب انسجتها وقد يكون لها عواقب نفسية سيئة على الرجل . الا انها فعالة من ٧٨ الى ٨٥ ٪ من الحالات . ويمكن اجراؤها بحرية وبلا تكاليف ولا تحتاج الى استعداد او حسابات ، ويمكن معها الجماع في أي وقت . ويبدو انها الى حد كبير هي السبب في انخفاض سرعة التزايد السكاني في اوروبا .

الطرق الآلية لمنع الحمل
Mechanical methods of contraception

لقد ابتكرت عدة وسائل آلية لمنع مروز السائل المنوي لأنابيب فالوب ، او لمنع زرع الجنين اذا تم الحمل . ويساعد استعمال **الكوندوم** (condoms) ، وهو غشاء مطاطي دقيق يغطي القضيب قبل القذف لالتقاط الحيوانات المنوية — ليس فقط في منع الحيوانات المنوية من دخول المهبل ، ولكنه يمنع انتشار عدوى الزهري من شخص لآخر . واذا لم يتمزق هذا الغشاء ، كما يحدث في واحد من كل ١٥٠ — ٣٠٠ حالة ، او ينزلق ، بحيث تتسرب بعض الحيوانات المنوية الى المهبل ، فانه يمنع الحمل بشكل فعال ، خاصة اذا استعمل مع مواد كيميائية ملينة للمهبل وقاتلة للحيوانات المنوية . وعلى الرغم من أن هذه الوسيلة غير ضارة وفعالة في ٨٣ الى ٨٨ ٪ من الحالات ، فان مآخذ استعمالها تشتمل على امور مثل المقاطعة وتبليد الحاسة الجنسية .

وهناك نوع آخر من الطرق الآلية هو استعمال ما يسمى **بالحجاب** (diaphragm) . توضع هذه الاداة عند عنق الرحم ، لتمنع دخول الحيوانات المنوية الى قناة العنق . ويجب ان يوضع الحجاب وهو نصف كرة مطاطي ، على

حلقة معدنية قبل الجماع الجنسي ، ويجب ان يبقى في مكانه لمدة ست ساعات . ويمكن وضع غطاءات عنقية صغيرة ، تكون عادة صعبة التثبيت في مكانهـا بشكل دقيق ، لكل الفترة بين دورتي حيض . واذا استعملت هذه الادوات مـع مواد كيميائية قاتلة للحيوانات المنوية ، فانها تكون فعالة وغير ضارة بنسبـة ٨٨ — ٩٠ ٪ في النساء اللواتي يكن غير حساسات للمطاط . ولكن بسبب عامل الازعاج ، يهمل كثير من النساء استعمالها عند كل جماع . وقد ينزلق الحاجـز

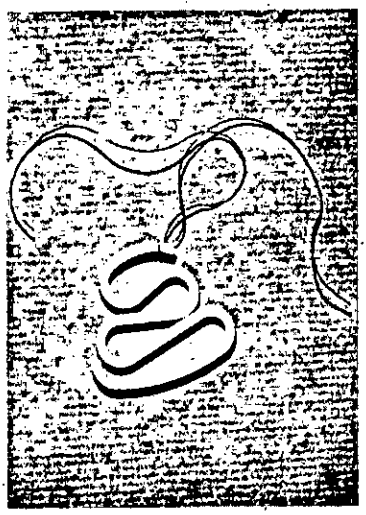


الشكل (٢٢ ــ ١١) : الحجاب

من مكانه عندما يسبب التهيج الجنسي انتفاخ الجزء العلوي من المهبل .

والوسيلة الالية الاخرى المسماه (I. U. D.. or intra-uterine device) فعالة جدا ، ولكنها ما تزال موضوع جدل ، يستعملها حوالي ٦ مليون سيدة في العالم . يوضع المانع في الرحم جراحيا وهو من البلاستيك او الفولاذ الذي لا يصدأ وعلى اشكال مختلفة ، ويمكن تركه هناك الى مالا نهاية . ويمكن للمراة ان تتأكد مـن وجوده بتحسسها لطرف خيط مربوط به ، وبارز من عنق الرحم . وعلى الرغم من انه لا يعرف احد كيف تعمل هذه الطريقة ، فانه يبدو انها تمنع زرع الجنين وذلك باثارتها لبطانة الرحم ، خالقة بذلك بيئة معادية لاستقرار البويضـة المخصبة في الرحم . ولكنها قد تكون مثيرة الى حد ان يطردها الرحم مـن الجسم بدون معرفة المراة . وان نسبة طرد بين ١٠ و ١٢ ٪ تقلل من فعالية هذه الطريقة ، ثم هي قد لاتمنع الحمل دائما حتى اذا وضعت بشكل مناسب في مكانها . ومع ذلك فهي فعالة في ٩٢ الى ٩٨ ٪ من الحالات حسب نـوع المانع ، وعمر السيدة ، وعدد حالات الحمل السابقة عندها . وهذه الوسيلة تمنع الحمل بغض النظر عن الدافع والانضباط الذاتي لدى المستعمل . ولكن يمكن ان تسبب نزيفا قويا ، والتهاب الحوض والعدوى ، او تثقيب الرحـم عند بعض النساء . وهناك اسئلة حول عوارض جانبية اخرى ، كمثل العلاقة

الشكل (٢٢ ــ ١٢) : وسائل داخل الرحم



بين استعمال هذه الوسيلة والسرطان ، وهذه يمكن اجابتها بعد استعمالها لفترة طويلة عند عدد كبير من النساء .

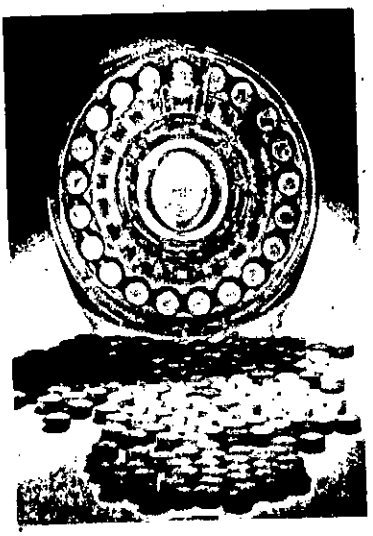
وهناك وسيلة اخرى لمنع الحمل آليا وهي طوق ، أو سد ، أو صمام دقيق يستعمله الذكر . وقد صمم لاقفال مجرى النطف ، وبالتالي يمنع مرور الحيوانات المنوية وذلك بدون اتلاف الانسجة المجاورة . ومن مخاطر هذه الطريقة اعاقة تجاوب الذكر الجنسي ، وانتاج نطفة تالفة جزئيا تكمن فيها عيوب خلقية .

الطرق الكيميائية لمنع الحمل Chemical methods of contraception

اذا رش المهبل مباشرة بعد الجماع الجنسي بمحلول مادة **قاتلة للنطف** (spermicidal)فمن المحتمل منع الحمل . ويستعمل الخل في محلول مائي ، أو اي محلول آخر ، في طريقة **الدوش** (douche)او الرشاش ، وهي فعالة بنسبة ٤٠ ــ ٦٦ ٪ ، نظرا لأن النطف يمكن ان تختفي في قناة العنق بعد حوالي ٩٠ ثانية من عملية القذف .

وقد توضع كريمات قاتلة للنطف ، أو تحاميل قبل الجمّاع . وهذه اكثر فاعلية من الرشاش الذي يؤخذ بعد الجماع . ان فاعلية هذه الطريقة تبلغ حوالي ٩٠ ٪ ، ولكن عند استعمال الكريمات بكميات كثيرة ، فانها تؤدي غالبا الى سيلان مزعج من المهبل ، وهي اكثر فعالية لمنع الحمل عند استعمالها

الشكل (٢٢ ــ ١٢) : حبوب منع الحمل



مع عوائق آلية ، مثل الكوندوم ، والحاجز ، وغطاء العنق .

ويتوافر الان نوع مختلف كليا من التدخل الكيميائي ، بشكل **موانع حمل تؤخذ بالفم** (oral contraceptives) فتمنع افراز البويضة ، وهي تؤخذ يوميا خلال معظم الدورة الشهرية . وتحتوي حبوب منع الحمل على هرمونات صناعية تشبه هرمون **استروجين** (estrogen) **وبروجستيرون** (progesterone) اللذين يمنعان افراز البويضة ، ويسمحان بسقوط بطانة الرحم مع النزيف الحيضي . واذا أخذت حسب التعليمات ، فان هذه الحبوب (التي تحتوي على استروجين وبروجستيرون) تكون فعالة بنسبة ٩٩٫٧ ٪ وتسمى هذه الحبوب **بالحبوب الجمعية**(combination pills). وهنالك **الحبوب المتلاحقة** (Sequential pills) تكون فيها الحبوب التي تؤخذ في البداية محتوية على استروجين فقط ، وهذه فعالة بنسبة ٩٨ ــ ٩٩ ٪ . وعلى الرغم من أن هذه هي الوسيلة الاكثر فعالية في منع الحمل ، فان لحبوب منع الحمل عوارض جانبية غير مرغوب فيها . انها تخلق حالة هرمونية شبيهة بالحمل ، ولذلك فانها يمكن أن تسبب زيادة في الوزن ، ونعومة في الصدر ، ووجع رأس ، وغثيانا ، ونزيفا خفيفا خارج فترة الحيض ، وحصر بول ، وخاصة خلال الشهور القليلة الاولى من استعمالها . وتبين التجارب على الحيوانات المخبرية بأن حبوب منع الحمل يمكن ان تسبب السرطان في بعضها ، ولكن للان لا يوجد برهان قاطع على زيادة حدوث السرطان بين مستعملي الحبوب . ولكن المشكلة الكبيرة في استعمال هذه الحبوب هي التخثر غير الطبيعي ، بل احيانا المميت ، الذي يسببه هرمون

استروجين . فمن حوالي ١٠٠٫٠٠٠ امراة تستعمل الحبوب ، فان ثلاثا يمتن كل سنة نتيجة انسداد الاوعية الدموية بتخثر الدم ، وهذه نسبة أعلى عدة مرات من الموت الناتج من تخثر الدم عند غير مستعملي حبوب منع الحمل . ويذكر المدافعون عن استعمال حبوب منع الحمل بأنه يموت ٢٥ امراة من كل ١٠٠٫٠٠٠ امراة حامل نتيجة تاثيرات الحمل ، مستنتجين بذلك ان استعمال الحبوب هو اهون الشرين . ولا تعرف التأثيرات البعيدة المدى للكبت المتواصل لافراز البيوض ، ولكن يمكن أن تشتمل هذه التأثيرات على تغيرات في استقلاب الكربوهيدرات ، ووظيفة الكبد ، والغدة الدرقية .

ولقد كان التقدم بطيئا في البحث عن طريقة كيميائية لمنع الحمل عند الرجال، كمنع تكوين النطف او منعها من تادية وظيفتها . وهناك طريقة لا تزال تحت التجربة الكثيفة هي كبح الهرمونات المغذية للخصي وذلك عن طريق اضافة بروجستيرون لمنع تكوين الحيوانات المنوية ، **وتستوستيرون** (testosterone) للمحافظة على الخواص الجنسية العادية . ولكن ، يعتقد بأن البروجستيرون يؤدي الى فقدان **الشهوة الجنسية** (libido) ويمكن ان تؤدي كميات كبيرة من تستوستيرون الى تعقيدات استقلابية او قلبية وعائية .

طرق جذرية Radical methods

تلجأ اعداد متزايدة من الناس الى اساليب « متطرفة » لمنع الولادات غير المرغوب فيها . وحيث يسمح القيام بذلك ، تختار سيدات كثيرات انهاء الحمل عن طريق الاجهاض اي اخراج الجنين الصغير جدا بالجراحة . والطريقة القديمة للاجهاض كانت بتوسيع عنق الرحم ، ووضع **مجرفة** (curette) وهي اداة بشكل طوق لحك (كشط) تجويف الرحم . وهناك طريقة أحدث للاجهاض هي **الشفط** (Aspiration) . وهي تعني تفريغ محتويات الرحم بوسيلة شفط . وكلا الطريقتين معرضتان لتعقيدات ، مثل تمزيق الرحم ، والفزيف ، واخراج غير كامل للجنين والمشيمة ، والعدوى .

ويختار الرجال والنساء الذين يقررون عدم انجاب اطفال ، طريقة **التعقيم** (sterilization) — او المنع الدائم لاخراج الخلايا الجرثومية . **وفي** الرجال تسمى احدى الطرق (vasectomy) — وهي طريقة بسيطة تجري

في عيادة طبيب . ومن خلال شق صغير على جانبي الصفن ، يربط **الحامل للنطف** (vas deferens) في موضعين — ويقطع ما بينهما . وبالتالي لا تستطيع النطف وصول المثانة . ولكن عملية وقوف القضيب لا تتأثر ولا ينقص حجم السائل المنوي الا قليلا ، نتيجة عدم وجود النطف . ويستمر تكوين النطف ، ولكنها تتفكك ويمتصها البربخ . واذا لم يتم وصول طرفي انبوب النطف بتكوين قناة جديدة لتمريرها ، وهذا يحدث بنسبة ١ ٪ من حالات قطع القناة ، فان العملية ناجحة ١٠٠ ٪ في منع الحمل . وبعد قطع قناة النطف ، هنالك فترة انتظار أولية ، تفرغ فيها الاجزاء التي تصل الى المثانة من الحيوانات المنوية

وحتى وقت قصير ، كان تعقيم المراة ، عملية جراحية رئيسية ، نظرا لانها تستوجب القطع في تجويف الجسم . يتحقق منع الحمل بربط وقطع قنوات فالوب ، فتستمر البويضات في الخروج ، ولكن تمنع من وصول الرحم . والوصول الى قناة فالوب يتطلب جرحا اما من خلال البطن ، او من قمة المهبل . اما تعقيم المراة بواسطة **الطريقة المجهرية البطنية** (laparoscopy)فأمر حديث ويتطلب تطبيبا قصيرا . **والمجهر البطني** (laparoscope) هو انبوب له زجاجة مكبرة ، ومصدر ضوئي ، يوضع خلال فتحة بطنية صغيرة ، ويتوسع البطن بثاني اكسيد الكربون لدفع الامعاء عن الطريق . ثم تقطع قنوات فالوب وتكوى بالة دقيقة موضوعة بالمجهر البطني .

وهنالك طريقة جديدة للتعقيم لم تجرب بشكل كاف ، ولكنها واعدة وامينة ، وبسيطة ، ولا تتطلب الا ساعات قليلة مع الطبيب . وفي هذه الطريقة ،تسحب حلقة مطاطية تدعى **حلقة فالوب** (fallope ring)كلا من قنوات فالوب ، وتمسك بها بقوة . فتصبح قناة فالوب عند قطع امدادها بالدم نسيجا خيطيا .

ان عمليات التعقيم في الذكور والانثى غير قابلة للرد ، ولكنها فعالة ١٠٠٪ وتقدم حلا نهائيا لمنع الحمل غير المرغوب فيه .

ملخص الفصل الثاني والعشرين

خلافا لما في الحيوانات يكون كيس المح في الانسان ، خلايا جرثومية اولية ـ اي البويضة والحيوان المنوي ـ وهذه تتخلق لتكون الخصي التي تنتج النطفة (الحيوان المنوي) ، او المبيض ـ الذي يكون البويضات . وعند بلوغ حوالي السن الثانية عشرة ، تبدأ العادة الشهرية ، أو الافراز الشهري للبويضة ، في الانثى . وفي منتصف الدورة الحيضية ، تخرج البويضة من غشائها الواقي في عملية تدعى الاباضه . واذا لم تخصب ، فان البويضة تخرج من جسم الانثى من خلال المهبل ، مع غشاء مخاطي غني بالدم .

وتؤمن عملية الاخصاب جزئيا بأمرين : حركة النطف (الحيوانات المنوية) وطرح كميات هائلة منها خلال قضيب الذكر عند القذف . ثم تنقسم البويضة المخصبة التي تسمى زايجوت وتحتوي على ٢٣ زوجا من الكروموسومات المهمة لحياة الانسان . وبعد أربعة أيام من الاخصاب في قناة فالوب ، يرحل الزيجوت للرحم ويدعى علقة (بلاستوسيت) ، ويتخلق ليكون مضغة (بلاستوديرم) ، او جنين المستقبل ، وغطاء الكوريون الواقي . والزرع عملية

تدريجية يحضر خلالها الجنين ، الذي ينمو بسرعة في بطانة الرحم،ويكسر اوعيته بحيث يتمكن من التقاط بعض الغذاء المهضوم والاكسجين من الأم من خلال آلية تبادل تدعى المشيمة .

وخـــلال مرحلة التعصب (١٨ ــ ٢٨ يوما بعد بدء الحمل) ، يبدأ الجهاز العصبي بالنمو من خط أولي على طول المحور الطولي للجنين ، ليعطي الحبل الشوكي ، والعيون ، والدماغ ، الاولية . وبعد خمسة أسابيع من بدء الحمـــل يدعى الانسان النامي بالجنين ، ويكون مميزا عن اجنة الحيوانات الاخرى .

وخلال فترة النمو (من شهر لثلاثة أشهر) ، يأخذ الجنين مظهرا انسانيا ، ويبدأ بتكوين أجهزته . وبنهاية الاسبوع السادس ، يستطيع القلب الجنيني ، بأوردته وشرايينه البدائية ، ضخ الدم من المشيمة واليها . وتتكون القنـــــاة الهضمية من مجرى غذائي يمتد من الفم الى منطقة الشرج . وتتكون الكلـــى والرئتان خلال الجزء التالي من هذه المرحلة . وبنهاية الشهر الثالث ، يظهـــر تمييز واضح بين الجنسين ، ويتفاعل الجنين محليا ، وبشكل ملائم ، مـــــع المنبهات ، بأجهزته العضلية والدماغية .

وخلال فترة النمو الثانية (من ثلاثة اشهر الى ستة) ، يزداد الجنين وزنا، ويصبح الرأس أقل بروزا ، وتصبح القدمان أطول . وفي حالات كثيرة ، يتغـــير الهيكل الغضروفي الى عظم ، ليعطي دعما أفضل وفي هذه المرحلة ، يكـــون الجنين غير قادر على النمو خارج جسم أمه ، بسبب عدم وجود آلية لتنظيم درجة حرارته .

وخلال فترة الذكاء (ستة شهور الى تسعة بعد الحمل) ، ينمو الجهـــاز العصبي ويتخلق . ويكون الدماغ الامامي ، وهو جزء كبير في جنين الإنسان ، مغطى بقشرة المخ كثيرة الثنايا حيث تتكون عمليات التفكير الانساني . وقـــد لوحظ وجود استجابات غريزية بالأطفال المولودين حديثا ، ويعتقد بأن ذلـــك نتيجة الروابط العصبية . ولكن تتكون ممرات ترابطية اخرى كثيرة بعد الولادة، **من خلال التجربة** . وفي الشهر التاسع ، يتباطأ النمو الجنيني ، والمشيمـــــة بالانهيار .

ويمكن تقسيم عيوب الولادة المتنوعة الى قسمين : عيوب وراثية ، وعيوب خلقية ، تنتج من ميول وراثية وتأثيرات بيئية مدمرة ، مثل العقاقير ، والاشعاع، والامراض .

وتتم عملية الولادة ، التي هي بمثابة طرد الجنين من الرحم خلال عنق الرحم ، والى المهبل ، بانقباضات رحمية لا ارادية . وخلال الطلق ، اول واطول مرحلة في الولادة ، يتسع العنق من خلال انقباضات عضلية ، يزداد تكرارها وعنفها ، حتى يسمح الاتساع الكامل للعنق بخروج الطفل . وتبدأ الولادة بخروج رأس الطفل ، يتبعه بقية الجسم ، من جسم الام . وخلال ما بعد الولادة ، تطرد المشيمة بواسطة انقباضات خفيفة .

تبدأ الرضاعة بعد الولادة بافراز مادة اللبا ، وهي مادة سائلة صفراء ، غنية بالمضادات الحيوية والفيتامينات . وبعد أيام قليلة ، تفرغ الحويصلات ، التي يحفزها هرمون أكسي توسين ، محتوياتها في الثقوب التي تقود الى الثدي، وتبدأ بانتاج الحليب . ويعتقد بأن الاهمية النفسية للاتصال بين الطفل والام ، في الانسان ، تسهل شفاء الام الجسدي (بعد الولادة) .

ان منع الحمل هو جزء مهم من عملية تحديد النسل . وهناك طرق طبيعية عديدة لمنع الحمل ، والابتعاد عن الجماع الجنسي فعالة ١٠٠ ٪ . اما طريقة التكرر النظامي فتعني الابتعاد (عن الجماع) خلال معظم فترة الاخصاب في الدورة الشهرية ، التي تتغير عادة ، مما يجعل عملية حساب الوقت صعبة . وتكون هذه الطريقة فعالة بنسبة ٨٤ الى ٩٣ ٪ من الحالات . أما قطع العملية الجنسية ، فانها فعالة بنسبة ٨٨ ٪ ، وهي تستدعي سحب القضيب من المهبل قبل عملية القذف .

ولقد ابتكرت آلية لمنع الحمل ، تهدف الى م مرور السائل المنوي الى قناة فالوب ، أو منع زرع الجنين اذا حدث الحمل . وهنا ، توضع اغشية مطاطية على القضيب ، لتمنع وصول السائل المنوي الى المهبل . وهذه الطرق فعالة بنسبة ٨٣ الى ٨٨ ٪ . وكذلك توضع اشكال نصف كروية على حلقات معدنية ، او اغطية العنق ، بواسطة الطبيب ، فو عنق ا حم ، لتمنع دخول النطف الى قناة العنق . وكلا الوسيلتين فعالة بنسبة ٨٨٪ .

وتشتمل موانع الحمل الكيميائية على : طريقة « الدش » ، حيث يرش المهبل بمحاليل قاتلة للحيوانات المنوية ،وهي فعالة بنسبة ٤٠ ــ ٦٦ ٪ .وموانع تؤخذ بالفم وهي حبوب منع الحمل التي تؤجل عملية الاباضة بواسطة وسائل هرمونية ، وتعتبر اكثر وسيلة منع فعالة ، باستثناء عملية الابتعاد عن الجماع الجنسي .

ومن وسائل منع الحمل الاخرى الاجهاض ، اي اخراج الجنين من الرحم قبل ان يكون ناضجا بشكل يكفي ليتمكن من البقاء . والتعقيم هو وسيلة المنع الجراحي الكامل لاخراج الخلايا الجرثومية . والعملية بسيطة نسبيا في الرجال ، وهي فعالة بنسبة ١٠٠ ٪ . أما في النساء ، فان التعقيم كان يعتبر بمثابة عملية جراحية كبيرة . ولكن هنالك طرق اسهل في هذه الايام .

نظـرة فاحصـة

الفحص الطبي للجنين قبل الولادة

Medical Testing of the Unborn

يتيح فحص قابلية الرحم لتنمية الجنين أن يولد اطفال كثيرون اصحـاء خالين من عاهات الولادة التي تصيب الان واحدا من كل ١٦ مولودا (في الولايات المتحدة) ، وتقضي في ادخال حوالي ٢٥٪ من المواليد الى المستشفيـات . ويساعد التقدم السريع في حقل **علم الاجنة** الحديث (fetology) ـ الـذي يعالج الجنين كمريض ، في امكانية تشخيص كثير من العاهات الخلقية الخطيرة، واحيانا ، معالجتها والطفل في الرحم نفسه (in utero) .

ولسنوات عديدة ، كانت الوسيلة الوحيدة لفحص الجنين في الرحـم بواسطة اشعة اكس تصوره خلال بطن الام . والان يستعاض عن اشعة اكس، التي تستعمل بحذر شديد بسبب تأثيراتها الضارة ، في مراكز طبية عديدة بطريقة **ما فوق الصوت** (ultrasound) . وهنا ، تطلق على بطن الام امواج صوتية، عالية جدا بحيث لا يسمعها الانسان . وعند ارتدادها عن السطوح المختلفة ، تسجل الاصداء على شاشة . وتبين صور النقط هل الطفل حي أم ميت ، وهل

هو ناضج الى حد تحمل الولادة المبكرة للتغلب على مشاكل النمو . وهل هو يقاسي من اي من اربعين عاهة معروفة من عاهات النمو . وهنـــاك اداه تشخيص ثانية هي **الرسم الحراري** (thermography) ، التي تحلل الاشعة تحت الحمراء التي ترتد من الجنين ، وتعطي معلومات عن تأثيرات العقاقـــير والسجاير التي تستعملها الام ، واشارات عن الحمل المتعدد (التوائم) .وتقيس اجهزة **الرسم الكهربائي القلبي** (electrocardiograph) نبض القلب الجنيني من خلال بطن الام بعد حوالي ١١ اسبوعا من الحمل . ويمكن مراقبة مظاهـــر الحياة لدى الطفل خلال ولادة صعبة بواسطة الكترود يتصل بجبهته . ويمكن ان يبين الرسم التواء في الحبل السري ، او نقص الاكسجين ، او انضغاط الراس، مما يوحي بأن الولادة حرجة وتستدعي استعمال الطريقة القيصرية .

ومن بين كل الادوات التي يستعملها العلماء المهتمون بالاجنة لفحـــص نمو الجنين ، فان دراسة السائل الامنيوني تبشر باعطاء اوفر المعلومات . وفي طريقة تستعمل الان في معظم المراكز الطبية الرئيسية في حالات الحمل التـــي يتوقع فيها مشاكل ، يدخل الطبيب ابرة دقيقة خلال بطن الام ، وينقب الغشاء الامنيوني ، ويسحب عينة من السائل الامنيوني بالمحقنة . ونظرا لان الجنيـــن يتبول ، ويحوزق ، ويلقي بخلايا جلده في المياه المحيطة به ، فان تحليـــل السائل يمكن ان يعطي معلومات وافرة عن وضع الجنين . وتفصل الخلايـــا الجنينية عن اية خلايا من الام ، ثم تحلل اما في الحال لاستكشاف امر ما ، او تزرع الى الوقت الذي تصبح فيه كبيرة ، بحيث تبين وجود اي خطأ في تركيب الكروموسومات (مدة ٢ ــ ٤ اسابيع) ، او امراض استقلابية (لمدة تبلـــغ ٨ اسابيع) . ولكن يتم فحص السائل الامنيوني بعد حوالي ١٦ اسبوعا من بداية الحمل ، وذلك توقيت يكفي لان تظهر المشاكل اذا وجدت ويعطي الوقت الكافي للقيام باجهاض علاجي ارادي اذا بينت عملية الزرع ان الطفل مصاب بشكـــل خطر .

ماذا يمكن ان تظهر دراسة السائل الامنيوني ؟ لقد استعملت الطريقـــة اولا لقياس كمية **البايليروبن** (bilirubin) في السائل الامنيوني . فوجـــود نسبة عالية من هذا المركب ، وهو ناتج من تحطيم الهيموجلوبين ، تشير الـــى تكسر خلايا دم حمراء للجنين من نوع Rh-positive ، بواسطة مضادات حيوية من الام ذات الفئة Rh-negative . وتأجيل معالجة هذا الوضع الى الولادة

غالبا ما ينتج عنه موت الطفل . فاذا شخص المرض مبكرا بهذه الطريقة ، فانه يمكن اصلاح الوضع في الرحم عن طريق نقل الدم من خلال بطن الام الى الطفل .

ولقد توسعت طريقة تحليل السائل الامنيوني بحيث تجيب عن اسئلة عديدة تتصل بنمو الطفل . واسهل شيء يمكن معرفته بهذه الطريقة هو تقرير الجنس. تصبغ خلايا جلد الجنين الموجودة في السائل الامنيوني ، ومن ثم تفحص بالمجهر للبحث عن كتلة كروماتين الجنس النووية القاتمة وهي خاصة بالاناث . ومعرفة جنس الطفل يمكن ان يكون امرا حيويا في العائلات التي تكون فيها الام حاملة للجين المستتر المرتبط بالجنس ، المسبب لمرض **الناعورية** (hemophilia) . فهنا يكون احتمال ان يحمل الذكر هذا الجين هو ٥٠ ٪ وبالتالي فانه معرض للمرض ، نظرا لان كروموسوم (Y) الذي لديه لا يحمل الجين العادي الذي يبطل مفعول الجين المسبب للمرض . واذا بين هذا الفحص ان الجنين ذكر ، فان الابوين يمكن ان يقررا اجهاضا علاجيا ويحاولا ثانية انجاب طفلة انثى هي بالتأكيد خالية من المرض . ولا يمكن ان يظهر اي كشف نعرفه في وقت ملائم للاجهاض اذا كان الجنين الذكر يحمل مرض الناعورية أم لا ، ذلك ان العامل المسؤول عن المرض لا يظهر الا قبل الولادة بفترة قصيرة .

ويمكن الان الكشف عن معظم الحالات غير الطبيعية للكروموسومات التي تسبب عاهات جسدية او تخلفا عقليا في واحد من كل ١٥٠ طفلا ، بواسطة فحص السائل الامنيوني . فبعد زرع الخلية الجنينية تجمد خلال انقسامها وتصور تحت المجهر . وتقص الصورة الناتجة الى عدد من الكروموسومات المفردة . ويصنف فني مدرب جيدا هذه الكروموسومات بناء على نموذج ال ٢٣ زوجا من الكروموسومات الانسانية . واذا كانت هذه الكروموسومات ناقصة، او زائدة ، او مشوهة ، او مختلفة الترتيب ، فانها تظهر عيبا معينا ، مثل **اعراض داون** (Down's syndrome) (اي البلاهة) اذا وجد ثلاثة كروموسومات من فئة الـ ٢١ بدلا من اثنين . ويمكن اضافة اشعاع الكروموسومات الى تصنيفها ، كوسيلة لدرسها . وتظهر هذه الطريقة تفاصيل عن الكروموسومات ، وليس فقط خطوطها العامة . وتساعد هذه الطرق في الكشف عما قد تسببه اية احوال بيئية ـ مثل العقاقير ، وامراض الامومة ، والاشعاع ـ من شذوذات كروموسومية وراثية في الجنين .

وهنالك فائدة اخرى ، ذات اهمية متزايدة ، لفحص السائل الامنيوني هي

اكتشاف الاضطرابات الاستقلابية . يحمل كل واحد من ال ٤٦ كروموسوما في الانسان آلاف الجينات . فاذا كان جين خاص بانزيم معين مشوها أو مفقودا ، فانه يمكن أن يسبب واحدا من حوالي الفين من العيوب الاستقلابية ، ويمكن حاليا الكشف عن حوالي ٣٠ من هذه العيوب وذلك بالتحليل الانزيمي لخلايا الجنين في السائل الامنيوني . ومن ضمنها مرض **تي ساكس** (Tay-Sachs)، الذي لا يمكن معالجته، والذي يسبب العمى ، والتخلف العقلي ، والموت عند بلوغ الطفل سن الرابعة وتنتج هذه الاضطرابات عن تشوه انزيم يكون عادة مسؤولا عن فصل السكر الاخير من مركب دهني كربوهيدراتي . وعندما لا يقوم الانزيم بعمله بشكل مناسب ، فانه يسمح لكميات كبيرة من مركبات قاتلة للاعصاب للتجمع في الخلايا العصبية في جميع انحاء الجسم .

ان المضاعفات القابلة للاكتشاف السريع التي تحدث للام او الطفل ، مثل العدوى ، والنزيف ، وتفسخ الاغشية الامنيونية تحدث بنسبة ١ ٪ من حالات دراسة السائل الامنيوني . ولكن التأثيرات بعيدة المدى لهذه الطريقة ماتزال غير محددة . فمثلا ، هل يمكن ان يلحق غزو الكيس الامنيوني ، او أخذ بعض السائل الامنيوني ، او تغيرات الضغط التي قد تنتج بداخل الرحم اي ضرر ذي بال في نمو الطفل او ذكائه ؟ لقد استعملت الطريقة بشكل **اكلينكي** (clinical) منذ أواخر الستينات . ولا توجد للان معلومات بعيدة المدى عن نمو الاطفال الذين تعرضوا لهذه الطريقة .

ويوصى بتحليل السائل الامنيوني فقط عندما ترجح معرفة حالة شذوذ خلقية في الجنين على مخاطر هذه الطريقة . ويمكن ان تبرر هذه الطريقة في حالات مثل عمر الام (اذ يوجد نسبة عالية من علامات **مرض داون** (Down's syndrome) في الاطفال الذين يولدون لامهات تزيد اعمارهن على ٤٠ سنة) ، أو حيث يكون في تاريخ العائلة الوراثي حالات شذوذ خلقية ، أو في حالات حمل سابقة نتجت بانجاب اطفال لهم عيوب كبيرة . ويمكن أن يقود شيوع القبول لهذه الطريقة في حالات بليغة الخطر مع الاجهاض العلاجي عند الضرورة، الى التخلص من أمراض وراثية عديدة .

ان مراقبة النمو الجنيني بواسطة هذه الطريقة في الشهور الاخيرة من الحمل ، يمكن ان تؤدي الى انقاذ اطفال عديدين ، كان يمكن ان يولدوا ، قبل سنوات قليلة ، أمواتا او معتوهين ، نتيجة حالات تسمم تتجمع في الرحم .

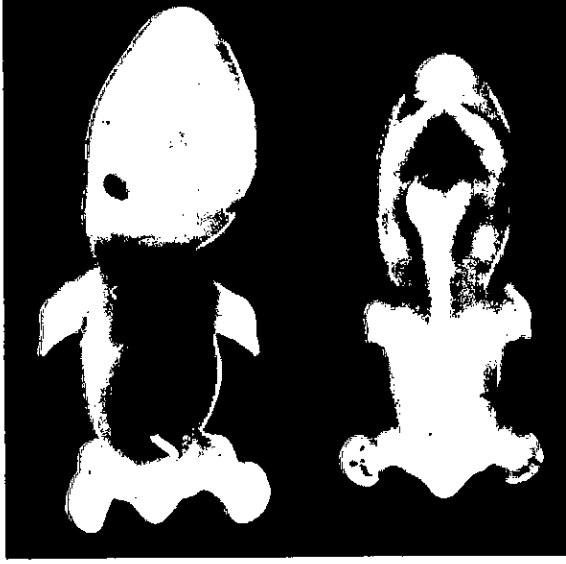
والمعالجة بالعقاقير والفيتامينات يمكن ان تعطي للمريض غير المولود ، فهو يأخذ اي شيء يحقن في السائل الامنيوني . ويمكن ان يقوم الاطباء في يوم ما بجراحة جنينية . فلقد جربوا ذلك في الحيوانات **الرئيسات** (primates) .

بويضة انسانية ◄

حيوانات ملوية انسانية
◄

◄ حيوان منوي يخترق المنطقة الشفافة في البويضة





جنين انسان عمره ٤٠ يوما ، صورة امامية (الى اليسار) وصورة خلفية (الى اليمين)



جنين انسان عمره ٣٨ يوما ، صورة جانبية



جنين انسان عمره سبعة اسابيع في كيس أميني محاط بالمشيمة .

الجنين بعد شهرين





الجنين بعد ١٠ أسابيع

جنين بعد ١٤ أسبوعا
ي كيس أميني يتصل
المشيمة بواسطة الحبل
السري



بعد خمسة أسابيع تتكون عظام اليد

تطور اليد الانسانية

د أربعة أسابيع تبرز اليد والذراع من جانب الجنين





بعد ٢٠ أسبوعا تستطيع اليد أن تقبض ويظهر الابهام مقابلا للاصابع الاربعة

بعد ١٨ أسبوعا تكون الاصابع قد تكونـــت ولها ملامح بدائية للاظافر



طفل حديث الولادة



الجنين بعد ١٧ أسبوعا يمص ابهامه

التكاثر

REPRODUCTION

التكاثر ، وهو عملية خلق شبه للكائن ، صفة تميز كل كائن حي وتنطوي على عجب . يبدأ كل شبه كخلية صغيرة ـ من الخلية الوحيدة المستقلة (الاميبا) ، الى جنين الانسان المتخصص جدا ، الذي يعتبر تنظيما بالغ التعقيد لخلايا متداخلة . ومي منح هدية الحياة من جيل لاخر ، لا يستطيع اي نوع ان يكون مهملا : فالبقاء يعتمد على قدرة المولود الجديد على استمرار الحياة ، والنمو لبلوغ النضج ، وللتكاثر من جديد . وتستثمر الكائنات الاقل تخصصا طاقتها في زيادة اعدادها ، ولكن في الكائنات العليا يكون هذا الامر غير ذي موضوع . فالصغير يحتاج الى الوقت ليكون اجهزة متخصصة : وسواء اكانت هذه الصغار بداخل اجسام امهاتها أم خارجها ، فان الاجنة النامية تتغذى حتى الولادة . ثم يؤمن لها المسكن ، والغذاء ، والرعاية الى ان تصبح ناضجة الى حد يكفي لتستطيع البقاء معتمدة على نفسها . فالبطريق (penguin) الامبراطور الذكر يحتضن البويضة واحدة لمدة ٦٤ يوما ، ليحفظ درجة الحرارة الدافئة الثابتة ، واللازمة لنمو الجنين في داخل البويضة . وخلال معظم الجزء القاسي

من شتاء القطب الجنوبي ، يجعل مهد البويضة على قدميه ، ليبعدها عن الجليد، ويلصقها بريش معدته الكثيف . اما بالنسبة لجنين الانسان ، فتكون الولادة مجرد مرحلة في رحلة طويلة ، ومثيرة تتحكم بها الصدفة الى بلوغ من الحمل .

ان لقاء البويضة بالنطفة هو اول انجاز في هذه الرحلة ، وعلى الرغم من ان بويضة الانثى تحتوي على مجموعة من الكروموسومات ، فانها لا تحقق قدراتها على اعطاء الحياة بدون الكروموسومات الاخرى الموجودة بداخل نواة النطفة . واحتمالات عدم وصول النطفة الى البويضة ، واختراقها كثيرة . فمن الملايين التي تسبح باتجاه قناة فالوب ، فان عددا قليلا يصل الطبقة الخارجية للبويضة ، وتتعلق تلك التي تصل بالمنطقة الشفافة التي تحيط بالبويضة . ومن هذه ، سوف يخترق البويضة نطفة واحدة ، لتصل الى نواتها . وعند وجود النطفة داخل البويضة ، تفقد ذيلها ، وتتحد كروموسوماتها بتلك الموجودة في البويضة لتتكون خلية مخصبة . وفي تلك اللحظة يتحدد جنس الطفل وخصائص اخرى موروثة تتحكم في صفاته المستقبلية . وبعد الاتحاد ، تبدأ الخلية في الانقسام . وبعد ما يربو على يوم من الاخصاب ، توجد خليتان لا واحدة ، وبعد يومين يكون هناك اربع خلايا . وتتسارع العملية بحيث يصبح الكائن متعدد الخلايا وكرويا بعد ساعات قليلة . ثم تدفع اهداب في قناة فالوب هذا المجمع الخلوي الى اسفل هذه القناة ، ومن ثم الى الرحم حيث يكمل نموه مدعوما ومحميا تسعة اشهر حتى ساعة الولادة .

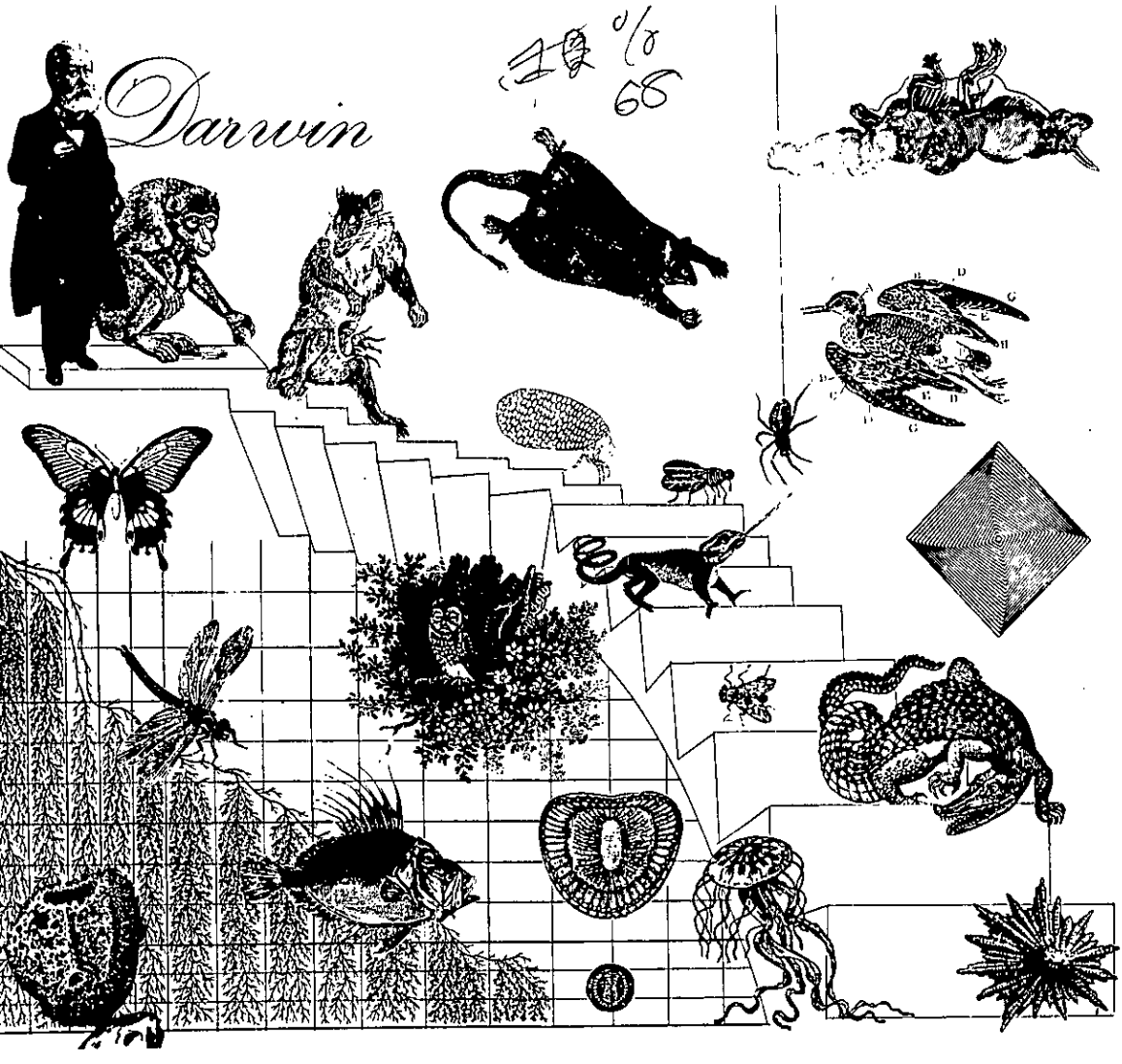
وفي الرحم ، يمتص الجنين المواد المغذية ويرسل «جذورا» ليزرع نفسه بثبات في بيته الجديد . وقبل مرور ١٨ يوما ، يبدأ بتكوين خلايا دم وقلب متخصصة . وفي الاسبوع الثالث يبدأ القلب بالضخ . في هذه المرحلة ، لايزال **كيس المح** (yolk sac) كبيرا جدا ، انه يكون حوالي ١٠٠ خلية جرثومية تزحف للجنين لتبدأ التخصص بتكوين المبيض او الخصية ، مؤمنة بذلك التكاثر المستقبلي حتى قبل ان يبلغ الجنين ثمن انش طولا . وبنهاية الشهر الاول تكون كل الخلايا قد بدأت تنتظم . فبعضها يبدأ بتكوين الجهاز العصبي الذي سوف يكامل جميع الاجهزة الاخرى . وعلى الرغم من ان هذه العملية لاتكتمل الا بعد مرور عدة اسابيع بعد الولادة ، فان الاساس للدماغ ، والحبل الشوكي، والاعصاب واعضاء الحس يكون قد وضع . ويظهر تركيب مبكر للكلية والرئة ، سيتغير او يستغنى عنه فيما بعد . وتنمو الخلايا بناء على

وظائفهـــا الهضمية ، والعضلية ، والدموية ، والهيكلية .

وخلال الشهر الثاني يتخذ الجنين شكلا انسانيا . ان طوله يبلغ حوالـــي ½ انش ، وهو حوالي ١٠٫٠٠٠ مرة اكبر من البويضة التي تكون منها . ويمكن تمييز وجهه عن وجه السمكة او الدجاجة ويظهر الصباغ الاسود في منطقـــة العيون ، ويبدأ الفكان بالتكوين . وعند بلوغ الجنين ٦ أسابيع تظهر خاصـــة انسانية اخرى ، وهي صفيحتا اليدين ، وهما طرفان كالسرج تصبحـــان في الاسبوع الثالث عشر يدين صغيرتين كاملتين . وفي الشهر الثالث ، تكون الاجهزة متكاملة على نحو يسمح بحركة الجنين ، والاستجابة للمنبهات عن طريق رسائل مرسلة من دماغه . تأمل ما تنطوي عليه الرئسة الاولى له من انجاز !! وبنهاية الشهر الثالث ـــ اي نهاية مرحلة الشهور الثلاثة الاولى ـــ يصبح الجنين كائنـــا قائما بوظائفه ، ولكنه لم يستقل كليا بعد . فنمو الجنين لايزال يعتمد كليا علـــى المغذيات التي تمده بالحياة اتية اليه من الام عن طريق المشيمة والحبل السري ، واوعيته الدموية الصغيرة . وخلال الشهر الرابع يضاعف الجنين حجمه ، وتبدأ الاطراف باللحاق بحجم الراس الكبير . ويجب ان تحل العظام محل الغضروف في الهيكل العظمي ـــ ويلزم ٢٢٢ عظمة حتى يستطيع الجنين ان يبقى بشكـــل قائم في الرحم . وبنهاية فترة الشهور الثلاثة الثانية ، يكون الجنين قد اكمـــل نمو اجهزته ، ولكنه لا يستطيع البقاء خارج الرحم بدون دعم خارجي . وتستكمل اللمسات الاخيرة في الشهور الثلاثة الاخيرة ، وتتحسن فرص البقاء في كل يـــوم يبقى فيه الجنين في الرحم . ويجب امتصاص المغذيات الحيوية المخزنـــــة ـــ كالكالسيوم للهيكل العظمي ، والحديد لخلايا الدم الحمراء ، والبروتين لاستمرار النمو . ويحدد الدماغ مراكز ضبط للكلام ، والوظائف الحسية المختلفة بما فيها الرؤية ، والشم ، والسمع . ويتكون جهاز لضبط درجة حرارة الجسم ، ولهذا اهمية اذا اتيح للجنين ان يعيش خارج الحاضنة (الرحم) . وفي الشهـــر التاسع ، يتسلم الجنين مساعدة اضافية من اجل البقاء المستقل ـــ هـــي المضادات الحيوية ضد الامراض .

وبعد هذا التحضير الطويل، تكون المغامرة الاخيرة ـــ اي الولادة ـــ جاهزة. فبالانقباضات الرحمية ، يدير الجنين نفسه راسا على عقب ، ويدخل العالـــم

براسه أولا ، ويقدم نفسه ككائن منفصل . ولكن عملية التغذية لا تنتهي بقطع الحبل السري ، اذ ترسل الهرمونات من المشيمة المطروحة اشارات الى الغدة النخامية للام لتقديم جهاز دعم آخر ، هو انتاج الحليب من ثدييها .


Darwin

الفصـــل الثالث والعشرون

وراثة الجماعات

Population Genetics

هنالك شيء مشترك بين التاريخ البيولوجي لكائنات اليابسة والتاريـــخ الجيولوجي لليابسة نفسها وهو التغير المستمر . فالجبال رفعت ثم تآكلـــت تدريجيا ، وتكونت البحيرات ، وامتلأت تدريجيا بالترسبات ، لتصبح فيما بعـــد تربة . وحتى القارات نفسها غير ثابتة ، لأننا نعرف بأن الكتل الارضية التـــي تكونها تتباعد بعضها عن بعض ببطء يمكن قياسه . والشيء نفسه صحيـــح بالنسبة لحياة النبات والحيوان اذ تتكون الافراد ، وتنمو وتنضج ، وتموت ، لتستبدل بكائنات شبيهة بها . تتطور انواع الكائنات وتستقر في بيئتها وتبقـــى لمدد مختلفة ثم تموت أو تتطور لاشكال جديدة .

ويشار الى التغيرات التي تتم خلال فترة الحياة القصيرة للكائن بتغيرات النمو . اما التغيرات التطورية فهي التغيرات الطويلة الامد في واحدة او اكثـــر من الخصائص لمجموعة افراد ، او لجماعة . وتكون هذه التغيرات بطيئـــة وممتدة الى اجيال عديدة . وهكذا ، نادرا ما نستطيع مشاهدة التطـــور

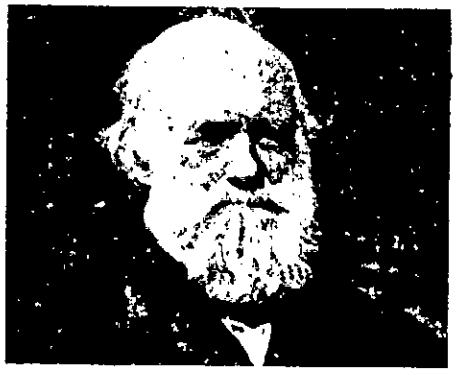
وهو يحدث . ولكن عندما نقارن اشكال الحياة المتعددة على هذه اليابسة مع **الاشكال المستحثة** التي تعود الى اكثر من مليون سنة ، نرى بان كائنات حية قليلة جدا بقيت دون تغيير . واذا درسنا اشكال احياء لها مدى حياة قصيرة جدا ، مثل الحشرات ، فاننا نستطيع ملاحظة التغيرات على مدى قليل من ٢٠ الى ٣٠ سنة ــ تغيرات مثل تطور الحشرات المقاومة للمبيدات الحشرية خلال السنوات الحديثة . واخيرا ، ان خلق انواع جديدة من قبل مربي الحيوان والنبات يشير الى امكانية انتاج إشكال حياة جديدة من اشكال قديمة .

ولكن هذه الاكتشافات حديثة نسبيا . وقبل ان ننتج تغيرات كهذه في اشكال الحياة ، يجب علينا فهم العملية التي يتم بها التغيير . وقبل ذلك علينا قبول الفكرة بأن التغيير يحدث . وبسبب بطء عملية التطور ، وقصر مدى حياة الانسان ، فان العلماء في العالم الغربي قبلوا فكرة ارسطو عن الطبيعة الثابتة حتى نهاية القرن الثامن عشر . وكان هذا ، جزئيا ، يعود الى التعاليم المسيحية بان الارض نفسها عمرها حوالي ٦٠٠٠ سنة ، وكان هذا الرقم مبنيا على السجل الانجيلي عن عدد الاجيال منذ آدم . ولقد كان الشعور السائد ان خلقا خاصا او تكوينا تلقائيا هو الذي يسبب وجود انواع من الكائنات الماضية والحاضرة في فترة زمنية قصيرة كهذه .

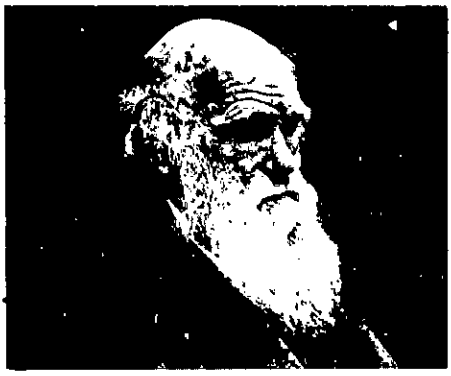
وكان من اوائل من عارضوا التفسير الانجيلي لعمر الارض العالم الجيولوجي الانكليزي **جيمس هوتون** (James Hutton) . ففي « نظرية الارض » التي أوردها عام ١٧٨٨ ، ادعى بان سطح الارض تشكل نتيجة الحرارة تحت الارضية التي أدت الى تمدد الارض وتشققها ، مكونة بهذا قارات جديدة ، يضاف الى ذلك قوة التآكل الناتجة من الماء والريح . وكل هذا في رأيه يتطلب فترة طويلة جدا من الزمن . وقبل سنوات من ذلك حسب عالم الطبيعة الفرنسي **جورج لويس دي بوفون** (Georges Louis de Buffon)أن فترة ٧٤٨٣٢ سنة تلزم لان تبرد الارض من حالة الانصهار الاصلية . وقسم بوفون هذه الفترة الى سبع فترات ، ابتداء بالخلق ، ولاحظ كيف ان الحيوانات والنباتات قد تغيرت في كل حقبة (انحطاطا في سلم التطور في نظره) .

ولقد اجبر علماء اللاهوت الفرنسيون بوفون على التراجع عن ارائه،ولكن آخرين كانوا يشكون بثبوت انواع الكائنات . فلقد كان اراسموس داروين

(جد دارون المشهور) يرى ان الكائنات تكونت من كائنات أخرى عن طريـــق وراثة تعديلات حصل عليها اسلافها من خلال تحقيقها لحاجات جسدية وعاطفية مختلفة . ولقد كانت فكرة انتقال الصفات المعدلة التي تحصل عليها الكائنـات محاولة لتفسير الآلية التي يتغير بواسطتها نوع من الكائنات بالتدريج الى نوع



الشكل (٢٣ ــ ١) : جاء الدعم لافكـار داروين من عمل صديقه ومعاصره تشارلز لايل Charles Lyell (١٧٩٨ ــ ١٨٧٥) . لقد اعتقد لايل بان قوى التغيير التي تعمل علـــى سطح الارض كانت ثابتة ومتدرجة ، ولم تكـــن قوى فاجعة . وبنفس الاهمية دعم لايل داروين وشجعه على تكوين نظريته .



الشكل (٢٣ ــ ٢) : تشالز داروينـــن Charles Darwin (١٨٠٩ ــ ١٨٨٢) .



الشكل (٢٣ ــ ٣) : عالم النبـــات الهولندي هوجو دو فرايـز Hugo De Vries (١٨٤٩ ــ ١٩٣٥) . الذي ابتكر اول نظريـة عن الطفرة .

آخر مشابه له مع اختلاف قليل وتكيف افضل .

ولقد اقترحت فكرة مشابهة عام ١٨٠٩ قال بها العالم الفرنسي **جـــان بابتيست لامارك** (Jean Baptiste de Lamarck) مقابل فكرة كان يقول بها بعض العلماء مؤداها أن مجموعة من الكوارث العنيفة ادت الى بقاء انواع من الكائنات وفناء انواع اخرى، أما لامارك فقد اصر على ان الحياة على اليابسة تتطور ببطء وباستمرار . ولقد بنى هذا العالم نظريته التطورية على الفكرة بان للافراد حاجة داخلية للوصول الى الكمال ، وبان الخواص التي تنجح تلك الافراد فـــي تكوينها بداخلها تتوارثها عنها انسالها . وهكذا يبدأ كل جيل بوضع احسن من الذي قبله ، ويمرر بدوره التحسنات التي يدخلها . وقال ان احدى الآليـــات لتطور الكائنات هي « الاستعمال أو عدم الاستعمال » لخواص معينة . وقال، بأن الزرافة كونت رقبة طويلة نتيجة تطاولها للوصول الى الاوراق في اعالي فروع الاشجار . ثم مررت الزرافة عنقها الطويل لنسلها الذي استمر بالتطاول ، وهكذا ... ويستعمل هذا المنطق نفسه احيانا لوصف عملية تطور الانسان . فمثلا ، لـــم تتطلب **الرئيسات** (primates) التي ابتدات في العيش على اليابسة ذيولا طويلة، ولهذا ضمرت الذيول . ويشار الى هذا النوع من الحجج حيث تؤدي حاجـــات الافراد أو رغبات الى تغير بيولوجي متوارث ــ **باللاماركية** (Lamarckian.) .

وفي عام ١٨٥٨ ، بعـــد حوالي ٥٠ سنـــة ، اقترح **تشارلز داروين** (Charles Darwin) **والفرد والاس** (Alfred Wallace) ، كل على انفـــراد ، نظرية جديدة لتفسير الطريقة التي تتكيف بواسطتها الكائنات مع بيئتها مع مرور الوقت ، وهذه هي نظرية **الاختيار الطبيعي** (natural selection) . وفي شهر تشرين الثاني (نوفمبر) من السنة التالية نشر داروين كتابه **اصل الانـــواع** (*Origin of Species*) .

نظرية الاختيار الطبيعي The theory of natural selection

استعارت فرضية داروين ــ والاس من عالم الاقتصاد البريطاني **توماس مالتوس** (Thomas Malthus) الفكرة بأن لكل نوع من الكائنات زيادة في انتاج النسل كبيرة بالنسبة لمصادر استمرارية الحياة في البيئة . لقد افضت ملاحظات داروين الى اقتناعه بأن كل الكائنات من اي نوع تختلف فيما بينها كما تختلـــف



الشكل (٢٣ ــ ٤) : زرافة ترعى بين الاغصان العالية . وبزيادة التنافس من أجل الغذاء . حصلت الزرافات ذات الاعناق الطويلة على ميزة البقاء بالنسبة لقريباتها ذات الاعناق القصيرة .

عن أي نوع آخر . فرأى انه بزيادة النسل يحدث تنافس ، أو صراع ، للبقاء ـ صراع تكون فيه بعض الصفات اكثر فائدة من غيرها . وتبين نظرية الاختيار الطبيعي أن كل نوع من الكائنات يتكون من نوعيات مختلفة من الافراد وهي في صراع على مصادر محدودة . فالكائنات التي تناسبها خصائصها للتكيف مع بيئتها تبقى وتنتج انسالا خصبة . ولان الانسال الاكثر تنتج من تلك الكائنات ذات الخصائص الافضل تكيفا ، فانها ستزداد عددا في الاجيال القادمة . وحسب النظرية فان جماعات الزراف الاوائل تكونت من عدد من الحيوانات ، بعضها ذات اعناق اطول من غيرها ، ولكنها كلها كانت مناسبة للرعي على الارض وقضم الفروع المنخفضة . ولكن ، خلال فترات القحط المتكررة صارت الحيوانات ذات الاعناق الطويلة أحسن تكيفا لأكل الأوراق من الفروع الاعلى . وهكذا ، فانها حصلت على غذاء اكثر من ذات الاعناق القصيرة ، ولذلك فان لها فرصا اكثر لتصل الى سن التناسل . ولهذا فانها تنتج انسالا باعداد اكبر . هذه هي الخاصية التي دعاها داروين **الملاءمة** او **المناسبة** (fitness) (في فكرة تنازع البقاء وبقاء الأنسب) .

لايوجد معنى مطلق لكلمة « الملاءمة » ، مثل قوة ، أو شخصية او ذكاء ، كما كان يدعي الناس أحيانا . بل انها تشير الى تلك الخصائص التي تمكن كائنا ما الى أحسن حد ان ينتج نسلا خصبا . فلو دمرت النار معظم الاشجار الطويلة ، مثلا ، فان الزراف طويل الرقبة لن يكون ملائما بعد ذلك .

لقد الفت نظرية داروين الحاجة لابتداع فكرة التقدم أو بذل الجهد لتبرير التطور ولكنها لم تفسر كيف أن نسل الافراد الأفضل تكيفا توارث خصائصه . وهي لم تفسر أيضا التغير . واذا ورث كل فرد مزيجا من خصائص والديه ، كما اعتقد داروين ، فلماذا لم تصبح كلها بالتدريج متجانسة ؟ لقد اقتنع داروين بما كان لديه من ملاحظات أن التغيير يبقى ثابتا نسبيا في الاجيال المتلاحقة في المجموعة ، رغم فعل الاختيار الطبيعي . ولكن كيف نشأ هذا التغيير كان سؤالا حيره لعدة سنوات . ومثل مندل ، عمل داروين التجارب بتهجين البازيلا ، ولاحظ أن نسبة ٣ : ١ من الصفات الاصلية احتفظ بها الجيل الثاني للهجين . ولكن ، بعكس مندل ، لم يدرك اهميتها ، وبسبب الغموض الذي كان يلف بحث مندل ، فان داروين لم يعرف اهمية عمله ابدا .

مع نهاية العقد الاخير من القرن التاسع عشر ، جمع عالم النبات الهولندي، **هوجو دي فرايس** (Hugo DeVries) ملاحظات واسعة عن ازهار البيوت الحارة ، ولاحظ كيف انه يمكن تربيتها للحصول على انواع متعددة من الالوان. ووجد انه على الرغم من امكانية انتاج تغيرات بسيطة ، مثل ظلال من لون معين، نتيجة الاختيار الطبيعي ، فان الوانا او اشكالا جديدة كليا كانت تتأتى دائمـــا فجأة وبشكل عرضي . فسمـــــي دي فرايس هـــــذه التغيرات **بالطفـــرات** (mutations) . وبعد سنوات من دراسة ازهار الربيع ، اكتشف كثـــيرا من الانواع الجديدة كليا . ولاحظ ايضا ان التغيرات لم تحدث في كل صفة حالا، فزهرة التيوليب لم تغير اشكال اوراقها او حجم ازهارها ، وان تكن قد غيرت لون الزهر من احمر الى ارجواني . واستنتج دي فرايس من ذلك ان الوراثـــة تشتمل على وحدات متعددة ومنفصلة . واذ كان ينقب في البحوث المتوافرة فـــي تلك الايام ليرى اذا كان اي شخص آخر قد فكر بتلك الامور ، فقد عثر علـــى بحث لمندل حول قوانين الوراثة ، ظل مهملا لمدة طويلة . وبنفس السنة ، عثر عالمان آخران ، **كارل كورنز** (Karl Correns) من المانيا ، **واريك تشيرماك** (Erich Tschermak) من النمسا ، على اكتشافات مندل ، وأكدا صحتها .

على اثر ذلك صارت الطفرات ، ونجاح الطفرة او فشلها اساسا لنظرية علماء الوراثة عن التطور ، بها تفسر نشأة التغير ، وآلية الوراثة . وقـــد اعتقد بعض علماء الوراثة بأن كل طفرة تخلق في الحال ، نوعا جديدا حاضـــرا او مستقبلا ولكن ، قد بينت ملاحظات داروين بأن معظم التغيرات الفجائية ، كانت بذاتها مؤذية ، ولهذا فهي لا تختار لمدة طويلة . واصر داروين علـــى ان عملية التطور كانت طويلة ومتدرجة ، وتتم من خلال عدد من التغيـــرات البسيطة . ودعم علماء الطبيعة هذا الراي ، على الرغم من ان احدا منهم لم يستطع ان يفسر كيف نشأت التغيرات . ولم يكن دمج النظريتين المتعارضتين امرا ممكنا الا عندما ابتدأ علماء الوراثة بدراسة الجماعات بدل الافراد . ويكون هـــذا الدمج اساس النظرية الحديثة لعملية التطور : (١) تغير مستمر في التكوين الوراثي للجماعة من جيل لآخر ، نتيجة (٢) الاختيار الطبيعي الذي يؤثر على

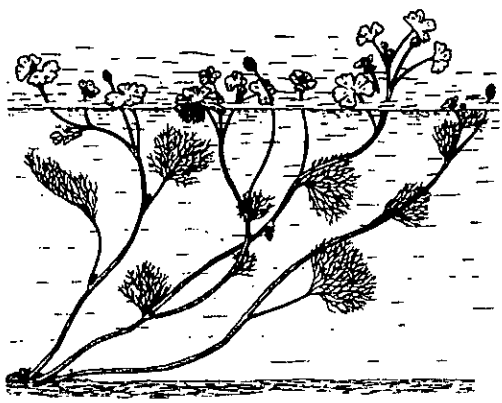
(٣) التغير الوراثي . وعندما يتم هذا التغير ، تكون درجة معينة من (٤) الانعزال ضرورية للمحافظة على التغير والاستمرار فيه . وسيعالج هـذا الجانب من التطور في الفصل التالي ، عندما نعالج تكوين الأنواع .

الجماعات: أساس التطور

Populations: the basis of evolution

ان نظرية التطور مبنية على الاعتراف بأن **الجماعات** (populations) وليس الافراد هي التي تتطور . وتعيش معظم الكائنات في جماعات ، تعـرف كل منها بأنها مجتمع افراد تتزاوج فيما بينها كمجموعة واحدة . ويمكن ان يؤوي كلب مجموعة من البراغيث ، ويمكن ان يحتوي اكواريوم على مجموعة مـن السمك الذهبي ، أو غابة على مجموعة من الغزلان . ومن اجل دراسة التطور، تعتبر الجماعة بأنها تتزاوج بشكل عشوائي : اي أن كل عضو ناضج جنسيا يمكن أن يقترن بأي من الجنس الآخر ليكون نسلا خصبا . وبما ان معظـم الجماعات تختلف الى حد ما عن هذه المثالية ، فانه يشار الى المجموعة التي تتناسل بشكل عشوائي بما يسمى **بالديم** (deme) .

ولكل جماعة **مجمع جينات** (gene pool) مشترك ، يحتوي على كـل الجينات لكل الامشاج في تلك الجماعة . وفي العادة ، لا تتبادل الجينات بـين مجمعات الجينات للأنواع المختلفة ، ولكن يمكن تبادلها بين مجمعات الجماعات المختلفة ضمن النوع الواحد . وهكذا ، فلكل كائن أو جماعة او الديم قسـم صغير من مجمع الجينات يحتفظ به لفترة وجيزة جدا . فاذا اتاح لهذا الكائـن توافر جينات معينة البقاء والتكاثر بنجاح اكثر من غيره ، فانه يمكن أن يعطي تلك



الشكل (٢٣ ــ ٥) : نبتة حوذان المـاء Ranunculus Aguatis تبين الاوراق الدقيقـة المنقسمة مغمورة ، بينما تكون الاوراق الاكثر تكاملا فوق الماء .

الجينات الى المجمع باعداد متزايدة نسبيا . ولكن هذه المساهمات ذات اهمية بالمقارنة بالعدد الكلي للجينات في المجمع . ففي المجمع وحده تتحد الجينات فيما بينها في وفرة من التجمعات تكفي لامداد الجماعة بالتغير اللازم للتطور . ان مساهمة كل الافراد مجتمعة هي التي تمنح الجماعة القدرة على التغير مع مرور الزمن .

التنوع : الطراز الجيني والطراز الشكلي Variation (phenotype)

ليس هنالك كائنان متطابقان في جماعة تتكاثر جنسيا ، باستثناء توأمين من زايجوت واحد . وفي جماعات النباتات والحيوانات تحتوي معظم الافراد على اتحاد جينات مميز ، يسمى **الطراز الجيني** (genotype) ، يختلف عن اي طراز جيني آخر في المجموعة . واذا اثر الطراز الجيني في الحجم او الشكل ، او اية خاصة مرئية اخرى ، فانه سيكون للكائن مظهر مميز ، يدعى **الطراز الشكلي** (phenotype) .

وتظهر التغيرات في الطراز الجيني بشتى الاختلافات في الطراز الشكلي . ولكن ، لكثير من الكائنات بعض الصفات التي يمكن ان تعدلها البيئة ، وليس التغيرات في الطراز الجيني . ومثال على ذلك دجاج الاسكا (الترمجان) الذي يغير لون ريشة من بني الى ابيض باقتراب الشتاء . أن صفات مثل لون ريش الطيور وشكل ورق النبات يمكن ان يتغير كثيرا بدون اي تغير في الطراز الجيني.

لعدد من النباتات المائية اوراق عليها انقسامات دقيقة عند جزء الساق المغمور بالماء ، ولكن الاوراق تخلو من هذه الانقسامات على جزء الساق الظاهر فوق الماء . ونظرا لان لكل الاوراق طرازا جينيا واحدا ، لانها اتت من نفس النبتة ، فان هذا النوع من التغير هو من تأثير البيئة . ولكن هذا لايعني ان تركيب الورقة غير متأثر بالطراز الجيني، ان الطراز الجيني هو الذي يقرر مدى التغير . واذا نزعنا هذه النبتة من غابة شمالية وزرعناها في صحراء او منطقة براري ، فانها لن تتكيف بتبديل اوراقها ليكون لها طبقة كيوتيكل سميكة او جذور طويلة ، بل الارجح انها ستذبل وتموت بسرعة .

ان التنوع المبني على الطراز الشكلي يعطي اساسا لتكيف الافراد ضمن مدى معين ، بحيث تتمكن من الاستجابة للبيئة ، الى حد ما . اما التنوع المبني

على الطراز الجيني فانه يعكس تكيف افراد جماعة ما ، ويمكن الجماعة ككل من الاستجابة للتغير البيئي على مدى الوقت . ويمكن تقسيم التغير في الطراز الجيني الى تغير مستمر وتغير متقطع . فكل الجماعات تظهر حدا من التنوع في عدد من الخواص ، مثل الحجم ، والوزن ، اللذين يتحكم بهما تداخل عدة جينات مختلفة . وكلما كثرت الجينات المعنية ، كان التنوع اكثر انتظاما (او



الشكل (٢٣ ــ ٦) : ابن عرس الاميركي ذو الذيل القصير ، يغير لون فروته مع تغير الفصول .



استمرارية) في المجموعة ويصعب على الغالب تمييز هذا النوع من التغير المستمر عن التغير الشكلي . ان توزيع الصبغات في جلد جماعة ما ، كما رأيناني الفصل الثامن ، تضبطه عدة عوامل وراثية تتراوح بين اربعة وستة جينات مختلفة . ولكن تغيرات لون الجلد يمكن ان تنتج من تأثيرات بيئية . فبعض الافراد « تسمر » بسرعة اكثر من غيرها اذا أمضت بعض الوقت في حمام شمسي بغض النظر عن الوقت الذي يمضونه تحت الشمس . ويعكس هذا اختلافا في الطراز الجيني الذي يحد من تأثيرات العوامل البيئية . وغالبا ما



الشكل (٢٣ ــ ٧) : تغير الطراز الشكلي بسبب عوامل بيئية : نبتة Horkelia California التي تنمو بافراط على ارتفاع ٧٠٠ قدم ، تنتعش على مستوى سطح البحر ، ولكنها تتقزم على ارتفاعات اعلى .

يتبع التغير المستمر في صفات مثل حجم الجسم ، وأصباغ الجلد ، التغير الجغرافي ، كما سنرى عندما نبحث موضوع الاعراق في الفصل القادم .

وعندما تميز الافراد أو الجماعات ، فروق حادة يدعى التنوع متقطعا . ويحدث هذا عادة في الصفات التي لها عدد جينات قليل ، أو جين واحد في بعض الاحيان .

ويحدث التنوع المتقطع من جماعة لأخرى في النوع الواحد ، أو من فرد لآخر في الجماعة الواحدة . وعندما تختلف الافراد بشكل صارخ بعضها عن بعض بصفة أو اكثر ، فان الجماعة تعتبر **متعددة الاشكال** (**polymorphic**) . فمثلا ، يحتوي عدد كبير من انواع النبات والحيوان على شكلين أو اكثر لنفس البروتين بنفس المجموعة . والأمثلة على تعدد الاشكال كثيرة منها النماذج

المختلفة من قواقع الحلزون والخنافس السوداء والحمراء والثعالب الحمراء والعصينة . كما ان هنالك تغيرات سببها العمر والجنس .

مبدا هاردي واينبيـرج The Hardy-Weinberg principle

ان اهمية نظرية مندل عن الوراثة المتغيرة بصدد نظرية التطور هي انهـا جاءت بطريقة لفهم استمرار التغير من جيل لآخر . انها تفسر كيف ان الصفات الابوية لا تفقد بالمزج ، ولكن يعاد تصنيفها في الجيل التالي . لقد قلنا بان الجينات تمارس تأثيراتها على الكائن أو الطراز الشكلي ، بينما يقرر تمثيلها النسبي ، أو تكرارها ، في المجمع الجيني لجماعة ما القدرة الوراثية للمجموعة . ونظرا لان كل جين يمكن ان يكون بشكلين أو أكثر (alleles,)، فان **تكرار الجـــين** (gene frequencies) يعرف بانه نسب الاليلات المختلفة لكل جين ممثل .

لنعتبر مجموعة ماشيه يكون اللون فيها مقررا بجين واحد ، له اليلان ر،ر . ولنفترض انه يوجد ١٠٫٠٠٠ راس منها ٥٠٠ره لونها أحمر ولها طراز جينـي رر ، و ١٥٠٠ لونها أبيض ، ولها طراز جيني رر والثلاثة آلاف المتبقية منقطة بالاحمر والابيض ولها طراز جيني .

ان أسهل طريقة للنظر في تكرار الجينات لهذه الماشية هي عد اليلات ر في المجموعة (١٠٫٠٠٠) . فهناك ١١٫٠٠٠ اليل ر مـــن ال ٥٠٠ره راس ذات الطراز رر ، و ٣٠٠٠ اليل ر من ال ٣٠٠٠ راس ذات الطراز رر . فالمجموع ١٤٠٠٠ ر .ونظرا لانه يوجد ٢٠٫٠٠٠ اليل في هذه الجماعة ، فان تكرار الجين رهو ١٤٫٠٠٠ / ٢٠٫٠٠٠ أي ٧ر٠٠ وبنفس الطريقة يمكن تقدير تكرار الجين لاليل ر، وهي ٦٫٠٠٠/٢٠٫٠٠٠ أي ٣ر٠٠ لاحظ أن مجموع تكرار الجين لاليلين يعمـلان على نفس الخواص هو ١ (اي ٧ر + ٣ر = ١)

اذا اعطينا مجموعة معينة من تكرار الجين لجماعة معينة في نقطة ما فـي فترة ما ، فانه يمكننا التنبؤ عما سيحدث للمجمع الجيني في الجيل الثاني وفـي الاجيال المقبلة وقد نفترض بان الجينات المستترة سوف تفقد في الجماعة بالتدريج لان تكرار الجينات المسيطرة يزداد . ولكن بينت تجارب مندل أن الجينـات المستترة لا تختفي ، حتى حينما لايظهر وجودها في الطرز الشكلية . انها تبقى مع الجينات المسيطرة دون أن تتغير ، وقد تنتقل للجيل التالي كما تنتقل اليلاتها المسيطرة .

حتى في الحالات التي ليس فيها سيطرة ، قد يبدو لنا أن اليلا ذا تكرار منخفض في مجموعة ما ، بالمقارنة باليل آخر ، يجب ان يختفي . ففي مثالنا الفرضي عن مجموعة الماشية ، فقد تحسب ان الماشية البيضاء سوف تصبح اقل واقل ، وان كل الماشية ستصبح مع مرور الوقت ذات لون احمر ، ولكن ، في الحقيقة ، سوف يبقى توزيع الماشية ذات اللون الاحمر وتلك ذات اللون الابيض نفسه تقريبا ، شريطة ان لا تحدث طفرات او امتيازات اختيارية ، وان لاتضاف اية ماشية جديدة للقطيع . ولقد وضع هذا النموذج من التغير المستمر في مبدأ نشأ بشكل مستقل عام ١٩٠٨ عن طريق عالم رياضي بريطاني اسمه **هاردي** (G. H. Hardy) ،وعالم فيزياء الماني اسمه **واينبيرج**(W. Weinberg).

ويقول مبدأ هاردي ــ واينبيرج بانه تحت ظروف معينة يبقى تكرار الجينات في جماعة ثابتا جيلا بعد جيل ، اي متوازنا . ويوحي هذا التوازن بانه تحت نفس الظروف سوف تصل تكرارات الطرز الجينية مستوى التوازن في جيل ما، ثم تثبت بعد ذلك . ويمكن وضع قائمة للظروف التي تبقي فيها تكرارات الجين متوازنة ، كما يلي :

١ . ان تكون الجماعة كبيرة الى حد يمنع الخطأ في اتخاذ العينات .

٢ . لا تحدث طفرات .

٣ . لا تعطى امتيازات اختيارية ، بحيث تكون كل الانسال متساوية من حيث حيويتها وخصوبتها .

٤ . يتزاوج اعضاء المجموعة بشكل عشوائي .

عندما تتوافر هذه الشروط ، تبقى تكرارات الجينات في الجماعة ثابتة من جيل لآخر . وتجدر الاشارة الى انه يمكن ان تتغير تكرارات الطرز الجينية خلال الجيل الاول . وبعد ذلك تبقى هذه التكرارات نفسها ثابتة . ويمكن ان نوضح هذا المبدأ في مثلنا عن الماشية ذات اللونين الاحمر والابيض،ولنفترض ، للتبسيط انه يضم ٥٠٠٠ عجل و ٥٠٠ ثور ، وان كل زوج ينتج نسلين .

ولمعرفة ماذا ستكون تكرارات الجينات في الجيل الثاني ، فانه يتوجب اولا معرفة تكرار الطرز الجينية . ويبين **مربع بونيت** (Punnett) كل نتيجة ممكنة لعملية تزاوج عشوائية في جماعة أبوية تكرارات طرزها الجينية تبلغ ٥٥ر. للطراز رر ، و ٣ر. للطراز رَ ، و ١٥ر. للطراز رَ . فهناك ٩ اتحادات ممكنة . ويتبين التكرار لكل طراز في صندوقه . فمثلا ، تشتمل ١٦ر٥ ٪

(٥٥ر٠ × ٣ر٠) من حالات التزاوج على الطراز رر للاب و رَرّ للام (صندوق ٢) و ١٦ر٥ ٪ (٣ر٠ × ٥٥ر٠) تشتمل على رَرّ للاب و رر للام (صندوق ٤) .

ولان اقتران انثى ذات طراز رَرّ بذكر ذي طراز رر متطابق وراثيا مع اقتران انثى طرازها رر مع ذكر طرازه رَرّ ، فان العدد الكلي للنسل من تهجين رَرّ و رر هو ٣٣ ٪ من المجموع ، أو ٣٣٠٠ . وبما ان تهجين رر و رَرّ مطابق لتهجين رَرّ و رَرّ ، وتهجين رر مع رَرّ مطابق لتهجين رَرّ مع رَرّ ، فان امامنا ستة اتحادات ابوية تكراراتها كما هو مبين .

بامكاننا الآن استعمال هذه التكرارات لايجاد تكرارات الطرز الجينية للجيل الثاني . فلان نسل كل تزاوج له اليل واحد من الاب وآخر من الام ، فان نسل الاقتران رر × رر يجب ان يكون رر . أما نسل الاقتران رر × رَرّ فيمكن ان يكون اما رر أو رَرّ ، ويكون ذلك بالتساوي بين النوعين . وهكذا ، فان ال ٣٣٠٠ نسل رر × رَرّ سوف يحتوي على ١٦٥٠ حيوانا من طراز رر و ١٦٥٠ حيوانا من طراز رَرّ . وعند ايجاد نتائج الاقترانات الاخرى، فاننا نجد بأن تكرارات الجيل الاول هي ٤٩ر٠ رر ، و ٤٢ر٠ رَرّ و ٩ر٠ رَرَ ، وهي مختلفة عن تكرارات الطرز الجينية الابوية التي هي ٥٥ر٠ رر ، ٣٠ر٠ رَرّ ، و ١٥ر٠ رَرَ .

ولكن ، عندما ننظر الى تكرارات الجين لهذا الجيل ، نجد ٩٨٠٠ اليل من ال ٤٩٠٠ عجل ذات الطراز رر و ٤٢٠٠ اليل من العجول ذات الطراز رَرّ ، فالعدد الاجمالي ١٤٠٠٠ اليل ر ، وبذلك يكون تكرار الجين ر ٧ر٠ اي ٠٠٠ر١٤/٠٠٠ر٢٠ . أما اليل رَ فيتكون ١٨٠٠ رَ من العجول (٩٠٠) ذات الطراز رَرَ و ٤٢٠٠ اليل رَ من العجول ال ٤٢٠٠ ذات الطراز رَرّ ويكون المجموع ٦٠٠٠ رَ ، ويكون تكرار رَ ٣ر٠ وبهذا لم تتغير تكرارات الجين من جيل لآخر، على الرغم من تغير تكرار الطرز الجينية . لقد بلغت الاخيرة مرحلة التوازن ، وسوف تبقى ثابتة من جيل لآخر ما دامت تكرارات الجين لا تتغير .

التكرارات الابوية		الذكـــــــــــــــور		
		رر ٠٫٥٥	رَرَ ٠٫٣	رَرَ ٠٫١٥
رر	٠٫٥٥	٠٫٣٠٢٥	٠٫١٦٥٠	٠٫٠٨٢٥
رَرَ	٠٫٣	٠٫١٦٥٠	٠٫٠٩٠٠	٠٫٠٤٥٠
رَرَ	٠٫١٥	٠٫٠٨٢٥	٠٫٠٤٥٠	٠٫٠٢٢٥

تكرار الطرز الجينية للجيل الثاني في المائشية

الاتحادات الابوية	تكرارات	تكرارات الطرز الجينية		
		رر	رَرَ	رَرَ
(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)
رر × رر	٠٫٣٠٢٥	٠٫٣٠٢٥	ــــ	ــــ
رر × رَرَ	٠٫٣٣٠٠	٠٫١٦٥٠	٠٫١٦٥٠	ــــ
رر × رَرَ	٠٫١٦٥٠	ــــ	٠٫١٦٥٠	ــــ
رَرَ × رَرَ	٠٫٠٩٠٠	٠٫٠٢٢٥	٠٫٠٤٥٠	٠٫٠٢٢٥
رَرَ × رَرَ	٠٫٠٩٠٠	ــــ	٠٫٠٤٥٠	٠٫٠٤٥٠
رَرَ × رَرَ	٠٫٠٢٢٥	ــــ	ــــ	٠٫٠٢٢٥
المجمـــــــوع	١٫٠٠٠	٠٫٤٩٠٠	٠٫٤٢٠٠	٠٫٠٩٠٠

معادلة هاردي ــ واينبيرج : The Hardy-Weinberg equation

بامكاننا معرفة تكرارات الطرز الجينية عند التوازن لاية جماعة تكرارات جينية ، من معادلة هاردي ــ واينبيرج :

$$ب^{٢} + ٢ابك + ك^{٢} = ١$$

حيث تمثل ب و ك تكرارات الاليلات المعنية . ويبلغ مجمـــوع تكرارات الجينات واحدا ، اي ان $ب^{٢} + ك^{٢} = ١$. لنفترض ان ب تمثل تكرار اليل ر و ك تمثل تكرار اليل رَ . وفي الجماعات التي لهامجموعتا كروموسومات عند التوازن، تكون تكرارات الطرز الجينية رر ، رَرَ ، و رَرَ مساوية ل $ب^{٢}$ ، ٢ابك، و $ك^{٢}$ ، ويكون مجموع هذه التكرارات يساوي واحدا . وفي مثالنا ، حيث تبلغ تكرارات الجيل الاول هي ٤٩ر٠ رر ، و ٤٢ر٠ رر و ٠٩ر٠ رر ، وهي مختلفة عن تكرارات و رَرَ ٤٢ر٠ (٢ × ٧ر٠ × ٣ر٠) و رَرَ ٠٩ر٠ (٣ر٠ × ٣ر٠) . وتفيد المعادلة فـــي ايجاد تكرارات الجين ، وخاصة عندما يكون اليل واحد مسيطرا ، وتكـــــون الافراد ذات الجينات غير المتماثلة صعبة التمييز عـــن الافراد المسيطرة ذات الجينات المتماثلة . فتكرار الطرز ذات الجينات المتماثلة المستترة ، $ك^{٢}$ ، هو طبعا نفس تكرار الافراد المستترين في الجماعة . اما تكرار الجين المستتر ، ك ، فانه الجذر التربيعي ل $ك^{٢}$. فمثلا ، اذا كان تكرار الطراز رَرَ للماشية في مجموعة يبلغ ٠٠٠٤ر٠ فان تكرار الجين رَ (ك) هو ٠٢ر٠ وبطرح ك من ١ فانه يمكـــن معرفة ب . وفي هذه الحالة فان ب = ١ ــ ٠٢ر٠ او ٩٨ر٠ وهكذا فاذا عرفنا كم فردامستترا ذاتكوينجيني متماثل يوجد في جماعة ما ، فانه يمكننا معرفة كـــم فردا ذات تكوين جيني غير متماثل يوجد في تلك الجماعة ، شريطة ان تتفـــق الجماعة مع شروط التوازن التي يتطلبها مبدأ هاردي واينبيرج .

ويصف مبدأ هاردي ــ واينبيرج جماعة افتراضية تقاس بالنسبة لها اية جماعة موجودة فعلا ، وذلك لايجاد الدرجة التي ابتعدت بها التكرارات في الطرز الجينية عن التوازن . فاذا لم تتوافق هذه التكرارات مع قيم التوازن المحسوبة، فانه من الارجح حدوث تغير في تكرار الجينات . ويعرف التطور بانه تغير في

التكوين الوراثي للجماعة ، او تغير في تكرارات الجين . واهمية مبدأ هاردي — واينبيرج هي انه يساعدنا في معرفة ما اذا كانت جماعة ما تتطور أم لا .

تذكر انه بالنسبة للمبدأ المذكور ، فان تكرارات الجين تبقى ثابته فقط تحت ظروف معينة واذا تغيرت تلك التكرارات ، فان واحدا من هذه الشروط، او اكثر ، يجب ان يكون قد توقف . ومن العوامل التي تقلب توازن تكرارات الجين الطفرات ، والاختيار ،والهجرة ، والانجراف الوراثي وتؤثر هذه العوامل، بمفردها او متحدة على التغير الوراثي بعدة طرق .

منشـــأ التنوع Sources of variation

ينشأ التنوع في الطراز الجيني في مجموعة تتكاثر جنسيا في حالة **العودة للاتحاد** (recombination) وفي **الطفرات** (mutation) . ونظرا لان معظم الجماعات الطبيعية ليست معزولة تماما ، فان منشأ ثالثا يتأتى نتيجة **الهجرة** (migration) .

اعادة الاتحاد والطفرات Recombination and mutation

يسمح التكاثر الجنسي باعادة اتحاد المادة الوراثية في حالة **العبور** (crossing over) عندما تتبادل كروماتيدات كل زوج من الكروموسومات المتجانسة مقاطع معينة خلال الطور التمهيدي للانقسام المنصف ، مكونة بهذا كروماتيدات جديدة كليا . بالاضافة الى ذلك ، يمكن تكوين طرز جينية جديدة نتيجة تزاوج كروموسومات الاب مع كروموسومات الام خلال تكوين الزايجوت لتتكون اتحادات كروموسومية جديدة . وهذه العوامل تولد مجتمعه تغييرا كبيرا . وعندما يتوطد المجمع الجيني ، تكون اتحادات جديدة لجينات موجودة اكثر فاعلية في التطور من الطفرات الجديدة . فمثلا ، معظم انواع الكلاب مثل اقزام الكلاب وذات السيقان الطويلة ، والتي لاشعر لها ، والقصيرة — كلها انتجت بواسطة اعادة اتحاد الجينات لمجمع جيني موجود وليس عن طريق تكوين جينات جديدة .

وهناك مصدر جديد آخر للكروماتيدات الجديدة — وهو ايضا المصدر الوحيد لجينات جديدة — وهو الطفرات . ويحدث ذلك من خلال تغيرات في ال

DNA للجينات نفسها ، ويسمى ذلك **بطفرة النقطة** (point mutations)،وكذلك من خلال تغيرات في عدد وتركيب الكروموسومات .

تتم طفرات النقطة من خلال زيادة ، او نقصان ، او تعويض لزوج قاعدي او اكثر في DNA الجين نفسه . ونظرا لان الزيادة او النقصان تكون عـــادة مميتة ، فان التعويض هو الاكثر اهمية من ناحية التطور . واذا شفر **كـودون** codon متغير لنفس الحمض الاميني ، كما تكون الحال احيانا،فلن يكون هنالك تأثير في التركيب الشكلي وبالتالي لا يكون هنالك طفرات . وفي الغالب ، يشفر الكودون المتغير لحمض اميني آخر وبهذه الحالة فان الجين المتأثر بذلك ســوف يحدد ببتيد متعدد جديد ، كما هو الحال في هيموجلوبين S الذي يسبب **فقـر الدم ذا الخلايا المنجلية** sickle-cell anemia .

وكما رأينا في حديثنا عن التغيرات الكروموسومية في الفصل الثامن ، فان التغيرات في عدد الكروموسومات وشكلها تحدث خلال الانقسام المنصف . وينتج تغير اعداد الكروموسومات من فقدان او زيادة كروموسوم واحد او اكثر الـى المجموعة الكروموسومية الاصلية،التي يمكن ان يكون فيها مجموعة كروموسومية كاملة او اكثر .

وتحدث التغيرات في تركيب الكروموسوم عندما ينقص او يضاعـــف مقطع صغير للكروموسوم ، او عندما يتغير تسلسل الجينات في الكروموسوم نتيجة **الانعكاس** inversion ، او بسبب **النقل من مكان لآخر** translocations ، حيث يكسر كروموسوم او اكثر ويعاد تجميع القطع بطرق غير طبيعية . وبعكس اعادة التجمع الذي يحدث في عملية العبور ، حيث تنتهي الكروموسومات الجديدة بنفس عدد الجينات ، فان النقل من مكان لآخر يؤدي الى بعثرة مقاطـــع كروموسومات ، او الى اتصالها بكروموسومات اخرى كاملة .

والى وقت قريب كان يعتبر اعادة الاتحاد الجنسي لاليلات **متحولـــة** mutant نتجت عن طفرات نقطة ، بمثابة الطريقة التي تطورت بواسطتهـــا معظم الفروق التركيبية والوظيفية والسلوكية بين انواع الحيوانات . ولكـن بينت مقارنات التركيب الجزيئي للبروتينات على مدى السنوات العدة الاخيرة فروقا قليلة جداًفي التركيب الجيني بين بعض الانواع .فمثلا،بالنسبةلاربعة واربعين بروتينيا رئيسيا ، يختلف الانسان عن الشمبانزي بأقل من ١٪ ، ويوحي ذلك بانه وجد عدد قليل من جينات **متحولة** mutant ثابتة في حوالي الثلاثين مليون

سنة منذ ان ابتعد النوعان (الانسان والقرد) عن آخر اصل مشترك لهما . لذا فان نظرية حديثة ماتزال موضع جدل تذهب الى ان التغيـــرات في تركيـــب الكروموسوم ، بشكل نقل من مكان لآخر يمكن ان تكون اكثر اهمية من اعادة الاتحاد لطفرات النقطة .

ان اعادة تركيب الجينات ، على طول الكروموسومين او اكثر ، الـــذي ينشأ من نقل (الجينات) من مكان لآخر ، يمكن ان يغير توقيت نشاط الجين — مثل المرحلة الدقيقة في نمو الكائن عندما يتطلب تصنيع بروتين ما — وكذلك قد يغير المدة التي يستمر فيها ذلك النشاط . ويمكن ان ينشأ عن ذلك فروق جوهرية في الوظيفة ، والتركيب ، والسلوك . ويمكن بهذه الطريقة معرفة امور مهمـــة مثل المرحلة التي يبدا فيها نمو الدماغ ، وكم من الوقت يستغرق ذلك ، او حجم العظام المختلفة وهيئتها .

الهجـــــرة Migration

نظرا لان التغيرات في تكرار الجينات التي تنتج من الهجرة تتم من خـــلال عملية التناسل المتداخل بين الجماعة الاصلية والمهاجرين الجدد ، فان الهجرة تعطي معينا من الطرز الجينية الجديدة ، وبالتالي من التغير . لقد بينا في بداية هذا الفصل ان المجموعات التي تعيش تحت ظروف بيئية مختلفة تميل الـــى الانحراف من حيث التركيب الشكلي والجيني اثناء تكيفها لظروفها . ونظرا لان التبادل الطبيعي للجينات ما زال ممكنا بين المجموعة المفترقة (المنحرفـــة) فان الافراد المهاجرين من جماعة لاخرى تساهم باعطاء اليلات جديدة الـــى المجمعات الجينية لجماعتها المتبناة (الجديدة) . ويسمى هذا التبادل في الاليلات **بمجرى الجينات** gene flow وتأثيره هو زيادة التغير بداخل مجموعة ما .

يمكن ان يعمل مجرى الجينات من خلال الهجرة كقوة تطور بارزة فقـــط عندما يحدث بين جماعات شبه معزولة ، لها مجمعات جينية مميزة . وهكذا ، فان النظير لهجرة التطور هو درجة معينة من الانعزال . ولا حاجة لان يكون هذا الانعزال جغرافيا . وغالبا ما تختار الافراد في مجمعات جينية مشتركـــة قرائن لها خصائص شبيهة بخصائصها ، ويسمى هذا **بالاقتران المشكل الايجابي** (positive assortative mating) . وتؤثر كل من العوامل الجغرافية والسلوكية على هذا الاقتران في مجموعة ما . فمثلا ، ضمن مجموعة حشرات تأكل فاكهة



الشكل (٢٣ ــ ٩) :
نوعان من الطفرة :
(ا) تغير في عدد الكروموسومات ــ زنبقة الفصح الثنائية والرباعية الكروموسومات ــ
(ب) تغير في تركيب الكروموسومات تضاعف جزء من كروموسوم ، مما أدى الى شكل العين العصوي في ذبابة الفاكهة Drosophilla

معينة ، يتغذى بعض الحشرات على فاكهة شجرة من نوع معين ، بينما يتغذى غيرها على فاكهة من نوع آخر . ويمكن ان يختار الافراد من النوعين قرائن لها اختيارات متشابهة ، نظرا لانها تواجه بعضها كثيرا . وهكذا ، يحد الاقتران المشكل من حجم الجماعة المتناسلة ، او الديم ، ويزيد من نسبة الافراد ذوي التركيب الجيني المتماثل الى الافراد ذوي التركيب الجيني غير المتماثل ، وبهذا يختل توازن هاردي ـ واينبيرج .

ونظرا لان الانسان بوجه عام هو احد انواع الكائنات الكثيرة التنقل ، فانه من غير المستغرب أن نجد ان مجرى الجينات بين الجماعات الانسانية كان يوما ما شبه معزول . ولقد امتزجت الجماعات الاسبانية والهنود ، وتناسلت فيما بينها في الكثير من مناطق أمريكا الوسطى . ومعظم الناس المولودين في الولايات



الشكل (٢٣ ــ ١٠) : الذبة اليابانيـة اوناجادوري Onaga-dori . مثال علـــى الاختيار الصناعي .

المتحدة هذه الايام تناسلوا عن جماعتين مهاجرتين . وفي هاواي ، كونـــت المجموعات البولينيسيه ، والشرقية ، والبيضاء ، مجموعة جينية مشتركة .

التنوع المقيـــد — Restraining variation

تتفاوت التقديرات لمعدل حدوث الطفرات من طفرة واحدة في كل ٥٠ر٠٠٠ تغير لكل جين لكل فرد لكل جيل الى طفره واحدة لكل مليون . فاذا قبلنا بالتقدير المحفظ نستنتج ان الطفرة تحدث في نوع ذي حجم معقول (مكون من عدة ملايين من الافراد) بمعدل لا يقل عن طفرتين لكل جين في كل جيل . ويؤدي هذا الامـــر بالاضافة الى التنوع الكبير الناتج عن الاتحاد والانتقال الجيني الى ازدياد درجة التنوع باستمرار ،وهذه الحالة لانجدها بين كثير من المجاميع السكانية الطبيعية. فهناك قوتان تعملان لتلافي اية زيادة مطردة في التنوع العشوائي وهما الاختيار الطبيعي والانجراف الجيني .

الضغط الاختياري — Selection pressure

يمكن تعريف الاختيار بانه الشيء الذي يميل بانتظام الى احداث تكاثر متمايز في الطرز الجينية لجماعة ما . فاذا احدث هذا الاختيار بواسطة الناس كما هو الحال في اكثار انواع معينة من النباتات والحيوانات فانه يقال عن مثل هذا الاختيار بأنه **اصطناعي** (artificial Selection) . والجدير بالذكر أن مثل هذا الاختيار يعتمد على نفس المبادىء البيولوجية التي تحدث في الطبيعة والمسماه **بالاختيار الطبيعي** (natural selection) .

وفي كلتا هاتين الحالتين يعمل الاختيار على الطراز الشكلي ليزيد او ينقص من مدى تكرار وجود الطراز الجيني الذي يحمله الطراز الشكلي . ويعني هذا ان الاختيار لايعمل مباشرة على الجينات وانما على الطرز الشكلية التي تنتجها. فالطرز الشكلية المتكيفة بشكل افضل للبيئة الجغرافية او البيئة الحيوية يمكنها المعيشة باعداد اكبر من تلك التي يكون تكيفها للبيئة اقل وهكذا تتمكن الطرز الجينية التي تحملها من التكاثر بنسبة اكبر .

ويعمل الاختيار على الاقلال من الطرز الجينية الضارة التي تنتج اما عن طريق الطفرات او الهجرة ، ولهذا فالاختيار هنا يعمل **كعامل مثبت** (stabilizing) ومن الضروري في اكثر الجماعات وخصوصا تلك التي تعيش لمدة طويلة نسبيا وجود مستوى مستمر من التنوع يعمل على ابقاء الجماعة عائشة تحت ضغوط بيئية متغيرة . وفي بعض الاحيان تكون القوى البيئية للسماح **للزيجوتات مختلفة الاليلات** (heterozygotes) فقط ان تعيش وتتكاثر وبهذا تبقى النسب الجينية فيالجماعة غير متغيرة رغم حدوث الطفرات والهجرة. ويسمى الاختيار الذي يعمل على التخلص من الاشكال الشاذة في الجماعة وعلى استمرارية مجموعة معتدلة من الصفات الشكلية **بالاختيار المثبت** (stabilizing selection) وقد قدم **هـ . س . بمبس** (H. C. Bumpus)في عام ١٨٩٨ مثالا على الاختيار المثبت اذ قارن حجم ونسب اجزاء طيور الدوري التي بقيت عائشة بعد ان هبت عليها عاصفة قوية بحجم ونسب اجزاء الطيور التي قتلت . وقد وجد ان الطيور التي بقيت عائشة كان لاجنحتها اطوال قريبة من المعدل العام . واما اجنحة الطيور التي ماتت فقد كانت اما قصيرة جدا او طويلة



الشكل (٢٢ ــ ١١) : الاشكال الداكنة وغير الداكنة لفراشة Biston Betularia المستقرة على جذع شجرة مغطاة بالاشن (الصورة العلوية) والمستقرة على جذع شجرة مغطاة بالاسفاج (الصورة السفلية)



بشكل غير طبيعي . وقد تبعت الصفات الاخرى هذا النموذج نفسه . وقد استنتج بمبس انه « من الخطر ان يكون الكائن اعلى بشكل ملحوظ من معدل معين للامتياز العضوى او تحت المعدل بشكل ملحوظ » .

ولكن اذا كان معظم العمل الاختياري هو من النوع المثبت فكيف يمكن اعتبار الاختيار قوة تطورية ؟

في الحقيقة أن الاختيار يعمل على الحفاظ على التنوع في الجماعة وعلى توجيه هذا التنوع ليكون ضمن افضل الحدود الممكنة . ولما كانت البيئة في حالة تغير مستمر ولو قل فلا بد ان تتغير خاصية التلاؤم للبيئة في البيئة المتغيرة ايضا . فاذا كان هذا التغير لا يمكن بعض الافراد الواقعين على طرف من اطراف الجماعة من البقاء فان مثل هذا الاختيار يعد اختيارا **متجها** (directional) ويقوم مربو الحيوانات والنباتات باحداث مثل هذا الاختيار بشكل متعمد لانتاج انواع تتميز بميزات خارقة من حيث الانتاج او الشكل . وهناك مثل اخر على الاختيار المتجه وهو زيادة السلالات المقاومة للمرض . فالحشرات تصبح مقاومة لمادة د.د.ت . والارانب مقاومة لمرض **الورم الهلامي** (myxo matosis) ويعود ذلك رئيسيا الى الاختيار القوي ضد كثير من الطرز الشكلية في الجماعة الامر الذي يؤدي الى زيادة الافراد الحاملين لصفة مستترة كان يندر وجودها سابقا .

وعندما يكون التغير البيئي بحيث يعمل ضد متوسط الطرز الشكلية في الجماعة منتجا بذلك شكلين او اكثر من الاشكال المتطرفة للنوع يعتبر الاختيار **قاطعا** (disruptive) ويهيىء مثل هذا النوع من الاختيار اتجاهين يتلاءم كل منهما مع ظرف بيئي مختلف ويكون لكل منهما اهمية في تكوين نوع جديد كما سنرى في الفصل القادم .

وتعطى الدراسات التي اجريت على تطور الجماعات السوداء لفراشة الفلفل الانجليزية **بستون بيتيولاريا** (English pepper moth (*Biston betularia*)) مثالا ممتازا على الاختيار المتجة . ففي العادة يكون لهذا النوع من الفراش لون غير داكن يشبه لون الاشنات الموجودة على الاشجار والصخور التي تستقر عليها اثناء النهار . ولكن في القرن التاسع عشر بدات عوامل التلوث عن طريق الدخان بقتل الاشنات وتسويد جذوع الاشجار في المناطق الصناعية في بريطانيا وبدأ عدد من اشكال الفراش الداكنة في الظهور . وقد سجلت اول رؤية

للاشكال الداكنة في المنطقة المحيطة **بمانشستر** (Manchester) حوالي عام عام ١٨٤٥ . وبعد حوالي خمسين جيل تالية ، احتل مكان الشكل غير الداكن من هذا الفراش بفراش داكن هو المعروف باسم **كربونا ريا** *B. carbonaria* وذلك في منطقة مانشستر الصناعية ، اما في مناطق الريف غير الصناعية فقد بقي الشكل غير الداكن سائدا .

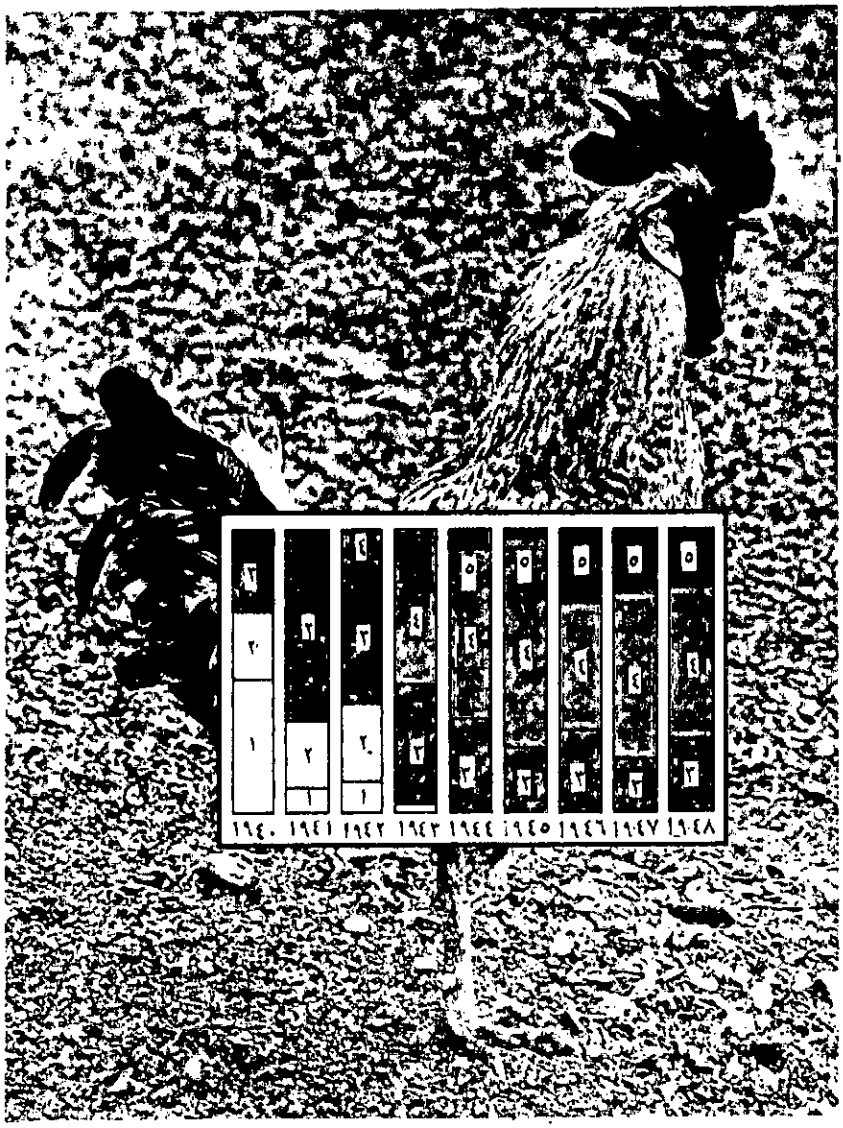
ويحدد صفة اللون في فراشة الفلفل جين واحد . لهذا فلا بد ان طفرة ماقد كانت مسؤولة عن الظهور الاساسي للفراشات ذات اللون الداكن ، ولكن لا علاقة لهذه الطفرة بالازدياد السريع لهذا الشكل الجديد من اشكال الفراشات ولا بتوزيعها غير المنتظم . وقد فسر ذلك بان للطيور التي تعيش بافتراسها هذا النوع من الفراشات قدرت على رؤية واصطياد الفراشات غير الداكنة على الاشجار المسودة اكثر من الفراشات داكنة اللون في كل جيل اذا قورنت باعداد الفراشات غير الداكنة . ويسمح هذا الامر ببقاء فراشات كثيرة داكنة اللون للتكاثر . والعكس صحيح بالنسبة لمناطق الريف حيث تكون الفراشات داكنة اللون واضحة للافتراس نظرا لان الاشنات وقلف الاشجار هناك غير داكنة اللون وبهذا تبقى اعداد الفراشات غير الداكنة كثيرة في تلك الاماكن.

وللتأكد من صحة هذه النظرية اطلق **هـ . ب . د . كتلويل** H.B.D.Kettlewell وزملاؤه نوعي الفراش في مناطق ريفية ومدنية ودرسوا مدى افتراس كل نوع . وقد وجد كتلويل ان الطيور قد تغذت على الفراشات ذات اللون غير الداكن في المناطق شديدة التلوث حول برمنجهام بمعدل يساوي ثلاثة اضعاف تغذيتها على الفراشات داكنة اللون رغم ان عدد الفراشات التي اطلقت من كل شكل كان واحدا وقد افترست الطيور من الفراشات الداكنة مايساوي ٦ اضعاف ما تغذت عليه من الفراشات غير الداكنة في مناطق الريف . وبهذا فقد ثبت ان افتراس الطيور هو قوة اختيارية كافية لتفسير التغير الجيني المصحوب بتغيير اللون من غير داكن الى داكن في المناطق الصناعية . ولكن وجد انه عندما تصبح جميع الفراشات في الجماعات الموجودة في تلك المناطق فيما خلا ٢٪ منها من السلالة الداكنة يصبح الاختيار اختيارا مثبتا فيقضي على معظم الاشكال غير الداكنة الناتجة عن الطفرات والهجرة وحالات انتاج افراد متنحية متماثلة الاليلات من تزاوج افراد مختلفة الاليلات .

ويسمح الحفاظ على الصفة المستقرة للبيتيولاريا في زيجوت مختلف

الاليلات ببقاء حالة المرونة في الجماعة فان استعمال انواع الوقود الانظف من الفحم في المدن البريطانية سيؤدي الى اقلال مدى انتشار الفراشات الداكنة مرة اخرى لان استخدام وقود نظيف سيؤدي الى الاقلال من حالات التلوث بالدخان ومن ثم الى جعل جذوع الاشجار غير داكنة اللون مرة اخرى . وبهذا يعود الانتخاب مرة اخرى الى حالة الانتخاب المتجه .

ومن المحتمل ان يفسر التفاعل بين انواع القوى الاختيارية المختلفة معظم تاريخ التغير التطوري . وفي بعض الاحوال قد تتصارع القوتان فيما



الشكل (٢٣ ــ ١٢) : يمثل الشكل تغلب الاختيار المثبت على الاختيار المتجه بالنسبة لعدد انصال اعراف الدجاج .

بينهما . ويصف **ل . و. تيلور** (L. W. Taylor) تجربة توضح تطبيق الاخ
الصناعي لزيادة عدد الانصال في اعراف الدجاج . ففي عام ١٩٤٠ وجد انـ
في جماعة من الدجاج ذات اعراف لها نصل واحد او نصلان او ثلاثة انص
فصلت صيصانها التي لاعرافها نصل واحد او نصلان وسمح فقط للدجـ
ذي الثلاثة انصال ان يتكاثر . وبعد عدة اجيال قلت نسب الدجاج ذي النص
الواحد او النصلين وبدا الدجاج ذو الانصال الاربعة في الظهور وفي عام ١٩٤٤
اختفت الاعراف ذات النصل الواحد او النصلين وظهر عدد من الاعراف الجديدة
ذات الخمسة انصال . وبعد سنتين وصل عدد الاعراف ذات الثلاثة والاربعة
والخمسة انصال الى نسب متزنة متشابهة بقيت ثابتة بعد ذلك ويوضح هذا
المثال ميل معظم الجماعات الى الحفاظ على مستوى ثابت من التنوع بنفس
الوقت الذي تخضع فيه للقوى المتجهة من قوى الاختيار .

الانجراف الجيني Genetic drift

بينما يعمل الاختيار على احداث نوع من الثبات او الاتزان في الجماعـ
الكبيرة يقوم في نفس الوقت بالحفاظ على التنوع عن طريق عدد كبير مـ
الاتحادات الممكنة بين الجينات . اما في جماعة صغيرة فهناك امكانية كبيرة لان
تحمل بعض الجينات افراد قليلة جدا من هذه الجماعة بحيث يمكن فقدان هـذه
الجينات نتيجة لعامل الصدفة .وبالاضافة الى ذلك يمكن فقدان الطفرات الضارة
بسرعة اكبر في الجماعات صغيرة الحجم مما هو الحال في الجماعات الكبيرة .
ويعود ذلك الى ان ازدواج الاليلات المستترة اكثر فرصة للحدوث . ونظرا
لكثرة هذا الازدواج قد يحدث ان يكون في الجماعة الصغيرة في وقت ما نسبـة
اكبر مما في الجماعة الكبيرة من الزيجوتات مختلفة الاليلات المستترة وقـد
تحدث مثل هذه التغيرات العشوائية في الجينات والمسماه بالانجرافات الجينية
في اي حجم من الجماعات ولكن اكثر التغييرات تحدث في الجماعات صغيـرة
الحجم التي تتميز بالهجرة القليلة او عدم حدوث الهجرة كليا . ولتوضيح هـذا
الامر دعنا نقارن بين جماعتين افتراضيتين الاولى مكون من مئة شخص والثانية
من عشرة الاف شخص ودعنا نقتفي أثر الاليات السائدة والمستترة التي تنتج :
تعود القدرة على تذوق مادة كيميائية معينة وهي مادة **الفينيـل ثيوكارباميـد**
(phenylthiocarbamide) لجين خاص بالذوق يسود على اليل اخر لا يؤدي الى

ذوق هذه المادة ففي كلا الجماعتين الكبيرة والصغيرة تكون النسبة الابتدائية للاليل السائد (T) هي ٦ر٠ وتكون النسبة الابتدائية للاليل المستتر (t) هي ٤ر٠ فباستخدام معادلة **هاردي ووانبيرغ** (Hardy-Weinberg) للتوازن ، وهي ب ٢ + ٢ ب + جـ ٢ = ١ فاننا نتوقع ان يكون هناك ١٦ شخصا من النوع الذي لا يتذوق هذه المادة في الجماعة الصغيرة و ١٦٠٠ شخص في الجماعة الكبيرة ، ولو تعرض ثمانية اشخاص غير قادرين على التذوق من افراد الجماعة الصغيرة لحادثة تمنعهم من التكاثر كما هو الحال في حادثة سيارة مميتة مثلا فان نسبة الجينات للاشخاص غير القادرين على تذوق هذه المادة في الجيل الثاني ستكون ٣٤٨ر٠ وستكون نسبة الجين للاشخاص القادرين على التذوق مساوية ١ — ٣٤٨ر٠ = ٦٥٢ر٠ اما اذا فقد ثمانية اشخاص غير قادرين على التذوق من الجماعة التي يتكون عدد افرادها من عشرة الاف شخص فان ذلك سيؤدي الى نسب جينية هي ٣٩٩٥ر٠ للاليل المستتر (t) و ٦٠٠٥ر٠ للاليل السائدة (T) في الجيل التالي ويمثل هذا التغير تغيرا غير مهم . ولاحداث تغيير في النسبة الجينية للجماعة الكبيرة مساو لتغير مماثل في الجماعة الصغيرة لابد من عزل ٨٠٠ شخص غير قادرين على التذوق بينما لا يتأثر الاشخاص القادرون على التذوق بذلك . والجدير بالذكر ان مثل هذه الحوادث الاختيارية التي تشمل افرادا كثيرين من الجماعات لاتحدث كثيرا .

ويساهم في احداث الانجراف الجيني في جماعات صغيرة معزولة مدى تكرار **التزاوج البيني** (inbreeding) في مثل هذه الجماعات والتزاوج البيني هو نوع من التزاوج التجانسي بين الافراد شديدي القرابة . والنتيجة المباشرة للتزاوج البيني ، كما هو الحال في التزاوج التجانسي هو زيادة نسب الطرز الشكلية متماثلة الاليات ، فيؤثر الاختيار على هذه الطرز الشكلية مغيرا النسب الجينية . وتكون امكانية ظهور الطرز متماثلة الاليلات المستترة اكثر في حالات التزاوج البيني لان فرصة اقتران اية اليلات مستترة بين الاقارب اكثر منها في الجماعة العامة . ولناخذ بعين الاعتبار عائلة ما تكون فيها النسبة الجينية لاليل مستتر ضار في افراد ابناء وبنات العمومة البالغين هي ٢ر٠ ولنقل ان النسبة الجينية في جماعة عامة هي ١٠ر٠ لهذا الاليل . ففي الجماعة العامة يتوقع ان يحمل شخص واحد في كل ١٠٠٠ر١٠ شخص حالة تماثل الاليلات المستترة . وتؤدي

زيجات احد افراد هذه العائلة مع فرد اخر من عائلة اخرى الى ان يكون هنـــاك شخص واحد حامل لهذه الصفة المستترة من كل ٥٠٠ شخص . ولكن الزيجات التي تتم بين افراد العمومة لهذه العائلة تؤدي الى زيادة فرصة عمـــل الصفة المستترة لتصبح بمعدل شخص من كل ٢٥ شخصا .

وتثير ظاهرة الانجراف الجيني اهتماما خاصا لدارسي الجماعات البشرية. فمع ان الجماعات الحديثة تعتبر جماعات كبيرة الحجم فانه من الاهمية بمكان تحديد حجم الجماعة التي لها فاعلية القدرة على الانجاب population effective breeding عند النظر الى اثار الانتخاب العشوائي . ففي جميع الاحوال يكون حجم هـــذه الجماعة الفعالة في الانجاب اصغر بكثير من حجم الجماعة نفسها اذ تكون فـــي العادة ثلث الجماعة العامة . والجماعات القروية التي تتراوح في تعدادها بـــين ٥٠٠ ــ ٥٠٠٠ شخص هي في الحقيقة جماعات صغيرة اذا استثنينا منهـــــا الاطفال والاشخاص غير القادرين على الانجاب الامر الذي يؤدي الى تأثرهـــا بالانجراف العشوائي . وبالاضافة الى ذلك يمكن القول انه حتى في الجماعـــات المكونة من عدد كبير جدا من الافراد كما هو الحال في المدن تقلل اثـــار التزاوج التجانسي الحامل لاسباب دينية او اقتصادية او تعليمية او عرقية من فرص التزاوج العشوائي فيؤدي ذلك الى تقسيم الجماعة التي تقطن المدينة الى عدد من الجماعات الصغيرة ذات الفاعلية في الانجاب .

اثـــر الموجـــد *Founder effect*

هناك نوع من الانجراف العشوائي يعرف باثر الموجد ويتضح كثيرا فـــي الجماعات المتميزة في التزاوج البيني . ويمثل هذا الاثر وصفا لوجود اليل او اكثر من الاليلات الضارة بنسبة عالية نوعا ما تنتج من عينة لاتمثل اصل اواصول الجماعة . وتحدث هذه الظاهرة كثيرا في الطيور او الحشرات التي تستقر في جزر بعيدة عن الشاطئ والتي قد لايزيد عددها عن زوج واحد او انثى مخصيـــة واحده . ويمكن تطبيق اثر الموجد ايضا على الاعضاء الباقين لجماعة قضـــى على معظمها نتيجة لمرض الطاعون او لحصول جدب او لكارثة اخرى ادت الى ذلك . فلو ان هذه الجماعة الصغيرة قد زادت في العدد فانها تبقى معزولـــة نتيجة لبعدها الجغرافي او للظروف البيئية العامة التي تتعرض اليها . وعنـــد ذلك تكون فرصة ظهور جين مستتر ضار مرة ثانية كبيرة . ربما لم يكن مثل هذا

الجين مهما في الجماعة الاصلية (قبل حلول الكارثة) نظرا لان فرصة اتحاده مع جين اخر مشابه كانت قليلة . فمثلا تكون نسبة ظهور صفة **المهق** (albinism) والصم والبكم عالية نسبيا في قرى جبال الالب البعيدة لان هذه القرى تتميز بان سكانها هم احفاد لجماعة اصلية كانت صغيرة جدا في الحجم واشتملت على شخص او اكثر ممن يحملون اليلات مختلفة لهذه الصفات .

وفي **حي الاميش** (Amish community) في مقاطعة لانكستر في في ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الامريكية ينتشر **مرض ايلس فان كريفيلد** (Ellis-van Creveld syndrome) بنسبة ٠٫٧ . ويسبب هذا **مرض القزم** (dwarfism) **وزيادة عدد اصابع اليد والقدم** (polydactylism) بالاضافة الى ضعف في القلب في الغالب في الاشخاص ذوي اليلات متشابهة مستترة . فمن بين ١٠٠ حالة وجدت منذ عام ١٨٦٠ هناك ٥٥ حالة وجدت في اشخاص من هذا الحي ويمكن ارجاع جميع هؤلاء الاشخاص المصابين الى رجل وامراة كانا قد جاءا الى الولايات المتحدة الامريكية عام ١٧٤٤ .

وتوضح هذه الامثلة حقيقة ان الاعداد النسبية لصفات معينة في الجماعة لا تعتمد بالضرورة على اهميتها التكيفية . وقد ذهب بعض علماء الوراثة حديثا الى انه من الممكن ان يكون هناك مغالاة في التوكيد على دور الاختيار في التطور، وان معظم الطفرات الباقية في الجماعة هي في الحقيقة حيادية من حيث الاختيار اي انها لاتشكل فائدة او عدم فائدة للطرز الشكلية . وتبعا لهذه النظرية التي مازالت موضع نقاش بين علماء الوراثة فان الاحتفاظ بمثل هذه الاليلات بنسب عالية يعود الى اثر الانجراف العشوائي فقط . ولو تميزت معظم الطفرات بحيادية اختيارية كما يرى مؤيدو هذه النظرية فان ذلكيعني ان معظم الاختلافات الجينية بين الانواع ذات العلاقة بعضها ببعض قد ظهرت صدفة دون ان يلعب الاختيار سوى دور صغير في هذه العملية .

حفظ التنوع Preserving variation

كما يوضح مثال عدد الاصابع في اعراف الدجاج تحفظ قوى الاختيار المتعارضة استمرارية التنوع في الجماعة . ولما كانت البيئة تتغير باستمرار فان القيمة التكيفية للطراز الجيني تتغير هي الاخرى باستمرار . ولهذا فانه من

المفيد للجماعة ككل ان تحتفظ باكبر عدد ممكن من الجينات في الجماعة لانش
مجاميع نشطة مقاومة للتغيرات البيئية ولظروف الصدفة والهجرة . وبالاض
لقوى الاختيار المتعارضة هناك عدد من العوامل الاخرى التي تساهم في الحف
على التنوع الجيني في الجماعة .

ولما كانت القيمة التكيفية لجين ما تتغير تبعا لتفاعل هذا الجين مع الجينات الاخرى التي تتحد معها لتكوين طراز جين معين فانه يمكن تحمل عدد كبير من الجينات ذات القدرة على احداث الضرر للفرد ضمن مجموعة جينية رغما عن حدوث الاختيار . وكلما كان تأثير جين ما على الطراز الشكلي اقل كانت الفرصة لانتخابة او عدم انتخابه اقل . ولهذا تبقى نسبة وجوده في الجماعة لمدة اجيال ثابتة . وهناك عدد من الجينات التي تحفظ نتيجة لاختيارها في الطراز الشكلي ذي الاليلات المختلفة . فالجين مختلف الاليلات ليس مماثلا تماما للطراز الشكلي متشابة الاليلات من ناحية شكلية كما كان يظن . ويعود ذلك الى ان المستويات المختلفة من السيادة تسمح للاليات المستترة ان يكون لها بعض الاثر على الطراز الشكلي . ولكن بغض النظر عن ذلك يبدو ان الاختيار الطبيعي يحبذ هذه الاتحادات مع الجينات الاخرى المحورة في الطراز الجيني الذي ينتج طرازا شكليا مختلف الاليلات مشابها لطراز شكلي متشابة الاليلات وقد وجد ان هذا الامر صحيح بالنسبة لجماعات فراش الفلفل الملون فالجينات المحورة في اشكال فراش **الكربونا ريا** (*carbonaria*)مختلفة الاليلات تقلل من اثر الجين المسؤول عن اللون غير الداكن وهي بهذا تزيد من تشابه هذه الاشكال مع الاشكال داكنة اللون ذات الاليلات المتشابهة .

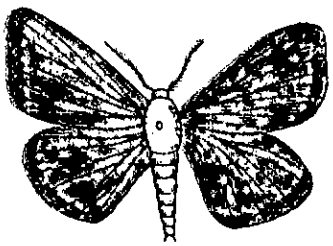
والان بعد معرفة هذا المستوى العالي من التنوع في الطرز الجينية لجماعة تتكاثر جنسيا يمكن طرح هذا السؤال : لماذا لا نلاحظ تنوعا اكبر في الجماعات الطبيعية ؟ والحقيقة ان بقاء وتكاثر النوع ككل يستوجب درجة عالية نسبيا من التشابه في الطرز الشكلية . ولما كان الانتخاب يؤثر مباشرة على الطراز الشكلي فانه يزيل الافراد ذوي التركيب غير المناسب من الجماعة . ونتيجة لذلك يضبط نمو كل فرد من افراد النوع بدقة من خلال طرق معقدة ويطلق على هذه العملية **التشابك القنوي** (canalization). ويمثل التمايز الجنسي للافراد في الجماعة احد الامثلة على تقنين هذا التمايز . فبغض النظر عن اي من الجينات التي تتحد يعمل التشابك القنوي للتمايز الجنسي على تأكيد ان العدد

التناسلية الناتجة في كل فرد تابع لنوع معين اما ان تكون ذكرية او انثويـــــة وليس بين ذلك . ومع انه قد تحصل اخطاء اثناء نمو هذه الغدد في بعضـــــ الاحيان مؤدية بذلك الى ظهور افراد خنثى او غير ذلك من الحالات الجنسية غير الطبيعية، الا انه يتخلص من هذه الحالات عن طريق الانتخاب في العادة .

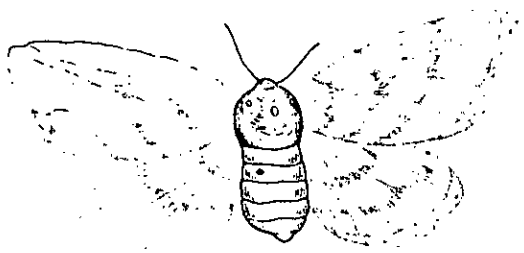
كمـــا ان نمـــو الصفات الجنسية المميزة للذكر والانثى سواء كانت جسميـــة او سلوكية يخضع لضبط وتنظيم دقيق مشابه لذلك الذي يضبط نمو الغدد التناسلية. ويؤدي ذلك الى مساعدة الافراد التابعين لنوع ما من التعرف على قرائنهـــــا المناسبة ، الامر الذي يعمل على ضمان عملية التكاثر في النوع .

تعاظم قدرة الزيجوت ذي الاليلات المختلفة Heterosis

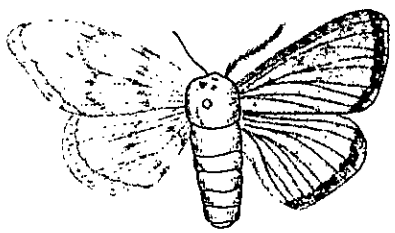
يوجد سبب اخر لحفظ التنوع الجيني الا وهو تعاظم قدرة الزيجوت ذي الاليلات المختلفة (heterosis) . وقد يعود هذا التعاظم التكيفي الى حقيقة ان للزيجوت ذي الاليلات المختلفة فائدة تكوين نوعين من المواد تنتج كل منها عن اليل مختلف . ولما كان لهذا الزيجوت القدرات الخاصة بكل من حالتي الاليلات



ذكر

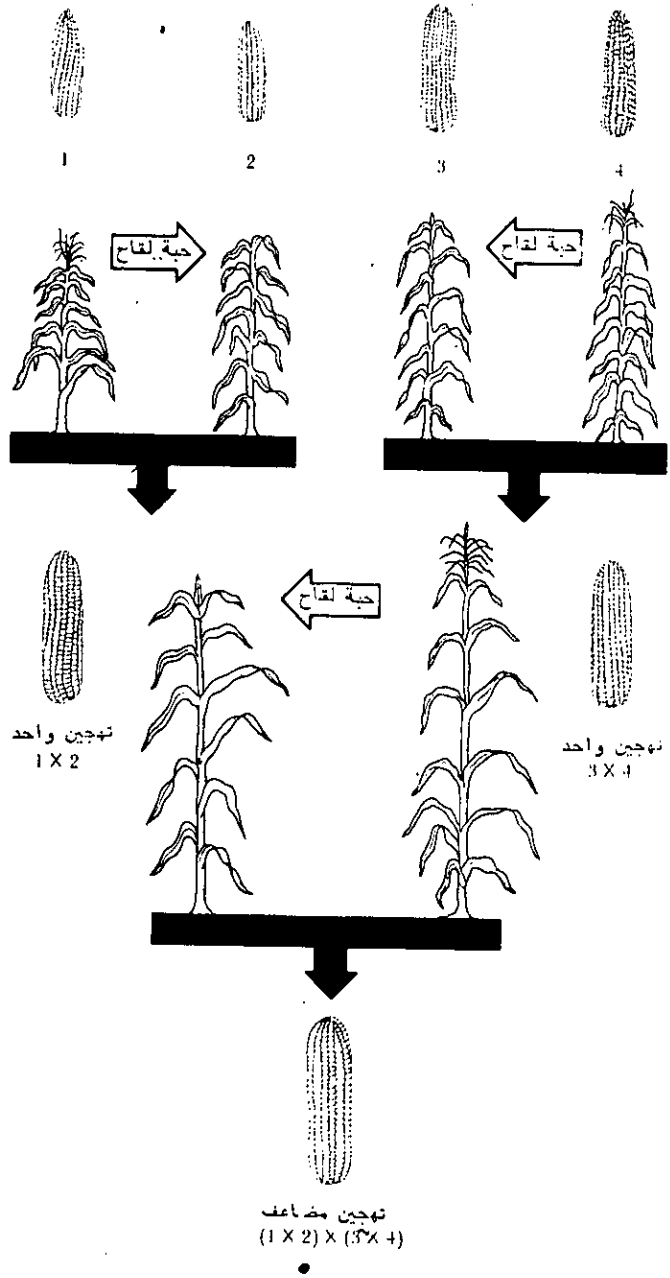


انثى



فرج جنسي

الشكل (٢٢ ــ ١٢) : يوضح الشكل كيف تؤدي الاخطاء في الاتجاه الجيني للنمو الجنسي الى ظهور حالات من المزج الجنسي gynandromorphs . يلاحظ هنا ان الفراشة المزوجة جنسيا لها جنـــاح باهت اللون وقرن استشعار دقيق على احد الجانبين وهما مميزتان خاصتان بالانثى وجناح بني وقرن استشعار ريشي الشكل على الجانب الاخر وهما مميزتان خاصتان بالذكر .



الشكل (٢٣ ــ ١٤) : مثال على النشاط التهجيني hybrid vigor في الذرة الهجنة.يمكن انتاج انواع مختلفة من الذرة مناسبة للزراعة تحت ظروف مختلفة عن طريق التلقيح بين أربع سلالات .

تلقح السلالة ١ مع السلالة ٢ والسلالة ٣ مع السلالة ٤ . ثم يلقح الهجينان الناتجان احدهما مع الاخر لانتاج بذرة هجينة جديدة . ولا بد من تكرار هذه الطريقة كل عام لان النشاط يخف تاثيره عندما يحصل تزاوج بين افراد الهجين الناتج ذاتها .

المتشابهة (السائدة والمستترة) فان وجوده في بعض الحالات افضل من كـــل هاتين الحالتين .

ويجب التمييز بين حالة تعاظم الاليلات المختلفة وظاهرة **النشاط التهجيني** (hybrid vigor). فليس من الغريب ان نجد ان فردا هجينا اكبر وانشط من اي من والديه لان ذلك ينتج عن تفاعل بين الجينات المنتجة للطرز الشكلية الجيدة التي يستفاد منها في الزراعة والبستنة . ومن الامثلة الجيدة على ذلك نباتات الذرة الهجينة . ولكن النشاط التهجيني بحد ذاته لايتضمن زيادة في التناســـب التطوري ، ولكن على العكس من ذلك نرى ان كثيرا من الافراد المتميزيـــــن بنشاط تهجيني كبير خصوصا افراد الجيل الاول بعد التلقيح يكونون عقيمـــين كليا وبهذا لا يكون لهم اية اهمية تطورية . وبالاضافة الى ذلك يقل النشاط التهجيني كلما حصل تكاثر بيني للافراد الهجينة . ويختفي النشاط التهجينـــي كليا بعد ثلاثة او اربعة اجيال .

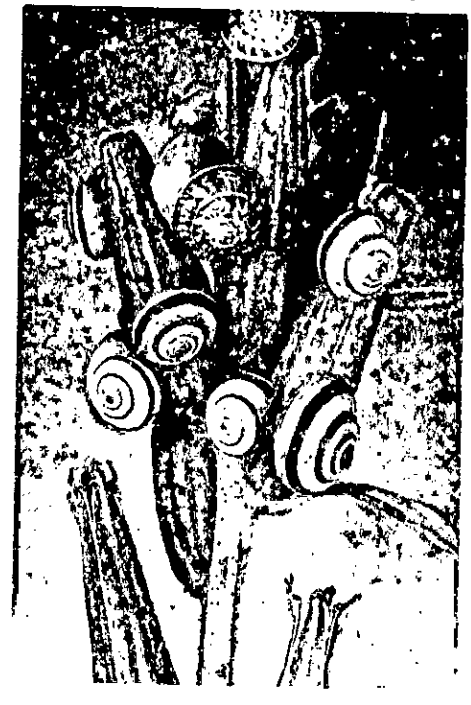
ومن ناحية اخرى تمثل حالة الاليلات المختلفة طريقة في التغير التطوري فهي تعرف كحالة تكون فيها الزيجوتات ذات الاليلات المختلفة متفوقة تكيفيـــا على الزيجوتات ذات الاليلات المتشابهة . ويتطلب هذا الامر قدرة على البقاء والتكاثر . ومن الامثلة الممتازة الموضحة لهذه الحالة في الطرز الشكلية للانسان حالة الافراد الحاملين للجين مختلف الاليلات الخاص **بالذلايا المنجليـــــة** (sickle-cell heterozygote) (اقرأ النظرة الفاحصة لهذا الفصل) .

ظاهرة التشكل المتعدد المتوازن Balanced polymorphism

ان التناسب الكبير في الزيجوت ذي الاليلات المختلفة يضمن وجود كـــلا الاليلين في الجماعات المتعرضة لقوى اختيارية متعارضة . ويؤدي ذلك الى ظاهرة التشكل المتعدد المتوازن وهي ظهور نسبة ثابتة لشكلين او اكثر مـــن اشكال الجماعة . وبهذا يكون لاي خروج عن حالة التوازن هذه اثر ضار على الجماعة ككل ، ويعمل الاختيار ضد حالة الاليلات المتماثلة الى استعادة حالة الاتزان ، ولظاهرة التشكل المتعدد اهمية خاصة بالنسبة للانواع التي تعيشـــ في بيئة متغيرة لانها تسمح لهذه الاشكال ان تعيش تحت ظروف بيئية مختلفـــة فمثلا ، يسمح وجود شكلين من اشكال فراشات الفلفل البريطانية لهـــــذه

الحشرات من المعيشة في المناطق الصناعية والريفية . ويمكن مشاهدة هـــذا التنوع ايضا في نماذج كثيرة من التواقع **والفراش النهاري** (butterflies) اذ ان كل شكل من اشكالها يتناسب مع بيئة خاصة مختلفة .

وفي الغالب ترتبط القوى الاختيارية بالمواسم المختلفة الامر الذي يسمح بان يكون معدل البقاء كبيرا خلال العام باكمله . وهناك شكلان من اشكـــال **حشرة الدعسوقة** ladybug المسماه **ادالیا باي بانكتاتا** *Adalia bipunctata* احدهمـــا



الشكل (٢٣ ــ ١٥) : نوع الاشـــكال المتعددة في احد انـــــواع القواقع وهـــو Helicella Virgate **ويلاحظ هنا اشكال مخططة واخرى غير مخططة من هذا القوقع على أحد النباتات .**

الشكل (٢٣ ــ ١٦) : وزه زرقاء واخرى بيضاء معا في أحد الجداول بولاية مونتانـــــا بالولايات المتحدة الامريكية .



احمر والاخر اسود ، ويسود الشكل الاحمر في الربيع اما الاسود فيسود في الخريف . واما في فصل الشتاء فيموت من الشكل الاسود عدد اكبر مما يموت من الشكل الاحمر ويحصل العكس في الصيف . ويظهر مثل هذا التنوع الموسمي في شكلي الاوز الابيض الثلجي والازرق ايضا . وتتناسل هذه الطيور في التندرا القطبية ولكنها تقضي فصل الشتاء على ساحل خليج ولاية لويزيانا وشرق ولاية تكساس . وقد كان يظن اول الامر ان هناك نوعين من هذا الاوز لان هذه الطيور تفضل التناسل اللاعشوائي . اما الان فان هذين الشكلين من الاوز يمثلان شكلا من اشكال ظاهرة التشكل المتعدد المتوازن لنوع واحد من الاوز هو *Chen caerulescens* ومن المعروف الان ان الذي يحدد لوني الريش هو على الارجح زوج واحد من الاليلات بحيث انه عندما يكون الاليلان متشابهين سائدين (*BB*) او مختلفين احدهما سائد والاخر مستتر (*Bb*) فان لون الريش يصبح ازرق وعندما يكون الاليلان متشابهين مستترين (*bb*) يكون اللون ابيض ولما كانت الذكور تفضل اختيار اناث من نفس لون الابوين فان التعدد الشكلي يحفظ بنسب ثابتة نسبيا . ويبدو ان الاهمية التكيفية لهذا الامر تتركز في تحديد موسم التناسل للنوع . والجدير بالذكر ان فصل الربيع يأتي متأخرا في الجو القطبي قرب خليج هدسون حيث تعود هذه الطيور لتضع بيوضها ، ولكن طيور الاوز البيضاء تبدأ موسم تناسلها مبكرا قبل الاوز الازرق اللون لان لونها الابيض يموهها مع الجليد والثلج . ولكن الطيور الزرقاء تعوض ذلك بعد ذوبان الجليد حيث تصبح متموهة مع لون الارض الطيني حيث تصنع اعشاشها . وعلى العموم فان للطيور الزرقاء ميزة بسيطة عندما يبدأ الجليد والثلج في الذوبان بعد ان تبدأ الطيور البيضاء موسمها التناسلي بفترة قصيرة . ولهذا فان لكل فرد من افراد هذه الطيور ميزة تكيفية وهي التناسل في الوقت والمكان اللذين يناسبان لونه اكثر ما يكون . ويؤدي وجود مرحلتين للتناسل الى حفظ عدد مايفقد من هذه الطيور اثناء موسم التناسل في مستوى يتحمله النوع ككل في نفس الوقت الذي يكون موسم التناسل فيه اطول مايمكن في الظروف القاسية لمثل هذا الطقس (حوالي ٨٠ يوما) .

وكما نلاحظ في حالة **انيميا الخلايا المنجلية** (sickle-cell anemia)لا يتحدد الشكل المتعدد المتوازن للتركيب والسلوك فقط . فقط اوضحت التحليلات الحديثة للانزيمات والبروتينات الاخرى عددا من التشكلات العديدة الوراثية

للسلاسل البروتينية لم تكن معروفة سابقا . فباستخدام طريقة **الفصل الكهربي** (electrophoresis) التي سبق ان ناقشناها في الفصل الثاني عند حديثنا عن فصل انواع الهيموجلوبينات اكتشف **ريتشـــارد ليونتن** (Richard Lewontin) وزملاؤه اشكالا مختلفة لنفس الانزيم في عدد كبير من انواع النباتات والحيوانات المختلفة . وقد وجد في جميع الانواع التي فحصت تقريبا انه يوجد اليلان او اكثر بنسبة عالية نوعا ما في حوالي ٣٠ ــ ٤٠ ٪ من جميع **المحلات الجينيـــــة** (loci) **التي** فحصت ، وان الفرد العادي يكون مختلف الاليلات في حوالـــي ١٢ ــ ١٥ ٪ من جميع محلاته الجينية . وبالاضافة الى ذلك فان نفس التعدد الشكلي غالبا مايكون موجودا في كل مجموعة مكونة من عدة انواع بينهـــا علاقة وطيدة .

طريقـــة التكاثـــر Method of reproduction

نظرا للقابلية التطورية التي تعمل على استمرارية التنوع في الجماعة فان التنوع مضمون لاكثر انواع الحيوانات من خلال التكاثر الجنسي . ولكن الامـــر مختلف بالنسبة لانواع معينة من النباتات ولجماعات قليلة من الحيوانات حيـث ان فوائد التكيف الآني او التلاؤم والتكاثر السريع للذرية المتكيفة مسبقا للظروف البيئية قد تزيد مؤقتا على الفوائد طويلة المدى للتناسل الحاصل بين الاباعـــد، لهذا فقد طورت هذه الانواع طرقا في الاخصاب الذاتي او التكاثر اللاجنسي . وفي كثير من الاحيان تكون هذه الطرق ثانوية بالنسبة للتكاثر الجنسي ، فعندمـــا يكون الاخصاب الذاتي **او التكاثر الجنسي هو الطريقة** الرئيسية ، فان النوع يهيىء طرقا اخرى لضمان التنوع عن طريق التناسل بين الاباعد .

فمثلا نلاحظ في النباتات **ثنائية المسكن** (dioecious) حيث يحمل احـــد النباتات الازهار الذكرية ويحمل اخر الازهار الانثوية يكون التناسل المختلط هو الطريقة الاساسية في التكاثر . ولكن لما كانت النباتات غير قادرة على التحرك من مكان لاخر فان الحالة ثنائية المسكن ذات اهمية معيشية مشكوك بهـــا وخصوصا في الجماعات التي قد تتكون من جنس واحد فقط . ولهذا فان الاختيار في مثل هذه الحالة يحبذ انتاج وبقاء النباتات ثنائية المسكن بشـــكل اساسي بالاضافة الى انتاج ازهار وحيدة المسكن (تحمل الاعضاء الذكرية والانثوية معا)

في بعض الاحيان .

وبهذا سيكون لهذا الامر اهمية في بقاء مثل هذه الانواع من النباتات . فمثلا اذا حصل ان سببت ظروف بيئية معينة نقصا مفاجئا في جماعة من النباتات التي تحمل ازهارا ذكرية فقط فانه يمكن للنباتات وحيدة المسكن ان تلقح نفسها في الوقت الذي تضمن فيه اعلى مستوى من التزاوج البيني .

وتستطيع النباتات والحيوانات الاقل تخصصا من غيرها بالاضافة الى كثير من النباتات الزهرية ان تتكاثر لا جنسيا عن طريق **الانشطار** (fission) أو **التبرعم** (budding) أو الانقسام أو بتكوين ابواغ لا جنسية . وجميع هذه الطرق تسمح بالزيادة السريعة في الجماعة عندما تكون الظروف مواتية . ولكن رغم ذلك فان معظم هذه الكائنات تمر بدورة حياة تكاثر جنسي ايضا . ومن الامثلة التي تضرب لتوضيح هذا الامر **حشرات المن** (Aphids) . فأفراد المن هي حشرات لا تستطيع الدفاع عن نفسها ولهذا يعتمد بقاؤها على انتاج اعداد هائلة من الصغار . ويمثل التكاثر اللاجنسي اسرع طريقة في التكاثر واكثرها فاعلية ولهذا فان الاناث تولد صغارا حية لا تحتاج الى الاخصاب اثناء معظم دورة حياتها . ولكن قبل حلول الشتاء بفترة بسيطة جدا تضع الاناث بيوضا تنفقس منتجة ذكورا من جديد . ثم تقوم هذه الذكور بعد ذلك بتلقيح اناث اخرى الامر الذي يسمح بالاتحاد الجيني من جديد ويسمح هذا التنوع الناتج عن الاتحاد الجيني للصغار ان تعيش في ظروف بيئية قاسية عند انتشارها ، الامر الذي يؤدي الى التطور المستمر في انواعها .

اما الحيونات العليا فيما خلا بعض انواع قليلة من الاسماك والبرمائيات والزواحف فهي لا تتمكن من التكاثر اللاجنسي ، ولكن الامر مختلف بالنسبة للنباتات العليا اذ تطورت عدة طرق ثانية من التكاثر اللاجنسي فيها بحيث لم تعد هناك ضرورة لاتحاد المشيج الذكري مع المشيج الانثوي في تلك النباتات .

ملخص الفصل الثالث والعشرين

نشأت نظرية التطور باستقلاليـــة ، بمساهمة **تشـــارلز داروي ـــن** Charles Darwin ويذكر **الفرد والاس** Alfred Wallace ان الاختيار الطبيعي يفضل تلك الكائنات التي تجعلها صفاتها اكثر قدرة على البقاء والتكاثر ، بحيث تصبح انسالها ممثلة باعداد اكبر في الاجيال القادمة . وبعكس نظرية الهلاك ، فان هذه النظرية تفترض مبدأ التغير الدائم والتدريجي كخاصة لكل الحياة . ولهذا اشترك علماء الوراثة باكتشاف ان الخواص التي تفضل بالاختيار (الطبيعي) تنتقل من جيل لاخر بناء على قوانين **مندل** Mendel الخاصة بالوراثة ، وبهذا تحفظ التغيرات الوراثية في مجموعة من الكائنات .

وتتكون الجماعات من مجموعات من الافراد في مكان واحد ، تكون قادرة على التناسل فيما بينها بحرية . وتكون جينات هذه الافراد ما يسمى **مجمـــع الجينات** gene pool وتقرر الطريقة التي يتمثل فيها كل **اليل** allele في مجمع الجينات تكرار جين ما في المجموعة او **التغير** variation .

ويمكن أن يكون التغير شكليا او جينيا ، ويتقرر مدى كليهما بالطراز الجيني لكل فرد . ويمثل التغير الشكلي تكيفا من قبل الكائن ، بينما يمثل التغير الجيني تكيفا من المجموع ، يمكنه من التغير على مدى الوقت . ويكون التغير الجينـــي

مستمرا ، او منتظما ، وغير مستمر ، او متقطعا . وعندما يحدث الامر الاخير ، بين كائنات في مجموعة ما ، فانه يسمى **التشكل المتعدد** polymorphism .

وينشأ التغير عن الطفرة والاتحاد ثانية ، ويتأثر بالاختيار الطبيعي ، والهجرة **والانجراف الوراثي** genetic drift . وبغياب هذه العوامل ، يبقى التغير ثابتا من جيل لآخر ، شريطة ان تبقى المجموعة قادرة على التناسل بشكل عشوائي . ويساعدنا هذا المبدا ، المسمى بمبدا **هاردي واينبيرج** Hardy-Weinberg في معرفة توازن التكرار في الطراز الجيني في اجيال مستقبلية من اي تردد جيني معلوم . وتشير الدرجة التي تفترق فيها ترددات الطراز الجيني الحقيقية عن ترددات التوازن الى سرعة التطور ، اذ يمكن اعتبار التطور كتغير في ترددات جينات الجماعة .

ويسمح التكاثر الجنسي باعادة اتحاد الجينات في حالات العبور في الانقسام المنصف عند تكوين الامشاج ، وكذلك في تزاوج الكروموسومات الابوية عند تكوين الزايجوت . وتتخذ الطفرات شكل تغيرات في مادة DNA في الجينات ، وكذلك تغيرات في عدد وتركيب الكروموسومات ، مما ينتج عنه تأثيرات تتراوح بين لا شيء الى عدم تمكن الكائن من النمو . والى وقت قصير ، كانت تعتبر التغيرات في الجينات نفسها (وتسمى طفرات نقطة) ، مع اعادة الاتحاد كمصدر للتغير التطوري . وتذهب نظرية جدلية جديدة الى ان التغيرات في تركيب الكروموسوم ، بشكل نقل المكان ، يمكن ان تكون اهم بكثير من الاسباب التي ذكرت .

وعندما تحدث الهجرة بين جماعتين منعزلتين لهما مجمعا جينات مميزة فانها (الهجرة) تعمل كقوة تطور ، اذ ان كائنات منتقلة من جماعة لاخرى تساهم باليلات جديدة كليا . ويسمى **هذا** التبادل الجيني **بمجرى الجين** gene flow ، ويعمل في زيادة التغير في الجماعة . وهناك قوى اختيار وانجراف وراثي تؤثر في التغير الوراثي . ويتم الاختيار الطبيعي في الطبيعة ، بينما يحدث الاختيار الاصطناعي تحت ظروف اختبارية . ولكن كلاهما يؤديان الى تكاثر مختلف للطرز الوراثية في مجموعة سكانية . ويؤثر الاختيار على الطراز الشكلي للفرد لزيادة او نقصان تمثيل الطراز الجيني المقابل في تلك المجموعة . ويسمى الاختيار الذي يعمل على ازالة الطرز الشكلية الاقل تكيفا الى احد طرفي صفة ما لمصلحة الوسط بانه اختيار موازن . واذا عمل ضد طرف واحد فقط ، فانه يدعى اختيارا اتجاهيا .

واذا كان لمصلحة كلا الطرفين على حساب الانواع الوسط ، فانه يسمى اختيارا ممزقا (على الرغم من أن ذلك فرضي الى حد بعيد) . والاختيار الاتجاهي غالبا ما يكون ابرز من حيث التطور ، خاصة اذا ما اتحد مع الاختيار الموازن .

وهنالك احتمال كبير بأن يصبح الانجراف الوراثي ، او التغيرات العشوائية في تكرار الجين ، عاملا وراثيا في جماعة صغيرة ، وخاصة تلك التي لها نسبة عالية من التناسل الداخلي . وبسبب التزاوج الاكثر تكرارا ، يمكن أن تظهر الصفات ذات الجينات المتماثلة المستترة بتكرار عال جدا . ومن ناحية اخرى ، يمكن أن تحمل بعض الجينات بواسطة افراد قلة بحيث تفقد عن طريق الصدفة. وعندما تحدث تغيرات كهذه نتيجة مجموعة غير ممثلة ، فانها تعزى الى تأثير المؤسس .

ويحمى التغير في أية جماعة باتحاد جينات مستترة مؤذية بشكل غيرمتماثل، ويحبذ الاختيار الجينات المعدلة التي تجعل الكائن ذا الجينات المتماثلة مشابهة للكائن ذي الجينات المتماثلة والسائدة . بالاضافة الى ذلك ، فان النماذج القياسية أو توجيه النمو تفرض على التغير الوراثي لصفات اساسية للبقاء . وتأثير مماثل على التغير المستمر هو **تعاظم القدرة على النمو** heterosis ، او تفوق الكائن ذي الجينات غير المتماثلة . ويعتقد علماء الوراثة بأن تعاظم القدرة على النمو يمكن أن يفسر معظم حالات تعدد الاشكال المتوازنة ، وهي نسبة ثابتة لشكلين او اكثر في مجموعة ما . واخيرا ، يؤمن التغير بواسطة التكاثر الجنسي ، ولقد فاضل الاختيار تطور بعض اشكال التزاوج الخارجي حتى في الكائنات ذاتية التخصيب أو في تلك التي تتكاثر لا جنسيا .

نظـرة فاحصـة

انيميا الخلايا المنجلية والتطور

Sickle-cells and Evolution

تظهر حالة انيميا الخلايا المنجلية في عدة ملايين من الأشخاص في بعض دول العالم . وانيميا الخلايا المنجلية هي مرض يظهر فيه هيموجلوبين غير طبيعي في جعل الخلايا الدموية تظهر باشكال تشبه المناجل وتجعلها غير قادرة على حمل الاكسجين في الجسم من مكان لاخر كما تؤدي الى هلاك هذه الخلايا كمرحلة اخيرة . وفي الحالات الخطيرة تشمل الاعراض الناجمة عن هذا المرض اوجاعا في البطن والصدر وشعورا بالدوخة وتقيؤا واسهالا ويرقانا (jaundice) وصعوبة في التنفس وغير ذلك من الاعراض . وينتشر هذا المرض المتسبب عن جين مضر في كل من افريقيا والهند وبعض الدول الواقعة في حوض البحر المتوسط . ويقاسي من هذا المرض حوالي ٢٫٥ مليون شخص من السود في الولايات المتحدة الامريكية . ويتأثر الاشخاص باحدى حالتين الاولى هي حالة الاشخاص الحاملين **لاليلين مختلفين** (heterozygotes) الذين يرثون جينا واحدا للخلايا المنجلية من احد الابوين ويحملون هذه الصفة ولكن تظهر عليهم اعراض بسيطة وقد لا تظهر عليهم اعراض المرض مطلقا . والثانية هي حالة الاشخاص الحاملين لاليلي المرض المتشابهين وهؤلاء اشخاص مصابون

فعلا فقد ورثوا جينا مضرا من كل من الابوين وقلما يعيش مثل هؤلاء بعد سن العشرين .

وقد اكتشف الباحثون ان دم ضحايا الخلايا المنجلية الذين يعانون من قلة في الاكسجين يتميز بوجود نوع خاص من جزيء الهيموجلوبين وهو هيموجلوبين S ويلتصق هذا الجزيء بجزيئات أخرى من نفس النوع في الكرية الدموية الحمراء تكون تراكيب بلورية طويلة عصوية الشكل . وعندما تتصل هذه المجاميع في طولها طولا يزيد عن قطر الكرية الدموية الحمراء فانها تثني الخلية الحمراء التي تكون عادة مستديرة مكونة مايشبه المنجل . ولما كان من خواص هيموجلوبين S انه يجعل سطح الخلية لزجا بحيث تبدأ الخلايا المنجلية تلتصق بعضها ببعض مسببة انسدادا في الشعيرات الدموية الامر الذي يؤدي الى منع المواد الغذائيه والاكسجين من الوصول الى الاعضاء المختلفة في الجسم . وفي النهاية يقضي الجسم على هذه الخلايا فيؤدي ذلك الى انيميا في الدم واحيانا الى الموت .

وفي بعض المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية كما هو الحال في وسط افريقيا يصل عدد الحاملين لصفة الخلية المنجلية الى حوالي ٤٠ ٪ من السكان . وقد حفزت هذه النسبة المئوية العالية العالم انتوني اليسون (Anthony Allison) ان يتساءل عن السبب الذي لم يدع هذا الجين يغربل عن طريق التطور . فبالرغم من ان موت الاشخاص ذوي الاليلين المتشابهين للخلايا المنجلية يعمل على التخلص من حوالي ١٦ ٪ من هذا الجين من مجموعة الجينات في كل جيل ، فان نسبة هذا الجين قد ثبتت على مستوى عال غير طبيعي . وقد افترض اليسون انه قد يكون لصفة الخلايا المنجلية فائدة لمن يحملونها ويبدو ان هناك صحة في افتراضه اذ يظهر ان هذه الصفة تحمي حاملها من الاصابة بمرض الملاريا وهو احد الامراض الخطيرة في المناطق الاستوائية .

ويوجد في دم الاطفال الذين يستقبلون جينا طبيعيا من احد الابوين وجين الخلية المنجلية من الاخر حوالي ٦٠ الى ٧٥ ٪ من الهيموجلوبين الطبيعي (A) وحوالي ٢٥ الى ٤٠٪ من الهيموجلوبين غير الطبيعي (S) وتقضي صفة الخلية المنجلية لهؤلاء الابناء ذوي الاليلين المختلفين فرصة لتكوين مناعة عندهم ضد طفيل مرض الملاريا الذي يهاجم الكريات الدموية

من نوع (A) و ($S^{\vee}$) ويقتلها فعندما يدخل الطفيل خلية دموية من نوع (A) يتكاثر ويحرر هذا الانفجار الطفيليات الجديدة التي تقوم باصابة خلايا دمويةاخرى والتكاثر فيها معيدة بذلك العملية الاولى ، الامر الذي يؤدي الى هلاك عدد كبيرمن الخلايا الدموية الحمراء للعائل . ولكن عندما يدخل الطفيل خلية دموية من نوع (S) فانه يخلق حالة طلب زائدة للاكسجين فيسبب ذلك بلورة هيموجلوبين (S) انيا ثم تاخذ الخلية شكل المنجل وتموت فيموت معها الطفيل ايضا، وبهذه الطريقة يمكن التخلص من عدد كبير من الطفيليات قبل اعطائها فرصة للتكاثر ولمهاجمة عدد كبير من الخلايا الدموية الحمراء لكي تسبب مرض الملاريا . والجدير بالذكر ان عدد الكريات الحمراء الطبيعية التي تبقى في العائل هو عدد كاف لمنع ظهور حالة الانيميا .

لهذا فان الاشخاص الحاملين لاليلين مختلفين لصفة الخلايا المنجلية (AS) قادرون على تفادي مرض الانيميا الا في الحالات التي يكونون فيها تحت ظروف قلة الاكسجين غير الطبيعية . اما الاشخاص الطبيعيون الذين يحتوي دمهم على الهيموجلوبين الطبيعي فقط وهم يحملون اليلين متشابهين من نوع (AA) فانهم يكونون عرضة لمرض الملاريا نظرا لعدم وجود هيموجلوبين (S) في دمهم ، واما الحالة الثالثة وهي حالة تماثل الاليلين (SS) فهي حالة الاشخاص الذين لايوجد في دمهم هيموجلوبين طبيعي ، وفي العادة يموت هؤلاء من انيميا الخلايا المنجلية . ولهذا فان للاشخاص الحاملين لاليلين مختلفين ميزة على النوعين الاخرين من حالة التماثل الاليلي لان لهم ميزةتكيفية اكبر تعطيهم فرصة اكبر للبقاء والتكاثر .

وفي بعض المناطق الموجودة فيافريقيا والتي يقل فيها انتشار مرض الملاريا يندر وجود الجين المسؤول عن الخلية المنجلية وقد يكون مفقودا بالمره . فمن الواضح ان وجود الجين يكون مفضلا في الحالات التي يكون فيها بعض الفائدة فقط . فمثلاً استطاع اليسون ان يقدر ان حوالي ٢٢ ٪ من سود افريقيا الذين أتي بهم الى الولايات المتحدة كعبيد كانوا يحملون صفة الخلية المنجلية اما الان فلا يحمل هذا الجين من جميع سود امريكا سوى ٩ ٪ . وهذا التغير التطوري الواضح هو مثال جيد على سرعة التطور تحت ظروف بيئية مناسبة .

لا يوجد اي علاج معروف لحالة الخلايا المنجلية في الوقت الحاضر ولكن يمكن عمل تحاليل مخبرية لهؤلاء الذين يرغبون في معرفة ما اذا كانوا يحملون

هذه الصفة ولمعرفة مما اذا كان يمكن ان ينقلوها الى اطفالهم ، وقد امكـــــن باستخدام الطرق الحديثة التحري عن هذه الحالة في الاطفال الحديثي الولادة، وهناك دراسات تجريبية حول الوسائل التي يمكن بها تخفيف الام المصابـــين بهذا المرض . وتشمل هذه الوسائل المعالجة بالبنسلين لمنع الاصابة بالامراض البكتيرية التي ربما تساعد على ظهور المرض بحالة اشد وكذلك المعالجـــة **باليوريا** (urea)وهي مادة يعتقد انها تعيد الخلايا المنجلية الى حالتهـــا الطبيعية واخيرا المعالجة **بسيانيت البوتاسيوم** (potassium cyanate)الذي قد يعمل على منع الخلايا الدموية من ان تصبح منجلية .



الفصـــل الرابع والعشرون

الانواع والتنوع

Species and Speciation

في الفصل الاخير درسنا عوامل التطور من حيث تأثيرها على المجمـــــع (الجينات او المورثات) **الوراثي** (gene pool)للمجتمع وهنا سؤال يطـــرح نفسه وهو ما تأثير هذه التغييرات الوراثية على انتاج انواع جديدة ؟ ان طراز التطور في مجتمع ما يتكشف من خلال التفاعل مابين التراكيب الجديدة وتطوير التركيبات الوراثية القائمة ، كما سبق ان راينا . ولكن دراستنا السابقة لـــم تكشف الا عن جانب من عملية التطور . وان الجوانب الاخرى تحوي بطياتهـــــا الانعزال وتجديد التركيبات الوراثية للمجتمع . وحينما يبدأ مجتمع ما بالتكيف بطرق مختلفة لعدة بيئات ؟ تنشا عدة موانع تهدف الى تحديد التزاوج وتحديـــد حصول تركيبات وراثية جديدة . وقد لاحظنا ان تكيف المجتمع حسب البيئـــة المحلية يؤدي بالضرورة الى حدوث تغييرات وراثية قد يسبب بعضها تركيبـــات جديدة لا تستطيع الاندماج مع التركيبات الوراثية في مجتمعات محلية اخرى . وعندما يكون **انتقال الجينات** (gene flow) مابين مجتمعين محدودا بحيث ان

الطفرات (mutations) التي تحدث في أي من المجتمعين تؤثر في ذلك المجتمع وحده ، وعندما تؤثر قوى الانتخاب الطبيعي **والاتجاه الوراثي** (genetic drift) في المجتمع على نحوين مختلفين فان المجموعات تصبح معزولة وراثيا بعضها عن بعض وهذا يؤدي الى تكوين انواع منفصلة . وتعرف هذه العملية **بالتنوع** (speciation) أو تكوين نوع جديد .

وهناك حقيقة واضحة وهي ان الافراد بحد ذاتها لايطرأ عليها تطور ولكن التطور يحصل في المجتمعات . ومن هنا فانه يجب علينا ان ندرك بأن المجتمع هو الوحدة الاساسية في التطور ، وكما هو معروف فان المجتمعات التي من نوع واحد قادرة على التزاوج مؤكدة انتقال الجينات فيما بينها . ولكن المجتمعات التي تتبع انواعا مختلفة لاتقدر على الزواج بعضها مع بعض وبالاخص في بيئاتها الطبيعية . وحسب التعريف فانه اذا كان افراد يتبعون مجتمعات ولا يستطيعون التزاوج بحرية فانهم يكونون انواعا منفصلة ، **وان التغيرات التطورية في المجتمع وعزل هذا المجتمع يؤديان الى ظهور انواع جديدة .**

النوع البيولوجي Biological species

توجد تعاريف عديدة ممكنة (للنوع) تعتمد على الغرض الذي من اجله استعملت كلمة النوع . فهناك انواع تصنيفية وانواع **بالينتولوجية** (paleontological species) وانواع حسب **الصفات الشكلية الخارجية** (morphological species) . وحتى نبحث بالطريقة التي تكون بهما النوع علينا ان نعتمد على تعريف النوع البيولوجي . وقد عرف عالم الحيوان **آرنستماير** (Ernst Mayr) عام ١٩٤٠ النوع البيولوجي بانه مجموعة من الاحياء لها قدرة قائمة او كامنة على التزاوج والانجاب لمجتمعات طبيعية ولكنها معزولة تكاثريا عن المجموعات الاخرى .

وكما بين ماير فان ذكر القدرة الكامنة ضروري لتمييز الانعزال التزاوجي عن الانعزال المسبب عن الوقت او المكان . وكما هو واضح فان دورة حياة ذبابة الفاكهة (الخل) قصيرة جدا . ولهذا فان مجتمعا من هذه الحشرات اذا ولد بعام ١٩٧٥ يكون معزولا تزاوجيا من ذباب ولد بعام ١٩٦٥ بحاجز زمني ، ولكنهما مازالا يكونان افرادا من نفس النوع . واكثر من ذلك فعلى

الرغم من ان الانعزال المكاني كثيرا ما يـــؤدي الى **تباعد نوعـــــــي** (species divergence) فان مجرد الانعزال المكاني غير كاف وحده لوجود نوعين متميزين . وان ماتبقى من الاعداد الهائلة من مجتمعات الاسود في الهند ، على سبيل المثال ، هاهي محصورة الآن في غابة **اجر** (Gir Forest) . ولا احد مـــن هذه الاسود له فرصة التزاوج مع اي من مجتمعات الاسود في افريقيا . ولكن التشابه الشكلي بين هذين المجتمعين من الاسود يدل على ان تراكيبها الوراثية متشابهة فكلاهما اسود . وان التشابه الشكلي قد يتأكد بالحاجة الفرصة للتزاوج للمجموعتين المتباعدتين للاتصال اذا نقلت احداهما الى مكان الاخرى فانهمـــا على الارجح سيبدءان بالتزاوج .

ويؤدي هذا الى حقيقة مهمة عن التطور وهي انه مادامت المجتمعـــات قادرة على تبادل الجينات والتزاوج، فانها ماتزال تكون نوعا واحدا اذا وضعت معا بغض النظر عن الفترة الزمنية التي مضت على عزلها . ولكن اذا كانت تراكيبها متباعدة ولا يمكن حدوث تبادل بين تراكيبها الوراثية فانها تبقى انواعا بيولوجية متميزة . ومع هذا فان فكرة القدرة على التزاوج يجب ان لاتؤخذ بعيدا . فنحن مازلنا بصدد مجتمعات طبيعية سواء كانت قدرتها على التزاوج كامنة او قائمة .



الشكل (٢٤ ــ ١) : ما الفائدة اذا لقح ذكر النمر انثى الاسد ؟ نمور ــ ولكن في حدائق الحيوان فقط .

ففي المثال السابق ان نقل الاسود الى افريقيا من الهند عملية مصطنعة الا ان الظروف التي فيها يتم التزاوج هي مع ذلك طبيعية : وكلا من البيولوجيين ومربي الحيوانات والنباتات قد افلحوا في ايجاد ظروف ملائمة للتزاوج بين كائنين يتبعان نوعين مختلفين كالاسود والنمور بنجاح . وهذا مثل في غاية الغرابة ، فتحت ظروف من اتصال مستمر معزولا كل فرد عن جنسه (في حدائق الحيوان خاصة مثلا) وجد أن الاسد يتزاوج مع نمرة فيخلفان سمورا وان اللبؤة تتزاوج مع نمر فيخلفان نمورا . ولكن مع ان مجالي الاسود والنمور قد تداخلا في الهند (في وقت ما الى حد اكثر منه اليوم) ، فلم تجد في الطبيعة سمورا ولا نمورا . وكذلك الحال مع مربي الابقار الامريكيين فقد نجحوا بتزاوج الابقار الاليفة مع **البايزون** (bison) ، وانتاج ما يعدونه نوعا لذيذا من اللحم البقري للاستهلاك البشري وكان هذا نتيجة سنين من الجهود وتحت ظروف غير طبيعية وهو لم يتم بمجرد ترك ذكر من البايزون حرا في حقل فيه بقرات . ومن هنا فان الاسود والنمور ما زالا يشكلان نوعين مختلفين وكذلك الابقار والبايزون .

ويتضح من الامثلة السابقة ان القدرة على التزاوج الطبيعي ليست مرادفا لما يسمى بالتهجين ويوصف الزواج الناجح بأنه القدرة على انتاج نسل قادر على النمو والاخصاب ومشابه للنوع الذي انحدر منه .

وتعريف النوع البيولوجي مهم حين نقارن مجموعتين من المجتمعات المعاصرة تعيشان معا . وحين النظر الى المجتمعات المعزولة بالزمان أو المكان فيجدر بعلماء الحياة ان يركزوا على الصفات الشكلية والسلوكية ليحددوا قدرتها على الزواج . وبما انه من الواضح ان الاختلافات الوراثية يصحبها اختلافات بالشكل والسلوك ، فان هذه الاختلافات تعطي دليلا لتحديد النوع . ويجب ان لايفوتنا أن هناك اختلافات ما بين افراد المجتمع الواحد : كالاختلاف بين الجنسين مثلا او بين افراد في مراحل النمو المختلفة . فان فرخ الضفدعة والضفدعة يظهران من حيث البنية وحدها اكثر اختلافا احدهما عن الاخر من الاختلاف بين الضفدعة الاميركية الكبيرة وضفدعة الاشجار ، ولكن فرخ الضفدعة انما هو مجرد مرحلة مبكرة من النمو وهي مرحلة لكلا النوعين ولهذا فان الاختلافات في الشكل او السلوك تعتبر ثانوية بالنسبة لحالة انعزال التزاوج او عدم القدرة على التزاوج بحرية .

ان التعريف البيولوجي للنوع ليس مجرد اداة للتقسيم العلمي . ومن

الطريف ان الحيوانات والانسان عندما تقدر على التمييز بين مختلف انواع الحيوانات والنباتات من اجل المعيشة ، فان تمييزها المبني على الاختلاف الظاهر بالشكل يطابق الى حد كبير التصنيف الرسمي . ان عشيرة من سكان الجزر الاصليين في غينيا الجديدة صنفوا ١٣٦ نوعا من الطيور في تلك المنطقة في حين صنف علماء الطيور ١٣٧ نوعا .

الانواع المآخية Sibling species

كما ان الاختلافات الشكلية غالبا ما تدل على اختلافات وراثية ، فان تحديد هوية النوع عن طريق التعريف البيولوجي اي **العزل التزاوجي** (reproductive isolation) قد تستدعي دراسة أوسع للمجتمعات التي كانت سابقا تعتبر نوعا واحدا ، أو التي كثيرا ما يصعب فصلها . وكثيرا ما تكون هذه المجتمعات افرادا في ماتسمى بالانواع المآخية او المتناسبة . وافضل مثال على ذلك نوعان من ذبابة الخل هما **دروسوفيلا سيدوبسكيورا** *Drosophila pseudoobscura* • **ودروسوفيلا بيرسيميلوس** *D. persimilus* اللذين كثيرا ما درسا على انهما شكلان متشابهان جدا ولكنهما منعزلان تزاوجيا وقد بقي علماء المورفولوجيا طويلا يحسبونهما نوعين مختلفين او **فرعين** (subspecies)من نوع واحد ،خاصة وان الاختلافات بينهما لم يمكن كشفها ، ولكن علماء التصنيف الذين يعتقدون ان فكرة العزل التزاوجي اساسية للتحديد بينوا انهما يفشلان بالتزاوج تحت الظروف الطبيعية وانهما يكونان غير مخصبين ايضا في حالة التزاوج الصناعي ولهذا فقد اعتبرا نوعين مختلفين . وقد كشفت الدراسات عن فروق بينهما لم تلاحظ من قبل سواء في التركيب (كأجزاء الفم وطول الاجنحة) او في الحالة الفزيولوجية (كطول فترة الوقت اللازم للانتقال ما بين اليرقة والحشرة الكاملة واستخدام الاكسجين ، والمقاومة للجوع) مما يؤيد تصنيفهما كنوعين مختلفين .

التنـــــوع Speciation

ونستطيع ان نحدد الان فيما اذا كان اي مجتمعين يشكلان نوعين **مميزين** أم لا فلنسأل كما سأل دارون : كيف تنشأ الانواع ؟ من الناحية النظرية فـــان عملية التنوع وهي تجزئة المجتمع الى مجموعات منفصلة تزاوجيا يمكن ان يحصل بين مجتمعات عزلت جغرافيا وبين مجتمعات لم تعزل . ويعرف هـــذان التنوعان على التوالي **التنوع بالعزل** (وجود حواجز طبيعية allopatric speciation) **والتنوع الطبيعي** (عدم وجود حواجز طبيعية sympatric speciation) .

وبعيدا عن حالات تعدد الصبغيـــات (الكروموسومات) polyploidy حيث مضاعفـــــة عدد الكروموسومات في بعض الافـــــراد يمنـــــع تزاوجها مع افراد يمتلك ابائهم العدد الطبيعي منها ، هناك عدد كبير جدا من الانـــواع الحديثة ظهرت بطريقة العزل الجغرافي ، اي بأقامة الموانع الطبيعية التي ادت الي اختلافات وراثية في المجتمعات المحلية بطريقة جعلتها غير قادرة على التزاوج حتى ولو ادخلت ثانية الى المجتمع الاصلي .

وهكذا فان الفصل نتيجة لوجود حواجز طبيعية او مايسمى (allopatry) اعتبر انه الخطوة الاساسية في التنوع بجميع المخلوقات التي تنتج تزاوجيا . بينما اعتبر **التنوع الطبيعي** (Sympatric speciation) ثانويا او نتيجة عـــــزل جغرافي سابق للمكونات الوراثية (gene pool). ولكن ظواهر التجارب الحديثة تدل على ان في حالات التزاوج غير العشوائي ، فان **انتخابا تعطيليـــــا تمزيقيا أو ضارا** (disruptive selection) متعمدا قد ينتج مجموعتين منفصلتـــــين في مجتمع واحد ويبقيهما متباعدتين وذلك بازالة الافراد **الوسط** (intermediate) الواقعتين ما بين المجموعتين المشار اليهما . وحدوث هذا التنوع قليل ، ولكنه محتمل الحدوث ، فاعطاء الوقت الكافي مع تعدد الاشكال الكافي ومداومـــــة الاختيار التعطيلي (التمزيقي) ، فان التنوع الطبيعي يمكن حدوثه .

Allopatric speciation

التنوع بالعزل

(وجود حواجز طبيعية ، او بيئية ، او سلوكية)

بعملية التنوع بالعزل يمكن تقسيم المجتمع الواحد بواسطة عازل طبيعي، فتأريخ هذا التنوع من الممكن أن نتتبع منشأه لمقارنة مجتمعات حية في مراحل تباعدها عبر الحدود الجغرافية فاننا نجد تزاوجا يبدأ من مجتمعات قادرة على التزاوج الحر ، الى مجتمعات منفصلة تماما ، غير قادرة على التزاوج . وبينهما مجتمعات هي تقريبا غير منتجة تزاوجيا . وان حدوث التنوع بالعزل غالبا ما يكون عند نقل نباتات أو حشرات الى جزر بعيدة تحمل اليها مع النفايات عن طريق الفيضانات ، أو نقل طيور تحملها اعاصير شديدة . وعندما تصل الى هذه الجزر تفقد الاتصال مع المجتمعات الأصلية ، ويتبع ذلك عدم انتقال للجينات ما بين المجتمعين . وبسبب صغر حجم هذا المجتمع المنشيء founder population فانه يحوي مكونات وراثية مختلفة وهكذا فانه يظهر مختلفا تماما عن المجتمع الموجود اصلا نتيجة لاختلاف طبيعة الانتخاب عليه .

أن نشوء مجتمعات الجزر يحدث احيانا بعملية تسمى **الغزو المتكرر** (multiple invasion) فان جماعات متتابعة من المجتمع الاصلي تغزو هذه المنطقة الجديدة . وبمرور الوقت الكافي فان هذه الجماعات تختلف عن المجتمع الذي انبثقت منه ، وبذلك فان الجماعات التي هاجرت من المجتمع الاصلي قد تصبح غير قادرة على التزاوج مع افراد من المجتمع الأم ، مما ينتج عنه وجود نوعين منفصلين .

وهناك بعض الحواجز الطبيعية التي قد تقسم المجتمع بالتساوي أو قريبا منه لذلك فان النتيجة هي اظهار **مركبات وراثية** (gene pools)قريبة التشابه مع الاصل . فان النتيجة لتكوين واد سحيق بسبب هزة أرضية أو تحول نهر الى مسربجديد قد يفصل المجتمع الأصلي بهذه الطريقة وتسمى الطريقة **بالانشطار** (fission) وبمرور الوقت الكافي فان المجتمعين الناشئين يختلفان نتيجة لاختلاف بيئتهما . وهناك سؤال يطرح نفسه وهو هل الحواجز الطبيعية ضرورية لجعل البيئتين مختلفتين . والجواب هو نعم وحتى لو كان الاختلاف الحادث من الصعب تلمسه . فالاختلافات الدقيقة بالمناخ وخواص التربة ، وبيئة النبات والحيوان تؤدي لاختلاف في عوامل الاختيار وكذلك أنماط وعدد الاحياء المفترسة

وحتى انماط وعدد الانواع المنافسة تؤدي الى هذا الاختلاف ، وليس من الضروري ان تكون الحواجز الطبيعية بالغة الصعوبة كالجبال ، والوديان ، والانهار ،ولكنقد تكوناقساما بيئية اسهل كالتي بينالغابات والسهول المتجاورة. ومن المعروف انه خلال الفترة الطويلة الجافة التي تبعت الزحف الجليدي بالعصر البريمياني وحتى الفترات الجليدية بالعصر البستوسين ، فان الغابات العظيمة قد اضمحلت بالتدريج حتى انه في نهاية الفترة الميوسينية فان سلف الانسان قد ترك بيئة الغابات المزدحمة وتأقلم لحياة السهول . وهكذا فقدنشأامختلفين فذلك **حيوان رئيسي** (primates)يعيش على الاشجار وله التراكيب الوراثية التي لاسلافنا . وهذا مثل على مايعرف بالغزو المتكرر multiple invasion . وان **مجتمعات الانسان الاول** (protohominid) قاطن السهول لابد وان تكون قد تباعدت كثيرا عن الرئيسيات حتى عزلت تزاوجيا عن مجتمعات الغوريلا التي انحدرت فيما بعد .

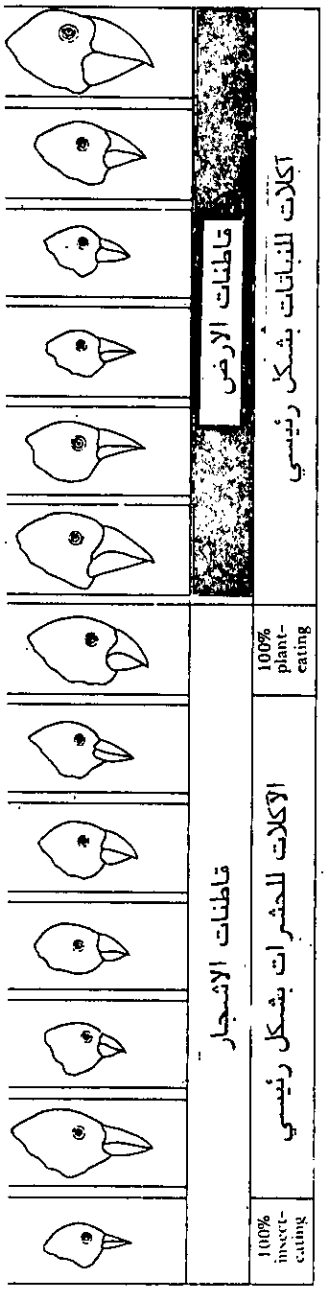
وحين يتم العزل فان المجتمعات الحديثة تتباعد لعدة أسباب شرحت في الفصل السابق . فبالاضافة الى الصدفة أو ظهور تراكيب جديدة حصلت من عدم تمثيل طبيعة المجتمع المنشيء ، فان الطفرة تؤثر على المجتمعات المختلفة تأثيرات مختلفة ، وكذلك فان وصول مهاجرين جدد عامل آخر . واخيرا فان الاختيار في ظروف مختلفة يستدعي تشجيع تراكيب مختلفة من الجينات اكثر من غيرها ، وهذا يقتضي تزايد الاختلافات .

عصافير دارون : (او العصافير الدورية) Darwin's finches

اكتشف دارون عدة انواع من العصافير الدورية بجزيرة الكلاباجوس المقابلة لشواطىء الاكوادور وهذه تزودنا بمثال حي للتنوع بالعزل . فلان ارخبيل الكلاباجوس يبعد كثيرا عن قارة امريكا الجنوبية فانه من المستبعد ان يكون قد وقع اكثر من رحلة واحدة للنوع الواحد من القارة الىالارخبيل ، وهكذا فان نشؤ ما مجموعه اربعة عشر نوعا مختلفا من طيور الدوري في الارخبيل يعتقد انها جميعا قد تطورت من نوع واحد من المجتمع المنشيء الذي ربما كان حجمه الاساسي لايتعدي زوجا واحدا من الطيور . وان اول جماعة من عصافير الدوري نزلت جزر الكلاباجوس ، كانت تعيش على الارض وتتغذى على

الحبوب . وان هذه الجماعة قد حملت مسافة ٦٠٠ ميل بعيدا عن امريكا الجنوبية بواسطة عاصفة هوائية .

ولقد واجهت هذه الجماعة من الطيور ظروفا بيئية قاسية : فهناك جفاف يقصر الخضرة في معظم الجزيرة على نباتات قاسية ، واوراق نباتية تحورت الى اشواك ونباتات صبارية .ولكن بعض الجزر الكبيرة اكثر رطوبة فعلى



الشكل (٢٤ ــ ٢) : ناقلم المناقير مع مختلف مصّادر الغذاء عند ثلاثة عشر نوعا من عصافير جزر الجلاباكوس . ولم يظهر بين قاطنات الاشجار دوري جزيرة Cocos الذي يرتفع العدد الكلي للناقلمات المختلفة الى اربعة عشر.

رؤوس جبالها ضباب رطب تنمو فيه الاشجار ، والسرخسيـــات ، والاشنة ، ونباتات من الفصيلة السحلبية . ولانه لم يكن هناك طيور اخرى على هـــذه الجزر عندما وصلت عصافير الدوري فان هذه الطيور القادمة حديثا الى جزر الكلاباجوس استطاعت ان تستفيد من جميع مصادر الغذاء . وبمرور بضعـــة قرون ، استطاعت هذه الطيور ان تنتشر على جميع الجزر . وبعد انتشارها اصبحت معزولة تزاوجيا بسبب حجم الفاصل المائي الكبير بين الجزر . وبمرور الوقت اصبحت كل مجموعة تعيش على جزيرة واحدة متأقلمة مع الاختلافات البيئية البسيطة معتمدة على وجود الغذاء المتوافر بالجزيرة . ومن خلال العملية فلقد تطورت انواع مختلفة من المناقير على مدى واسع من الاختلافات ، فمنهـــا المناقـــير الضخمة ، وشديدة التحدر ، وكاسر للحبوب ، الى المنقار الرقيـــق المدبب لامتصاص رحيق ازهار نبات الصبار . وهنالك ستة انواع تقطن الارض وتحصل على غذائها منها ، ومن هذه ثلاثة لها القدرة على كسر مختلف انواع الحبوب التي تسقط على الارض . ومناقير هذه الطيور آكلة الحبوب قصيرة غليظة مختلفة الحجم . ولقد اختلف حجم المنقار ايضا بالنسبة لحجم البذور المفضلة لذلك النوع . وهناك نوعان من العصافير قاطنة الارض تتغذى علـــى الثمار وازهار نبات الصبار ومناقيرها اكثر تدببا . ومن الملاحـــــظ ايضا ان العصافير التي تعيش على الاشجار قد اكتسبت مناقيرها احجاما وصفات اخرى، اذ ان معظمها يتغذى على حشرات مختلفة الاحجام وبشكل عام فان مناقيـــر العصافير قاطنة الارض اضخم من تلك التي تقطن الاشجار ، مع تحورات ملائمة للاختصاص لنوع وطبيعة التغذية .

وهناك نوع واحد — هو عصفور الصبار قد تأقلم ليملأ المركز الذي يحتله في معظم الاماكن عصفور نقار الخشب فهو مثل نقار الخشب ، يتغذى علـــى الحشرات التي تعيش في شقوق نبات الصبار او تحت طبقة الفلين الخارجية للاشجار . ولكن ليس بمنقاره،فهو يستعمل منقاره ليقشط طبقة الفلين الخارجية وبعدهـــا يمســـك شوكة الصبـــار ليستخرج غذاءه بطريقة الخفر . وهنـــاك نوع آخر من عصافير الدوري هو **العصفور المغرد** (warbler finch) فهو يشبه الطائر المغرد اكثر مما يشبه عصافير الدوري ولكن تركيبه الوراثي اثبت اصله وقرابته لعصافير الدوري . ان انعدام العصافير النقارة والعصافير المغردة من هذه الجزر مكن لهذين النوعين استعمال الطرق الخاصة بهما وتلك «فكرة اصيلة»

تضمن لهما التغلب على مقلديهما في اية مسابقة .

وهذا مثال آخر مثير للاعجاب **فالطائر المتسلق** (honey creepers) قد طرات عليه تطورات مختلفة . لقد احتل هذا الطير جزر الهاواي التي تبعد مسافة الفي ميل عن اقرب يابسة ومنه تسعة وثلاثون نوعا يحتمل انها قد تطورت من مجتمع منشيء صغير وربما من زوج واحد حيث ان عدد الطيور التي يمكن حملها مسافة بعيدة ضئيل جدا . وكما جرى لعصافير الدوري فلقد حدث تنوع بشكل المنقار ، وهناك نوع واحد اختص ليملأ المكان الذي يمكن ان يحتله نقار الخشب .

وفي كلا الحالتين فان غياب الطيور المنافسة المتأقلمة سمح لهذه العصافير لان تتنوع لتملأ عددا مختلفا من الفراغات المناسبة لكل منها وهذا ادى لجعل انسالها تختلف بالشكل والسلوك . ولكن لابد ان تحتل جماعة من جزيرة ما جزيرة اخرى وهنا ستجابه الطيور المقيمة اصلا بالجزيرة حالة تنافس شديد مع الطيور القادمة حديثا . وعلى سبيل المثال ، اذا كانت طيور تعيش على جزيرة (أ) قد تأقلمت لان تحصل على غذائها من الارض قد أحتلت جزيرة اخرى (ب) حيث الطيور المقيمة اصلا بها لها قدرة افضل للحصول على غذائها من الاشجار فان الطيور القادمة حديثا الى هذه الجزيرة سوف تستنفذ الغذاء المتوافر على الارض ، وبذلك تجبر الطيور الاصلية لتصبح اكثر قدرة على الحصول على غذائها من الاشجار . وهذا التخصص الجديد يشكل ما يسمى **تحويل الصفات**



الشكل (٢٤ ــ ٣) : عصفور دوري الصبار يبين استعمال الادوات ، يجس باحثا عن الحشرات مستعملا شوك نبات الصبار .

character displacement) . عندما يكون مجتمعان قد تباعدا الى حد يحصل لكل منهما ظروفا بيئية خاصة ، ويختلفان بالغذاء والمأوى فعندها فقط يستطيعان أن يتعايشا معا في مجال واحد . وهذا النوع من التعايش يضيق البيئة الملائمة لكل مجتمع ، ويؤدي الى مزيد من التخصص والتنوع لكل منهما . ففي حالة عصافير الدوري والعصافير المتسلقة كانت الصفة التي تحولت هي صفة المنقار .

ويحصل تحويل الصفات بطريقتين . الاولى هي التي تم ذكرها وتنشأ حينما يتلاقى في ذات المنطقة مجتمعان متباعدان ولكنهما يشتركان بنفس الغذاء والمأوى ، وهذا ينتج عنه تنافس فيما بينهما . فحتى يستمرا بالعيش فان الانتخاب لابد وان يشجع **المجموعات الجينية** (gene combinations) الاكثر تباعدا في كل حالة ، وبذلك يتم التخلص من التنافس والسماح لهذين المجتمعين لان يتشاركا بنفس المدى من الظروف البيئية .

والطريقة الاخرى من تحويل الصفات تحدث حينما يجتمع مجتمعان لم يطورا بنية اوسلوكا كافيين لمنعهما من محاولة التزاوج الى حدما . وقد يفشل التلقيح ما بين مجتمعين قد تباعدا من انتاج اي نسل . مما يحدث عنه ضياع الطاقة وضياع بيوض ملقحة وغالبا ما يضيع موسم التناسل كله وفي حالة الطيور يشكل هذا ثلث او ربع حياتهم . وحتى لو انتج نسل فغالبا ما يكون غير قادر على ان ينمو بشكل تام أو ينتج بنجاح ، ويكون غير قادر على التأقلم مع بيئة اي من الابوين .والنتيجة هي أن الافراد من كلا المجتمعين التي لم تحاول التزاوج فيما بينهما ستفضل على الافراد التي تزاوجت معطية دفعة اخرى لتطور كل منهما نحو التنوع الكامل . وبمرور الوقت تستمر هذه العملية ما بين مجاميع أي جزيرة تحتل جزيرة اخرى ، وبالنهاية تكون النتيجة نوع من التنوع بالعزل يسمى **بالانتشار التأقلمي** (adaptive radiation) وهي تكوين عدد كبير من انواع مختلفة تنحدر كلها من اصل واحد .

التنـــوع الطبيعي : Sympatric speciation

هناك اختلافات كثيرة في الراي حول هذا التنوع الذي يتم مع عدم وجود حواجز جغرافية لانه من الصعب تمثيله ففي حين ان التنوع بالعزل يمكـــن

استنتاجه نجد ان التنوع الطبيعي ينبغي افتراضه . ولا بد من توافر شرطين لهذا التنوع حتى يحدث : أولا لابد من ظهور رغبة متعمدة للتزاوج مابين افراد ذات اشكال متعددة في المجتمع وثانيا لابد من وجود قوة انتخابية تعمل ضد تكوين وحيوية الهجين من المتزاوجين من الشكلين وعلى سبيل المثال فان المجتمع الذي يحوي ما بين افراده عدة اشكال من الاوز الذي يتزاوج في المنطقة الكندية التطبية ، لوحظ ان الاوز الازرق ، يفضل على مايبدو اختيار نفس اللون من اجل التزاوج ، وكذلك يفضل الاوز الابيض ماكان من لونه . ولقد اوضحت الدراسات ان هذا هو نتيجة ارتباط المولود اثناء الولادة مع احد الابوين ، مما يؤثر على اختيار رفيق التزاوج . (وسوف نتعرض لهذه الظاهرة السلوكية في الفصل التالي) . ولكن التزاوج بين المجتمعين مازال ممكنا وانه يحصل على مايبدو بحدود ٥٠ ٪ من الحالات ولكن اذا عملت قوة ما على استبعاد الزيجوت الخليط في عملية الانتخاب كحدوث ضرب من ضروب تلوث البيئة مثلا مما يكون فيزيولوجيا في غير صالحها ، فان الاوز الابيض والاوز الازرق يصبح غير قادر على انتاج نسل قابل للحياة ومخصب ، وهكذا يصبح هذا اللون الخليط معزولا تكاثريا .

ومعظم المدافعين عن نظرية التنوع الطبيعي يعتقدون ان التزاوج غير العشوائي المبني على تفضيل بيئة معينة اكثر من مزايا اللون ، او الشكل الخارجي يعمل على تشجيع الاختيار التعطيلي (الضار) ضد الاشكال التي تقع ما بين صفات الابوين . ان نوعا من حشرات الاشجار في بريطانيا تضع بيضها على اشجار التفاح والزعرور البري وعليها تتغذى اليرقة . وهكذا فان كل



الشكل (٢٤ ــ ٤) : أحلال الصفات في طائر متسلق العسل . ثلاثة أكلات للحشرات قد تطورت من الجنس همي‌جناثس *Hemignathus* المتغذي على الحشرات ورحيق الاشجار . فالنوع ابوسكيورس *H obscurus* يلتقط الحشرات من الشقوق في جذوع الاشجار والاغصان بواسطة منقاره الملائم الطويل والمنحني . والنوع لوديكوس *H. ludicus* يستعمل منقاره السفلي الغليظ والقصير لتقشير القشرة الخارجية الهشة لاظهار الحشرات . والنوع ويلسوني *H. wilsoni* يستعمل منقاره السفلي القصير والعريض مثل عصفور نقار الخشب لضرب وسحق الخشب الطري وذلك لصعوبة توفر الحشرات .

حشرة تفضل ان تبقى على نوع الشجر المفضل لها . وعليه فان التـــــزاوج وانجاب النسل يكون بين الافراد ذات البيئة الواحدة . والنتيجة تركيز بالتزاوج؛ وبمرور الوقت فان هذا يؤدي الى تباعد في التراكيب الوراثية . واذا حدث ذلك فان النسل الهجين من هذه الحشرات قد لا يكون قادرا على التغذية بنجـاح على أي من نوعي الشجر وهذا قد يشكل مانعا ضد التزاوج بين النوعين وتبقى التساؤلات فيما اذا كان اي من ظروف الانتخاب المختلفة يبقى في الطبيعة مـدة كافية لأن ينتج انعزالا تزاوجيا .

ان الشكل الوحيد من التنوع الطبيعي الذي امكن اظهاره بنجاح هو تعدد الاشكال وكما لاحظنا من خلال الشرح في الفصل السابق ، فان تعددالصبغيات



الشكل (٢٤ ــ ٥) : نـوع جديدة من زهرةالربيع (كعب الثلج) بواسطة تعدد الكروموسومـــات (الصفات) والنوع بريميولا كيونسز Primula Kewensis على اسفـل اليمين هو خليط بين النوعفلوربوندا P. Florbunda على اليمين والنوع فيرتيسلاتا P. Verticillata على اسفل اليسار ، وهذا يملك ضعف عدد الكروموسومات الموجودة لـدى ابويه مجتمعين .



(الكروموسومات) يتم نتيجة اضافة مجموعة او اكثر من الكروموسومات الى الخلية ، اما باندماج الجاميتات غير المختزلة او بسبب فشل الخلية في الانقسام بعد انقسام نواتها . والتزاوج ما بين نسل متعدد الصبغيات وآباء من ذات **التركيب الزوجي** (diploid) يكون عادة محصورا نتيجة لانه خلال الانقسام الاختزالي meiosis فان الجاميتات ذات الصبغيات المتعددة تحتوي من الكروموسومات على ضعف ما تحويه الجاميتات ذات التركيب الزوجي . وهذا يجعل من الصعب حصول الازدواج في تركيب الخلايا الناتجة وان هذه الصعوبة تقف حائلا دون اتمام الانقسام الى نصفين وهكذا لايتم انتاج النسل . وان هذه الصعوبات لاتنشأ فيما لو حصل التزاوج بين افراد من ذات الصبغات المتعددة وتكون النتيجة انتاج نسل به نفس عدد الصبغيات المتوافرة في خلايا الابوين ، وهكذا فان النوع الذي يحمل في خلاياه عددا اكثر من الصبغيات سوف يكون بعد جيل واحد فقط معزولا تزاوجيا عن ابويه الذين يحملان العدد الاصلي منها .

وان ظاهرة تعدد الصبغيات تقدر بحوالي ٧٠ بالمئة من النباتات الراقية (كروموسومات) الجنس (X و Y) في تحديد الجنس تضطرب اذا صادف أن تضاعفت عدد الكروموسومات . ولكن هناك أمثلة قليلة جدا ما بين الحيوانات اللافقارية الخنثى مثل الحيوانات الرخوة) كالحلزون والمحار (والديدان الحلقية وانواع قليلة من الاسماك والضفادع والسلمندر والسحالى .

الخنثى مثل الحيوانات الرخوة (كالحلزون والمحار)والديدان الحلقية وانواع قليلة من الاسماك والضفادع والسلمندر والسحالي .

التسلسل ضمن النوع وتحت النوع (النّويع) Clines and Subspecies

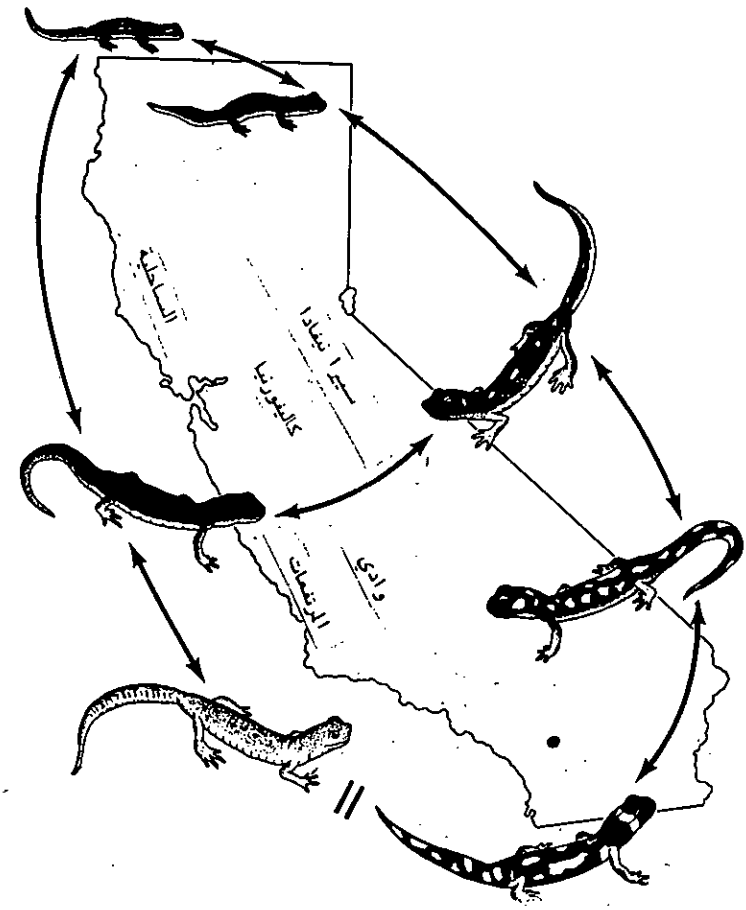
كنا قد اكدنا على اهمية الوقت في عملية تكوين النوع التي غالبا ما تستمر ملايين السنين . وبما ان هذه العملية تدريجية فانها تمر خلال مراحل عدة ابتداء من نوع واحد الى حدوث نويعين او اكثر ثم حدوث نوعين مميزين أو اكثر .وحتى نحدد اي هذه المراحل تحدد مجتمعين، نستطيع ان نطبق التعريف البيولوجي للنوع ونقرر اي درجة من الانعزال التزاوجي بلغ المجتمعان . وعندما تختلف المجتمعات بصفة او اكثر في تدرج منتظم من منطقة الى التي تليها فانهما يشكلان مايسمى بالتسلسل ضمن **النوع** (cline) . وافراد التسلسل ضمن النوعي

يمكن ان تتزاوج بحرية . وهي تتميز بانها تختلف اختلافات متسلسلة تبعـــا لاختلافات البيئة . وبالفعل ، فان ظواهر عامة او قواعد تسري على الاختلافات الجغرافية من مجتمع الى آخر . **فقاعدة بيرجمان** (Bergmann's rule) تنص على أن معدل حجم الجسم للافراد في مجتمعات المناطق الباردة يميل لان يكون اضخم منه لدى الافراد الذين يقطنون المناطق الحارة وعلى سبيل المثال فـــان عصافير الدوري في منطقة نيوانجلاند (New England) اضخم من تلـــك التي تعيش في الولايات الجنوبية الحارة . وبشكل عام فالسبب ان ضخامـــة كتلة الجسم تساعد على حفظ الحرارة بنسبة مساحة السطح الخارجـــي ، المعرضة للبرودة بالنسبة لوحدة الحجم . وكذلك الحال بالثدييات التي تعيش في اوكار مثل **الليمنغ** (lemmings) **وفيران الحقل** (voles) فان عمق التربة هو العامل المهم ، فقد وجد ان المجتمعات لهذه الحيوانات التي تعيش في المناطق الباردة والعالية اصغر من تلك التي تعيش في المناطق المنخفضة والدافئة وذلـك عائد نسبيا الى قلة سماكة التربة في المناطق العالية لتعرضها لعوامل الرياح وهنالك امتداد لقانون برجمان يعرف **بقانون ألن** (Allen's rule) وينص على ان بروز بعض اجزاء الجسم كالاذان ، والذنب ، والمنقار ، هو نسبيا اقصر فـــي الجو البارد وهذا ايضا لحفظ الحرارة . ويستثنى من ذلك اجنحة وذيول الطيور، اذ انها لا تساهم في فقدان الحرارة .

وهناك قانون عام ثالث هو **قانون جلوجر** (Gloger's rule) الذي يقول ان الاصباغ داكنة في الجو الحار الرطب وباهتة في المناطق الباردة او الجافـــة الباردة . وهناك مشاهدات تنطبق فقط على بعض الانواع : كالطيور التـــي تغذي صغارها ، التي تعيش منها على خطوط عرض عالية تضع بيوضا اكثـــر من التي تعيش قرب خط الاستواء (بسبب طول فترة النهار) . وكذلك فـــان اجنحتها اطول نسبيا . وكذلك الثدييات التي تعيش في المناخ البارد ، لهـــا غطاء اكثف من غطاء تلك التي تعيش في المناطق الحارة ، وهذا الغطاء يحتوي على شعر طويل وفرو اغزر .

وجميع هذه القوانين تنطبق على المجتمعات وليس على الانواع . اذ لانجد مثلا ان جميع الحيوانات الضخمة تعيش في المناطق القطبية ، وان الصغيـــرة منها في المناطق الاستوائية . ثم ان هذا الضرب من الاختلافات المتواصلة يميـــز المجتمعات ضمن النوع وليس المجتمعات بحد ذاتها ، هذا وكما سبق ولاحظنا في

الفصل السابق فان الصفات غير المتسلسلة تحدث بكلا الحالتين : فهي تحـدث بالمجتمعات وتعرف باسم **تعدد الاشكال** (polymorphism). وكذلك تحدث مـن مجتمع لآخر بنفس النوع . وعندما تحصل فجوات فجائية ، او اختلافات حادة غير متتابعة بعدة صفات بين مجتمعين من نوع واحد مع بقاء درجة من حريـة التزاوج تسمى المجتمعات بهذه الحالة **بالنويعات** او **الاعراق** (subspecies or races) ورغم ان التزاوج مايزال محتملا بين النويعات المختلفة فكل نويع يمثل مجموعة مميزة ضمن النوع ولكن لاسباب جغرافية او حضارية يكون التزاوج اساسيـا داخليا . وعلى هذا يمكن تعريف النويع او العرق بانه مجتمع ذو نسل مميـز بجينات ذات تكرار يختلف عنه في المجتمعات الاخرى التابعة لنفس النـوع . والنويعات هي مجتمعات متوالدة ، وليس افرادا لهذه المجتمعات وهكـذا



الشكل (٢٤ ــ ٦) : سلسلة من تحت الانواع لسلمندر كاليفورنيا انستينيا ايبسكشولتزي *Ensatina esch scholtzi* **اعتمادا على بيانات من العالم ستيبنز** R. C. Stebbins

فلا يظهر كل الافراد بالنويع كل سمة تميز المجموعة . وبعض الانواع ذات المدى الواسع تشمل ثلاثين نويعا او اكثر وكلها قابلة للتزاوج فيما بينها . وكل عرق يتميز عن الاعراق الاخرى بصفات خصائصه مجتمعه او مستوى (معدل) جماعي والاختلافات الفردية في العرق غالبا ما تتداخل مع اعراق اخرى رغم ان مستوى المجتمع قد يختلف كليا . ومع هذا فقد يكون من الصعب ان يصنف حيوان منفرد بنسبته الى نويع محدد الا بعد معرفة اصله .

ومن الواضح ان اعراق الانسان المتعددة ترجع الى اصل جغرافي . رغم ان حركة المجتمعات وانتقال الجينات قد حورت التكرار الجيني للصفات ، وخاصة خلال الخمسمئة سنة الاخيرة . وتشير الدلائل الى ان عددا من الاختلافات في اعراق الانسان تمثل تأقلمات مع احوال البيئة الاصلية ، مثل لون الجلد . فلون الجلد الداكن للمجتمعات الافريقية والماليزية يحمي الجسم من حروق الشمس التي يسببها الاشعاع فوق البنفسجي المركز في المناطق الاستوائية . وكذلك فان كمية تلوين الجسم للطبقات الخارجية من الجلد تنظم كمية الاشعاع الفوق بنفسجي التي تخترقه وتصل الى طبقة الجلد التي تحلل فيتامين (د) وهكذا فانها تنظم انتاج هذا الفيتامين وبعض انتاج فيتامين (ضروري لتزويد كمية كافية من الكالسيوم الى الجسم وبذلك فهو يمنع امراضا مثل **كساح الاطفال** (rickets). ولكن زيادة فيتامين د الكثيرة تؤدي الى زيادة التكلس بالجسم . وبذلك فانه بالمناطق ذات التركيز العالي من ضوء الشمس فان التكوين الداكن يمنع تكوين الكميات الزائدة من فيتامين د .

ونتيجة لتأقلم المجتمعات مع مناطق مناخية مختلفة ضمن رقعة واسعة . فانه غالبا ما تتكون سلسلة من النويعات وكل مجتمع فيها يتميز بمدى واسع من السمات المميزة ويسوده تزاوج ضمن المجتمع نفسه . هذا مع احتفاظه بحرية التزاوج مع المجتمعات المجاورة الى حدما .

ولقد اكتشف العالم البيولوجي **روبرت ستيبنز** Robert Stebbins سلسلة كهذه ضمن بعض مجتمعات السلمندر في كاليفورنيا ، وهو المسمى **انسستينا ايسكشولتزي*** *Ensatina eschscholtzi.* وبمقارنة عدد من السمات بمجتمعات مختلفة من هذا السلمندر ، لاحظ ستيبنز اختلافات حاده من مجتمع لآخر . بدلا من التتابع المنتظم الذي يميز التسلسل ضمن **النوع** (cline). وبالرغم من امكانية التبادل الجيني بين كل مجتمعين متتابعين فان السلمندرات في طرفي

المتسلسلة الدائرية لا يتزاوجان ؛ رغم ان توزيعهما يتداخل . وحتى هذه النقطة مازلنا نرى سلسلة من النويعات او ما أقد سماه ماير Mayr « **التداخل الدائري** » circular overlap للاعراق الجغرافية ، ورغم الانعزال التزاوجي (الانتاجي) بين طرفي الدائرة او السلسلة ، فان انتقال الجينات بينها مازال ممكنا بطريقة غير مباشرة وذلك عن طريق نويعات وسط بينهما . واذا حصلت تغيرات بيئية ونتج عنها انتخاب حاد ضد واحد او اكثر من النويعات الوسط مما يؤدي الى انقراضها ؛ عندها اذن تكون الحلقة قد فصلت تماما . وعندها يكون انتقال الجينات قد قطع تماما وتكون عملية التنوع قد اكتملت . وهذا المثال يبين بعض المشاكل التي تنجم عند الحكم على مجتمعين متشابهين ظاهريا ولكنهما منعزلان تناسليا ؛ هل هما نوعان مختلفان ام هما طرفان من سلسلة من نويعات لم تكتشف اوساطها بعد . ثم عند تصنيف المجتمعات الى نويعات يجب الا نفترض انها دائما تمثل مرحلة انتقال في عملية التنوع المحتوم ، ان كل النويعات مؤهلة لان تصبح انواعا جديدة ، ولكن هذا لايعني بأن عليها ان تصبح انواعا جديدة . فبناء على درجة الانعزال وكذلك عملية الانتخاب ؛ والطفرات ، **النزعة** او (**الانسياق**) **الجيني** (genetic drift) **والانتقال الجيني** (gene flow) فان بعض النويعات سيبقى نويعا وبعضها سيكون نوعا مميزاً ، وبعضها سيكون مجتمعا واحدا ذا مدى واسع يتميز بتبادل الجينات فيما بينه .

ففي حالة المجتمعات الانسانية مثلا ؛ فان امكانية استمرار تباعد الاعراق المختلفة الى ان تصبح انواعا مختلفة امر بعيد جدا واقرب منه ان الاختلافات بالتكرار الجيني التي تميز الانواع المختلفة — مثل فئة الدم ، واشكال العظام ، وكذلك لون الجلد ولون الشعر — سوف تختفي بالتدريج حالما تتحطم الحدود الجغرافية والثقافية وتتزاوج المجتمعات المختلفة .

Isolating mechanisms

ميكانيكية الانعزال

لعملية تكوين النوع او العرق امكانية الانعكاس لان الاختلافات الوراثية التي تظهر نتيجة للتأقلم حسب ظروف محلية تختفي اذا اعيد الانتقال الجيني فيما بينها ولكي لا يكون هناك مجال للانتقال الجيني الى نفس التراكيب الوراثية (gene pool) ؛ فالمجتمعات المتباعدة لابد وان تطور شيئا من الانعزال

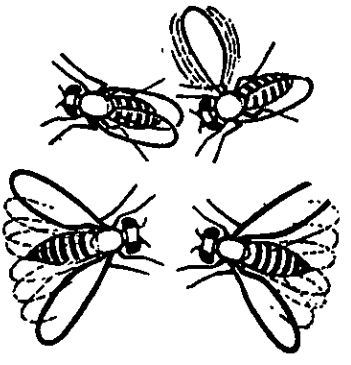
التزاوجي . وتعرف هذه العملية عادة بميكانيكية الانعزال (iso lating mechanisms) وهي حواجز تعطل انتقال الجينات بين المجتمعات المتباعدة .

قبل التزاوج	بعد التزاوج
١ ــ الانعزال الفصلي *Seasonal isolation* : ان المجتمعات المتباعدة تتزاوج بفصول مختلفة وتتم العملية في أيام أو أسابيع أو حتى أوقات مختلفة من يوم واحد .	٥ ــ الانعزال الجاميتي *Gamete isolation* : تكون الجاميتات النكرية غير قادرة على ان تصل أو تلقح الجاميتات الانثوية .
٢ ــ الانعزال البيئي *Habitat isolation* : تكون المجتمعات المتباعدة قد تأقلمت الى بيئات مختلفة اواحيانا تتزاوج في مواطن مختلفة	٦ ــ موت الزيجوت *Zygote mortality* لايتكون الزيجوت نتيجة لعدم التوافق الوراثي .
٣ ــ الانعزال السلوكي *Behavioral isolation* : تطور المجتمعات المتباعدة انماطا مختلفة من التودد او المغازلة وسلوكا تزاوجيا يساعدها في تعريف النوع .	٧ ــ موت الهجين *Hybrid mortality* يموت الهجين قبل ان يصل الى عمر الانتاج .
٤ ــ الانعزال الميكانيكي *Mechanical isolation* نتيجة لاختلاف هيئة وحجم المجتمعات المتباعدة فان ذلك يمنع التزاوج فيما بينها .	٨ ــ عقم الهجين *Hybrid sterility* : وهنا يكون الهجين البالغ عقيما لعدم تكوين الاعضاء التناسلية او عدم تكوين الجاميتات
	٩ ــ موت او عقم الجيل الثاني المهجن : F_2 hybrid mortality or sterility ويكون هنا الجيل الاول المهجن عقيما جزئيا مما يسبب موت الجيل الثاني قبل البلوغ او عقمه كليا .

الشكل (٢٤ ــ ٧) : ميكانيكية الانعزال

ويمكن تصنيف عمليات الانعزال بشكل موسع الى عمليات تحصل قبل او بعد التزاوج كما هو موضح باللوحة (٢٤ ــ ٧) .

١ ــ **الانعزال الفصلي** *Seasonal isolation* : نتيجة لاختلافات مصادر



الشكل (٢٤ ــ ٨) : شعائر التزاوج المميزة لانواع حشرة الدروسوفيلا تحفظها من الخلط التزاوجي ، بالاعلى نوع ويليستوني D. Willistoni وبالاسفل نوع نيبولوسا D. Nebulosa

الغذاء المحلية او الظروف الجوية فان المجتمعين المتباعدين غالبا مايتخذان فصولا مختلفة للتلقيح . وفي بعض الحالات فان الاختلافات الفصلية كثيرا ما تكون فروقا لمدة اسابيع او ايام او حتى بضع ساعات . وعلى سبيل المثال ففي الفطر الغروي فان حشود الخلايا السهمية تتجمع بأوقات مختلفة من النهار، وهكذا فان اختلاف بضع ساعات تفصل الخطوة الرئيسية في حلقة الانتاج بين الانواع المختلفة من الفطر الغروي مع ان تلك الخطوات تحصل على جذع خشبي متعفن واحد .

٢ ــ **الانعزال البيئي** (*Habitat isolation*) : وفي غضون التأقلم قد يناسب الافراد التابعة لمجتمعين مترابطين ان تقيم في بيئتين مختلفتين ضمن المنطقة الجغرافية الواحدة . فان لم تكن هناك حركة تنقل فان الافراد في كل بيئة تميل لان تتزاوج مع افراد قاطنة في نفس البيئة وهذا النوع من الانعزال يخص اعدادا كبيرة من النباتات وكثيرا ما يقضي اختبار البيئة المناسبة الى تقوية الانعزال الفصلي : فلأن فصول التزاوج قد تختلف من سنة الى سنة فان انسب فصل يختار للتزاوج يجب ان يتلاءم مع البيئة المختارة . وعلى سبيل المثال فان ازهار نوعين من النبات هما **ترايدز كانتيا كانا ليكيولاتا** *Tradescantia canaliculata* وترايدزكانتيا سيباسبيرا *T. subaspera,* تتفتح في فصول مختلفة والسبب في ذلك ان نوعا واحدا قد تأقلم للنمو في الاماكن المشمسة بينما يعيش الاخر في المناطق شديدة الظل .

٣ ــ **الانعزال السلوكي** *Behavioral isolation* : سلوك التودد والمغازلة واختيار الزوج والزوجة اهم لدى الحيوانات من التأقلمات البيئية او الفصلية. فذلك يساعد على تمييز النوع وبالتالي الانعزال التزاوجي ؛ حتى في ادنى

مراتب التسلسل . ففي ضوء الشفق في شهر اب تخرج الحشرات النارية الكاريبية من مخابئها بقعر المحيط وتسبح لتصل الى سطح الماء . وهناك تتحول الى متفلورات تملاء السطح بوميض اخضر باهت . اذ تومض الذكور باصدار الضوء مرة او مرتين في الثانية اما الاناث فتتحول الى لون أقوى يستمر على الاقل مدة عشر ثوان وعندما تضيء الانثى فان الذكر يتحرك في اتجاهها للتزاوج ويستمران بالوميض خلال السباحة .

ان تفصيلات عملية المغازلة بين الانواع الشديدة الترابط امر يلفت النظر ؛ وعلى سبيل المثال ، ففي **الحشرات النارية** « fireflies » ، عدة أنواع مختلفة تومض في منطقة واحدة ووقت واحد ولكن فترات الاضاءة وفترات الانقطاع تختلف كثيرا من نوع الى نوع .

وان شعائر عرض نماذج الالوان هي وسيلة شائعة بها تقوم الزوجة باختيار احد افراد النوع كزوج . وكمثال على هذا فان ذكر **طائر الباور** bower birds ؛ يجهز مخدع الزواج بطريقة واضحة وهو فراش من خنسار وغنه يغني بصوت عال ويظهر الوان ريشه الفاتحة بطريقة تميز النوع .





الشكل (٢٤ ــ ٩٠) : عش ذكر طائر ساتين الذي يجهز تعريشة مختلفة عن بقية انواع الطيور ، وهو أيضا يعرض نفسه بطريقة مميزة خاصة للنوع .

وطبيعي ان اللون ليس الميزة الوحيدة للتمييز . فكثير من الطيور ، وخاصة الانواع ذات القرابة ، تميز انواعها عن طريق النداءات .

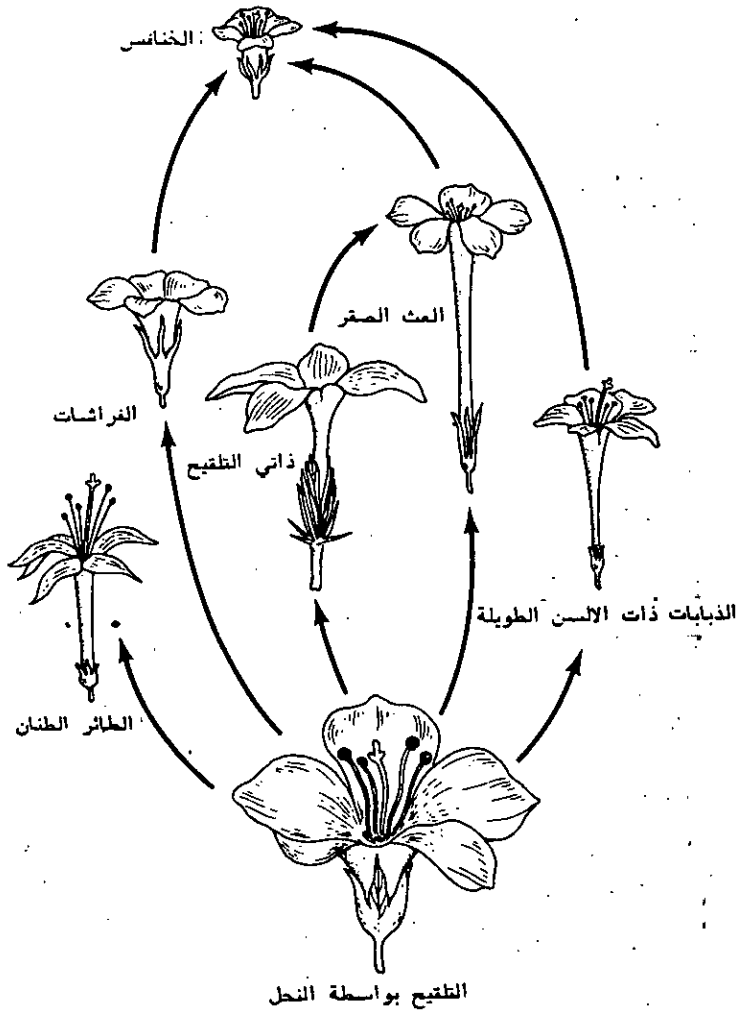
٤ ــ **الانعزال الميكانيكي** *Mechanical isolation* : في كثير من الحالات تكون الاختلافات الواضحة بالحجم بين الجماعات المختلفة مانعة للجماع او التساند في حالة الاخصاب الداخلي ، او الحضن الضروري للاخصاب الخارجي في الانواع الحيوانية **كالضفادع** toads and frogs . وكذلك في الحيوانات ذات القرابة المختلفة الاحجام مثل الحصان والحمار فان انعزالا ميكانيكيا ثانويا يعمل اذا كانت الانثى من نوع ذي حجم صغير فانها بذلك لاتستطيع ولادة نسل خليط باحجام كبيرة نسبيا . وحتى لو كان الحجم متشابها فان كثيرا من الحيوانات تظهر اختلافات في الاعضاء التناسلية وهذه تتدخل في عملية التزاوج . وهذا شائع بين الحشرات والقوارض الصغيرة .

وفي الحيوانات ، يعتبر الانعزال الميكانيكي ثانوياً بالنسبة للانعزال السلوكي ، اذ ان التزاوج بين اشكال مختلفة بالطبيعة لايمارس بصورة جدية.

وفي النباتات الراقية فان الاختلافات الشكلية بالازهار شكل عنصرا مهما من حيث الانعزال التناسلي . وفي بعض النباتات تعمل هذه الاختلافات علي اجتذاب ملقحات مختلفة . والانواع المختلفة من الاعشاب الاميركية ذات الحسك المسماه (*Pentstemon*) مثلا تجتذب انواع النحل المختلفة حسب حجمها وشكلها فهي تجتذب النحل الضخم ، والنحل الطنان والنحل المعتزل وقليل من هذه النباتات قد شكل ليلائم مناقير **الطائر الطنان** hummingbirds وحده ، وهناك ازهار أخرى مثل حشيشة اللبن milkweeds قد شكلت بحيث ان الملقحات اذا زارت نوعين مختلفين منها فان حبوب اللقاح لا تنتقل الى ميسم الزهرة المؤنثة .

٥ ــ **الانعزال الجاميتي** *Gamete isolation* : عندما يحاول زوجان من نوعين مختلفين ان يتزاوجا فان السائل المنوي كثيرا ما يخفق في الوصول الى البيضة. وهذا ممكن حدوثه في النباتات اذا اخفقت حبوب اللقاح في ان تنمي انابيبها في **قلم** style الانواع المختلفة . وفي الحيوانات فان بعض التضارب الكيماوي يستطيع ان يحطم او يشل حركة الحيوان المنوي بعد دخوله المهبل ففي تهجين بعض الانواع من ذبابة الخل مثلا نجد ان اللقاح يسبب انتفاخ مجرى التكاثر في الانثى مما ينتج عنه تحطيم الحيوان المنوي .

٦ ــ **موت الزيجوت** *Zygote mortality* ان الاخصاب الناجح لايؤدى، دائما الى تطور الجنين الناضج . ففي الخلط بين نوعين منالضفادع هماleopard frog و wood frog لوحظ ان الزيجوت لايصل احيـــانا الـــى **مرحلة التفلـج** (cleavage stage) وانه في احوال اخرى لايحصل **التكيس** gastrulation مطلقا. ان اخفاق نمو الزيجوت يرجع اصلا الى تضارب **الجينات (المورثات)** genes بين افراد من نوعين مختلفين .



الشكل (٢٤ ــ ١٠) : تنوع الاشكال الزهرية فى عائلة بولايمونيـــــي *Polemoniaceae* **ناتجة عن التاقلم لانواع مختلفة من الملقحات . وتشـــير الاسهم الى احتمال اتجاه الخط التطوري . ولم يظهر بالصورة هنا نوع مـــن الزهر الضخم للتلقيح بواسطة الخفافيش .**

٧ ــ **موت الهجين** *Hybrid mortality.* : اذا توقف نمو الزيجوت في احد مراحله النهائية فان الشذوذ قد يؤدي الى منع نسل الخليط من الوصول الى سن الانتاج . فالتشوه الذي يمنع النسل الناتج من الاكل او الدفاع عن النفس يسبب الموت المبكر . والامثلة على هذا نرى بالتهجين بين انواع مختلفة من الضفادع (leopard frog,)فانها تنتج نسلا ذا رؤوس ضخمة بدون ذيول او بالعكس . وهكذا فلا احد من هذا الهجين يستطيع العيش لنقل هذه التشوهات الى الجيل الثاني .

٨ ــ **عقم الهجين** *Hybrid sterility.* : في بعض الاحيان قد يؤدي التهجين بين افراد من نوعين منفصلين الى انتاج نسل هجين يظهر طبيعيا بجميع صفاته ماعدا قدرته على الانجاب . وان عقم الهجين يرجع غالبا الى تخلف الاعضاء التناسلية وخاصة الخصي .

لقد بذلت جهود استمرت عشر سنوات لتهجين الماشية والجاموس وكانت المشكلة الاساسية هي ان الجاموس الهجين الناتج كان غير قادر على التكاثر اما كيف تم التغلب على هذه المشكلة فذلك سر لم يكشف عنه المعنيون . ان عقم الهجين يمكن حدوثه خلال الانقسام الاختزالي بالخليط عندما تخفق **الصبغيات** chromosomes بأن تقترن كما ينبغي . وعند التهجين بين الفجل والملفوف فان الصبغيات التسع من الفجل تفشل بالاقتران مع الصبغيات التسع من الملفوف وهذا يؤدي الى ثماني عشرة صبغية تبقى منفردة في اثناء الانقسام الاختزالي . فهي لاتقف في صفوف منتظمة وهكذا فلا يتم انقسامها بالتساوي بين الخلايا المنتجة . وهكذا فان الجينات (المورثات) بالخلايا المنتجة غير المتساوية لا تستطيع عندها توجيه الجاميتات للنمو بالكائن الخليط. ويكون عقم الجنين احيانا غير كامل في **الجيل الاول** (F_1) ويكون بعض افراده في حالة نصف عقم . وفي هذه الحالات يمكن انتاج افراد قلائل من **الجيل الثاني** F_2 ومن **الهجين الرجعي** (backcross) ولكن القليل من هذه يعيش الى سن البلوغ وتكون كلها مصابة بالعقم . وتجدر الاشارة هنا الى أن ميكانيكيات العزل لاتعمل منفردة . وبالعكس فانها تتحد واحيانا تتتابع . فاذا منعت احداها تقوم اخرى بالمهمة لمنع الزواج . والنوعان المتقاربان من **ذبابة الخل** (*Drosophila*) التي ذكرت سابقا مثل على ذلك ، فكلاهما في نفس الرقعة من الجزء الغربي من الولايات المتحدة ولكن الحشرة *D. persimilus* . تعيش

عادة في المناطق الباردة والعالية بعكس حشرة *D. pseudoobscura*. وهذا يسبب عزلا بيئيا . وهذا العزل تعززه الاختلافات في طرق المغازلة والتودد فالحشرة الاولى اكثر نشاطا في الصباح بعكس الحشرة الثانية ، فانها تنشط مساء . وحتى لو امكن التغلب على هاتين العمليتين العازلتين بوضع النوعين المختلفين بظروف مصطنعة. فاننا نجد أن اناث النوع الواحد تفضل الذكور من ذات النوع . وفي بعض الحالات القليلة حيث امكن التغلب على مسببات العزل وجد أن الناتج الخليط لايستطيع التزاوج اذ ان الذكور المنتجة عقيمة . حتى اذا اتفق أن تزاوجت انثى هجينة مخصبة مع ذكر مخصب من النوع الاصلي فـــان الجيل الثاني لا يستطيع العيش .

التهجين Hybridization

من الجوانب الملاحظة عن عمليات العزل انها تكون اكثر احكاما وقدرة على العمل في المناطق التي فيها انواع ذات قرابة شديدة . فبسبب المغازلـــة المغلوطة الضائعة ، ومحاولات التزاوج الفاشلة وخاصة بانتاج نسل غير قادر على الحياة ، فان الانتخاب يعمل بقوة ضد اية صفات شكلية او سلوكيـة للنوع يمكن ان تؤدي الى محاولات للتزاوج ، وهكذا فانه يبقى ويعضد عمليات العزل القائمة .

وعمليات العزل اقل احكاما بالمناطق التي لايقطنها انواع متقاربة . وعلى سبيل المثال كان الطائر المغني من نوع **باروس** *Parus* يعيش مع عدد من الانواع المتقاربة بالمنطقة الشمالية الغربية من القارة الافريقية،وعندما نقل هذا الطائر الى جزيرة **تينيرايف** *Tenerife* البعيدة حيث اصبح النوع الوحيد من هذا الجنس ، فانه فقد كل الصفات الشكلية والسلوكية ذات العلاقة بالتزاوج وخاصة غناؤه المميـــز .

واذا نقل هذا النوع فيما بعد ثانية الى القارة او اذا اقترن بانواع اخرى متقاربة فان الصفات غير المحدودة لعمليات العزل التي عملت على بقاء ذاتيـة النوع على الجزيرة قد لاتكون كافية بعد ذلك . وحتى بدون الهجرة فـــان عمليات العزل قد تكون احيانا غير محكمة تماما وبذلك فهناك امكانيات للفشل او الانهيار . وكما لاحظنا فان نتيجة ذلك التزاوج انتاج نسل يكون معظمـــه

عقيما كليا او جزئيا ، او حتى يكون اقل تأقلما من أبويه للظروف البيئية القائمة ولذا فهو لا يستطيع الصمود للتنافس المضاد المباشر فيفشل بالوصول الى سن البلوغ . واحيانا عندما تضطرب بيئة مستقرة ــ امابقوى طبيعية او نتيجة للتقدم او الزراعة ــ فان بيئات جديدة او مختلفة تنشأ على مقربة من البيئة القديمة . وهذه تكون عادة وسطا في طبيعتها فتصبح مأوى مناسبا لبقاء الهجين الذي بدونها انما هو فرد في جماعة معزولة بيئيا . ولقد ذكر البيولوجي **ستيبنز** G. L. Stebbins انه عندما حضر المستوطنون الى امريكا ، قاموا بقطع كثير من الغابات الكثيفة من اجل تحويلها الى اراض زراعية او مراع . وما ان أنشئت الحقول والمراعي حتى وقع غزو سريع من انواع مختلفة من شجيرات الزعرور البري القوية التي كانت معزولة من قبل بأماكن محدودة مثل ضفاف الانهار والمناطق القليلة التي تقطع فيها الغابات . ففي حين كان الانعزال البيئي سابقا يعمل على منع التهجين بين الانواع المختلفة، صار التقارب الوثيق على مساحات واسعة يؤدي الى انتاج اعداد ضخمة من الهجين ، وقد كان كثير منها افضل تأقلما لحياة المراعي من الانواع الاصلية .

ان الغالبية العظمى من اضطرابات البيئة قد نتجت عن مشاريع بشرية من نوع أو آخر . ولكن القوى الطبيعية كانت تعمل بنفس الوقت . والمثال الجيد على ذلك تقدمه ثلاثة انواع من الازهار المسماه (beard tongue) الموجودة في جنوبي كاليفورنيا ففي الأصل كان هنالك نوعان ، نوع **جبلي** (pentstemon) مكيف للرطوبة ، وسفوح الجبال التي تكسوها الغابات ، ونوع **قرمزي** (buglar) مكيف للسفوح الجافة الشديدة الانحدار . ورغم ان النوع الذي يعيش في الغابة يلقح بواسطة النحل الضخم وان **زهور النوع القرمزي** (scarlet buglar) تلقح بواسطة الطائر الطنان فانه يحصل احيانا تلقيح هجيني نتيجته قليل من الهجين المخصب يحمل بعض صفات النوعين ولأن الهجين اقل تأقلما لكلا النوعين من المنحدرات فانها لم تؤلف مما نوعا منفصلا . ولكن مناخ الجبال بدأ يميل للجفاف ونتيجة لذلك فان الغابات الكثيفة اخذت تتحول الى ادغال مشكلة بذلك بيئة انتقال مناسبة لتأقلم الهجين . وما ان انتقل الهجين الى بيئته الجديدة حتى جاءه ملقح ثالث هو **الدبور** (wasp)، وبذلك اتيح له درجة من العزل عن كلا الابوين .

وهكذا فانه عندما تكون هناك ميكانيكية عزل بيئية او فصلية ، او حتى

تركيبية وتظل كافية للنوعين لمدة طويلة فان تحطيمها نتيجة لاضطراب في البيئة المستقرة قد يؤدي الى تهجين ناجح . وفي بعض هذه الحالات لاينشأ العزل المبني على هجين عقيم واذا نشأ فيكون غير مكتمل . فالعقم الجزئي ما زال يسمح بتطور انواع من السلالات المنتجة ، وهكذا فان النوع الجديد قد يتمكن من الاستمرار في بيئة جديدة ملائمة . وفي حالات اخرى فان النوع الجديد قد يطور طرقا من **التلقيح الذاتي** self-pollination او **التكاثر الخضري** asexual reproduction وبذلك فانه يتغلب على الميل تجاه العقم وبنفس الوقت فانه يعزل نفسه عن نوعي الابوين .

سرعة التطور Rates of evolution

يدل تاريخ التطور ان عددا كبيرا من الكائنات الحية قد تطور الى مرحلة قصوى من التأقلم لبيئة ملائمة ، ثم بعد ذلك لم يتغير الا قليلا . فهناك ١٢٠٠ نوع من الصراصير على سبيل المثال قد بقيت كما كانت منذ العصر الكربوني ، اي قبل ٣٠٠ مليون سنة . ولكن قد اظهر معظم الثدييات قدرا اكبر كثيرا من سرعة التطور ، لقد تغيرت بسرعة في خلال ٧٠ مليون سنة . وهذه الاختلافات في سرعة التطور ترجع اساسا الى الاختلافات في قوة الانتخاب . فعندما اقامت الصراصير افضل شكل ملائم للعيش في بيئات مختلفة فانها بذلك تكون قد بلغت **قمة التأقلم** adaptive peak ، وقد دعم الانتخاب استقرارها المستمر . وعلى النقيض من ذلك فقد واجهت الثدييات كثيرا من التحديات من المنافسين والمفترسين .

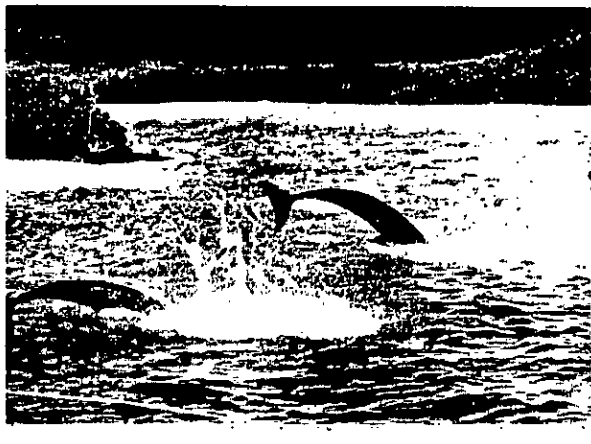
والانتخاب ليس بالعامل الوحيد للتفاوت في سرعة التطور . فأي تغير رئيسي في البيئة الارضية يتبعه تطور مفاجيء في مجموعة او اكثر من الكائنات الحية . هذا مع العلم بأنه ليس جميع الكائنات الحية لها قدرة التأقلم من اجل البقاء . ان **سجل المستحثات** (fossil record) مملوء بالادلة عن الالاف من انواع النبات والحيوان المختلفة التي تطورت وعاشت لبضع آلاف السنين ثم انقرضت .

وبما أن الانتخاب يعمل على التغيير في **التراكيب الوراثية** gene pool للمجتمع ، فان كمية التغيير تصبح مهمة وكذلك حجم ومعدل الانتاج للمجتمع .

وكلما كثرت الجاميتات التي ينتجها مجتمع ما ،زادت الفرصة **للطفرات** mutations او**لتركيبات جديدة** (recombinations) . وكذلك فانه كلما كثر النسل الذي ينتجه المجتمع كثرت الفرصة لوجود اشكال اكثر تأقلما مع التغيرات البيئية ومع عوامل الانتخاب الجديدة . ولكن لا المجتمع الكبير ولا سرعة انتاج الجاميتات العالية بحد ذاتها تضمن سرعة تطور اكبر ، **وعمر الجيل** (generation time) هنا مهم ايضا . فاذا فرض ان مجتمعين متشابهين بالحجم فان المجتمع ذا الجيل الاقصر عمرا له سرعة تطور اكبر .



الشكل (٢٤ ــ ١١) : سرطان حذاء الفرس ، ذو علاقة بطائفة ثلاثية الفصوص (وهي طائفة من المفصليات المنقرضة) ، لذا يدعى احيانا بالمتحجرة الحية: الا انه تغير قليلا عن المتحجرات التي يمثلها والتي يرجع تاريخها الى ١٩٠ مليون سنة .



الشكل (٢٤ ــ ١٢) : الحوت ، الحيوان الثديي الذي اعاد تأقلمه الى البحر ، يوضح عدم امكانية عكس التطور بالاشكال الوراثية المعقدة : فبتطورها من حيوانات آكلة لحوم ذات اربع اقدام لم تعاود الحيتان تطوير العضلات والزعانف كما في الاسماك وذلك لدفع انفسها من خلال الماء . وبدلا من ذلك فقد طورت اذنابا عريضة افقية ذات فصين تتحرك الى اعلى والى اسفل فتندفع في الماء كالاسماك .

واهمية اقلمة المجتمع للظروف البيئية هي بقدر اهمية قدرته على التطور عند تحديد درجة وسرعة تغير المجتمع . ومع ان هنـــــاك **طفرات عكسيـة** (reverse mutations)فانه من غير الممكن وجود تطور عكسي ، والسبـــــب هو انه اذا فقد جزء او شكل من خلال التطور فانه يستبعد ان يعود الى ماكان عليه ، ومن ناحية ثانية ، فان بعض الصفات او السمات قد تتغير على المـدى الطويل بشكل يكاد يكون دائريا . ويعتبر التلقيح الذاتي في بعض انواع النبات عادة شكلا متطورا من الانتاج ، تشجعه ظروف بيئة معينة بسبب القيمة التأقلمية للانتاج السريع لشكل حياتي موجود . وازهار نوع كهذا اصبحت بالتدريـج عديمة البتلات اذ لم تعد تلزم البتلات ذات الالوان البراقة التي كانت تجذب الطير او الحشرات الملقحة ، فلا يحدث اختيار لها ولكي يحتفظ النوع باستمرارية التغير عن طريق نمط مامن التشكيلات الجنسية فان هذه الازهار العديمة البتلات التي تلقح ذاتيا قد طورت فيما بعد قنابة ملونة تشبه الورق اسفل الازهـــــار مباشرة . ووظيفة هذه القنابات ان تجذب الملقحات وذلك لضمان درجة مـــــن التلقيح الخلطي . ولاستمرارية التطور في معظم الحالات بعد بلوغ المجتمـــع قمة التأقلم ، فان البيئة التي تأقلم لها لابد أن يصيبها تغير او سلسلة تغيرات او أن تتوافر لها ظروف بيئية ملائمة جديدة .

والتطور اكثر تفجرا وتنوعا اذ يستطيع النوع ان يشغل منطقة جديدة غير محتله وبذا ينتشر على عدة بيئات ملائمة في سلسلة من اتجاهات التكيف . . فاذا كانت البيئة التي تأقلم معها اتجاه تطوري ما غير مستقره وانما تتغـير باستمرار على فترة طويلة من الزمن فان التطور قد يشكل سلسلة من اتجاهات التأقلم ، وقليل من هذه سينجح او سيكون تأقلما على المدى البعيد . وهذا على مايبدو هو ماحصل عند تطور الحصان الحديث فلدينا له سجل **متحجرات** fossil

كامل فمنذ ٦٠ مليون سنة خلال **العصر الحديث (الايوسيني)** Eocene period كان *Hyracotherium* (والذي يدعى احيانا *Eohippus*) ذا حجم صغير اقرب الى حجم الكلب وله اربع اصابع واقدام ذات لبد للرعي ــ فقد كان يتغذى على اوراق الشجر والشجيرات ــ في غابات امريكا الشمالية الرطبة . وببطء فقـد تطور الى *Miohippus* ذي الثلاث اصابع الذي يرعى بالغاب ويبلغ حجـــم الكلب الضخم . ومن هذا الشكل ظهر نوعان من التشعبات يحويان ما مجموعه عشرة اجناس مختلفة وتطورت خلال **العصر الحديث اللاحق** (Oligocene)

والعصر الثالثي الاوسط (Miocene) . واحد هذه الاجناس يحوي اربعة اشكال مختلفة من اكلة العشب بثلاث اصابع هي اصغر من اصابع الحصان وكلها انقرضت نتيجة لاضمحلال الغابات . اما التشعب الآخر فقد كان اكثر



الشكل (٢٤ ــ ١٣) : الحيوانات ذات الجراب

لقد تشعبت Marsupials الحيوانات ذوات الجراب باستراليا لملء العديد من البيئات الملائمة التي احتلت بكثير من الحيوانات الثديية بأماكن أخرى . ويظهر هنا من أعلى لاسفل القط الجرابي marsupial cat وهو عدو للطيور وبيوضها ، والهاريت التسماني (حيوان من ذوات الجراب) ومشابه باللون والهيئة للدب الصغير ، ثم الحيوان الجرابي المنزلق السكري ، اثناء الراحة ثم وهو يلعب دور السنجاب الطائر .





نجاحا حيث ان افراده تطورت الى بهائم اضخم وبأسنان متخصصة للطحن والرعى على الاعشاب القاسية المنتشرة على بيئات السهول .وهذه لم يكن لديها وسائد قدمية فكان لها اقدام مقوسة تشبه الحافر . وكان *Pliohippus* ذو الاصبع الواحدة هو انجح هذه الاجناس الستة ، ومرة ثانية تشعبت من هذا الخط خمسة اشكال اخرى جديدة . وثلاث من هذا التشعب الجديد هاجرت من امريكا الشمالية الى الجنوبية وجميعها بما فيها **الشكل الحديث** (*Equus*) قد انقرضت الا ان (*Equus*) في وقت ما ومنذ ٢ر٥ مليون او ثلاثة ملايين سنة في **العصر الحديث الاقرب** Pleistocene هاجر الى اواسط اسيا . ومن ذلك انتشر شرقا في آسيا وغربا الى حوض البحر الابيض المتوسط ، ثم ادخل اخيرا الى امريكا على يد المستعمرين الاسبان عام ١٥١٩ ،

ويدل سجل المتحجرات على ان الحصان لم يجر على خط واحد ثابت من التقدم وقد تطور فجأة ، وبتغير سريع لم يكن باتجاه مستقر . وهذا المثال يبين ان **الانتشار التكيفي** adaptive radiation ليس دائما تكيفا مستقرا على الدوام. فخلال المراحل الاولى للتطور ، يؤدي تحول الصفات وانعدام المنافسة مع انواع اخرى الى اختلاف كبير . ومع مرور الزمن فان الانتخاب الطبيعي يعمل على التخلص من الاشكال الأقل تأقلما وهكذا فان التطور على الدوام تقدمي حتى ولو كان ذلك يؤدي الى الانقراض .

ان من بين **المارموسيت** (marmosets)**والتمارين** (tamarins) وهي ثدييات أمريكية كالقردة الصغيرة تقطن الغابات الاستوائية الماطرة في جنوبي امريكا جماعات تطور اليوم لون فرائها أو شعرها الى اللون الابيض . ويتزايد البياض بتزايد البعد مكانيا وزمانيا عن مجتمع اقرانها الداكن اللون وبما ان هذه الحيوانات تعيش في الغابات المظلمة فان اللون الباهت يجعلها عرضة للافتراس اكثر من الحيوانات قريباتها ذات اللون الداكن . فاذا لم تستطع ان تؤسس بيئة ملائمة لايكون للون الفراء فيها شأن في البقاء فان الالوان الباهتة ستنقرض.

ومع التأقلم هناك مثل للتخصص العالي مصحوب بفقدان المرونة.والواقع انه كلما تحسن تكيف الكائن الحي لظروف بيئية ملائمة خاصة فمن الأرجح ان يكون قد تزايد تخصصه overspecialized واصبح غير قادرعلى ان يعايش ظروفا بيئية سريعة التغير . وهذا يعطى النوع الانساني مسؤولية خاصة ، نظرا لاننا نقدر على تعديل البيئة الى حد بعيد حسب متطلباتنا الخاصة . واذا لم

نحم البيئة المتخصصة بالعالم من التدمير أو التجانس فان الانواع المختلفة والمميزة من النبات والحيوان على كوكبنا هذا سوف تغلبها ببطء كائنات غير متخصصة عشبية مثل الجرذان والفئران **والعصفور الدوري** sparrows **والزرزور** starlings **وسرطان العشب** (سلطعون) crabgrass ، **واللبلاب السام** poison ivy وجميعها يتلائم مع بيئات غير متخصصة .

ملخص الفصل الرابع والعشرين

لقد عرف النوع البيولوجي بأنه من الجماعات الطبيعيـــة ذات القدرة الحقيقة او الكامنة على التزاوج والمفصولة تكاثريا عن الجماعات الاخرى ، وما دامت هذه الجماعات قادرة على تبادل الجينات ، فانها تندمج في نوع واحد اذا وضعت معا . اما اذا فقدت المقدرة على تبادل الجينات فانها تبقى انواعا متميزة بعضها عن بعض ، وقد يلجأ البيولوجيون الى المقارنة الشكلية والسلوكية لتحديد المقدرة على التزاوج لدى المجموعتين ، وفي النهاية فان المقارنة لابد ان تبقى ثانوية بالنسبة لظروف الانعزال التكاثرية .

ومن جهة نظرية فان عملية التنوع قد تحصل فيما بين المجتمعات التـــي فصلت بواسطة حاجز جغرافي وكذلك بين المجتمعات التي لم تنفصل كما هـــو الحال في التنوع بالعزل والتنوع الطبيعي . والغزو المتعدد عملية بها تقوم مجموعات متعاقبة من المجتمع الاصلي بغزو مكان جديد ثم تجد انها غير قادرة على التزاوج مع المستوطنات السابقة مما ينتج عنه تعايش نوعين مميزين . والانشطار يعني تقسيم المجتمع بسبب قيام حواجز كالزلازل او تحويل مجرى نهر .

وان الاختلافات الكبيرة بالمناخ والتربة وحياة النبات والحيوان في كـــل بيئة جديدة تنتج اختلافات متباينة بالانتقاء مما ينتج عنه في النهاية تفضيل مجموعة من الجينات على اخرى . وعندما يتباعد مجتمعان الى حد ان يحتلا بيئتـــين ،

مختلفتين، فعندها يصبحان قادرين على التعايش بنفس المدى . والتخصص الجديد اللازم يقتضي تحويل الصفات . وان تكوين عدد كبير من الأنواع المختلفة بيئيا والمنحدرة من أصل عام واحد تعرف بأسم التكيف المتشعب .

وحينما تختلف المجتمعات بسمة او اكثر بتسلسل منتظم من مكان لآخر فانها تكون مايسمى بالتسلسل **الضمنوعي** cline . وافراد هذا التسلسل الضمنوعي تستطيع التزاوج بحرية وتميز بالتغير المستمر . وهنالك ملاحظات عامة تحكم الاختلافات الجغرافية من مجموعة الى أخرى ، وهذه تتضمن قانون بيرجمان القائل بأن معدل حجم الجسم بالنسبة لأفراد المجموعات في المناطق الباردة يميل الى ان يكون اكبر من حجمه بالنسبة للمجموعات التي تعيش في المناطق الحارة ، وقانون الن القائل بأن اجزاء الجسم البارزة في المناطق الباردة اقصر منها في المناطق الحارة ، اما قاعدة جلوجر فتقول بأن لون الجلد في المناطق الحارة او الرطبة ادكن منه في المناطق الباردة او الباردة الجافة . وعند حدوث فجوات او عدم استمرارية بالنسبة لصفات معينة بين مجموعتين متزاوجتين في نوع معين مع بقاء تزاوج ولو بشكل محدد،فان مثل هذه المجموعات تعتبر تحت النوع او اعراقا .

ولأن المجموعات تتكيف مع بيئات محلية مختلفة ، في المساحة الواسعة لذلك غالبا ماتتطور سلسلة من تحت الانواع حيث تتزاوج كل مجموعة غالبا فيما بينها . ولكنها تبقى قادرة الى درجة معينة على التزاوج مع المجموعات المجاورة . وحسب درجة الانعزال فيما بينها والانتخاب والطفرة ، والانتقال الجيني ، والانحراف الجيني ، فان بعض تحت الانواع هذه ستبقى كما هي ، بينما بعضها يصبح نوعا جديدا ، في حين ان بعضها الآخر سيكون مجموعة ذات مدى واسع متميزة بتبادل حر للجينات . ففي الجنس البشري على سبيل المثال فان التكرار الجيني الذي يميز السلالات المختلفة يمكن ان يختفي بالتدريج كلما تحطمت الحواجز الحضارية ، وتزاوجت المجموعات فيما بينها .

وحتى تحافظ المجموعات المتباعدة على **المجمع الجيني** gene pool فانها يجب ان تطور عزلا تناسليا الى درجة معينة . والحواجز التي تمنع الانتقال الحر للجينات بين المجموعات المتباعدة تسمى وسائل العزل . وهذه الوسائل تشمل تطوير فصول مختلفة للتزاوج ، واختلافات في الموطن ، وسلوك مغازلة مميز ، وبنية جسدية مختلفة ، وكذلك حواجز الجماع ، وتعارض الجينات ،

وعدم قدرة الزيجوت على النمو ، وفشل المولود في العيش حتى سن البلـوغ او عقمه . وبسبب عدم نجاح وضياع محاولات التزاوج وانتاج نسل غير قادر على الحياة والنمو ، فان الانتخاب سيعمل بشدة ضد اي مجال للنوع نفسـه يكون ملائما لتزاوج الانواع .

ويشير تاريخ التطور الى ان عدة كائنات حية تطورت لدرجة التكيـف المثالي في ظروف بيئية ملائمة معينة ، ولما وصلت لدرجة القمة بالتكيف فـان الانتخاب الطبيعي فضل استمرارية الثبات لذلك الكائن . ان الطاقة الكامنة للتطور كذلك تحدد بطبيعة الكائن الحي نفسه وكذلك التركيـب الجيني لمجموعاته . وكلما كان عددالجاميتات التي تنتجها مجموعة معينة اكبر في وقت أقصر ، فان احتمال حصول الطفرات او التراكيب الوراثية الجديدة سوف يكون إكبر ، وكذلك كلما كان عدد النسل اكبر زاد احتمال ظهور بعض الصفات التي نتجت من هذه العملية وتكون ملائمة اكثر للضغوط الانتقائية الجديدة .

ان البيئة التي تتكيف معها المجموعة مهمة تماما مثل اهمية القدرة علـى التطور في تحديد درجة وسرعة تغير المجموعة . واذا تغيرت البيئة بشكـل مستمر وعلى مدى فترة زمنية طويلة فان الخط التطوري للكائنات الحية سوف يتطور هو الآخر على شكل سلسلة من التكيفات المتشعبة . وان التكيـف المتشعب ليس دائما ثابت التكيف . وفي البداية فان احلال صفة character displacement ونقص التنافس قد يؤدي الى تنوع كبير . ومع مرور الزمن فان الانتخـاب سوف يتخلص من الاشكال الاقل تأقلما .

ان التطور عملية مستمرة للأمام حتى ولو ادى ذلك كما يحدث في بعض الاحيان الى الانقراض .

وكلما كان الكائن الحي متكيفا بشكل جيد مع بيئة ملائمة معينة يصبـح دقيق التخصص وغير قادر على الحياة في بيئة جديدة ظروفها الجوية سريعة التغير . وطبقا لذلك فاننا نتوقع ان تلك الكائنات المتكيفة بشكل كبير مع بيئة معينة سوف تفسح المجال ببطء امام تلك الكائنات المتكيفة مع ظروف بيئية واسعة ومختلفة .

نظـــرة فاحصـــة

بيـولوجيـــا العـــرق

The Biology of Race

كم عرقا هناك ؟ لقد قال بعض الباحثين خمسة وبعض قال ستـــة وعشـرون ، وآخرون قالوا خمسة وثلاثون او اربعون . وهذا الاختلاف فـــي الراي سببه حرية التزاوج في المجتمعات الانسانية ، ويمنعها من التزاوج اسباب جغرافية او حضارية ، لااسباب بيولوجية . حتى لقد ذهب بعض الباحثـــين الى ان المفهوم البيولوجي للعرق غير قابل للتطبيق على المجتمعات الانسانيـــة لان حرية التزاوج منعت الانعزال اللازم لتكوين العرق .

ان مفهوم العرق له تاريخ مقلقل . فمعظم الصعوبة في تحديد هـــذا المصطلح وتصنيف المجتمعات ناتجة عن اخطاء علماء التصنيف الاولين ، مـــثل **لينايوس** ([redacted])الذي راى ان يصنف بني الانسان الى فئات محددة طبقا للاختلافات الشكلية والحضارية . ثم تلاه باحثون صنفوا العروق الانسانية على اساس ميزات جسدية ظاهرة مثل ، لون البشرة وشكل الشعر ، وملامـــح الوجه وبنية الجسد . ومن هنا جاءت التصنيفات البسيطة الى أحمر واســـود



جميعهم شرقيون — فهل هم متشابهون ؟

واصفر وابيض ، الا ان تحديد هذه الصفات قد يكون خاطئا او مض بخاصة لعدم وجود الات دقيقة وطرق احصائية دقيقة .

وبالنظر الى هذه الصعوبات فان معظم البيولوجين المعاصرين يركزون على الأساس الوراثي للعرق . وفي هذا الفصل نعرف العرق بأنه مجتمع متوالد متميز بتكرار جيني مختلف عن المجتمعات الأخرى ضمن النوع . وتحت هذا التعريف ، « فالعرق » يدل على خليط من سمات مشتركة ، في مجتمع وليس في افراد . لا بل ان هذا التعريف لا يعتبر الصفات الشكلية كمقياس للعرق . وبدلا عن ذلك ، فان الباحثين الآن يركزون على الميزات البيوكيميائية التي تتأثر بعمل جين واحد او اثنين .

وكثير من المعلومات عن بيوكيميائية العرق قد استمدت من تحليل الدم. وعلى سبيل المثال فان تكرار المجموعات الثلاث من الدم ، A ، B و O يمكن تحديدها لاي مجتمع انساني . ففي مجموعات افريقية وآسيوية معينة قد تصل النسبة ٤٠ ٪ من فئة B . اما الهنود الامريكان فلديهم تكرار عال لفئة الدم B وتقرب نسبة التكرار لفئة الدم A من الصفر ، اما الفئة O فهي عالية في اجزاء من اوروبا وآسيا .

وقد استعملت مجموعة اخرى من الدم لمقارنة العرق وهي تحت النوع **الريزيسي** (RH)فالاوروبيون وخاصة الباسك في اسبانيا لديهم نسبة تكرار عالية للجين (RH) السالب ، بينما الآفريقيون لديهم نسبة تكرار عالية لجين (RH) آخر ، يعرف بالرمز (Ro) وهناك اختلافات عرقية محددة بعوامل دم اخرى ايضا . حتى شمع الأذن وجد به اختلافات عرقية : فشمع الأذن ببعض المجموعات الآسيوية جاف وقشارى ، بينما هو لزج ورطب عند القوقازيين والسود .

ويظهر أن عدد الأمراض الموروثة يختلف فيما بين المجتمعات . فهناك مرض وراثي عقلي يعرف بأسم **فنيل كيتون يوريا** (Penylketonuria) ، نجده في الافراد الأوروبين اكثر مما نجده في الآسيويين والافريقيين . ومرض **تيه ـ ساكس** (Tay-Sachs)الذي يسبب العمى التدريجي والتخلف العقلي في الاطفال نجده عاليا بين العائلات اليهودية التي اصلها من فيلنا في روسيا ، وبعض الهنود في الجزء الجنوبي الغربي لامريكا يتوارثون **الفخذ المخلوع** (dislocated hips)

فهل هذه تشكل اختلافات عرقية ؟ قد يسأل المرء ايضا هل جميع الامريكان

الذين هم عرضة للحساسيات يشكلون عرقا منفصلا بالنسبة لغير المعرضين للحساسية . ومن الواضح ان موقفا متطرفا كهذا شبيه بموقف الباحثين الاوائل . وكحل وسط بين هذين الموقفين المتطرفين فان بعض الباحثين قد اقترحوا ثلاث فئات واسعة للعرق البشري . فالعرق الجغرافي هو مجتمع متوالد يحتل قارة باكملها تقريبا أو رقعة أرضية واسعة — وعلى سبيل المثال سكان أوروبا أو آسيا . وضمن هذه المجتمعات هناك اعداد كبيرة من مجتمعات متوالده أصغر تدعى الاعراق المحلية . وهكذا فان الهنود الامريكيين على سبيل المثال فيهم اعراق محلية مثل **السيمنول** (Seminole)**والهوبي** (Hopi) **والنافاجو** (Navajo) **والبينوبسكوت** (Penobscot) . واخيرا فانه ضمن بعض المجتمعات المحلية مجموعات اصغر تتميز وراثيا عن المجتمعات الاخرى الصغيرة . فهذه الاعراق الصغرى لاتختلف عرقيا بالمعنى العادي للمصطلح . وهي تظهر بالمناطق المكتظة بالسكان مثل مناطق الطبقة العاملة في المدن الكبيرة ، حيث ان الافراد يميلون لان يتزاوجوا من الذين يعيشون حولهم، وبذلك يحافظون على درجة من الانعزال التزاوجي . والاعراق الصغرى مثال ممتاز للطريقة التي بها يؤثر العامل الحضاري على التطور البيولوجي .

وعلى هذا فكم عرقا هناك ؟ في الوقت الحاضر ، نستطيع ان نقدر فقط . واستنادا الى المعلومات الحالية ، فان معظم الباحثين قد يقولون ان هناك حوالي ٢٤ . ولكن من الممكن ان يزادهذا العدد بالمستقبل . وان تحاليل الكيمياء الحيوية للمجتمعات البشرية مازالت في مهدها وان مجتمعات كثيرة ما زالت تنتظر التصنيف الكافي حسب التحاليل الكيمائية الحيوية المعروفة وهذه تتزايد من سنة الى سنة .

التأقلم

ADAPTATION

ان مصطلحي التكيف والسلوك واضحان من حيث المعنى عند تطبيقهما على كثير من العالم الحيوي ، ولكن تظهر المشكلة فيما اذا طبقا على السلالة البشرية ، لما تمتلكه من قدرة على التطور الثقافي ، والاجتماعي ، والتكنولوجي. فعلى سبيل المثال ان الكائن الذي يعيش لفترة طويلة في البرد الشديد وبما يشبه الفراغ قد يطور نوعا من الغشاء العازل يغلفه على نفسه بأحكام . ولكن مثل هذه العملية ربما تستغرق ملايين السنين . اما الانسان فقد استطاع في عقود قليلة ان يصمم ويبني بزات الفضاء لنفس الغرض . وثمة انجاز آخر للانسان هو تدجين الحيوانات البرية وهذه تطوير حديث . ان سرعة الانتشار ليست دليلا فقط على مقدرة الانسان على التعلم ولكنها دليل ايضا على قدرته على التأثير في عمل الطبيعة فلو بقي الأمر لعملية الانتخاب الطبيعي لكسان اكتساب الحيوانات البرية القدرة على ان تصبح اليفة أمرا يستغرق مئات الألوف من السنين . ان الانسان قام بعملية التهجين بين حيوانات مختارة من اجل ان تصبح اليفة ، فسارع بذلك التطور الى حد كبير .

ان التطور يعطي غالبا أجوبة متشابهة للمشاكل المتشابهة . فان كلا من اعشاب البحر الكبيرة وهي الطحالب البنية وزنبق الماء وهو نبات زهري تثبت نفسها في بيئتها المائية بالتشبث بالقعر . وتتم هذه العملية بواسطة الجذور العادية بالنسبة للنباتات الزهرية اما الاعشاب البحرية الكبيرة فتتم عملية ثباتها بالقاع بواسطة مقابض تشبه الجذور . وحتى تحصل هذه الأعشاب والنباتات الزهرية على الحد الاعلى من ضوء الشمس فانها تبقى اجزاء منها على سطح الماء او قرب السطح . ان اوراق زنبق الماء تطفو بسهولة على سطح البحيرات والبرك ، واما الاعشاب المائية فان سيقانها الطويلة تخرج فروعا تطفو على سطح الماء وذلك بواسطة اكياس مليئة بالهواء وهناك مشكلة اخرى بالنسبة للنباتات المائية وهي مشكلة تبادل الغازات . فالجذور الشبيهة بالسيقان الموجودة في نبتة المنغروف (شجر استوائي تنبثق من اغصانه جذور جديدة) ترتفع بحوالي قدم فوق مستوى سطح الماء وبالتالي تتمكن من التنفس بسهولة .

ان النباتات تمتلك مدى واسعا من التكيف لظروف الجو الصعبة . وعلى سبيل المثال فان سيقان عشبه القمل المكسوه بالزغب تعطي حماية من البرد وكذلك من رياح التندرا الشمالية الجافة. وهناك نباتات توفر لنفسها ظروفا جوية محلية خاصة بها ، ومناسبة لاحتياجاتها ، فأشن **المنثور البري** (*Silene acaulis*) التي تعيش بمنطقة التندرا تشكل وسادة كثيفة تحمي هذا النبات من الحر وكذلك تحافظ على الرطوبة في اثناء الصيف الجاف القطبي . وكذلك الأشن الاسباني يستفيد ايضا من المناخ المحلي الخاص به ، ويعيش هذا الطحلب على الاشجار مثل اشجار السرو . وان مياه المطر وذرات التراب تتجمع في اجزاء الشجرة وهذا يزود الطحلب بالغذاء اللازم .

ان الصيادين وفرائسهم يتشابهون من حيث الاعتماد على الاختباء ، والمخادعة ، والبراعة بالتكيف مع البيئة . فهناك عدة حيوانات مفترسة تنتظر فرائسها في كمين وهذا يتطلب ان تكون هذه الحيوانات غير مرئية للفريسة المنتظرة ومثلها **خناق الذباب** (Venus's flytrap,)وهو نبات يتغذى على الحشرات فيجذبها بواسطة رائحته الجذابة والوانه المغرية . وبقة الماء تطفو بلا حراك تحت سطح الماء مباشرة حتى تصبح في متناولها مخلوقات مائية صغيرة مثل يرقات الحشرات والسمك الصغير . وعنكبوت الازهار يعتمد على





ضاء في مختبر ◄

مزارع نرويجية ◄

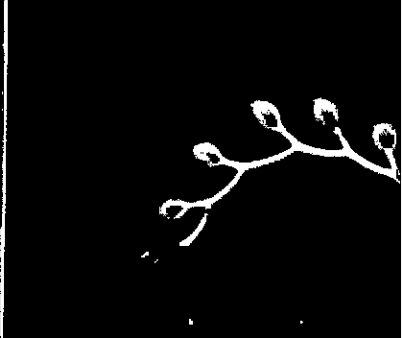




ر الشورى ◄

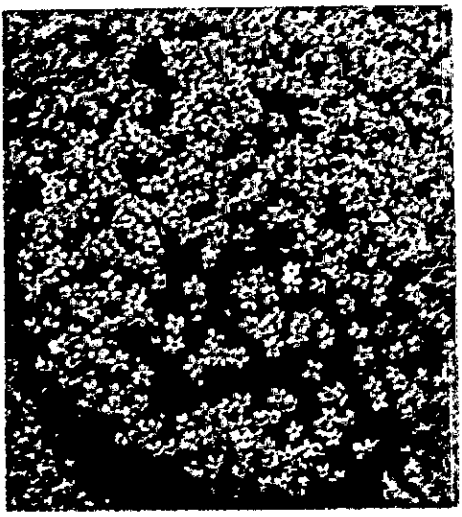
زنابق ماء ◄

اب بحرية ضخمة (الفلفل) ◄





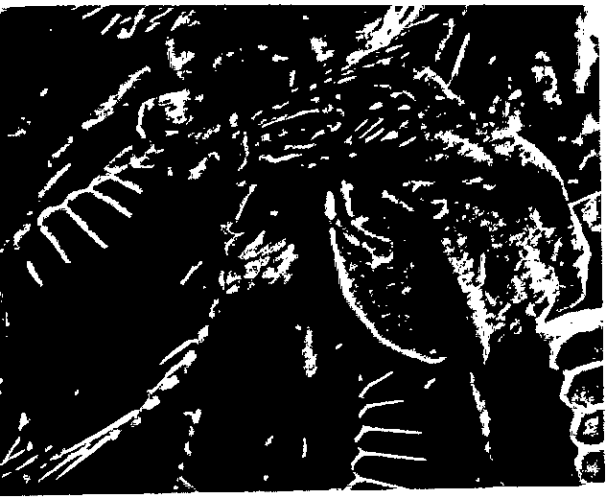
الخشخاش القطبي



تجمعات الحزازيات



شجرة الحية (من السرو) مع الاناناس



بقة الماء تمسك بحورية ذبابة مايو



زهرة العنكبوت

مصيدة الذباب فينوس وغذاؤها





الحوت القاتل



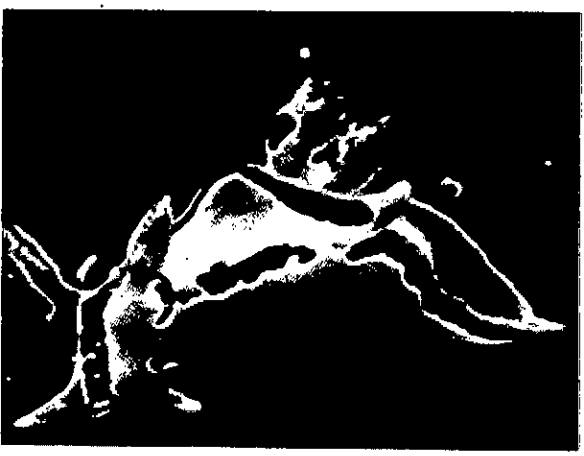
أرنب قطبي



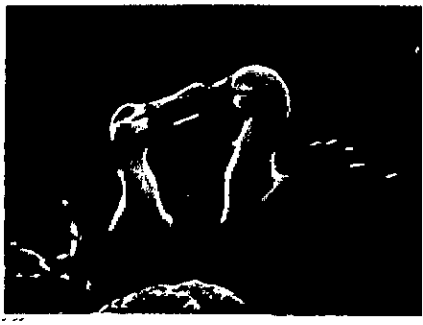
الأفيدات



سحلية الأنول



البزاقة البحرية



القادوس المموج

طائرة ماء أميركي







يرقة قصيرة الاذان



غزلان تومسون



سيد قشطة



شمبانزي

نحل العسل



ثيران المسك



التمويه في انتظار حشرة ذات طعم مستساغ ، فيكاد يختفي كلية بين الحشائش.

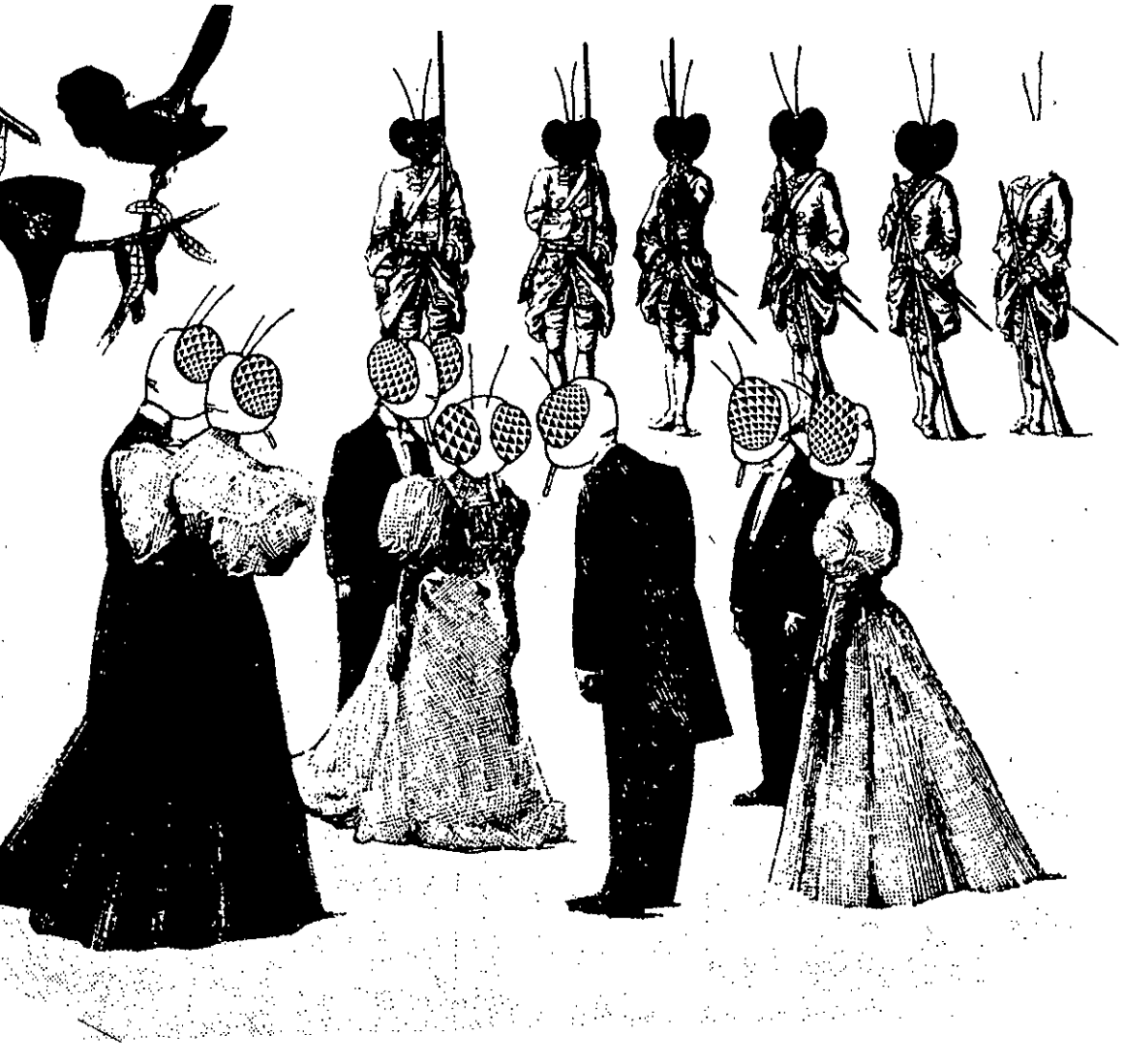
وهناك مفترس اكثر حركة وهو الحوت القاتل الذي يتخفى بواسطة بطنه الابيض وظهره الداكن اللون وهما لونان مشتركان بين المخلوقات البحرية ـ وهذا يجعل من الصعب رؤيته من اعلى ومن اسفل .

وعند الحيوانات التي همها الاكبر ان لا تؤكل نجد ان الالوان الحامية مهمة جدا فالمنة مثلا (حشرة تمتص عصارات النباتات) لها نفس لون النباتات التي تتغذى عليها ، والنوع المبين بالصورة وهو يتغذى على براعم الورد لفترة من دورة حياته منه الاخضر ومنه الزهري اللون .

والارنب القطبي يتغير لونه تبعا للفصول . وعموما فان تغير اللون يحدث كاستجابة لتغير طول اليوم او درجة الحرارة. ولكن قد يفشل هذا الائتلاف . فالارنب الذي في الصورة تعاكسه الطبيعة ، فالى ان تصل الثلوج سيبقى هذا الارنب ظاهرا ومعرضا للهجوم بسبب غطائه الابيض الشتوي . اما **السحلية** (anole)فلها نظام اكثر كفاءة فهناك حبيبات صبغية تتنقل في جلدها مما يمكنها من ملاءمة لونها للون السطح الذي توجد فيه . وعلى النقيض مما سبق هناك **الكسلان البحري** (sea slug)وهو من الحيوانات البحرية الرخوة يبقى ظاهرا للعيان ، ذلك لان له لونا لامعا يوهم الحيوانات المفترسة بانه خطير او غير صالح للأكل . يتصور الانسان ان عملية التزاوج فيما بين الحيوانات هي عملية سهلة . انها ليست كذلك . فهناك عدة انواع تشغل بعملية مغازلة متقنة ذات طقوس وشعائر بدونها لا يمكن لعملية التزاوج ان تتم . وقد تظهر تغيرات جسيمة واضحة خلال فصل التزاوج ، مثل العيون الخضراء لطائر ابن الماء او ريش التزاوج الابيض الجميل . وفي هذا تنشغل بعض الطيور مثل القطرس (طائر بحري كبير)بعملية مبارزة بالمناقير ، وبعضها يقوم بلمس المناقير بلطافة . وذلك بطريقة عرض ذات طقوس مصممة لجذب افراد الجنس الآخر وهي قد تشبه ادعاء الملكية لمكان ما او المدافعة عنه . والبومة القصيرة الآذان تحاول التظاهر بانها ضخمة ومرعبة عندما يداهمها الخطر وذلك بفرد جناحيها العريضين مع دفعهما للأمام . وهناك جاموس البحر الذي يزمجر مهددا بدل القتال الحقيقي الذي سيكون مكلفا بالنسبة للنوع . وهناك عدة حيوانات ترنية مثل غزال تومبسون يكتفي بصراعات وطقوس غير دموية كالنطح او الضرب بالقرون ، وذلك عوضا عما هو اكثر خطورة كالضربات الجارحة

المصحوبة بنزيف دموي .

وبعض انواع الحشرات تعيش في مجتمعات معقدة غير عادية ، فالنماذج السلوكية التي تجعل ذلك ممكنا هي نماذج فطرية لامكان لتعديلها بالتعلم . ان ملكة النحل ، وهي الانثى الوحيدة التي تنجب في خلية النحل ، تحفظ مركزها الفريد بوسائل كيميائية بحتة وذلك بأفراز مادة تمنع انتاج ملكات جدد . وتقوم الشغالات (في الصورة) باطعام الملكة الموجودة بالوسط ، وتلعق المادة الكيميائية عن جسمها مما يساعد على انتشار تلك المادة في خلية النحل . وبمقارنة هذا السلوك مع سلوك الثدييات نجدها تمتلك نظاما اكثر مرونة فطقوس الخطوبة تلعب دورا كبيرا ومهما في توثيق الروابط الاجتماعية وانشاء السيادة بالتسلسل الهرمي عند الحيوانات الاجتماعية مثل الشمبانزي . وتميل الحيوانات الاجتماعية الى تطوير نماذج من أجل التعامل مع الاخطار الخارجية بطريقة متفق عليها وكذلك تقليص الاقتتال والاختلافات بين افراد المجموعة فثور المسك الامريكي البري مثلا يعمل على تشكيل دائرة للدفاع بحيث ان الافراد القوية تواجه العدو بينما الحيوانات الاصغر تتجمع في المركز .



الفصـــل الخامس والعشرون

السلوك والتطور

Behaviour and Evolution

لاحظنا من خلال هذا الكتاب ان من الصفات التي تميز الكائنات الحية عن غير الحية الاستجابة الى التغيرات البيئية ، والاستجابة في الكائنـــات الحية ، هي التأقلم ، اي انها بطبيعتها تسند بقاء الكائن الحي والنوع وتكاثرهما. والسلوك واحد من اهم طرق التأقلم للتغيرات الجوية وبالأخص في الحيوانات، وان نجاحها يعتمد الى حد كبير على درجة التغير . ومصطلح السلوك يستعمل عادة ليدل على جميع الاستجابات للتغيرات البيئية التي تضم عملا من الكائن الحي بأكمله . فالنبات يتفاعل مع المؤثرات على مستوى الخلية ، كما يفعـــل الحيوان وحيد الخلية . ولكن في الحيوانات عديدة الخلايا فان الجهاز العصبي واجهزة الاحساس هي الاطار الذي ضمنه تقع جميع التكيفات السلوكية .

ومن خلال هذا الاطار العام فان الطريقة التي بها يتصل الحيوان ببيئته ويختبرها هي الاخرى تؤثر على سلوكه . وحتى الكائن الحي البسيط مثل الديدان المنبسطة تظهر اختلافات سلوكية تعتمد على الخبرة . ولان تداخل الخبـــرة

والوراثة ، اي الطريقة التي تؤثر بها الخبرة على الوراثة هي التأقلم ومـــا يقتضيه من تغيير . فان سلوك الحيوان هو جزء من التطور .

فعلى مستوى معين اذن ، فان دراسة السلوك تشمل البحث عـــن الميكانيكيات التي تنتجه وتنظمه . اي العمليات الفسيولوجية والكيميائيـــة والحيوية . وعلى مستوى آخر فان دراسة السلوك تبحث وتحلل تداخل السلوك المكتسب مع الموروث . وهاتان الدراستان تسهمان في فهمنا انماط السلوك وكيف تتأثر بالانتخاب الطبيعي من خلال عملية التطور .

ولدراسة السلوك لابد أن نفهم قاعدة تعرف باسم قانون مورجان ــ لايحق لنا بأي حال أن نفسر اي عمل بأنه نتاج ملكات نفسية ، علينا اذا كان بالامكان أن نعزوه الى قوى أدنى بالمقاييس النفسية .

وعلى هذا فالصفات الانسانية كالعاطفة والتعقل والارادة والتوقع يجب الا تنسب لغير الانسان من الحيوانات .

وكمثال صارخ على ذلك أن مفهوم الانسان للحب لايمكن استعماله لوصف ما ينشأ بين زوجين من ديدان الارض عند تبادل الحيوانات المنوية . وهذا لايعني أن كل استجابة يجب ان تحلل الى عوامل سلوكية ابسط ، فان سلوك القطة الأم نحو صغارها لايمكن ان يفسر تفسيرا تاما بالميكانيكية التي تفسر محافظة بعض الاسماك المرجانية على عشها .

مستويات التنظيـــــم : Levels of organization

بالاضافة للبحث عن ابسط تفسير لاية ظاهرة معطاة ، يجب ايضا ان نأخذ بالحسبان مستوى التنظيم الذي تحصل فيه هذه الظاهرة . ان كل مجموعة من الكائنات الحية تمتلك ملامح فريدة تعطيها قدرات لا تتوافر لدى كائنات ابسط منها ، فعلى سبيل المثال : بمقارنة حيوانات من انواع مختلفة ، كالديـــدان المفلطحة ، والحشرات ، نجد ان المقدرات البنيانية والفسيولوجية والسلوكية للحشرات اعلى بدرجات في مستوى التعقيد واوسع مجالا منها في الديـــدان المفلطحة ، وعلى هذا فالحشرات تمثل مستوى اعلى من التنظيم تعكـــس قدراتها السلوكية .

ومفهوم المستويات ينطبق ايضا على تطور الكائن الحي مفردا . فخلال

التطور تتفاعل العوامل الوراثية للفرد مع مؤثرات البيئة ، ويمثل التطور اتحاد العوامل الوراثية مع البيئة . وعلى هذا فان سلوك الفرد يمثل فاعلية جهازه النامي بأكمله . وهذا امر مهم يجب ان نذكره عند تحليل تأثير الوراثة والخبرة على انماط السلوك . ومع انه يجب التمييز بين ماهو فطري بطبيعته وبين ماهو مكتسب ضروري لغرض دراسة السلوك ، الا ان القضية ليست اما هذا او ذاك ، ولا هي الوراثة مقابل البيئة ولا الطبيعة مقابل التطبع . وان التفاعل بين السلوك الذي تحدده الوراثة وبين خبرات الكائن الحي في البيئة المتغيرة تفاعل تام في جميع المستويات التنظيمية . وكلما كان الكائن الحي معقد التركيب ، كان التفاعل معقداً اكثر .

وسلوك الحمام المطوق في التغذية مثال جيد ، فعند هذه الطيور نجد سلوك الابوين غير مميز جنسيا — فكلا الجنسين يتعاونان في بناء العش واحتضان البيض وحال فقس البيض فان كلا الأبوين يبدأ بانتاج مادة تسمى (حليب الحوصلة) وعندما يصرخ الصغار طالبين الغذاء ، فان الابوين يبدأ بالتغذية ممسكا بمنقار كل فرخ على حده ، ويقذف محتويات الحوصلة الى فم الصغير . وينشط انتاج حليب الحوصلة عن طريق افراز هرمون البرولاكتين من الغدة النخامية . وافراز البرولاكتين يعتمد على وجود الرفيق (الزوج) بالبيئة ، وبما أن الزوج موجود قبل فقس البيض فان انتاج حليب الحوصلة بالوقت المناسب يكون مضمونا .

وتتأثر انماط السلوك أيضا بكمية ما يمارسه الأبوان من تمرن على تغذية الصغار . ولقد اجرى العالم (دانيل ليرمان) وزملاؤه بجامعة روتجرز عددا من التجارب بحيث حقنوا الازواج بالبرولاكتين ومع أن الطيور قد أنتجت الحليب وبدأت بتغذية الصغار الا أن المحاولات الأولى كانت غير فعالة وغير متقنة ، وكذلك فراخ الحمام كانت غير نشطة في الحصول على الطعام . ولكن بتكرار عملية التغذية فان الاباء والصغار أصبحت أكثر خبرة . وكذلك أوضح ليرمان أن حقن البرولاكتين ينشط سلوك التغذية الصحيحة لدى الطيور الكبيرة التي سبق أن انشأت صغارا ، أكثر من تلك الطيور التي ليس لها خبرة سابقة .

وهناك تأثير آخر على أنماط السلوك هو تنمية الصغار ، فكلما نمت ، فان حجمها ينبه الغدة النخامية للأباء بالانقطاع عن افراز هرمون البرولاكتين . وهذا

بدوره يخفض محتويات حليب الحوصلة المقذوفة للصغار ،فتزداد نسبة الحبوب والبذور لها كما في غذاء الكبار ، وبهذه الطريقة تتهيأ الصغار لتغذية نفسها .

ان هذا المثال يوضح انه باعطاء البيئة النموذجية للنوع (وجود الزوج ونمو الصغار) ، فان نمطا سلوكيا قابلا للتكيف يتهيأ . وبعض علماء السلوك يعتقدون بأن الاستجابة المميزة للنوع في الحيوانات الى منبه خاص بالنـــوع انما هي سلوك فطري . وقد اشاروا الى انه عندما يربى زوجان من الحمـــام المطوق بعزلة تامة عن بقية الحمام ، فان كل نمط سلوكي يحدث اتوماتيكيـــا استجابة للمؤثر الهرموني ، حتى لو كان انتاج الهرمون عن طريق الحقـــن بالبروجسترون بدلا من وجود الزوج أو نمو الصغار .أضف الى ذلك ان التحسن في الرعاية الذي ظهر من خلال تزايد الخبرة لدى الحمام المطوق يحتمل أن يكون نتيجة استجابة فطرية مع النضج وليس الخبرة ، وقد تأتي الاجابة عن هـــذه الاسئلة بعد بحوث أكثر . يكفينا هنا أن نذكر أمرا بسيطا هو أن جميع السلوك المتكيف لابد وان يحوي عناصر وراثية . ويحصل التكيف والتأقلم نتيجة ضغوط الانتخاب ، التي تؤثر في مجموعة العوامل الوراثية في المجتمع . ولو كان السلوك مجرد مسألة خبرة فانه لن ينتخب له ، ولعل الخلاف هو متى تبدأ عملية التعليم، أو بعبارة أخرى أي نوع من المنبهات يمكن أن يعتبر خبره .

اشارات التنبيه Sign stimuli

يزداد عدد علماء الحياة المعارضين لتصنيف انماط السلوك ضمن اطـــر محددة ، اعترافا بأنه من الصعب وضع حد بين تأثيرات الوراثة وتأثيرات الخبرة. ولكن من الواضح انه اذا انعدم الجهاز الحسي والعصبي ، الذي يفرق بـــين مجموعة مشوشة من المنبهات ، فان عددا من الحيوانات لا بد أن يستجيب بسرعة الى عدد قليل من الاشارات الرئيسية،وهذه الاستجابات هي مميزة للنوع : اي انه يمكن مشاهدتها لدى كل فرد من ذلك النوع.وهي تعتبر غالبا صفات كافية لاتخاذها كأداة لتصنيف النوع . فافراز البرولاكتين الذي ينشيء سلوك التغذية عنـــد الحمام مثلا يمثل استجابة مباشرة فورية لمنبه واحد — وهو وجود الزوج — والاشارات التي تنتج استجابات كهذه تعرف باشارات التنبيه او المحررات .

وغالبا مايكون تحديد مصدر المنبه غير ذي فائدة . ففي حالة الحمـــام المطوق على سبيل المثال فان بعضا من المميزات والصفـــــات الجسمية او



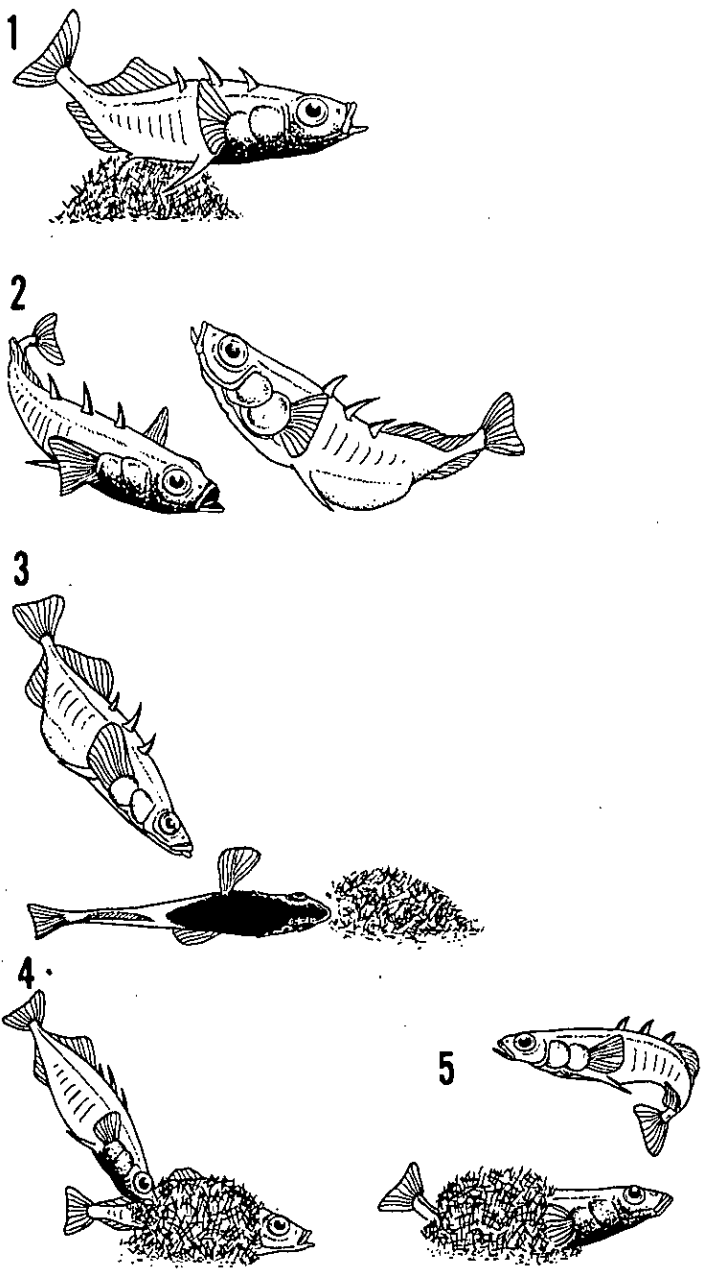
الشكل (٢٥ ــ ١) : سلوك طلب الرعاية من صغار الطير الهازج الاصفر (الدخله warblers) : تكون الصغار عمياء وقت الولادة فتوجه فتحات افواهها لاعلى ، وبعد عشرة ايام فقط فانها توجهها نحو ابائها . ويعمل الفم المفتوح الواسع ذو اللون البرتقالي كاشارة تنبيه تثيرسلوك التغذية لدى الاباء .

السلوكية للزوج يمكن أن تدفع المنبه لافراز البرولاكتين ، مثلا رائحته ، وشكله وصوته ، وحركاته ، . فلقد اكتشف ليرمان بفصل الاباء وراء حاجز زجاجي بان احد الطائرين قد ينتج البرولاكتين طالما كان يرى الطائر الاخر راقدا على البيض . وعندما اعتم الزجاج فأن الطائر توقف عن انتاج البرولاكتين مع أن الصوت والرائحة كانا ينتشران خلال الغرفة ، وعلى هذا فان المنبه كان جزئيا ، الا أن نوعية المظهر المرئي التي سببت الاستجابة لم تعرف بعد .

وهذا لايعني ان الحمام المداوق ليس له اعضاء حس مستقبلة للرائحة واللمس او انه لايستطيع الاستجابة لهذه المؤثرات فهو على سبيل المثال عندما اختار الغذاء المناسب فان الاحساس اللمسي يصبح ذا اهمية خاصة. انكل هذه الاحاسيس تستقبل ،ولكن بعضها بطريقة مااعترض بين اعضاء الحس المستقبلة والمراكز المحركة ، فاشارات التنبيه في كل حالة هي التي يسمح لها ويحددها نشاط الكائن الحي في تلك الحالة .

واحيانا قد تحدث اشارة واحدة استجابات متضاربة في وقت واحد مثل اشارتي الهروب والمهاجمة . فذكور الديك الرومي المتصارعة تحفز لمهاجمة كل منها الآخر ولكن يكبحها حافز مماثل للهرب . ولذا بدلا من ايذاء احدهما للآخر تنقر الارض بشدة . والبط اذا واجه نفس هذا الموقف يأخذ بتسوية ريشه بمنقاره . اما الثدييات فتبدأ بحك جلدها ، وغالبا ما يشار الى مثل هذا السلوك بعبارة **تحويل النشاط** displacement activity ، وقد استدعاه تضارب الموقف ذاته ، لا وجود شيء محسوس كوجود الطعام حافزا للنقر او الشعور بالحكة حافزا للحك .

ومن الأمثلة المعروفة عن اهمية اشارة التنبيه في التحضير للقيام برد فعل



الشكل (٢٥ ــ ٢) : سلوك التزاوج في سمك ابو شوكة Stickleback . (١) حيث ينهي عشه بافراز سائل لزج (٢) ويستجيب الذكر عند رؤية بطن الانثى المنتفخ فيدور حولها برقصة مغازلة (٣) وعندما تعطي الانثى اشارة الاستجابة برفع راسها لاعلى ، يدور الذكر على جانبه ويريها العش (٤) فتدخل الانثى العش وتضع بيضها هناك . (٥) ثم تسبح تاركة العش ليستطيع الذكر الدخول الى العش واخصاب البيض .

سلوكي وهو سلسلة متقنة من التنبيه والاستجابة نجدها في السلوك الانتاجي **لسمك ابو شوكة** (stickleback fish)فعندما يكون السمك جاهزا للانتاج يطور الذكر لونا أحمر براقا على بطنه ويعرضه بشكل عدواني لبقية الذكور عندما تقترب من منطقة عشه ، اشارة عن عزمه على حماية منطقته . ولذلك فانها تستجيب بالبقاء بعيدا ، وحالما يكون العش جاهزا فالسمك يغير لونه ثانية مبقيا لون بطنه الاحمر ولكنه يكتسي لونا ازرق شاحبا على ظهره بدلا من لون التمويه العادي وهو الأخضر الاشيب . وتغير اللون يجذب القرين المأمول ، فيثير ظهوره المرحلة الثانية في مغازلة الزوج . وهي رقص متمرج أو في زوايا من خلالها قد يلمس الانثى بأشواكه ، فاذا رفعت الانثى برأسها تظهر القبول ، فان الذكر يريها العش مشيرا اليه برأسه . وعندما تدخل الانثى العش فان الزوج ينخز على ذيلها، وهي الاشارة اللمسية التي تحث السمكة على وضع بيوضها، ويعيد الذكر هذه السلسلة مع عدة زوجات مخصبا ما تضعه من البيض بعد ترك الانثى للعش . وانها مسؤلية الذكر أن يحمي صغار السمك ، وحينما يفقس البيض يعيد الذكر تلوينه ظهرا وبطنا .

الاستجابة غير المناسبة لاشارات التنبيه :

Inappropriate responses to sign stimuli

واضح ان سلسلة التنبيهات والاستجابات كتلك التي بيناها لسمكة ابو شوكة تعتمد على عناصر فطرية واسعة بالرغم من التداخل المعقد مع البيئة وقد اوضح هذا جليا بدراسات للسلوك غير الملائم عندما يستجيب الحيوان الى جانب واحد من الحقيقة مثل الشكل ، أو اللون ، أو الصوت ، بالرغم من غياب الصفات الاخرى التي تشكل معه وحدة كاملة . فمثلا لاحظ عالم الطيور **ديفيد لاك** David Lack ، ان ذكر طائر **ابو الحناء** (robin) يحاول طرد الريشه الحمراء الصغيرة أو اي نسخة مصطنعة من الذكر بنفس الشدة التي يطرد فيها اي ذكر آخر دالا على أن قطعة صغيرة من اللون الأحمر على ارتفاع معين تثير استجابته . وهناك مثال آخر اكثر اثارة عن **الطائر المغرد**(warbler)الذي يحتن ويفقس بيضة كبيرة **لطائر البقر** (cowbird) ، الذي يضع بيضته في عشه ويدفع ببيض الطائر المغرد خارج العش . وفضلا عن ذلك فان فتحة الفم

الواسعة للطائر الدخيل المفقس ، تنبه سلوك التغذية لدى انثى الطائر المغرد بغض النظر عن ان الصغير ليس ابنا لها .

وفي بعض الحالات فان المنبهات الصناعية قد تكون أكثر تأثيرا اذا شكلت بحيث تبعد عن الحقيقة على نحو مضخم . فاذا قابلت انثى **النورس** herring gull بيضتين من الخشب المدهون فانها تحاول أن تحتضن البيضة ذات الحجم الاكبر بغض النظر عن صعوبة الجلوس عليها . وكذلك فان استجابة الطائر المغرد الى بيض طائر البقر قد تكون مثالا مشابها .

ومع ذلك فان عدم المرونة في هذه الاستجابات تؤخذ كدليل على الصفات الفطرية لسلوك الحيوان . وعلينا ان نتذكر انها تحصل كنتيجة لتغير شديد في البيئة الطبيعية للحيوان ، واننا لنتشوق لأن نرى اذا كانت هذه الاستجابات تستمر لمدة طويلة من الوقت ، أو أن تغير الاحوال لجزء كبير من المجتمع يجعل المجتمع ككل يتأقلم . ان سلوك الحيوان مهما يكن بسيطا يظهر بوضوح انه قادر على احداث اثره . فالسلوك كله يمثل محاولة صادرة عن الكائن للتأقلم الى منبه معين ، وهو تغير ما بالبيئة يحدث لاستعادة التوازن واستمرار بالعيش وان المبدأ الاساسي للتأقلم هو أن الكائن العضو يميل لان يتفاعل على نحو يساعد على بقائه .

سلوك التوجيه : Orientation behavior

كما رأينا في الفصل الخاص ببيولوجية الأعصاب ، فان ابسط انواع الاستجابة الى منبه هو رد الفعل اللاارادي reflex ، وبالاضافة الى ذلك



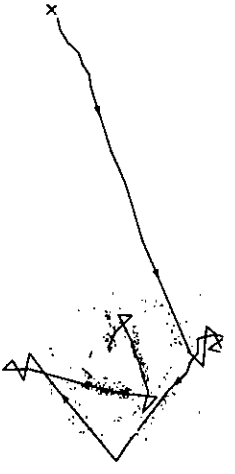
الشكل (٢٥ ــ ٣) : انثى طائر النورس herring gull تحاول احتضان بيضة زائفة أكبر بكثير من حجم بيضتها الموضوعة بجانبها .

فان اغلب الحيوانات تنسق الحركة ، وصرف الطاقة لتوجه اجسامها تبعا لمنبهات البيئة ، وخاصة جاذبية الارض ، والحرارة ، والضوء . والتكيف يعني الطرق التي بها يوجه الكائن الاستجابات السلوكية الملائمة لمنبهات البيئة .

ان استجابة التكيف هي رد فعل يحض على حركة ما وقد يصطحب بحركة اولا وبما أن التكيف يسبق سلوك الاستجابة فانه يعتبر كواحد من أسهل مركبات السلوك وهو مثل رد الفعل اللا ارادي قد يعدل بالخبرة .

الاتجاه نحو المنبه : Kineses

في ابسط اشكال الحياة ، يأخذ التوجيه والتكيف واحدا من شكلين ، **الحركة** kinesis **او الانجذاب** taxis . وليس لكل كائن أعضاء حس مجهزة لتزويده



الشكل (٢٥ ــ ٤) : يستجيب القمل حركيا للدفء،والرائحة، والرطوبة . فيزيد نشاطه الدوراني استجابة لنقصان المنبه ، وفي النهاية يعين المصدر .

بمعلومات التوجيه والتكيف فيما يتعلق بمصدر التنبيه ، ولذلك فان التوجيه لدى هذا الكائن يأخذ شكلا حركيا هو التغير بمعدل أو احتمال الحركة وهذه لاتوجه بالتحديد باتجاه المنبه او بعيدا عنه ، بدل ذلك فان العضو يزيد أو يقلل من نشاطه تبعا لشدة المنبه . وان تكيف **الدويبة الصغيره** sowbugs مع الضوء واحد من هذه الأمثلة ، فهذه الدويبات تميل لان تتحرك بعيدا عن المناطق المضاءة وتتجه نحو المناطق المظللة ، ولكن ليس كما يبدو بتحديد الظلمة والمشي باتجاهها . بل انها تسير بسرعة في الضوء وببطء شديد في الظلمة أو حتى انها قد تتوقف وبذا فهي تجد الظلمة وتبقى فيها غالبا أكثر مما تبقى في الضوء .

وبعض انواع المنبهات مثل الكيماويات ذات الانتشار البطيء تنقل التوجيه نقلا رديئا فيما لو حصل . والمنبهات الكيماوية تحوي أجساما مادية يتصل بها

الكائن الحي ومع ان مصدر التنبيه قد يكون صادرا من مسافة بعيدة ، فانها لا تعمل كمنبه كيماوي حتى يصل اليها الكائن ، فنحن لا نشم الرائحة الا بعد ان تصل الينا وان مدى نفاذيتها ثابت في اي اتجاه نتوجه اليه . فاذا تحركنا باتجاه ما نستطيع تحديد شدتها النسبية ، وكذلك قد نحدد مصدرها . ويعرف عن كلاب البحر (سمك القرش) انها تسبح بخط يشبه الرقم ٨ بالانجليزية figure-eight patterns عندما تبحث عن رائحة الطعام ، ومع ذلك فان الحركة ليست موجهة بالتحديد فزيادة النشاط ترفع من احتمال تحديد موقع المصدر .

الانجـــذاب : Taxes

حينما يساعد جهاز الاحساس المستقبل وطبيعة المنبه معا على تكييف الكائن لان يستقبل معلومات توجيه محددة ، فان نتيجة هذا التوجيه تدعى **الانجذاب** taxis . **فالمستورقة** planarian تتحرك باتجاه مصدر الضوء وذلك بوضع نفسها بحيث ان البقعتان العينيتان تنبهان سوية . وفي الماضي كان هذا مرادفا لمفهوم نزعة النبات او الحيوان الى الحركة او الدوران ولكن هذا المصطلح يستعمل اليوم غالبا ليدل على النمو باتجاه محدد مثل اتجاه النبات نحو الضوء ، وهو غير الحركة الموجهة ، وعندما يكون التوجيه نحو المنبه فان الانجذاب يسمى موجبا وعندما يكون التوجيه بعيدا عنه فان الانجذاب يسمى **سالبا** . وهكذا فان **الانجذاب الضوئي** phototaxis ، الموجب هو توجيه نحو المصدر الضوئي . **والانجذاب الكيماوي** chemotaxis السالب هو التوجيه البعيد عن مصدر التنبيه الكيماوي ، **والانجذاب لجاذبية الارض** Geotaxis هو توجيه نحو الجاذبية . **والانجذاب اللمسي** thigmotaxis هو انجذاب التلامس **والانجذاب التياري** rheotaxis هو انجذاب نحو التيار .

والكائنات الحية توجه استجاباتها للانجذاب بعدة طرق وابسطها يكون بتكرار مقارنة شدة المنبه على كل من جانبي الجسم بالتمايل من جانب لآخر .وعلى سبيل المثال فالمستورقة تتبين نسبة قوة عصير الغذاء المنتشر بالماء بتماوج الجزء الامامي من جسمها بحركة تشبه حركة رقاص الساعة . وهنالك كائنات اخرى تستطيع تجنب هذه التجارب المتتالية بعمل مقارنات تلقائية للتنبيه على جانبي الجسم وذلك بواسطة زوج من الاعضاء الحسية . وقبل التحرك نحو الضوء فان الحشرة لابد وان تحصل على انجذاب ضوئي موجب

لتوازن استقبال الضوء بكلتي عينيها ، وعند تغطية احدى العينين فان الحشرة تدور بعيدا عن الجانب المغطى جاهدة لموازنة استقبالها للضوء .

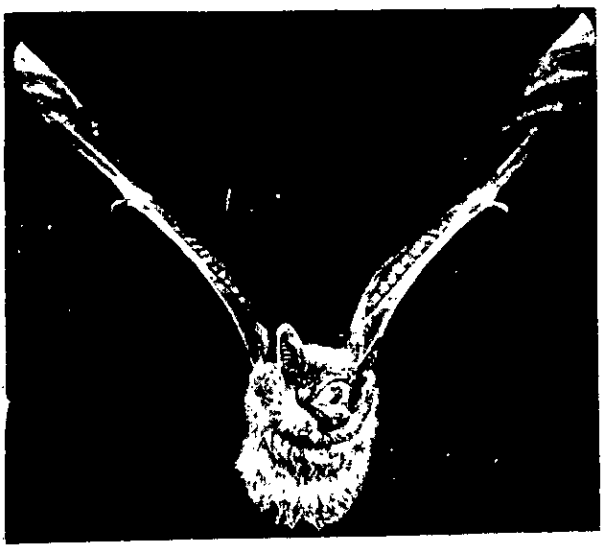
وهناك عوامل كثيرة تعدل او تعكس الاستجابة للانجذاب ؛ وفي حالات كثيرة فان منبها ذا شدة متدنية قد يثير انجذابا موجبا وبالعكس فان المنبه نفسه بشدة عالية قد ينتج عنه انجذابا سالبا . فالاميبا على سبيل المثال تتحرك بعيدا عن الضوء الشديد ؛ وتكون حركتها باتجاه الضوء الضعيف .

وبالحقيقة فان تعديل الاستجابة انما هو تأقلم . فذبابة الفاكهة عادة ذات انجذاب ضوئي موجب ، ولكن اكتشف البيولوجي **جان بول سكوت** John Paul Scott بتجارب على حشرات ذبابة الفاكهة حديثة الفقس انه عندما وضعت في انبوبة مظلمة ثم عرضت للضوء من جانب واحد للانبوبة فان الحشرات لا تزحف نحو الجانب المضيء ، ولكن تبقى حيث هي وقد تتجول في مكانها وعندما اجريت هذه التجربة ثانية فان الحشرات زحفت باتجاه الضوء ، وان اعادة التجارب يثير كلا النوعين من الاستجابات وليس لدينا تفسير واضح لاي منهما وقد لاحظ سكوت ان الاستجابة الموجبة تحصل في اوقات مرور المركبات الثقيلة عندما تهز البناية والانابيب ، وبتجارب اخرى جمع بين الضوء والاهتزاز، فادى ذلك الى استجابات موجبة باستمرار . ففي الاحوال الطبيعية فان متابعة الضوء يمكن أن ترهق الحشرات ، ولكن عندما تقوم بجمع الغذاء من الاماكن المظلمة مثل علب النفايات او الجذور المتعفنة فان طيرانها باتجاه الضوء استجابة الى هزة او رجة في البيئة يزيد في امكانية فرص **الهروب** من خطر مفاجيء .

وهناك شكل آخر معقد من الانجذاب الضوئي هو **رد الفعل المتجه** compass reaction ، وهو أن يوجه الكائن نفسه بزاوية مع مصدر التنبيه بدلا من الاتجاه نحوه أو بعيدا عنه ، فالنمل بوجه خاص عندما يعود بالغذاء فانه يحدد طريق العودة الى بيته بالاحتفاظ بطريق ذات زاوية ثابتة مع الشمس . والنحل ، والعنكبوت ، والقشريات ، والسمك ، ومعظم الطيور ، تستعمل الشمس كبوصلة للسفر عبر مسافات طويلة غير مميزة لها من قبل .

السونار Sonar
او اكتشاف الاجسام عن طريق الاصوات :

هناك طريقة اخرى تستعمل بالملاحة وتستلزم شكلا معقدا من التوجيه بواسطة السونار ، الذي هو اصدار امواج صوتية وفوق صوتية والاستماع

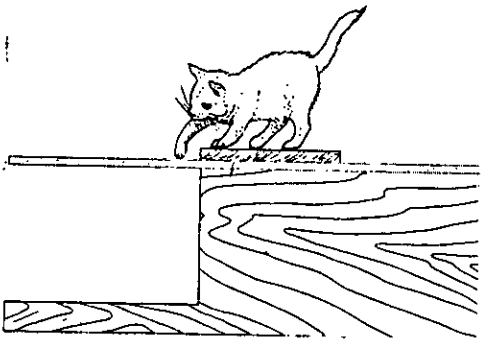


الشكل (٢٥ ــ ٥) : خفاش السيروتاين serotine عنـــد الطيران يصدر صيحات متكررة لتلقي الاصداء من الاجســـام التي تعترض طريقه .

الى صدى اصطدامها بالاجسام . ومعظم الحيوانات التي تصطاد ليلا لها بصر حاد ولكن الخفاش لا يمتلك ذلك البصر . وعوضا عن ذلك فالخفاش يصـــدر صرخات فوق صوتية متتابعة تنعكس اصداؤها عن الاجسام التي في طريقه ، ان اجهزة التقاط الاصداء تمكن الخفاش من الملاحقة بالتقاط هذه الاصداء كما تفعل الغواصات اذ تتجنب الاصطدام بالاشياء عن طريق السونار . والخفافيش كذلك تتحرى غذاؤها بهذه الوسيلة اذ ان اصواتها تنعكس عن اجسام الفراشـــات الطائرة . والشيء المثير للاعجاب أن هذا أدى الى نوع من الانتخاب على العث جعله يطور ما يمكنه من التقاط صيحات الخفاش (الفوق صوتيه)على جسمـــه مزودة اياه بمنبهات على وجود الخفاش في طريقه .

ادراك العمق : Depth perception

يعتبر بعض البيولوجين الاحساس بالعمق شكلا من أشكال التوجيه ، وقد دلت التجارب على وجود هذا النوع من التوجيه المرئي عند انواع من الفقاريات في اللحظة التي تصبح فيها قادرة على الحركة المستقلة ، وقد تبين ان القدرة على ادراك العمق شعور مرئي ، وليس شعورا حسيا . وذلك بتجارب علـــى **المنحدر البصري** visual cliff وهو لوح ثبت على سطح زجاجي شفاف وتحـــت



الشكل (٢٥ ــ ٦) : المنحدر البصري بمقطع عرضي .

الزجاج من احد جوانب اللوح كان هناك منخفض من عدة اقدام وعلى الجانب الآخر منخفض من بضعة انشات . وقد ظهر ان الاستجابات للنهاية العميقة شديدة الارتباط باهمية الرؤيا في استمرارية النوع ، فالدجاج والماعز اللذان يبدءان بتغذية انفسهما بعد الولادة مباشرة يتفاعلان مع العمق فورا فقد توقفت على لوح الزجاج حينما وضعت على الجانب العميق ولم يطمئنها التاكيد من خلال التجارب على صلابة الزجاج تحتها . والقط والجمل وطفل الانسان يتفاعل بنفس الطريقة حينما يصبح في سن يمكنه من ان يقف او يزحف وهذه كلها حيوانات تعتمد كثيرا على الرؤيا للبحث عن الغذاء ولتجنب مفترسيها والجرذان التي تتغذى ليلا بطريقة المستقبلات الحسية على **شواربها** whiskers القصيرة لم تظهر اي خوف من كلا النهايتين الى ان خفض الزجاج بحيث لم تستطع تحسسه بشواربها . وعندئذ فان التحسس البصري اصبح فعالا عن طريق الرؤيا فتتجنب الجرذان المنحدر البصري .

الهجرة والعودة : Homing and migration

تظهر التعقيدات المتداخلة لانماط التوجيه لدى الطيور المهاجرة وغالبا ما يكون سلوك الهجرة والعودة قد بني على المعرفة السابقة بالمنطقة التي هي الوطن . وكثير من الحيوانات تتآلف مع منطقة معينة في بداية حياتها ، وفي حالة الطيور فان بناء العش يسبب جاذبية الى منطقة بذاتها ؛ وبعضها يرجع الى نفس المكان كل عام . وهذا النوع من الجاذبية يعني انه من الضروري ان

تكون الطيور قادرة على اتخاذ طريقها الى وطنها اذا هي غادرته . وجميع الطيور لها نظر حاد وهي بدون شك تعتمد على علامات في الطريق كما يفعل الانسان . والانسان يستطيع أن يرى لمسافة مائة ميل ، على ارتفاع الطير . وللطير مقدرة على التقاط التفصيلات على ذلك الارتفاع مرتين او ثلاث مرات اكثر من الانسان . ومعظم الطيور لها أرض خاصة للغذاء أو الصيد وهي تكون ارضا مألوفة لها ، تمتد على مساحة من خمسة أو ستة أميال لمثل طائر **القرقف الصغير** titmice الى عدة مئات من الأميال المربعة للطائر المفترس فاذا اطلق سراح طير خارج ارضه فان الاحتمال لعودته الى عشه اقل مما لو اطلق سراحه ضمن حدوده .

وجميع الطيور المهاجرة تعتمد على الرياح والظروف الجوية . وغالبا ما تنتظر صفاء الجو قبل هجرتها ، **ودجاجة الارض الاوروبية** European woodcocks تنتظر الرياح الجنوبية الغربية التي تهب من مناطق ذات ضغط منخفض غرب بريطانيا ، فتطير منها الى هنغاريا ، **والزرزور** starlings يترك الجزء الشمالي الشرقي من الولايات المتحدة ، ويمضي في منعطف واسع الى برمودا ليستطيع اللحاق بالرياح التجارية الى جنوب امريكا . ومن الواضح ان الانخفاض في درجة الحرارة وقصر ساعات النهار ينبه مهاجرات الخريف الى ان الوقت قد حان للمضي نحو الجنوب .

ان الامر يتضمن اكثر مما تقدم ، وقد كان أول عالم يخامره شعور بان هجرة الطيور قدتتبع الشمس هوعالم الطيور **جوستاف كرامر** Gustav Kramer ، فقد اسكن طيور الزرزور في مخبأ له شبابيك وليس عليه اي علامات سواها ،ثم غير زاويته الظاهرية للشمس بواسطة مرايا خارج الشبابيك . ففي وقتهجرة الربيع ، لاحظ ان الطيور تتحرك بالاتجاه الذي ظنته الجنوب الغربي ، وقد كان يختلف عن الحقيقة حسب زاوية الشمس التي غيرتها المرايا وعندما حجبت السماء فان الطيور لم تتوجه بأي اتجاه .

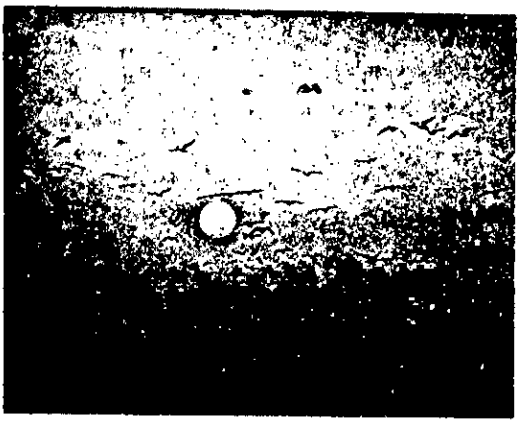
ومن الصعب عادة معرفة ما تعتمد عليه الطيور في هجرتها لانه من الصعب اللحاق بها . ولكن لوحظ سلوك مشابه لذلك لدى طيور **البطريق** penguins ، وطيور البطريق لاتطير ولكن تسبح في منطقة القطب الجنوبي البيضاء الواسعة التي تخلو من اية علامات مرئية كما يخلو البحر . اضف الى ذلكان الجليد يحفظ اثار الأقدام ، ومع ذلك فقد أطلق سراح طائر البطريق على بعد عدة مئات أميال من شواطئه فكان على الدوام يتجه نحو البحر وعندما تحتجب الشمس

كان يتجه بخطوط مستقيمة ، أما الاجواء الغائمة فان كان يمضي بدون هدف .

الساعة البيولوجيـــة : Biological clocks

ان استعمال الشمس كدليل ملاحي يستوجب على الطيور كأي قبطـان سفينة أن تكون لديها ساعة جيدة وكذلك آلة سدس جيدة. فطائر البطريق لا يقدر فقط أن يتكيف مع حركة الشمس خلال السماء في أوقات مختلفة من النهار ولكن له القدرة على اعادة ضبط ساعته طبقا للوقت المحلي . فطيور البطريـــق التي جلبت الى **رأس كروزير** Cape Crozier من مناطق أخرى في القطب الجنوبي على سبيل المثال اتجهت في البداية نحو البحر من جانبها السابق من القـــارة ماضية في رحلة اطول ، ولكن بعد ان قضت في المنطقة فترة عدلت وقتها تبعـا لموقع الشمس المحلي ومن ثم اخذت تتبع نفس الخط كالطيور المحلية .

ان هذه القابلية للاحساس بالوقت هي مثال على التوجيه الزماني المرتبط **بالاتزان البيولوجي** biological rhythm اي التغيرات في عمليات الأرض حسـب تغيرات الفترات البيئية . فمثل النبات كثير من الحيوانات تستجيب للتغيرات الفصلية كالتغير النسبي في طول النهار ، والليل . فالحيوانات التي تغير لـون ريشها وفرائها للتمويه حسب الفصول ، والطيور التي تذهب جنوبا عندمـــا



الشكل (٢٥ ــ ٧) : مهاجرة الليل ــ بينَ بعـض الطيور ومنها المدخلة warblers, **والسمنـــة** thrushes **والدرسة** buntings **والاوز** geese **ويظهر أن الاتجاه يتم حسب مواقع القمر والنجوم . وهنا سرب مـــن الاوز الثلجي يطير اثناء ظهور القمر بدرا .**

يقصر النهار ،والكائنات المتعددة التي تنظم دورة انتاجها تبعا للتغيرات الفصلية ؛ كل هذه تظهر ما يسمى بالتوازن البيولوجي . وهو ذو علاقة بالفترة الضوئية. وفي بعض الاحياء مثل ذبابة الفاكهة (الدروسوفلا) فان هذا التوازن يبقى الى مالا نهاية تحت الظروف المصطنعة كالظلام المستمر . واذا كانت في البداية قد تأسست في ظروف طبيعية . والحيوانات الراقية وخاصة الفقارية فيها تظهر قدرتها على التكيف وتتغير بمرور الوقت .

المجال المغناطيسي : Magnetic field

يشكل الحمام الزاجل موضوعا جذابا لاختبار نظريات ملاحة الطيور ويظهر كثيرا من انماط السلوك المعقد.وفي كل مرة يكتشف البيولوجيون جزءا من الحل. قبل **ويليم كيتون** William Keeton من جامعة كورنل بنظرية الملاحة الجوية باستخدام الشمس بمثابة بوصلة الا انه لاحظ بان العصافير اذا تعودت ان تطير في سماء غائمة فانها تصبح اكثر اتقانا لطيرانها . وحتى يستبعد امكانية اتباع الطيور لعلامات ارضية محددة فقد هيأ لها عدسات لاصقة **مصنفرة** frosted (غير شفافه) فجعلها غير قادرة على تمييز اي شكل ولكن دون ان تكون عمياء . ومع أن معدل نجاح الطيور قد انخفض بصورة كبيرة فقد ظهر له أن جميعها قد سارت باتجاه الطريق الصحيح وجميعها قد نزلت على ارض لا تبعد اكثر من ميل واحد عن منزلها . فقال لعل الطيور تلتقط اشارات بسيطة من حقل الارض المغناطيسي ولذا البسها قطعا صغيرة من المغناطيس وأطلقها في يوم مغطى بغيوم كثيفة ، ظانا بأن المغناطيس مع العدسات ستضلل الطيور كلية وهذا ما حصل.ثم انه بتغيير استقبال الطائر للحقل المغناطيسي وذلك عن طريق لفات مغناطيسية تعكس اتجاه الشمال والجنوب جعل الطيور تطير بعكس الاتجاه تماما . وقد أوضحت هذه التجربة السبب في ان استعمال المغناطيس في البداية مع الرؤية الطبيعية للطائر لم يخرجه عن طريقه . فالسبب هو ان الطيور قد استخدمت الشمس كبوصلة بالايام الصافية والحدود المرئية وفي الايام الغائمة . وفي الحقيقة فان الطيور تستخدم شتى المعلومات الممكنة ، ففي تجارب حديثة في بيزا في ايطاليا ثبت ان توجيهها يتم عن طريق الشم ، وعندما يبطل مفعول جهاز اشارات ما ، فان الطيور تحوله الى جهاز آخر بسهولة .

سلوك التعلم

Learning behavior

مصطلح « التوجيه » orientation يعني بالحقيقة الاستجابة التي هي الى حد بعيد فطرية ولكن من الواضح انه كلما تعقد الكائن يزداد تأثير الخبرة في اثارة هذه الاستجابات حتى وفي تعديلها . وعملية تعديل السلوك نتيجة للخبرة في البيئة تسمى تعلما .

هذا وقد لاحظنا أن تنبيه افراز حليب الحوصلة في الحمام المطوق وفي الحقيقة جميع انماط الانتاج أمر مسيطر عليه هرمونيا ، أو داخليا ، رغم ذلك فهو يعتمد على عوامل خارجية في البيئة لتوقيته . الا أن هذه الاستجابة الموجهة عن طريق الهرمون ليست تماما مثل الاستجابة بطريق التعلم بالخبرة . ان زيادة مقدرة الصغار على التغذية بالتعلم يمكن أن تعتبر مثالا على الحالة الثانية .

وان ابسط أنواع التعلم يعرف **بالتعود** habituation وهو تقلص الاستجابة لمنبه خاص محدد من جراء تكرار هذا المنبه . فعلى سبيل المثال فان **القوقعة الزجاجة** *Helix albolabris* تستجيب زوائدها الى اي صدمة او رجة . فاذا حصلت الصدمة باستمرار بنفس الشدة فان استجابة سحب الزوائد تقل تدريجيا وتتوقف في النهاية . ويحصل التعود في جميع المستويات بما في ذلك البروتوزوا . وهو اكثر بقاءا من تعب العضلات او تغير حساسية المستقبلات . ومع ذلك فان طول مدة التغير هو عادة محدود ، فان رجة في اليوم التالي قد تجعل القوقعة تسحب زوائدها .

ولا جدوى من محاولة تحوير السلوك تحويرا دائما في المستويات السفلي وقد تبين ذلك من جهد باحث حاول ان يكيف الاستجابة الشرطية للبراميسيوم، وذلك باجبارها على الالتواء والدوران خلال انابيب معقدة . فقد وجد ان تكرار الدوران وسرعته قد زادتا . ثم وجد ان عملية التدريب قد جعلت جلد الكائن انعم ، وان الحيوان قد اصبح أكثر مرونة ولذا يستطيع الدوران في الزوايا بسهولة اكثر . ولكن حتى يأخذ التعلم مجراه يلزم أن يدوم تأثير تعليم البيئة ، وان يندمج مع تطور السلوك ولذا فان وجود جهاز عصبي مركزي يظهر وكانه شرط او متطلب اساسي .

التعلم بالربط : Learning by association

الربط هو واحد من أحسن ماعرف من فئات التعلم ويعتمد على المقدرة على الاستجابة لاثارة ما . فاذا اعطى منبه مختلف أو ثانوي مرات متكررة مع تلك الاشارة ، فان الحيوان يتعلم ان يربط كلا المنبهين الواحد مع الآخر . فاذا أعطى المنبه الثانوي لوحده فسوف تنتج تلك الاستجابة ويعطي المنبه الثانوي عادة قبل المنبه الاول . وهكذا فان انقباض الديدان المفلطحة الذي ينتج عادة من صدمه كهربائية يمكن اثارته بشعاع من الضوء بعد ان تعرض الدودة من ٥٠ ــ ١٠٠ تجربة الى صدمة مسبوقة حالا بشعاع من الضوء .

وهذا هو النوع من استجابة التعلم الذي درسه بتفصيل عالم السلوك الروسي **بافلوف** Ivan Pavlov بتجاربه على سلوك التغذية عند الكلاب . فقد كرر قرع جرس قبل تقديم الطعام (اللحم) للكلب عدة مرات . ثم قام بافلوف بقرع الجرس دون تقديم اللحم فبدأ الكلب يسيل لعابه حال سماعة قرع الجرس مع ان اللحم لم يقدم ، مشيرا الى ارتباط صوت الجرس مع الغذاء .

التعلم بالتمييز : Learning by discrimination

لقد اكتشف بافلوف ان قرع الجرس مهما يختلف من حيث الدرجة والنغم فانه يؤدي نفس الاستجابة ولكن اذا غذي الكلب بعد قرع نوع محدد من الاجراس دون غيره فان الكلب سريعا ما تتوقف استجابته لاي صوت غير ذلك الذي اتبع بالغذاء . وهذا النوع من السلوك يدعى بالتمييز . ويحتاج هذا الى مقدرتين الاولى وهي المقدرة على تعميم جميع انواع المنبهات ، والثانية هي المقدرة على التمييز ما بين الانواع المختلفة .

التعلم بالتجربة والخطأ : Learning by trial and error

ان التجارب التي ابتكرها **سكنر** B. F. Skinner من جامعة هارفارد اثبتت تأثير ترابط المنبهات سواء في الحالات الارادية أو اللا ارادية من السلوك اتجاه

التغذية . فقد استعمل سكنر صندوقا صار يسمى صندوق سكنر يقدم فيـــه الغذاء عن طريق رافعة وشق صغير ضيق يخرج منه الغذاء فتعلم الجرذ الجائع أن يربط استقبال الطعام بضغط الرافعة . وهذا التزامل يختلف عما فعله الكلب بتجربة بافلوف،اذ انه يحوي تزاملا لاستجابة مع حادثة لاحقة ، بدلا من استجابة مع حادث سابق ، وهكذا يصبح وسيلة للتعلم بالتجربة وبالخطأ .

والعملية التي بها تتعلم الحشرة شبكة من الممرات المعقدة اصعـــــب . فالنملة التي خلال منعطفات تكثر فيها اشكال U و T تتعلم ان تجد اقصـــر الطرق التي تؤدي الى صندوق الغذاء من خلال عمليات متتابعة مكونة من ثلاث مراحل ، اولا : تعرض النملة حركات كثيرة عصبية نشطة ، ثم يتناقص هذا مع التكرار ، ولكن بدون اي تحسن في تجنب الطرق المسدودة او اتباع طرق مختصرة. وبالتدريج فان النمل يقلل من دخول الممرات المسدودة ، ثم هي اخيرا تتخلـــص منها نهائيا . وتجري خلال الممرات المعقدة بسرعة وسهولة . فمن الواضح ان التعلم قد اخذ مجراه بعمليات فردية متتابعة من حل للمشاكل مرة بعد مرة كلما جابهت النملة قضية اختيار بين اتجاهات متعددة .

وبمثل هذه الممرات المعقدة ، فان الجرذان تتعلم الطرق الصحيحة باغلاط اقل ودورات اقل من الحشرات ، وهي تقلل السير في الطريق المسدود بتدرج اقل كثيرا . وقد اجريت تغييرات متتالية على الطريق المعقد فظهر ان الجرذان قادرة على تغيير سلوكها بسرعة استجابة الى الظروف المستجدة وقادرة علـــى الاستفادة من خبراتها السابقة في حين أن النمل كان يواجه كل طريق جديدة كأنها مشكلة جديدة وواضح ان التعلم من خلال هذا النوع من التجربة والخطـــأ يمكن عندما يكون الكائن قادرا على اتباع اوجه من السلوك مختلفة وكافية منـــذ البدء . وكلما زادت الاختلافات تزيد القدرة على تحوير السلوك حسب الخبرات السابقة . فعندما تصيد الحيوانات لتأكل تحت الظروف الطبيعية فان فريستها تكون دائما غير مؤكدة وغير مطردة ، وهكذا فان قدرتها على التعلم من اخطـــاء الماضي تمكنها من تجنب اضاعة طاقتها وتمثل تعديـــلا لسلوكها وتكيفـــــا مع الظروف .

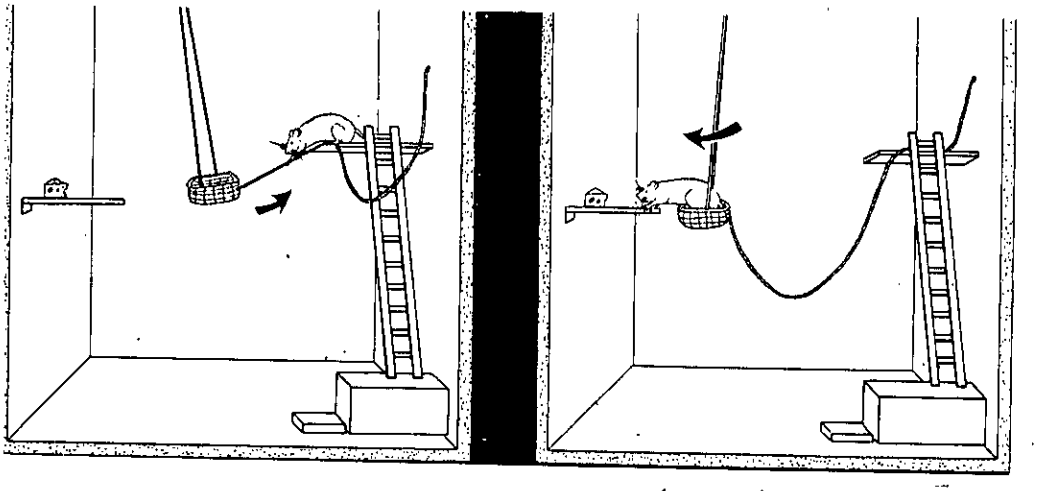
سلـــوك حـــل المشاكـــل : Problem-solving behavior

هناك نوع من التعلم اكثر تعقيدا من طريقة التجربة والخطأ البسيطة ، وهو المقدرة على حل المشاكل ، فقد لاحظ العالم السيكولوجي الالماني ، **ولفجانج كوهلر** Wolfgang Koehler في دراسة سلوك الشمبانزي انها تتفهم المشكلة اولا ثم تباشر بحلها فورا . فقد وضع كوهلر بعض الموز عاليا ، بعيدا عن متناول ايديها ، في اقفاصها التي بعثر فيها بعض الصناديق . فعند فحص المشكلة . فان الشمبانزي بدون أي تجربة بديلة للوصول ، كدس الصناديق بعضها فوق بعض وتسلق عليها للوصول الى الفاكهة ، ثم هي قد خططت لعمل اكثر تعقيدا، فقد جمعت عدة اعمدة قصيرة معا ، كانت موضوعة في اقفاصها ثم استعملتها لتقرب اليها حبات موز كانت على الارض خارج القفص ، وكلا العملين قد تما بسرعة كبيرة .

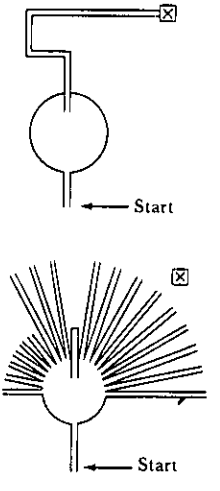
هذا النوع من سلوك حل المشكلة يحوي القدرة على رؤية كل من المشكلة وحلها وهكذا فهي توفر الوقت والجهد في محاولات باطلة . والدماغ ضروري لمثل هذه المدارك ولكن هذه المقدرة ليست محصورة في الادمغة المعقدة نسبيا مثل ادمغة **القردة العليا** anthropoid apes والانسان . فقد أوضح **لوسنج تسي** Loh Seng Tsai بجامعة تولين ، ان الجرذان البيضاء ذات التربية الخاصة يمكن أن تدرب لحل مشاكل مثل ما هو موضح بالشكل (٢٥ ــ ٨) . وان التدقيق بمظاهر السلوك لدى الجرذان البيضاء الخاصة، يظهر انها تذهب ابعد من مرحلة التجربة والخطأ . فقد لاحظ **ادوارد تولمان** Edward Tolman ان الجرذان اذا وضعت في بيئة جديدة فانها تكتشفها حالا . وكذلك فانها استجابة الى أي تغير بالبيئة تستقصي التغيرات حالا مهما يقتضي ذلك من اعمال والأطرف انها تقدر على ادراك العلاقات المكانية . فاذا علمت ان تهبط خلال مجموعة من المنعطفات للوصول الى الهدف فانها تحدد مكان الهدف مهما تغيرت الطريق اليه . وعند تغيير الطريق ووجود عدة اتجاهات ممكنة فان الجرذان لا تسير بالاتجاهات المختلفة بل تذهب الى الهدف راسا كما هو في الشكل (٩ ــ ٢٥) .

ان هذا النوع من السلوك له علاقة وطيدة بالذاكرة كما لاحظنا في الفصل

الخاص ببيولوجية الأعصاب ، ويقع تحت سيطرة **الهيبوثلامس** hypothalamus وليست جميع الحيوانات قادرة على حل المشاكل بهذه الطريقة . حتى ولا تلك التي وصلت الى درجة عالية بالتسلسل التطوري مثل **الراكون** raccoon . وانه من الغباء أن نجزم من ذلك بأن بعض الحيوانات اكثر ذكاء من البعض الاخر . وان المقدرة على السلوك تعتمد على اهمية هذه المقدرة في بقاء النـــــوع .



الشكل (٢٥ ــ ٨) : يواجه الجرذ الابيض مشكلة الحصول على الجبنة من رف عال فوقه . فيتسلق الجرذ السلم الى الرف على الحائط المقابل حيث يجد حبلا مربوطا الى سلـة متدلية بين الرفين فيسحب السلة اليه بشد الحبل ، ثم يتسلق الجرذ اليها ، ويزرجحها باتجاه قطعة الجبنـة .



الشكل (٢٥ ــ ٩) تجربة تول مـان Tolman's . في الدهاليز المعقدة في كـــلا النوعين من الدهاليز يصل الجرذ الى هدفـه عند النقطة المحددة بالحرف (x) .

فالحيوانات التي اعتادت العيش بالجحور مثل الدودة الارضية ، لاتحتاج لأن تسير على سطح افقي أو أن تلف الزوايا لتجد غذاءها او لتتجنب مفترسيها . فمن المنتظر ان تفشل في الممرات المعقدة ، وكذلك الأغنام التي تعيش على أرض مختلفة كليا عن أرض الجرذان . والقطط لا تستطيع انجاز اعمال يدوية ، والسبب هو ان مخالبها غير معدة للقيام بذلك ، ثم انها تعيش بفاعلية تامة دون الحاجة الى هذا النوع من العمل .

الانطباع : Imprinting

جميع هذه الانواع من التعلم يمكن ان تأخذ مجراها والحيوان في عزلة ولكن يبقى نوع واحد من تعلم السلوك لا بد أن يجري والحيوان في مجموعة . وقد أطلقنا على هذا النوع من السلوك في مكان آخر اسم **البيئة المثالية للنوع** species-typical environment وهذا التعلم ضرب خاص من تمييز النوع يدعى **بالانطباع** imprinting . وقد أطلق عليه هذا الاسم لانه مثل صورة للاب منطبعة على دماغ الابن . فبعد الفقس مباشرة تجد فرخ الاوز أو البط يتهادى نحو اول شيء يراه يتحرك وهو عادة الام ، فيشاهد سلوكها ويتعلم ما يفعل ويبدا الانطباع عادة لحظة الولادة أو الفقس ، وفي البط يبدأ بعد سويعات من الفقس ، ويستمر لفترة بسيطة لا تطول عادة اكثر من يومين . وان الصورة التي تنطبع للنوع خلال هذه الفترة الحرجة تبقى ثابتة في العادة . فقد لاحظ أول دارس لهذه الظاهرة وهو كونارد لورينز ، انه خلال هذه الفترة اذا وضع بديل للابوين فان الطائر الصغير يتبعه عوضا عن ابويه الاصليين ، أو عن اي فرد آخر من نوعه ، بل ان هذا البديل يؤثر عادة على



الشكل (٢٥ ــ ١٠) : يؤدي الانطباع عملا اساسيا كواسطة للتمييز ــ وفي هذه الحالة ليس عند الصغار ولكن عند الامهباشرة بعد الولادة تقوم الانثى بحك انفها بصغارها ، طابعة رائحتها الخاصة وصوتها وبعد ذلك قد تبحث بين الف من المواليد الحديثة ، فتسمع لصراخها ثم تكمل التعرف على صغارها بواسطة حك انفها .

مستوى ومستقبل الحيوان عند اختيار الزوجة ، حتى ولو كان هذا البديل من نوع غير ملائم مثل كلب ، او انسان ، أو حتى شيء لا حياة فيه . فكل ما هو ضروري هو ان الشيء البديل يتحرك ويصدر صوتا ،وان هذا النوع من السلوك يشكل اساس الاختيار عند التزاوج لدى الاوز الكندي الذي تحدثنا عنه في الفصل الثالث والعشرين.

السلوك الاجتماعي : Social behavior

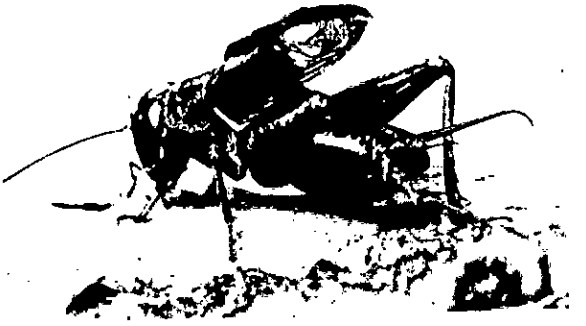
ان السلوك الاجتماعي في أي مجتمع يتضمن كلا من المنافسة والتعاون . وكلاهما يحتاج الى القدرة على الاتصال بالآخرين ، ومع ان جوانب من سلوك المنافسة تمثل تأقلما ، وسوف يشار اليها في هذا الفصل ، فان وظيفة سلوك المنافسة في المجتمع ستدرس بتفصيل اكثر من حيث علاقتها بالرقابة على المجتمع وذلك في الفصل الثامن والعشرين . وفي هذا الفصل سنركز على احدى نتائج المنافسة وهي التعاون . فالتعاون مابين افراد المجموعة الواحدة ينتج عنه القدرة المتزايدة للمجموعة على المنافسة مع مجموعات اخرى . فمع المقدرة على المشاركة بالخبرة ، فان عملية تأقلم الفرد وبالتالي المجتمع تتسارع وتتسع وكلما تخصص افراد المجتمع من حيث السلوك . فانجز بعض منهم عملا وانجز آخرون عملا آخر ، فان كل مجموعة متخصصة تزيد من نشاطها في اتجاه واحد ولكنها تبقى جزءا من المجتمع وهكذا فان الرقعة المخصصة للتغذية يمكن ان تتسع وتحمى من العدو ، وان تزداد كفاءة الدفاع عنها وتنظمه . وفيما بين الحيوانات الراقية فان الانتاج الجنسي يصبح ممكنا . ولكن اهم من ذلك اتساع امكانية التعلم على اساس خبرة المجتمع كله وليس على اساس خبرة الفرد وحده .

وسائل الاتصال : Communication

حتى يتم التفاعل الاجتماعي ، لابد ان تتعلم الحيوانات من النوع الواحد كيف تميز ، وتتعارف على بعضها . ولذلك فان وسائل الاتصال الفعالة لابد ان تحوى القدرة على ارسال اشارات تعارف وكذلك استقبال هذه الاشارات

والاستجابة لها . ومن الطبيعي ، فوق هذا ، ان الاشارة او المنبهة تحمـــــل عادة طابعا خاصا بالمرسل ، فالحشرات تستقبل اشارة الدفء من اجسام الحيوانات الثديية الضخمة ، بما في ذلك الانسان ، ولكن لايعتبر هذا من وسائل الاتصـــــال .

ومع اننا نميل الى اعتبار الاتصال اللفظي الطريقة المتقدمة لنقل المعلومات، وذلك لسبب انها ادق طريقة ، فان انواع الاتصال الحيوانية كثيرة التنوع . وبعضها شديدة التعقيد ، وتضم جميع الاحاسيس .



الشكل (٢٥ ـ ١١) : انتاج صرار الليل cricket للصوت المألوف بالسقسقة وذلك بحك شعرتي المبرد معا على اخاديد الجنـــاح المرتفع .



الشكل (٢٥ ـ ١٢) : بعض الطيور تستطيع أن تعطي نوعين من اشارات الانذار بالخطر : فطائر النورس على سبيل المثال ، يحذر بصيحات منخفضة اذا شعر بخطر محتمل ، وبواسطة صيحات حادة متقطعة في حالة الخطر الجدي .

وسائل الاتصال الكيميائية

Chemical communication

هي مواد تنتجها افراد من المجتمع وتؤثر في السلوك الاجتماعي للمجموعة وتعرف هذه الكيماويات باسم الفرمونات pheromones . والفرمونات تنقل الرسائل من مسافة وتعمل كمنبه بعدة طرق ، من ضمنها جمع الغذاء . واما افراد النمل العاملات على سبيل المثال ، تجمع الغذاء منفردة ، ولكن اذا وجدت نملة قطعة غذاء لاتستطيع حملها منفردة لكبر حجمها فانها تترك القطعة وتعود الى العش ، تاركة مواد كيميائية على طريقها وذلك بلمس الارض بمقدمة بطنها على فترات منتظمة . فرائحة المادة تجذب عاملات نمل اخرى الى مصدر الغذاء . واذا وجد عدد من العاملات كمية من الغذاء فانها جميعها تفعل نفس الشيء وهكذا فانها تترك اثرا اوسع خلال عبورها وتبقى الرائحة لفترة قصيرة وهكذا فاذا استهلكت كمية الغذاء يكون الاثر المتروك قد تلاشى . وهذا مثال لجهاز متطور نجده لدى حيوانات اخرى ولكن على نحو ابسط . فان الذبابة اذا وقعت على مصدر غذاء لاول مرة على سبيل المثال فانها تلمس الغذاء برائحة خاصة تكشفه لحشرات اخرى على مسافات بعيدة .

وكثير من الحيوانات تستعمل اشارات كيميائية لنقل اشارات تنبيه وتحذير ، **ففي النمل غدة قرب الفم وقرب فتحة الشرج** تفرز مواد منبهة للخطر فتجعل اعدادا كبيرة من النمل تهرع للانقاذ ، وكذلك السمك يفرز كيماويات فعالة من جلده لنفس الغرض ، والروائح التي تنتجها غدد في حوافر الغزال تنشر الخوف بين سائر الغزلان . وتدفعها للهرب من الخطر .

وربما كان اوسع الاتصال الكيماوي انتشارا الجذب الجنسي ، وستعطى بعض الامثلة عند شرح سلوك المغازلة . وبما ان الاستجابة الكيماوية محتملة حتى في الكائنات البسيطة ، فاننا نجد الاتصال الكيميائي بجميع المستويات ، الا انه يصبح جهازا اضافيا عند الحيوانات القادرة على الاتصالات السمعية او البصرية .

الاتصال السمعي *Auditory communication* : ان الحيوانات قادرة على انتاج اصوات بطرق متعددة ، ولكنها تحتاج الى اعضاء سمعية لاستقبالها،

وهكذا فكلما تطور السمع لدى اي حيوان يتطور ميله بأن يعتمد على الصوت باتصالاته . وان الاشارات الصوتية اكثر قابلية للتغير من الاشارات الكيميائية فيمكن أن تتغير ، بالحجم ، والنمط ، والتكرار . وهي خلافا للاتصالات الكيميائية ، تستطيع ان تنقل الاحساس بالاتجاه وخاصة عند التكرار العالي . وفضلا عن ذلك فحينما ترسل الاشارة الكيميائية فانها تنتشر في المحيط الذي انبعثت فيه ، اما الاشارات الصوتية فيمكن أن تتوقف فجأة اذا لم يعد لها حاجة . ولأن الاصوات تنتج بالذبذبات ، فانها يمكن أن تحدث بطرق عدة . فاذا رغب العنكبوت بالتزاوج مع الانثى فانه يقترب منها في عشها وحتى يميز نفسه من أي فريسة تتوقعها وحتى يمكن قبوله كزوج فانه ينقر خيوط النسيج بايقاع مميز . وكثير من الحشرات تتصل بأصوات غير ملفوظة من نوع او آخر : **وزيز الحصاد** cicadas يعض غشاء الطبلة ، والفراش والبعوض تهز أجنحتها والخنفساء والنمل تضرب أجسامها باجسام صلبة .

وجميع الفقاريات لها القدرة على انتاج الاصوات حتى الاسماك . وعلى سبيل المثال فان **السمكة الكروية** Puffers تنتج صوت دقدقة كما يفعل بعض **الاسماك الأوروبية الصغيرة** minnows. التي تعيش بالمياه العذبة . اما الزواحف فان ذكر التمساح تزار لجذب زوجاتها وكذلك السحالي المعروفة **بأبوبريص** geckoes تصدر سقسقة عالية خلال الليل . والاكثر انتاجا للأصوات هي البرمائيات ، ومنها **ضفادع الصين** toads التي تصدر خشخشة وضفادع أخرى تنقنق وضفادع الشجر تصفر .

وفي الاتصال الجنسي يقوم الذكر عادة باصدار الاشارات وتستجيب الأنثى لها ولكن كلا الجنسين يصدران تحذيرات . وكثير من الثدييات ، بما في ذلك الظبي ، والذئب ، والشمبانزي ، تصدر اصوات تنبيهات تستدعي جميع افراد الجماعة من ذلك النوع ، وحيوانات أخرى ، كالجرذان وكثير من الطيور تستعمل اصوات التنبيهات لتحذير افراد أخرى بعيدة .

الاتصال البصري *Visual communication* لان العيون المتطورة ضرورية لأي اتصال بصري فعال ، فان **الارشادات البصرية** visual signals هي الاكثر انتشارا بين الحيوانات ذات المستوى العالي التنظيم ، لا سيما **المفصليات** arthropods **والفقاريات** vertebrates واشارات الالوان ، كالتي تعطيها **سمكة ابو شوكة** stickleback fish تصل الى اقصى حد من التنويع عند الطيور .

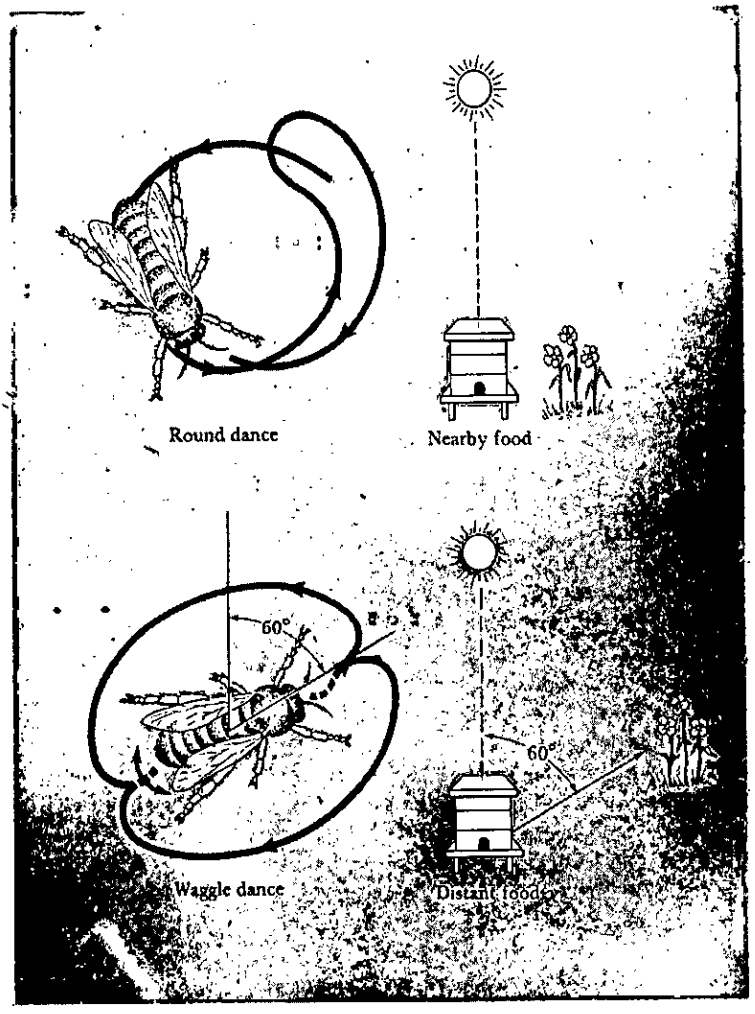
ففي معظم انواع الطيور ، فان الذكر يكون عادة ذا الوان براقة اكثر من الأنثى ، لان الذكر عادة لايبقى بالعش ليحمي الصغار بل هو عوضا عن ذلك يقف لبحذر الطيور الاخرى بعرض الوانه . وبعض الذكور تحتاج الى التمويه من أجل الحماية ففي هذه الحالات فان بقع الالوان تظهر في ظروف خاصة فقط . كما في سمكة ابو شوكة ، وكذلك طائر **ابوالحناء** robin فهو مموه تماما من اعلى ولا يبقى سوى معدته الحمراء يهدد بها الذكور من نوعه . وكلا التلوينين ، تلوين الحماية وتلوين التهديد يستلزم انماطا تناظرها من السلوك . فالايماءة الضرورية لاظهار اللون تزيد في التهديد . وعلى سبيل المثال فان السنحالي تقف على ارجلها الخلفية لتعرض الالوان السفلى لجسمها وهكذا فهي تهدد بالايماء وبالالوان .

وجميع الانواع لها هيئات محددة ومميزة وبعضها يستفيد من هذا الاتصال عن طريق الحركة . فان **طائر النورس** herring gull على سبيل المثال يحوم في دوائر واسعة حينما يكتشف مصدرا غنيا بالغذاء ليبين موقع الغذاء لبقية افراد مجتمعه .

رقص نحل العسل : The dance of the honeybee

في خلايا النحل نجد واحدا من الأمثلة شديدة التعقيد عن السلوك الاجتماعي فهو يحوي اتصالا كيميائيا ، وسمعيا ، ونظريا . فالجماعة تتعاون بالحصور على الغذاء حسب نظام محكم اذ أن العاملات تبحث عن الغذاء وتحدد مكان وجوده لسكان الخلية . ولقد شرح هذا النظام لاول مرة **كارل فون فريش** Karl von Frisch عام ١٩٤٦ فعندما تحدد العاملات منطقة غنية بحبوب اللقاح او الرحيق فانها اولا تتغذى وتلتقط منها الرائحة على جسمها وبعد ذلك ترجع الى الخلية حيث تصطدم بأفراد اخرى من النحل وهكذا تنشر الرائحة . واذا كان الغذاء عديم الرائحة فانها تودع فرمونات على المصدر لتعريف النحل عليه وبعد ذلك فان النحلة تقوم بواحدة من رقصتين ، اما الرقصة الدائرية او الرقصة الاهتزازية . وفي الرقص الدائري فان النحلة تدور بعكس عقارب الساعة ثم مع عقارب الساعة ، وهذا ينبه افرادا اخرى من النحل للبحث عن مصدر الغذاء في مكان قريب .

والرقصة الاهتزازية تتألف من قفزات على شكل 8 تندفع بها النحلة بقوة نحو مركز الدوران.وفي اثناء ذلك تهز النحلة بطنها . وفي كلتا درجتي الحركة ــ فكلما كان الرقص اسرع دل على ان موقع الغذاء اقرب ــ واما مدة الرقص ــ فكلما طالت كان موقع الغذاء ابعد فالنحلة تعلم عن البعد ، عن الخلية . واكثر من ذلك فانها تدل على اتجاه موضع الطعام بواسطة الخط الذي يشكله مركز النموذج 8 الذي تصنعه : وان زاوية الانحراف عن الخط الراسي تدل على الزاوية مع الشمس التي على افراد النحل الاخرى أن تطير



الشكل (٢٥ ــ ١٣) : رقص نحل العسل : بالاعلى الرقص الدائري ، وذلك دليل على ان موقع الغذاء قريب . وبالاسفل ، الرقص المتعرج على شكل (8) يدل على ان الموقع بعيد . والجري المستقيم مع هز البطن مبين بالخط المتقطع بمنتصف الشكل المتعرج .

بها . وفي الخارج حيث تكون الشمس مرئية فان النحلة تقدر على التحديد المباشر لاتجاه الغذاء ، ولكن حيث يتم الرقص داخل الخلية المظلمة فان زاوية بين خط الطيران المباشر والخط الراسي تدل على زاوية اتجاه الغذاء مع خط الشمس . فبالاضافة الى بوصلة التوجيه الشمسية ، فان الرقص يستخدم الساعة البيولوجية ، واذا كررت النحلة رقصاتها على فترات ، فلا بد أن تغير اتجاه الطيران تبعا لحركة الشمس عبر السماء .

والنحل قادر على توجيه نفسه بناء على موقع الشمس سواء في الايام الغائمة او في داخل خلاياه المظلمة ، ما دام هناك منفذ للسماء الزرقاء . وان عيونها المركبة تمكنها من ادراك كمية المستقطب من اشعة الشمس المعكوسة عن جزيئات الغبار والغاز بالجو ، وعيونها تختلف عن عيون الانسان في انها حساسة للأشعة فوق البنفسجية . فبتحديد مستوى الاستقطاب في أي جزء من السماء الزرقاء فانها تقدر على تحديد موقع الشمس في السماء .

السلوك الدفاعي : Defensive behavior

تستعمل الحيوانات جميع احاسيس الاتصال الثلاثة للتهديد او للتحذير ، سواء لافراد من انواع أخرى او من نفس النوع . وكثير من الحيوانات السامة او المؤذية تستخدم اشارات تحذير ، وبذلك تتجنب الصدام المنطوي على أذى الذي لابد من استعمال الدفاع الاولي فيه فافاعي الكوبرا تستفيد من تميز أجسامها فتفرد غطاء راسها كتحذير لاي منتهك لمنطقتها والعقرب يقف وقفات متقنة للتحذير بلدغاته المميتة . وهنالك حيوانات أخرى تستخدم الصوت للتحذير ، فان فحيح الافعى ذات الجرس (الرنانة) وطنين النمل ، وهرير الكلب ، أمثلة ثلاثة معروفة .

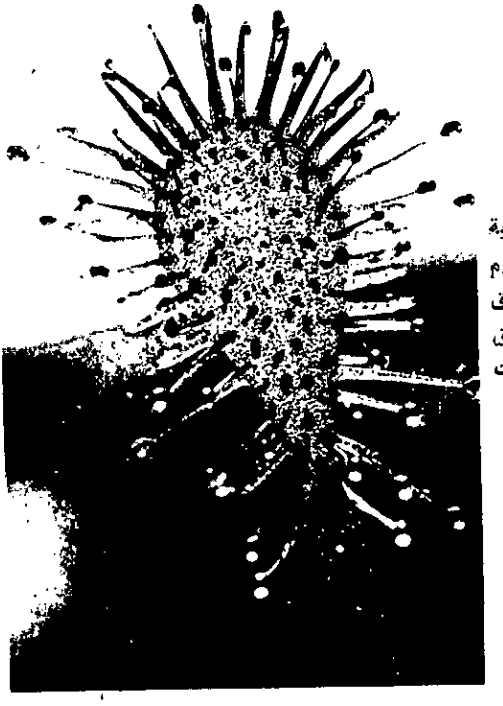
التذكر : *Mimicry* بعض الحيوانات الضعيفة التسلح قد استفادت من اشارات الخطر بتقليدها هذا النوع من التخفي به تقوم الحيوانات عديمة الضرر بتقليد مظهر واحد او اكثر من الانواع السامة او غير المستساغة ، وبذا تتجنب الافتراس ويعرف هذا النوع باسم **التخفي الباتيسي** Batesian mimicry نسبة الى العالم الطبيعي البريطاني **باتيس** H. W. Bates . **فالذبابة السراقة** robber التي تشكل طعاما شهيا للضفادع تتلون بحيث تشبه الزنبور

اللاسع ولها القدرة على تقليد طنين الزنبور لاستكمال التنكر ، فالضفادع التي لدغت مرة تتجنب هذه الحشرات . **والفراشة الامريكية** Viceroy butterflies هي وجبة مفضلة لعديد من الطيور ولكن لها انماط الوان مشابهة لحد كبيـــر **للفراشة الضخمة** monarch butterflies التي تجدها الطيور غير مستاغة ، وهذا يحميها من الطيور التي جربت النوع الآخير من الفراش .

ولكن عددا من الفراش المختلف ذات المذاق غير المستساغ تتشابه فهي في هذه الحالة تظهرما يسمى **بالتخفي المولري** Müllerian mimicry نسبة الـــى العالم الطبيعي الالماني **فريتز موار** Fritz Müller الذي وضعها لاول مرة ، وكلها



الشكل (٢٥ ــ ١٤) : تقوم بعض الحيوانات بالخدعة عن طريق اظهار بقع عينية ضخمة لتبدو كالحيوانات المفترسة كما يظهـر في الخنفساء المطقطقة click beetle .



الشكل (٢٥ ــ ١٥) : نبات الندية sundew يتغذى على الحشرات اذ يقوم بخداعها وذلك بافراز نقط تشبه الرحيـــق على أوراقه لصيد الحشرات اذ تأتيه فتعلـق بالافرازات وتبقى حتى تنحلل بواسطة الافرازات الهضمية .

من انواع استفادت بابعاد مفترس جرب طعم واحد منها فقط . والنحـــــل ، والزنابير جميعها لادغة ولكن نظرا لانها متشابهة من قريب او بعيد فان المفترس الذي يلدغ باي منها يعافها جميعا .

وقد لاحظ احد البيولوجين في فلوريدا حديثا بان اناث بعض انـــــواع **الحباحب** firefly لها القدرة على ما يظهر لانتاج اشارات ضوء تزاوجية لانواع اخرى وبهذا تجذب افراد اجنبية غير متوقعة . وعندما يأتي الذكر فان الانثـــى كالخطاف تقضي عليه . وهذا النوع من السلوك يعرف باسم **التنكر العدواني** aggressive mimicry . فالصقر ذو الذيل المخطط فوق التشابه الكبير بالشكل بينه وبين الديك الرومي المتوحش ، فانه يقلده ايضا في الطيران . وهذا يجعلـــه قادرا على الامساك بالقوارض الصغيرة وبعض الضحايا التي تحسبه من ذلك النوع المسالم الذي يعيش على لحم الجيف. ان تطوير انماط من سلوك الافتراس، بدلا من الدفاع قد يكون سببه انه يزيد كمية الغذاء المتاحة للنوع .

الدفاع عن الوطن *Territoriality* : هذا نوع آخر من انواع السلـــوك الدفاعي ، ويحدث بين افراد من نفس النوع : فقد طور كثير من الحيوانـــات اجهزة لتحديد مصادر الغذاء . ووجود اعداد كبيرة من المتغذين على مصـــدر واحد قد يؤدي الى مجاعة لجميع المتنافسين . ومن جانب آخر فالقتال حتى الموت من اجل الغذاء مهلك كذلك لكل من الفرد الخاسر والنوع على السواء . وهكذا فان القتال لدى انواع كثيرة اصبح رمزيا او شعائريا وقليلا ما يكون ضارا . وفي بعض الحالات فقد هبط الى عرض عدواني او انفعالي ، وكثيرا ما يحوي نفس الميكانيكية التي تحصل بين نوعين مختلفين . فالثعابين والعقارب علـــى سبيل المثال تهدد المعتديات على ارضها المحمية من نفس النوع وبنفس الاشارات السمعية والبصرية التي تستعملها لتهديد الاعداء . الا انها في هـــذه الحالـــة ليس غايتها التهديد بالسم الذي لديها ولكنها تدافع عن وجودها في ارضهـــا . والحيوانات الاقل حماية تكون عنيفة بعدوانيتها تجاه كل منازع في ـــ الغذاء ، او التزاوج او حتى حيز التنفس في حين انها حينما يجابهها عدو او مفتـــرس محتمل فانها تهرب او تختبيء . وكمثال فان كثيرا من السحالي تتوقف عن الحركة للتمويه الفعال حينما يواجهها عدو ، الا انها تدافع عن أرضها بضراوة ضد ايـــة سحلية من نوعها ، وذلك بتقويس ظهورها وتطويق الدخيل . ومن ثم مواجهتـــه رافعة جسمها عن الارض على ارجل متيبسة . واذا لم يذهب الدخيل بعيدا فان

المدافع عن أرضه يندفع نحوه وغالبا ما يعضه حتى ينطلق مسرعا .

وهناك طرق اتصال كثيرة تستعملها الحيوانات لاعادة ارضها المحميـــة وهي تختلف من حيوان لآخر . فالطيور غالبا ما تدل على أرضها بنداءات عالية، تكررها حين الضرورة ، وبعضها تقوم بعرض بشكل مرئي : فطائر النورســـس مثلا يقف عاليا ويطقطق بمنقاره والطيور ذات الاجنحة أو الذيول الملونة ترفرف بها بشدة . ولان كثيرا من الثدييات قد طورت حاسة الشم ، فغالبا ما تستخدم اشارات كيميائية لتحديد ارضها المخصصة لصيدها أو غذائها . فالأرانـــب،



الشكل (٢٥ ــ ١٦) : القتال الضاري بين سمكتين سياميتين للمحافظة علـى الارض المحمية ، حينما يقابل ذكرا كل منهما الاخـر على أرض محمية متنازع عليها ، فانهما يظهران بقما لونية ناصعة للتحذير ، ثم بعدهاينطلقان بسرعة وعدوانية احدهما نحو الاخر ، وغالبا ما يطبقان فكيهما ويناوران من اجل المكان .



الشكل (٢٥ ــ ١٧) : تترك الفهود رائحة خاصة في طريقها لتبين أين ذهبت من اجل الاصطياد ، فيتبع الفهود الجدد طريق البـول لمسافة قصيرة ثم تتشعب وتتفرق باتجاهـــات مختلفة لتجنب المنافسة .

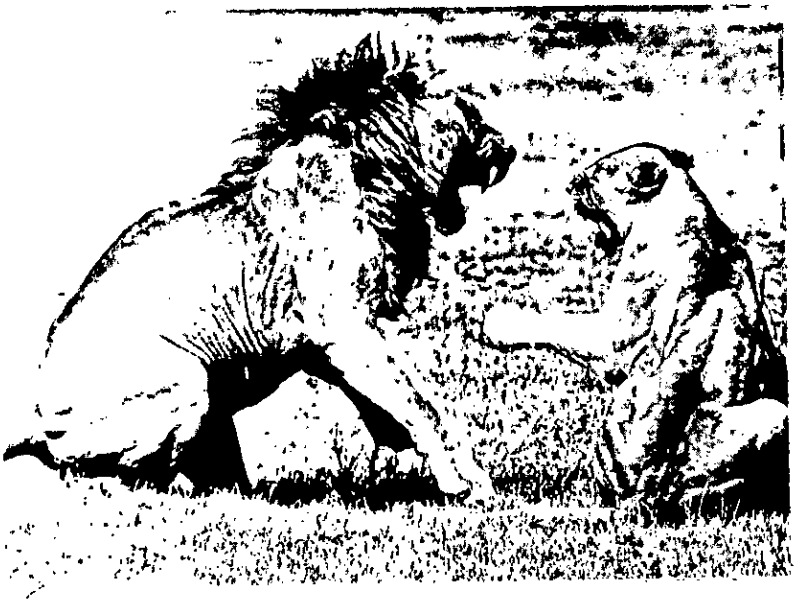
والثعالب wolves والكلاب ، والذئاب تترك كميات بسيطة من بولها على ابعاد منتظمة ، **ووحيد القرن** rhinos وفرس النهر ، تتركان اكواما من الـــروث لنفس الغرض . وهناك نموذج اكثر تعقيدا يصنعه **البايزون** bison في أشجاره حيث يحفر اخاديد بالشجرة بقرونه ، ثم يبول وهو يدور وبذلك يرشق البول على الشجرة وينقل الرائحة الى جذع الشجرة بمؤخرته .

وغالبا ما يدل عرض الدفاع عن الارض على عزم الحيوان على الدفاع عن عشه أو مكان توالده أو الاعلان عن عزمه على التزاوج.وهذا النوع من السلوك يوجد عادة عند الذكور ، ويخدم هدفين ـــ الأول هو انذار الذكور الاخرى عـــن عزمه على حماية ممتلكاته من اي دخيل ، والثاني هو دعوة الاناث للخطوبة . واحيانا تقوم الانثى بالدفاع عن اقليمها المعد لنسلها المستقبل . فانثى الضفدع الفنزويلي مثلا ، تذهب رأسا الى الدخيل وترفع رأسهالتعرضحنجرتها الصفراء اللامعة التي تنبض بها نبضات سريعة . وغالبا ما يتحدى الدخيل هذا النوع من السلوك ، فاذا لم ينصرف بعيدا فان الأنثى تنقض عليه . وقد طورت انواع كثيرة طرقا للدلالة على التخلي عن الادعاء . وسمكة ابو شوكة ، حينما توضع وهي تعرض قوتها في وعاء تحتله سمكة اخرى فانها فجأة تتوقف عن العرض وتفقد لون بطنها الاحمر . وعندمـــا يقتتل اثنـــان من **السلطعون الناسك** hermit crabs، فان الخاسر يقع على ظهره وهذا رمز نشاهده كذلك بالفقاريات.

وحينما يحصل القتال بين الحيوانات وغالبا ما يكون الغالب هو الحيوان الموجود فيارضه . وفائدة هذا واضحة ـــ فهي تؤمن الحماية للصغار وتضمـــن كميات كافية من الغذاء للافراد الاقوياء من النوع .

سلوك التناســـل : Reproductive behavior

ربما كان الدفاع عن الارض ابسط اشكال التعامل الاجتماعي ، لانه في احوال كثيرة لايتطلب سوى القدرة على الاتصال فقط . وحينما ينجح الحيوان في اتخاذ ارض له فانه يصبح جاهزا لسلوك تعاوني اكثر ـــ هو الانتاج . وفي حالات كثيرة فان عرض الدفاع عن الارض يخدم فعلا كمنبه في السلوك الخاص بالتناسل ، فانثى فقمة الفيل تجذب نحو الذكر وهو يدافع بعنف ، ويقـــوم الذكر مباشرة بعد الانتهاء من طرده الدخيل يقوم بامتطاء الانثى .



الشكل (٢٥ ــ ١٨) : قتال ؟ لا ، بل مغازلة ــ ((لعبة الحب)) loveplay هي جزء من طقوس مغازلة الاسود .

وفي حالات اخرى يكون عرض المغازلة وعرض الدفاع عن الارض متميزين بشكل أوضح ويعتمد ذلك على المنبه . وذكر **سمك القوبيون** goby يدافع عن أرضه التي قد تكون صدفة فارغة ، أو شقا أو حتى علبة مرطبات ــ بتدكين الوان جسمه وفتح فمه ثم النفخ بحنجرته . ولكن اذا كانت السمكة الدخلية انثى سمك القوبيون ، محملة بالبيض فان سلوك الدفاع يتغير بشكل جلي . فالانثى الحامل تفرز كيماويات تنشط سلوك المغازلة بالذكر : ويصبح لون الذكر فاتحاً وتسود ذقنه ويبدأ بالقفز حول الانثى بحركة مروحية من جسمه وذيله ، وتجثم في مكانها الى أن يدفعها على مايبدو نامات خافتة من الذكر وهو يرقص ، فتستجيب الانثى ومن ثم يتحركان الى العش الذي كان الذكر يدافع عنه ، حيث تضع الانثى بيضها .

المغازلة والزواج Courtship and mating : ان مظهر السلوك التناسلي اي جذب فرد بالغ من نفس النوع ومن الجنس المضاد والتزاوج معه ومظهر **السلوك الابوي** parental behavior الذي يساعد في بقاء الصغار منذ الولادة هما مظهران للسلوك التكاثري . والاول من هذين يحصل بالحيوانات التي تنتج سواء بالاخصاب الخارجي او بالاخصاب الداخلي ، اما المظهر الثاني

فأغلب ما يوجد حيث الاخصاب الداخلي .

ففي سمكة القوبيون مع ان الاشارات المرئية تدل مبدئيا على النوع الا ان الكيماويات التي تفرزها الانثى المحملة بالبيض تعمل كمنبه رئيسي للمباشرة بالسلوك الانتاجي . ويصدق هذا على معظم الحيوانات ففي الانواع الابسط فان المنبه الوحيد يكون كيمائيا ، وهكذا فمستقبلات الشم التي على طرف قـــرن الاستشعار لذكر خنافس الجعل تخدم لغرض التعريف بالذكر ولجذب الاناث ايضـــا .

وفي كثير من الثدييات يتعرف الزوجان احدهما على الآخر بالرائحـــة ، وكذلك بالنظر . وفي حالات كثيرة فان الانثى تدل على موسمها الجنسي الخصب او الدورة النزوية ، بأصدار رائحة قوية تجذب الذكر . وفي حالات قليلة يفرز الذكر الرائحة ، وان ذكر بعض الظباء يحدد مكان تواجده بفرك قرونه بالشجرة، مطلقا رائحة من غدد عطرية موجودة عند قاعدة القرن تعمل على تحذير الذكور الاخرى وتجتذب الاناث .

وتعتمد الثدييات ايضا على اللمس من أجل تزاوج ناجح كما يفعـــل الانسان . والارانب ، والحصان ، والبقر ، والغزلان وكذلك القطط يلحس بعضها بعضا او تحك انوفها وتفرك رقابها . والفيلة تشبك خراطيمها . وكل هـــذا يحتاج الى فترة طويلة من المؤانسة الاجتماعية : وفي الرئيسيات خاصة تكون الاثارة المتبادلة بين الام وصغارها وكذلك بين الاقران من المجموعة الواحدة ضرورية لتطوير سلوك جنسي طبيعي .

وبما ان الاعتماد على الانجذاب بواسطة الكيماويات يصبح اقـــل كلمـــا ارتقي مستوى الاحياء فانه يتكون **سلوك يعمل على اقامة روابط متقنـــــة** bond-forming behavior وهذا النوع من السلوك يساعد على بقاء النوع حيث انه يشكل روابط تعمل على بقاء الابوين معا طوال فترة التنشئة اللازمة للصغار. فعند وضع البيض في اماكن امينة فان معظم الحيوانات ذات الاخصاب الخارجي لاتبدي سلوكا ابويا الا قليلا ، والصغار التي تفقس حديثا عليها ان تتغـــذى بنفسها وان تحمي نفسها . أما تلك التي تنتج بطريقة الاخصاب الداخلي ، فانها تلد صغارا تحتاج الى عناية ابوية لبعض الوقت . فصغار الطيور ، على سبيل المثال ، تفقس قبل ان تكون قادرة على الطيران بمدة طويلة ولذا فهي بحاجة الى من يزودها بالطعام والملجأ . وغالبا ما يقوم الابوان بعملية احتضان البيض





الشكل (٢٥ ــ ١٩) : السلوك الابوي . الاتصال الجسمي بين الام والطفـــــل الصغير يشكل جزءا مهما من السلوك الابوي بين الحيوانات الراقية ، ومن ضمنها الضباع hyenas وبالاسفل انثى الفيل تغذي صغيرها .

والتزويد بالطعام ، كما رأينا في **الحمام المطوق** ring dove . وفي حالات اخرى فان هذه الأعمال تقسم فيما بينهما . وفي بعض الاحيان يقوم الذكر بحماية البيض بينما تبحث الانثى عن غذاء للصغار،كماهو الحال في طائر البطريق الامبراطوري، وفي اغلب الحالات يحصل العكس .والتنشئة بين الثدييات هي من عمل الزوجة، وذلك في الحيوانات الجرابية والمشيمية حيث ان الانثى وحدها قادرة على عملية التغذية . ولذلك فان الذكر في هذه الحيوانات غالبا ما يقوم بصيد الغذاء والدفاع عن موقع التناسل .

المجتمعات الحيوانية : Animal societies

قد يصل التعاون الى درجة عالية من التنظيم في بعض الحيوانات الاجتماعية ، من اجل التزويد بالطعام ، والدفاع عن المجموعة ، او التناسل ، ورعاية الصغار .

ففي**مستعمرات النمل** *Eciton* في امريكا الاستوائية ، حيث يصل العددالى مئات الالاف من الافراد تتماسك معا بثقب في جذع شجرة او تحت شجيرة متدلية ، والملكة في المركز ، ومنه تخرج طوابير غير منتظمة من الجنود لتعود ببقايا حشرات او حتى صغار القوارض للطعام . وفي فترات محددة فان جميع افراد المعسكر يتركونه فجاة في الليل ماضية في اثر واحد من الطوابير ، وبعد ذلك باسابيع تتوطن المستعمرة لفترة في مكان واحد ثم تتشعب منها الطوابير .

والملكة وكل افراد العمال بالمستعمرة ينبه بعضها بعضا وخاصة بواسطة احساسات كيميائية ولمسية . والغذاء ايضا له تأثير منبه ، والجماعات المغيرة العائدة بالطعام تنبه نشاط الاغارة في افراد المستعمرة . ان التعامل المعقد المعروف **بالتنبيه المتبادل** reciprocal stimulation هو المحور في ضبطامورالمستعمرة ونشاطاتها المتكررة . فالملكة عملها الرئيسي هو وضع البيض ، ويفقس البيض الى يرقات عاجزة ، فتقوم الشغالات بتغذيتها بغذاء جاءت به الجماعات المغيرة . وبما أن اليرقات تبقى باستمرار جائعة فان نشاط الغارات يصل أوجه مسببا تحركات ليلية . ثم ان اليرقة تنضج وتبدأ مرحلة **الخادرة** pupa التي تحتاج الى التغذية ، فان المستعمرة تهدأ ، ولكن نشاط مرحلة حياة الترحل ينبه الملكة

لانتاج بيض جديد . وعند حلول وقت انبثاق العمال الجدد من الخادرة تبـــدأ بالتغذية ، ويبدأ البيض الجديد بالفقس . وهكذا فان الحلقة تستمر ، ويمضي انتاج الملكة للبيض بدقة الساعة .

ورغم تعقيد التنظيم الاجتماعي للحشرات مثل النمل ، والنحل ؛ فـــان



الشكل (٢٥ ــ ٢٠) : ليست الام فقط هي التي تعتني بالصغار : وهنا العنايـــة المقدمة نتيجة مشاركة بين الذكر والانثى لدى الفوريلا . وبين الرئيسيات الاجتماعية ، فان جميع الاناث كما يظهر تشارك في الاهتمام بصغارها وصغار غيرها من الاناث .



الشكل (٢٥ ــ ٢١) : التنظيـــف المتبادل هو جزء مهم من اجتماعيات الرئيسيات وهنا البابون الزيتي تزيل القراغيث من فـــراء صغيرها .

مدى الاختلافات بسلوكها محدود الى حد كبير . اما الفقاريات العليا ـ وخاصة الثدييات ـ فان كثيرا من السلوك يتطور بناء على تغيرات التعامل بين الاباء والابنـــاء . وكلما طالت فترة التعامل بين الاباء والابناء زاد تفـــير الخبـــرات والمنبهات التي يتعرض لها الصغار . وتطور السلوك الاجتماعي لدى القـــط الاليف مثال جيد على ذلك . ففي البدء يتصرف المولود الجديد اعتمادا علـــى الحس والمؤثرات الكيماوية . فاذا تفتحت عيناه وتحسن تناسق الحركة عنده ، ازدادت المنبهات المتبادلة بينه وبين امه . ثم ان نشاط بقية الافراد نحو امـــه تزوده بمؤثرات جديدة . وهكذا فان الصغير يتأثر بالخبرة بالاضافة الى ذلـــك التأثير الايضي البسيط ، وكل ذلك يتداخل في تطويره كفرد ، ولذا فان سلـــوك القط ذو مدى واسع التغير وكثير القابلية للتغير بالمقارنة بسلوك النمل .

التسلسل الهرمي ، والسيطرة والقيادة *Hierarchy, dominance, and leadership*

معظم الحيوانـــات الاجتماعيـــة تتقبل انماطا من السلطة ، والنمطـــان الرئيسيان هما علاقة الاب والابن او العائل والمعول ، وعلاقة القوى والضعيف . وبعض المجتمعات كالنحل ، والنمل ، سالفة الذكر فان لها تنظيما مركزيا ويعتمد على تسلسل هرمي للسلطة . والدجاج مثل كلاسيكي على « ترتيب النقر » أي الأكل فالديك الاقوى يبدأ بالنقر او انه يهدد كل من دونه ، وهكذا فانه يؤمن حقه بأن يأكل قبل غيره . وفيما بين الدجاج الباقي كل فرد يسيطر على مادونه . وهناك سلوك مشابه لقطيع الذئاب عندما يشح الغذاء : فالذكور المهيمنـــة دائما تأكل أولا والباقية تأكل مما تبقى . واكثر من ذلك فان الذكور المسيطـــرة لها الحق الجنسي ، وتستطيع ان تتدخل في السلوك الجنسي للذكر الاضعف . وانماط السلوك هذه تكيفيه ، تؤكد ان الاقوى هو دائما افضلها تغذية وهكـــذا يبقى قويا ويتنج بنجاح في حين ان الأضعف هو اقلها فرصا للبقاء . ويبدأ تشجيع السلوك الاجتماعي منذ الصغر : فحالما تصبح الجراء قادرة على اللعب بعضها مع بعض تقل رعاية الام لها وهكذا تشجع الروابط الاجتماعية بين ذوات العمر الواحد وهذا هو اساس التضامن القائم بين الكبار .

وهناك شكل لطيف من نظام السيطرة لدى **بابون السهول** savannah baboons فهذه الرئيسيات تعيش اساسا على الارض في مساحات واسعة وتتغذى على انواع مختلفة من النبات والحيوان . وفي مركز الجماعة يكون الذكر المهيمـــن





الشكل (٢٥ ــ ٢٢) : من خلال اللعب والمشاجرة (أعلى) تتعلم صغار فار الخيل pole cats فن عض الرقبة لقتل الفريسة . (أسفل) وتستفيد من تكتيك الزواج الناضج . ولكن عندما يربي فار الحبل معزولا عن بقية اقرانه فانه يحاول عض الفريسة حيثما يستطيع ، تاركا اياها حرة لتعضه ثانية والذكور في هذا النوع من التربية لا تمسك الاناث بكفاءة اثنـــاء مقاومتها عند محاولة التزاوج .

محاطا بمن هم دونه من الذكور والاناث مع صغارهم في حلقات مختلفة واسعة متحدة المركز . فصغار الذكور وهي الأخف حركة والاكثر انتباها على المحيط الخارجي وعملها أن تستطلع حركة القط البري الكبير مفترسها وان تنبه بقية المجموعة للدفاع المشترك ، فهي كجماعة تستطيع رد اي قط بنجاح ماعدا الأسود اذ انها ايضا تصيد بجماعات . وحينما يظهر الاسد يتلاشى تعاون البابون وتسرع الى تسلق الاشجار .

والاناث اضعف واصغر من الذكور ولذا فهي تشكل المرتبة الادنى ، وهي تلتمس الذكور الاقوى من أجل العلاقات الجنسية ، وتستطيع الذكور المهيمنة ان تتدخل في شؤون الازواج ولكن السيطرة لا تعتمد فقط على القوة النسبية .بل تشمل ايضا المقدرة على استنفار الاخرين للمساندة في النزاع ضمن افراد القطيع. والاناث تستطيع ضمان مساعدة الذكور في المنافسة مع اناث اخرى. وكلا النوعين يساعدان في انشاء انماط سلوك ملائمة عند الصغار ، فيشجعانها على اللعب معا والمصارعة والمشاجرات الصورية ، ويعودانها على النظام والانضباط على الشجر وتهديدها دون ايذائها . وهكذا تعرف صغار البابون مكانها بالتسلسل الهرمي .

وهناك انواع اخرى من البابون كالتي تعيش في الغابات التي تعيش على السطو على المزارع والحدائق وهذه لها انماط جنسية مختلفة . فالذكر لايحمي الانثى وللانثى الخيار بأن تختار الذكر الذي تريد . ومن الرئيسيات الاخرى ما لا يفترق فيه الجنسان حتى في الهيئة افتراقا ظاهرا وخاصة الحيوانات التي تعيش على الاشجار ولا تحتاج الى حماية من مجموعتها مثل الشمبانزي والجيبون .

وفي كثير من الحيوانات ذات الطبيعة الاجتماعية ، نجد قائدا او اكثر ينسق سلوك المجموعة كلها او يقوده فيحدد تحركات الدفاع والتغذية . والقيادة ليست محصورة على جنس او عمر محدد وهكذا فالقيادة لاتكون دائما مقصورة على الافراد المسيطرين ففي الغزال الاحمر على سبيل المثال تقع حماية القطيع من الاخطار على عاتق الانثى الاكثر تدريبا ، لا على اي ذكر ذي سيطرة . وفي **قردة الريسيس** rhesus يهيمن اقدر الفريق على القتال ، وهذه تكون هي القادة في دفاع المجموعة عن ارضها .

وقد لاحظ **هاري هارلو** Hafry Harlow بجامعة وسكنسن كيف يتطور صغار قرده الريسيس الهندي على مراحل حتى تصبح افرادا عادية منضبطة

ومهيأة ، ابتداء من الاعتماد الكامل على امهاتها ومن خلال مراحل التغذية والحضانة ، يطور صغار القردة انماطا نموذجية لنوعها من لعب ، والعاب استفزازية مع نظائرها معززة القدرة على التعاون بمجموعات . وفي النهاية يرسخ التسلسل الهرمي الاجتماعي لدى الاقران في المجموعة اذ ان صغار القردة تجد فيه قوانين الجنس الملائمة . والقردة التي نشأت بعزلة اجتماعية تامة غير قادرة على اي نوع من التوافق الاجتماعي ، حتى قد يثار جنسيا دون معرفة الوضع الصحيح للجماع . والحيوانات التي حرمت المعاشرة مع اقرانها في المراحل الاولى كانت تجد صعوبة في ان تتوافق في جماعات ، وينقصها سلوك التعاون العادي وانماط الوظيفة الجنسية .

وهكذا ففي جميع الحيوانات العليا كما في الذئاب نجد اقامة العلاقات الشخصية مهمة جدا . وان كلا من اللعب والتنظيف المتبادل يخدم هذا الهدف، وهذا ليس مقصورا فقط على الحيوانات العليا ولكن في كثير من المخلوقات الاجتماعية . فالخراف كما هو الحال في والاسود تشجع على اللعب الاجتماعي النزعة ، وكثير من الطيور تقوم بشعائر سلوكية لتنظيف ريشها .

تطور السلوك : Evolution of behavior

ان هذا الفصل حاول توضيح حقيقة تطور السلوك ، وهو كتطور الصفات الشكلية ، ويقوم على اساس تكيفي ، يمكن افراد النوع من البقاء والانتاج وبذلك تزيد من احتمالات بقاء النوع . ولكن التاريخ يحوي الكثير من الأمثلة على التأقلم الزائد عن الحد اي التأقلم مع تغير بيئي واحد يقلل من مرونة المجتمع وكذلك من فرص التأقلم مع تغير آخر . وكثير من هذه الأمثلة تتعلق بالمجتمعات المفترسة ، والحيوانات الكبيرة التي واجهت قليلا من الاعداء في الطبيعة ولهذا ظهر بأنها نجحت في العيش الى الابد في ظروف بيئية محددة . والآن يهدد الانسان بيئتها فتجد انها اقل قدرة على التكيف مع بيئات جديدة من انواع اقل منها تخصصا .

ان تطور السلوك الاجتماعي لدى الذئب مثال واضح على ذلك . فمعظم انواع فصيلة **الكلبيات** *Canidae* التي تحوي **القيوط** coyotes **وابن آوى** jackals **والذئاب** wolves **والكلاب البرية** wild dogs **والثعالب** foxes تصيد منفردة

او في ازواج محتفظة بسلوكها الاجتماعي للتزاوج والعناية بالصغار . والذئاب وكلب الصيد **كيب** Cape ، تصطاد في جماعات ويظهر ان هذا السلوك تطور لديها من اجل اصطياد الحيوانات الضخمة التي تفتات الاعشاب وربما هذا نتج عن نقصان توافر الحيوانات الصغيرة . وفي مجرى هذا التطور فان انمـــاط من السلوك الاجتماعي هي عادة غير متخصصة في حدود فصيلة **الكلبيـــات** *Canidae* وقد بدأت التخصص من أجل تماسك اجتماعي يمكنها به ان تشكـل



الشكل (٢٥ ــ ٢٣) : الرئيسيات ليست الحيوانات الوحيدة التي ينظف بعضها بعضا : فطائر البطريق penquin يحك رقبة رفيق التزاوج بلطف .



الشكل (٢٥ ــ ٢٤) : مع ان الضباع لا يقوم بينهـا تفاهم مشدود برباط اجتماعي كما هو الحال عند الذئاب ،فانها ايضا تصطاد الحيوانات الكبيرة بمجموعات . وهذا النوع من التعاون يحتاج الى اجتماعية بدائية ، اذ ان التغذية تلعـــب دورا مميزا للحياة الاجتماعية البسيطة .

جماعات للصيد . واما كلب الصيد كيب ، فيظهر انه يعتمد على تغذية جماعية ذات شعائر . ولقد طور الذئب تسلسل هرميا جماعيا يحوي امتيازات مرتبة لكل من التغذية والزواج ، وفي المجتمع حيث حقوق الجنس مخططة بأحكام فان قدرة التناسل لدى المجتمع تقل الى حد كبير .

وقد يكون الصيد الجماعي غير تكيفي في البيئة التي اصبح بها الانسان مسيطرا ليس فقط لأن ظهور الحيوانات في مجموعة يعد تهديدا ، ولكن لان تماسكه الجماعي يجعلها مكشوفة للخطر . وسلوك الدفاع الجماعي مثلا لدى الذئب المجروح او المهدد اذ يستنفر مساعدة المجموعة كلها ، ويعرض القطيع كله الى ضراوة الانسان . وفي الحقيقة فان العيش والتحرك ضمن جماعات يجعلها مكشوفة بوضوح للصيادين اكثر من حيوان منفرد . ولقد اوضحت الدراسات بأن القيوط الشديد القرابة من الذئب لم يكون نمطا معقدا من التنظيم الاجتماعي وهكذا فانه اكثر نجاحا في العودة الى وجود منعزل .

ان مقياس سلوك التأقلم كما نرى هو انه يزيد أو يقوي قدرة المجتمع على البقاء والانتاج بنجاح . وتظهر الدلائل انه في البيئة التي فيها الانسان ، فان تطوير نظام متقدم من التسلسل الهرمي الجماعي لدى الذئاب هو غير تكيفي في كل الاعتبارات .

ملخص الفصل الخامس والعشرين

يضم السلوك جميع الاستجابات للتغـــيرات البيئية وهذه الاستجابات تحوي العمل المتكامل للكائن ككل ، ينتجها وينظمها كل من العمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية ، وتفاعل هذه العمليات الوراثية مع الخبرة . وطبقـــا **لقانون مورجان** Morgan's canon ان الفعل الوراثي لاينبغي تفسيره على انه نتيجة لقدرة نفسيه عاليـــة اذا كان بالامكان تفسيره على أنه نتيجة لقدرة ادنى.

والسلوك المحدد وراثيا يتفاعل مع الخبرة في البيئة المتغيرة فكلما زاد تعقيد الكائن يزداد تعقيد هذا التفاعل . فالاشارات التي تنتج استجابـــات مباشرة فورية نموذجية للنوع تسمى اشارات تنبيه او اثارة ، وتضـــــارب الاستجابات الى منبه واحد تسبب تحول النشاطات ، وهذا أمر مهد له الوضع المتضارب نفسه وليس اي شيء اخر . والسلوك غير المناســـب ـ اي ـــ الاستجابـــة الى مظهـــــر واحـد من الحقيقـــة بالرغـم مـــن الصفـــات الاخـــرى التـــي تعمـــل كل التنبيـــه ـ يحصـــل كنتيجة لتغير متطرف في البيئة الطبيعية . والتوجيه يعني الطرق التي بهـــا يوجه الكائن الاستجابات المناسبة لمؤثرات البيئة . ومع انها فطرية الا انـــه يمكن تعديلها بالخبرة . والتوجيه بأبسط اشكاله يكون تغيرا في معدل الحركـة المحتملة ليس موجها باتجاه المنبه ولا ضده ، **وهذا ما يسمى** Kineses وقد يكون

استقبالا Taxis ، **اي** استقبال معلومات توجيه بواسطة جهاز الاستقبال وحسبطبيعة المنبه . ومن الاشكال المتقدمة للاستقبال الضوئي التفاعل الزاوي وهو التوجه على زاوية ما مع مصدر التنبيه . والتوجيه الصوتي يرسل به الكائن امواجا صوتية وفوق صوتية ثم يسمع صداها.وتحديدالعمق قد يكونشكلا آخر من أشكال التوجيه . وتتبين التفاعلات المعقدة لانماط التوجيه في هجرة الطيور . فسلوكها في هجرتهاوعودتها الى موطنها الاصلي تعززه خبرتها السابقة بمنطقة تعدها « موطنها الاصلي » وهي قد تستعمل ايضا البوصلة الشمسية ، أو التوجيه بواسطة القطب المغناطيسي ، او بواسطة حاسة الشم . والمقدرة على الاحساس بالوقت مثال على التوجيه المؤقت الذي يرتبط بالتواتر البيولوجي — أعني تغيرات عمليات الايض حسب التغيرات الدورية في البيئة .

والتعلم هو عملية تعديل السلوك نتيجة للخبرة بالبيئة . وابسط انواعه يطلق عليه اسم التعود ، وهو الاستجابة لمنبه معين من جراء تكرار او استمرار ذلك المنبهة والتعلم بالربط هو ان يحدث منبه ثانوي أو مختلف ويتكرر حدوثه مترافقا مع اشارة التنبيه ، ويتعلمالكائن ان يربط بين الاثنين.والتعلم بالتمييز . وبه يبدأ الكائن الحي اولا بتعميم جميع المنبهات التي من نوع ما ثم يميز بينها .

والتعلم بواسطة التجربة والخطأ ، تحوي تلازما للاستجابة مع الحادثة التالية للمنبه .وسلوك حل المعضلات يتطلب عقلا وقدرة على تصور كل من المشكلة والحل .

وهناك نوع من سلوك التعلم يحدث فقط في مجموعات تربط بينها مصلحة مشتركة ، وفي البيئة النموذجية للنوع : ذلك هو الطابع وهو نوع خاص من تمييز النوع به يبدو وكأن صورة الأب مطبوعة على المخ في ابنائه .

والسلوك الجماعي يحوي كلا من المنافسة والتعاون ، وكل منهما يحتاج الى المقدرة على الاتصال . ومشاركة الخبرة تسرع وتوسع من تأقلم الفرد وفي النهاية المجتمع والاتصال الفعال يعتمد على الارسال او الاستقبال ثم الاستجابة الى اشارات مميزة . والفرمونات هي كيماويات من نتاج الفرد ولها تأثير على السلوك الاجتماعي في المجموعة فهي توصل الرسالة من مسافة وتعمل كمنبه . والاتصال السمعي يجيز الاختلافات بالنمط ، والحجم ، والانتظام ، والتكرار .

والاتصال النظري يستعمل الالوان ، والهيئة ، وشكل الجسم ، والحركة . وهناك مجموعة معقدة من الاتصالات الكيماوية ، والسمعية ، والبصرية ، تستعمل من قبل خلايا النحل حيث انها تتعاون بالحصول على الغذاء بجهاز متقن به تخرج العاملات بحثا عن الغذاء ثم تقوم لتحديد موقع الغذاء الى باقي النحل في الخلية .

وجميع سبل المواصلات الثلاثة يمكن ان تستعمل للاتصال في تهديد أوتحذير افراد من نفس النوع أو افراد مختلفين . وفي التنكر الباتيسي ، تقلد المخلوقات عديمة الضرر مظهرا او اكثر من نوع كريه الطعم أو سام وبذلك تنجو من الافتراس . والتنكر المولیري فيه تظهر افراد من انواع مختلفة متشابهة المظهر وبذلك تنجو من مفترس سبق له أن ذاق طعم واحد منها فلم يرق له ، والتنكر العدواني يستعمل التقليد من اجل الافتراس.

والدفاع عن الوطن هو نوع آخر من الاتصال الدفاعي وهو جهاز لتحديد الموارد . وفي العرض العدواني الانفعالي ، فان الدخيل من نفس النوع يهدد بنفس الاشارات المستعملة لانذار الاعداء من نوع آخر . ومثل هذا العرض غالبا ما يستعمل كوسيلة لتجنب القتال الحقيقي الذي قد يؤدي الى تدمير النوع . والطرق المتبعة لادعاء الاقليم المدافع عنه تحوي ، النداءات والعرض والاشارات الكيميائية .

والسلوك الانتاجي تعاوني ومظهراه هما المغازلة والتزاوج ، (لاجتذاب الافراد الناضجة جنسيا من نفس النوع ومن الجنس الآخر والتزاوج معها) والسلوك الابوي (الذي يساعد على بقاء الصغار) . وسلوك انشاء الروابط يحل محل الجذب الكيميائي في المراحل العليا من التنظيم وهو يساعد على بقاء النوع بابقاء الابوين معا طوال فترة الحضانة التي يحتاج اليها الصغار .

في بعض الحيوانات ذات الطابع الاجتماعي ، هناك تداخلات مركبة تعرف بالمنبهات المتبادلة منتجة تنظيما عاليا كطريقة لتزويد الغذاء ، والمدافعة عن الجماعة ، وانتاج وحماية الصغار . وانماط التسلسل الهرمي (وبالذات « طراز النقر » ، أو تنظيم النقر) والهيمنة وظهور القيادة . والمشاركة في الجماعة تظهر في اللعب وعمليات التنظيف .

وتطور السلوك هو في البداية تكيفي ..وقد يحصل تخصص زائد ، اذ أن التأقلم لتغير بيئي واحد قد يقلل مرونة المجتمع ويقلل فرصة التأقلم لتغير آخر.

نظـرة فاحصـة

استعمال الفضاء في الاتصالات

Using Space to Communicate

ان للانسان والحيوان طرقا عديدة للاتصال كل واحد بنوعه . واكثر هذه الاتصالات وضوحا هو النطق والهيئة ، والرائحة ، وايحاءات الجسم والوجه. ومن اكثر وسائل الاتصال براعة الطرق التي يتخذبها الافراد اجسامهم لانشاء علاقات مكانية فيما بينهم ، وبذلك تتبادل الرسائل بين واحد واخر وان فرع المعرفة الذي يدرس **لغة المكان** spatial language هذه يسمى **علم القرابات** proxemics

وقد طور **علم القرابات** proxemics اولا على يد علماء السلوك الذين لاحظوا ان كثيرا من الحيوانات تنظم المسافة فيما بينها وذلك بواسطة انشاء اقليم محدد تدافع عنه ضد اي احتلال من قبل اي افراد اخرى من نفس النوع . والانسان مثل الحيوانات الاخرى له طرقه الخاصة لتحديد حيزه . وبعض هذه الطرق قد شرحها ادوارد هول العالم بأصل الانسان في كتابه **الابعاد المختفية** The Hidden Dimension وقد لاحظ هول ان الطبقة الوسطى العاملة والمهنيين في الجزء الشمالي الشرقي





لا تدع أحدا يتطاول على المصف ــ ولكن ابعد كعب
قدمك عن اصابع رجلي :



نقف متحدين ــ متراصي الاكتاف لتاكيد ذلك .



اذهب بعيدا عني ! من المفروض انك عدوي !

من الولايات المتحدة تستعمل أربع فئات من مسافات الاتصال فيما بينها : المسافة الحميمة ، والمسافة الشخصية ، المسافة الاجتماعية ، والمسافة العامة . وكل وحدة من هذه المسافات تقسم أيضا الى مسافة قريبة ومسافة بعيدة . وبما أن العينة المدروسة من المجتمع كانت محددة فان الباحث يحذر بان نتائجه يجب تطبيقها على الجماعات الاخرى بحذر شديد .

والفئات التي عينها هول بناها على ملاحظته بأن الانسان اقليمي الى حد بعيد . ولهذا فانه يميز بوعي أو بدون وعي بين المسافات التي تفصل بين الناس اثناء الاتصال الشخصي . والمسافة تعتمد على شعور الفرد ، وعلى العلاقة بين الافراد الذين يتعاملون بعضهم مع بعض ، وعلى الذي يتعاملون به . وعلى سبيل المثال ، فان الفئة الاولى ــ المسافة الحميمة ــ من فئات هول تشمل ارتباطا جسميا أو شيئا قريبا من ذلك ــ مثل القتال ، والمغازلة ، والمواساة ، والمشادة الحادة ، وما يرافق ذلك من العواطف . وحينما يتكلم شخصان في امور شخصية خاصة فانهما يخفضان صوتيهما ويقفان بعيدين احدهما عن الاخر من ست بوصات الى ثماني عشرة بوصة على ابعد حد . اما المسافة الشخصية وهي الفئة الثانية وتتميز بالمحادثة بين صديقين في امور قلما تكون شخصية بحتة ــ وقد تكون على مسافة ثماني عشرة بوصة بالحالات القريبة ، وقد تكون على بعد ذراع في الحالات البعيدة ، وتعتمد على شدة الشعور العاطفي اثناء المناقشة .

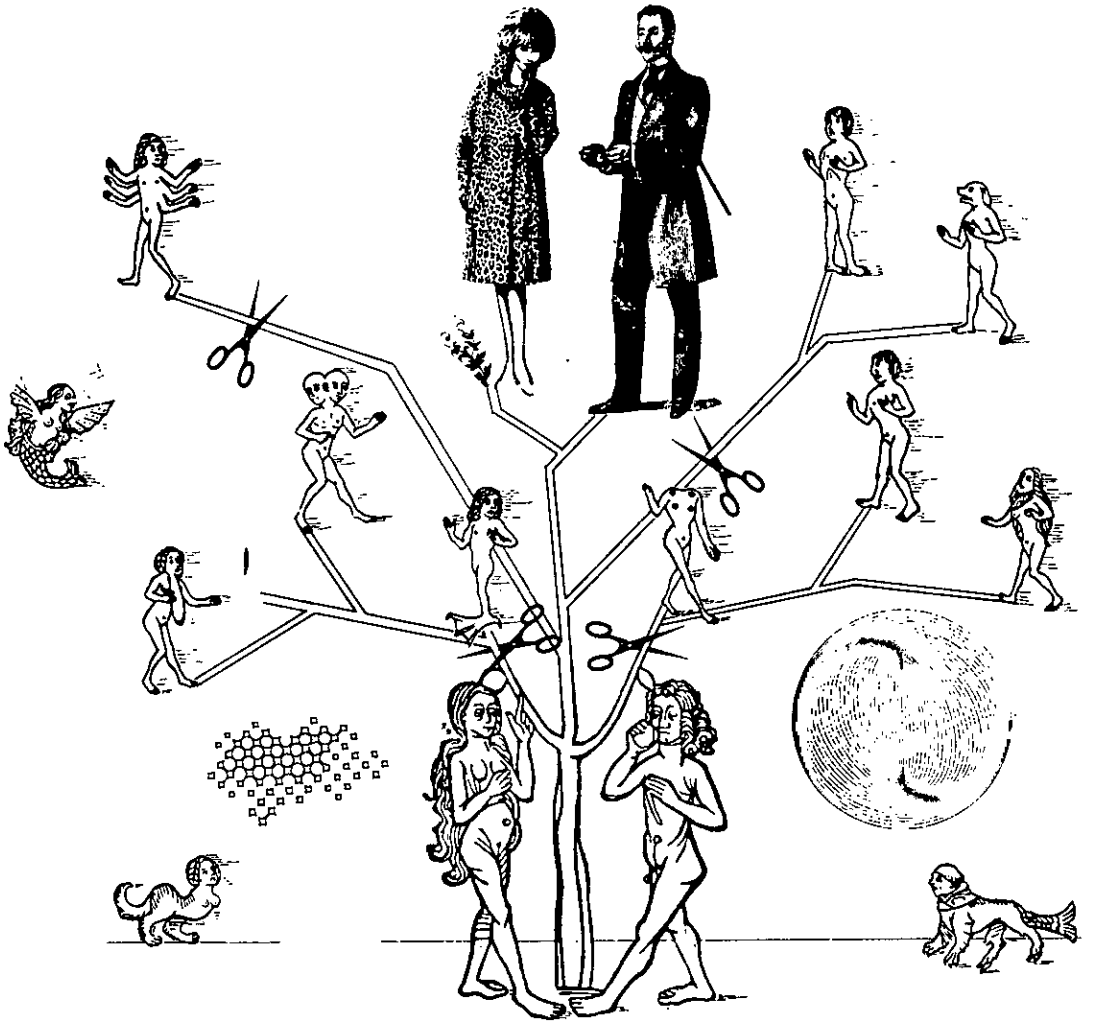
والمعارف الذين يتكلمون في امور غير شخصية او اجتماعية يميلون لان يقفون على بعد يتراوح من أربعة اقدام الى اثنى عشر قدما وقد سميت هذه بالمسافة الاجتماعية . وعلى بعد اكثر من اثني عشر قدما تأتي المسافة العامة وهي عادة تستعمل في الكلمات الرسمية والعلاقات بين الغرباء : وهي المحادثة الرسمية في الحالات القريبة ، او الاتصالات ذات الطابع الرسمي المتقيد ، مثل القاء الكلمات في الحالات البعيدة .

وقد أوضح هول الاختلافات بطرق الافراد في استعمال المسافات للاتصال في الحضارات المختلفة . وفيما بين العرب وجد هول ان الحيز العام هو : حيز مفتوح لاي فرد . وعلى سبيل المثال فقد لاحظ انه حتى في غرفة الانتظار

الفارغة ، فالعربي (من وجهة نظر الامريكي) الذي يريد مقعدا يشغله شخص آخر . فانه يقف بقرب شديد منه . ويبقى هناك حتى ان مستعمل المقعد يتضايق ويخلي مكانه من الضجر .

والتجمهر هو نوع من العلاقات المكانية ويختلف معناها بين الحضارات . فاليابانيون على سبيل المثال يفضلون الاحتشاد في اوضاع يجدها الامريكيون مضايقة : فهم غالبا ما ينامون على الارض ملتفين واحدا تلو الاخر . وقد جرت العادة في أيام الشتاء الباردة أن يغطى أفراد العائلة اليابانية انفسهم بلحاف واحد وأن يمسك كل منهم بيد جاره . وهم يتداولون الساعات الطوال حول المدفأة .

ولكن ماذا يحصل للانسان والحيوانات حينما يكون الحيز قليلا بين الافراد؟ اظهرت دراسات عديدة أن الجرذان تعاني اجهادا شديدا حينما تكون مكتظة . فالعلاقات العادية تتحطم ويزيد العدوان مصحوبا بظواهر فسيولوجية غير طبيعية ، مثل زيادة نسبة الاجهاض لدى الاناث . وفي بعض الحالات قد ينتج موت جماعي للمجموعة . والازدحام الشديد لدى الانسان قد يتطلب بعض التعديلات السلوكية . وقد لاحظ عالم الاجتماع **ستانلي ملجرام** Stanley Milgram بان سكان المناطق شديدة الازدحام في مدينة نيويورك قد تبنوا عددا من ميكانيات الدفاع لتساعدهم على التغلب على مشاكل الازدحام وكثير من اهالي نيويورك يقضون ساعات اقل مع اصدقائهم مما يقضيه الامريكان الآخرون وذلك ليحافظوا على الطاقة ليكملوا اعمالهم اليومية . وبذلك فانهم لا يسمحون لانفسهم بأن ينشغلوا بغرباء . وحينما يسيرون في الاماكن العامة فانهم كثيرا ما يتجنبون الاتصال المرئي ، وكثيرون يظهرون وجها غير بشوش ليمنعوا الاتصال بالغرباء واخيرا فان عددا كبيرا منهم يحتفظ بتليفون غير مسجل في الدليل — حتى ان بعضهم يحتفظ بسماعة التليفون مرفوعة لتجنب مضايقة المخاطبين . وهذا لايعني أن سكان مدينة نيويورك اناس بغضاء . ولكن يبدو انهم لجأوا الى هذا السلوك كوسيلة لتزويد انفسهم بما يحتاجون اليه من حيز سيكولوجي لاتمنحهم اياه بيئتهم .



الفصـــل السادس والعشرون

تطور الانسان

Human Evolution

ان قصة تطور الانسان وتطور الحياة عامة قد بدات بالحقبة الزمنية التي تعرف بالعصر **ماقبل الكمبري** Precambrian وهي اقدم حقبة في الازمنـــة الجيولوجية وفي الحقيقة لا يعرف الكثير عن هذه الفترة الزمنية ولا سيما ان الأشكال الاولية من اللافقاريات لم يكن لها اجزاء جسمية صلبة بحيث يمكـن ان تحفظ في اشكال متحجرة **مستحاثات** fossils ولكن في الفترة الزمنية التاليـة التي تعرف بحقبة **الحياة القديمة** Paleozoic بدات الحياة النباتية والحيوانية بالتنوع الى حد كبير ، وذلك عائد الى الاختلافات البيئية الناتجة عن انفصـال القارات وتغير اديم الأرض في قيعان البحار . وتميزت هذه الحقبة بظهـور **الحيوانات المفصلية** Arthropods ، والاسماك والزواحف .

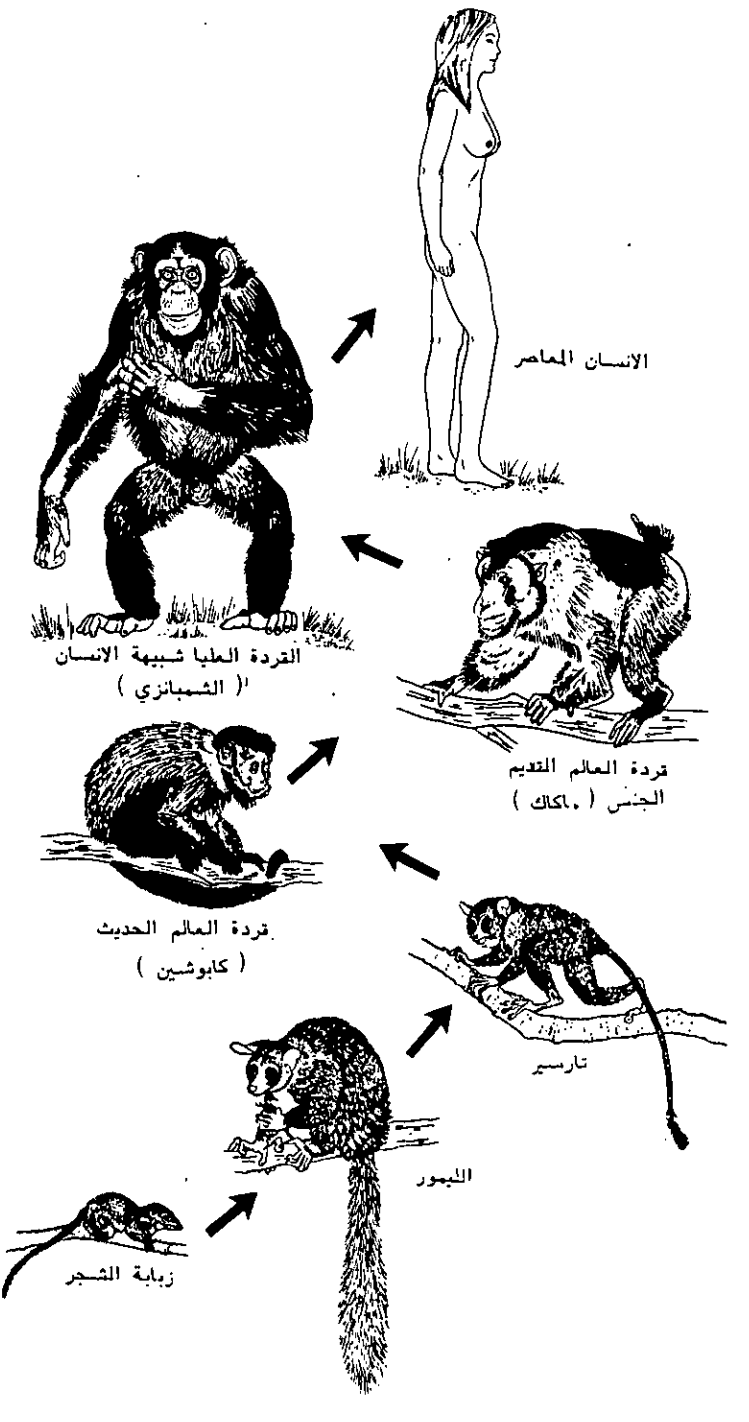
اما الاشكال الاكثر تطورا من النباتات والحيوانات كالنباتات المزهـرة والثدييات فقد ظهرت في الفترة الزمنية التي تعرف بحقبة **الحياة الوسطـى** Mesozoic وتلاها بعد ذلك ظهور **الحيوانات العليا (الرئيسيات** primates)

ومن ثم ظهور الانسان في الفترة الزمنية التي تعرف بحقبة **الحياة الحديثة** Cenozoic ، وهذه بدأت قبل حوالي ٦٥ مليون سنة ، ومن المرجح انه في هذه الفترة اخذت القارات موقعها الحالي وتقسم العالم الى الأشكال المناخية الموجودة الان . وفي الفترة الاولى من حقبة الحياة الحديثة وتعرف هذه الفترة **بالعصر الثلثي** Tertiary ، انتشرت الثدييات بشكل واسع واعترتها تغيرات متتابعة قطعت على الزواحف وبسبب هذا الانتشار سميت هذه الفترة بعصر الثدييات . وان بعض انواع الثدييات وخاصة الفقمة والحيتان أعادت تأقلمها للبحار خلال هذه الفترة . وان أجزاء الزمن الجيولوجي منذ تكوين الأرض قبل ٤٫٥ بليون سنة مع أحداث التطور الرئيسية في تاريخ الارض ،مبينة باللوحة التي تظهر بين الفصلين الرابع عشر والخامس عشر .

وفي الحقبة **الزمنية الحديثة** Cenozoic تراجع البحر وظهر اعتدال بالمناخ مما ادى الى انتشار حزام كبير من الغابات في انحاء متفرقة على سطح الكرة الأرضية وقد ادى هذا التغير الى دفع بعض الحيوانات **اكلة الحشرات** insectivores وبعض الثدييات الصغيرة الى تسلق الاشجار اما هربا من الحيوانات المفترسة او طلبا للطعام . ومن هذه الحيوانات اكلة الحشرات التي سكنت أعالي الأشجار ظهرت الحيوانات التي تعرف بالرئيسيات (الحيوانات العليا) primates

الرئيسيات الأولية The early primates

لسوء الحظ لم يتمكن العلماء من اكتشاف كثير من البقايا المتحجرة للرئيسيات الاولى بسبب تلف هياكل هذه الكائنات بفترة قصيرة بعد الموت وذلك بتأثير حموضة التربة في الغابات الاستوائية التي كانت تقطنها هذه الكائنات . ويعتقد عدد من الباحثين بأن تاريخ ظهور الشكل الاول للرئيسيات يعود الى بداية الحقبة الزمنية الحديثة . وتعرف الفترة الاولى من هذه الحقبة **بعصر الباليوسين** Paleocene . وهذا المخلوق الشبيه بالقوارض والذي يشبه ايضا زبابة الاشجار (حيوان ثديي يسكن الاشجار ويشبه السنجاب) يسمى **بليسيدابس** *Plesiadapis* .وقد كان يتأرجح خلال الأشجار الكثيفة في غابات افريقيا ويعيش على الحشرات والبذور ، وكان له مخطم مدبب لاستخراج الاجزاء



الشكل (٢٦ ـ ١) : ذيلة الرئيسيات من زبابة الشجر الى الانسان المعاصر ، وهذه تبين الاتجاه نحو تطور الانسان . وكل مجموعة حديثة من الرئيسيات تمثل ذروة منفصلة من التفرع التطوري .

الصغيرة من الحشرات الدقيقة ، واصابع مرنة لتمكنه من القبض على الاطراف والاغصان . فكانت اسنانه الامامية كبيرة ومفصولة بفرجة عن بقية الاسنان، مما يوحي بأن هذه الاسنان استعملت في القضم . وموقع العيون يدل على ان هذه الحيوانات تفتقر الى مايسمى بالرؤية المجسمة ، ولم يكن لعيونها ذلك العظم الدائري الحامي حول تجويف العين الموجود في الرئيسيات الاخرى . وبالحقيقة فان بليسيدابس يشبه زبابة الاشجار الى حد ان **علماء المستحاثات** paleontologists ظلوا لسنوات عديدة يعدونه آكلا للحشرات .

علماء المستحاثات متخصصون بدراسة تطور الانسان من خلال البقايا المتحجرة والسؤال هو كيف اذن نستطيع ان نقرر عندما نكتشف حفرية ما بأنها تخص حيوانا من الرئيسيات ؟ لقد راينا من خلال دراستنا للفقاريات بأن الرئيسيات لها مميزات خاصة تفرقها عن اي من الثدييات . وفي المقام الأول فان هذه الرئيسيات تعيش على الاشجار . وهي متأقلمة كذلك لهذا النوع من العيش ، وهناك العديد من الظواهر الشكلية التي تؤكد صحة ذلك بما فيها الاسنان وجهاز الاحساس وهيكلها ، وكلها تعكس هذه الحقيقة .

التسنين : Dentition

يقع تحت هذا العنوان عدد ونوع وترتيب الاسنان اذ أن أسنان الرئيسيات الاولى كانت اقل عددا واقل اختصاصا من سلفها من الثدييات التي يعتقد بأنها تطورت منها لأنها اصبحت تعتمد في غذائها على الحبوب والمكسرات والحشرات والخضروات omnivorous diet وهذا ادى الى امتلاكها جهازا فكيا بسيطا، وغير متخصص . وفي فترة مبكرة من التطور فقدت الرئيسيات السن القاطعة من كلا الجانبين في الفكين العلوي والسفلي ، وهي الصفة التي ميزتها بذلك عن غيرها من الثدييات . بالاضافة الى ذلك فان كلا من الضرس الثالث والرابع كبر في الحجم وزاد فوق تاجه نتؤ اخر مما ادى الى زيادة القدرة على المضغ . وبذلك فقد اصبحت سن واحدة قادرة على المسك والطحن والقطع .

والحياة على الاشجار تكسب حدة في النظر . وتلك الرئيسيات التي لها عيون تستطيع بها ان تقدر بدقة المسافة والعمق ، والاتجاه اصبحت اكثر قدرة على القفز السريع من غصن لآخر . وليس غريبا أن الرئيسيات العليا قد طورت ما يعرف **بالرؤية المجسمة** stereoscopic vision التي يتطلب الوضع الامامي للعينين . ويعتقد ان هذه الظاهرة اسهمت بزيادة حجم الدماغ وبالذات

الجزء البصري في القشرة المخية visual cortex area ، اذ ان عدد الخلايـــا العصبية ومسالكها قد زاد بازدياد استعمال العيون . كما ان اجزاء اخرى من الدماغ كبرت وزاد تعقيدها معزيادة التحكم بالعضلات والتنسيق بعملها،وتحسن حاسة التوازن . والحياة على الشجر محفوفة بالمخاطر ، والعيش فيها يتطلب جهازا عصبيا عالي التعقيد له القدرة على تنسيق آلاف التنبيهـات الحسيـــة المرسلة اليه باستمرار من العين ، والاذن والايدي والاقدام واعضاء اخرى . وبسبب قدرة هذه الرئيسيات على الرؤية الحادة فانها لم تعد بحاجة لشم غذائها كما كانت حينما كانت تعيش على الارض ولم تعد للمخاطم الطويلة اية فائـدة محددة . ونتيجة لذلك فقد قصر المخطم بالتدريج ليحل مكان سلفه الطويل ، وصحب ذلك صغر في **منطقة الشم بالدماغ** الموجودة بالقشر . olfactory cortex



الشكل (٢٦ــ٢) : الكائن البروسيمي سيملود يكتس *Smilodectes*, احد رئيسيات عصر الايوسين ، وهو احدث واكثر تطورا من بليسيداپـــز *Plesiadapis* بالاضافة الى قصر مخطمه المصحوب بزيادة بالدمـــاغ الامامي وفتحات عيون امامية .

ونتيجة لضغط الاختيار في بيئة الغابات فان الرئيسيات قد طورت احساسا اكثر حدة للمس وزادت مقدرتها على القبض على اطراف الاشجار والاشيـــاء الاخرى . وبذلك بدلت المخالب باظافر مسطحة لكي تتمكن هذه الكائنات مـن التغلغل خلال الاشجار بسرعة فائقة . واصبحت الاطراف الامامية اكثر اهمية للحركة من الاطراف الخلفية.وهذا التحور كان له نتائج مهمة في تطور الرئيسيات النهائي اذ اصبحت القامة اكثر انتصابا وادى ذلك الى تقدم في موضع مايسمى **بالثقب الكبير في الجمجمة** foramen magnum وهو فتحة في اسفل الجمجمـــة فيها يتصل الحبل الشوكي بالدماغ . وموضع هذه الفتحة يعطينا الدليـــل الرئيسي على حالة تطور الحفريات الانسانية ، دالة على الدرجة التي يستطيع الكائن الحي ان يقف منتصبا عندها : فكلما كانت الفتحة متقدمة اكثر ومتجهة لاسفل فان الحفرية تدل على درجة عالية من التطور .

ففي عهد **الايوسين** Eocene الذي استمر من ٣٧ ــ ٥٤ مليون سنـــة امتاز المناخ بالدفء والرطوبة في معظم المناطق على سطح الكرة الارضية ممـــا ادى الى تطور عدد من **البروسيميات المختلفة** prosimians . ان البقايـــا المتحجرة **لليمور** lemurs من هذه الفترة تحوى انواعا متعددة من عائلـــة **الادابيدي** *Adapidae* التي وجدت بكل من اوروبا وشمـــال امريكا . وعمومـــا فان هذه المتحجرات كانت مشابهة بالشكل لليمور الحديث ولكنها كانت تمتلـك تسنينا بدائيا . وكل من هذه الانواع المختلفة كان له حلقة عظمية تحمي العين ، ولكن اصبح وضع الاعين متقدما في الراس كما هو الحال في الرئيسيات المتطورة. وجميع هذه الحيوانات قد تأقلمت للقفز والقبض كما هو الحال في الليمـــور الحالـــــي .

رئيسيات الاوليجوسين : Oligocene primates

قبل حوالي ٣٦ مليون سنة خلال عقد الاوليجوسين ظهرت قردة صغيرة وقردة عليا بدائية . ومعظم معرفتنا عن متحجرات رئيسيات هذه الفترة جاءت من منطقة الفيوم بمصر على بعد حوالي ٦٠ ميلا جنوب غرب القاهرة ، حيث وجد علماء الحفريات فكا سفليا يعود لاقدم القردة المعروفة باســـم **بارابثكوس** *Parapithecus* أو (القريب من القردة العليا) .

والبارابثكوس يشبه من ناحية التسنين الى حد بعيد قردة العالم القديم الحديثة مع اختلاف بسيط في عدد ونوع الاسنان . وهناك فك سفلي آخر يعود الى **اوليجوبيثيكس** *Oligopithecus* أو **القردة العليا الحديثة** recent ape وهو قرد مشابه بالحجم الى **المارموسيت** marmoset ومن الشكل العام لهذه الرئيسيات المتحجرة استنتج الباحثون ان الرئيسيات الحديثة انحدرت من اشكال مشابهة لها .

ومن أهم ما وجد بالفيوم جمجمة وطرف من الاطراف لاحد القرود العليا ويعرف باسم **الجيبتوبيثكس** *Aegyptopithecus* ، او **القرد العالي المصري** Egyptian ape ويعتقد انه كان يعيش قبل حوالي ٣٠ مليون سنة . وقد نال هذا الكائن الحي أهمية خاصة لدى علماء الحفريات اذ يعتقد بانه اقدم القردة العليا ومن المحتمل أن يكون الاصل الذي انحدر منه **درايوبثيكوس** *Dryopithecus*. وتسنين الجيبستوبيثكس يكشف صلة القرابة من القردة العليا ، في حين أن بعض مظاهر عظام الطرف والجمجمة اكثر بدائية . وتدل الحفريات التي وجدت بالفيوم على أن الرئيسيات اصبحت اكثر تخصصا واكثر عددا خلال هذه الفترة.

القردة العليا التي عاشت في عصر الميوسين Miocene apes

في هذا العصر ــ الميوسين ، ظهرت القردة العليا منتشرة بمناطق متعددة من العالم القديم . اقدم القردة العليا الشبيهة **بالجيبون** gibbon **هوبليوبيثكس** *Pliopithecus* وتدل دراسة البقايا المتحجرة على أن هذه القردة كانت موجودة في افريقيا واوروبا . وقد اكتشف هيكل كامل لواحد من هذه الحيوانات في تشيكوسلوفاكيا ، ويشبه الجيبون الى حد بعيد من حيث الاسنان وتجويف العينين والترقوة وطول العظام ، باستثناء بعض مظاهر الطرف العلوي فهي تشبه القردة . ويدل شكل عظام الترقوة والطرف العلوي على ان هذا المخلوق يتنقل بين الاشجار brachiator ، وانه يتمتع بعض الشيء بانتصاب القامة شأنه شأن بقية الرئيسيات الاخرى .



الشكل (٢٦ ــ ٣) :
من أعلى تعود الـــى باراپيثيكس *Parapithecus*، والصورة الوسطـى تعود الى بليوپيثيكس *Pliopithecus*، امـا الدنيا فهي لحيـــوان الجيبون المعاصر .

دراپوبيثيكس

Dryopithecus

باكتشاف البقايا المتحجرة للجنس درايوبيثيكس او **قرد البلوط العالـــي** oak apeنكون قد وجدنا ماقد يكون اول اكتشـاف هام في سجل حفريات الرئيسيات. لقد كان واسع الانتشـار خلال الميوسين وبداية البليوسين ويدل هذا على انه قد نجح الى حد كبير بالتأقلم للبيئات المتعددة التي كان يعيش بها . مع ان معظـم بقايا هذا الكائن وجدت في افريقيا : الا أن بعضها وجد في اوروبا واسيا ايضـا .

وهناك قرد من تحت عائلة **درايوبيثيسني**، Dryopithecinae كان يمتلك من الصفات مايوحي بانه ليس مما يمكن اعتباره اصلا للقردة العليا pongids بـــل يمكن ان يكون اصلا للانسـان . وتدل عظام الرسغ على انه قد تأقلم للتنقل بين الأشجار ، ولكن عظام الوجه والعمود الفقري والقدم تدل على صلة قرابتـــه من الغوريلا كما ان حجمه يقارب حجم القردة الافريقية المعاصرة . واهـم صفة مميزة هي التسنين . فمع أن حجم الانياب يشابه مثيله بالقـــردة الا أن الاضراس السفلية تظهر نمطا يعرف ب Y-5 أو نمط درايوبيثيسني ، وهـــذا موجود فقط بالجيبون والقردة العليا والانسان . وكل ضرس له خمس رؤوس.

مفصولة بتجويف على شكل حرف Y .

وبما ان درايوبيثكس حيوان انتقالي فهو يختلف من نواح عديدة : فبعض الاشكال اقرب الى القردة **والاورانج اوتان** وبعضها اقرب الى الشمبانزي والغوريلا . ويدل شكل الاسنان اجمالا على ان الدرايوبيثكس كان يتغذى على النباتات وان الانواع الضخمة منه ربما قضت وقتا طويلا من حياتها على الارض، فبعضها قد عاش على المنحدرات التي تكونت بفعل البراكين القديمة — مأوى نظيرها المعاصر غوريلا الجبال — وبعضها منها كان يعيش **بالغابات** woodlands وسهول **السافانا** savannahs .

راما بيثيكس Ramapithecus

في اواخر الميوسين (وبداية البليوسين)ظهر حيوان رئيسي من نفس تحت العائلة درايوبيثكس هو رامابيثيكس . ويعتقد العديد من علماء الحفريات بان هذا الكائن يتبع عائلة **الانسانيات** Hominidae وهي العائلة التي تحوي الانسان الحديث وكذلك انواع الانسان المنقرضة ، ولكن بقايا الحفريات غير كافية للتصنيف الاكيد .

بعض البقايا المتحجرة للفك العلوي والسفلي لهذا الكائن وجدت في شرق افريقيا وتلال **سيوالك** Siwalik بالهند وهي ذات قواطع وانياب صغيرة ، وهي اصغر مما في درايوبيثيكس ولا توجد **فرجة** diastema بين القواطع والانياب بالفك العلوي . والفرجة موجودة بمعظم الرئيسيات ما عدا الانسان ، وهي ضرورية لايواء الانياب السفلى ولتسمح بعمل التقطيع المتقن اذ ان الانياب العليا تتداخل مع الاسنان السفلى الطواحن . وهذا المظهر يجعل الحيوان قادرا على تمزيق قشور النباتات الصلبة والبذور . ووجه رامابيثيكس اقل بروزا الى الامام من وجه **القردة العليا** pongids ، وهو بذلك من الانسانيات بالغة التطور . وقوس اسنانه يتكون من صفين من الاسنان ينتظمان بشكل حرف U كما هو الحال لدى الانسان بعكس بقية متحجرات الرئيسيات الاخرى والتي هي بشكل حرف V .

وبوجه عام فان اجزاء الفك تدل على ان رامابيثيكس يشكل مرحلة انتقالية بين درايوبيثيكس **واستراليوبيثكس** *Australopithecus* وهو اقدم كائن ذي علاقة

بالانسان بدون شك . وان تناسب الاسنان من الامام الى الخلف سبب من الاسباب التي توحي بأن هذا المخلوق القديم كان يتغذى وهو على الارض وعلى انواع صلبة من الطعام . ومن المعروف أن راما بيثيكس قد عاش في غابات شمال الهند ويرجع ذلك لتاريخ ما قبل عشرة ملايين سنة ، عندما بدأت هذه الغابات تتقهقر مخلفة وراءها أرضا فضاء ذات أعشاب .

ان الانياب الصغيرة التي ادت الى تضاؤل في حجم الوجه ادت بالباحثين الى الافتراض بأن رامابيثيكس كان يستعمل الادوات . ان معظم الرئيسيات تستعمل الانياب كأسلحة دفاعية وللغرض العدواني ، بالاضافة الى استعمالها لازالة القشرة القاسية للفاكهة وتمزيق القشرة الخارجية للاشجار وبعض مواد التغذية الاخرى . وبدون انياب كبيرة تعتبر الرئيسيات بدون اسلحة دفاعية تقريبا ولا تستطيع الحياة في بيئتها العدائية الا اذا كانت تمتلك وسائل دفاعية أخرى . وهذا مما يبعث على الاعتقاد بأن هذا النوع قد استعمل الادوات للحصول على غذائه ولاغراض الهجوم ولهذا كان بالطبع بحاجة الى استعمال يديه . واذا كان هذا الافتراض صحيحا ، فهذا يؤدي الى الاعتقاد بأن رامابيثيكس كان يمشي على رجليه فقط ، كما هو الحال في الانسانيات المتأخرة ، من اجل استعمال يديه بحرية لحمل واستعمال الادوات . ومع ذلك ، فان هذا الاستدلال مبني على أجزاء قليلة من الفك ، ولا بد لعلماء الحفريات من دراسة اجزاء اخرى من الهيكل العظمي لا سيما عظام مؤخر الجمجمة والطرف الخلفي من القدم والحوض قبل التأكد من صحة الادعاء السابق . وان عظام مؤخر الجمجمة تدل ايضا على ما اذا كان هذا النوع يعيش على الشجر مثل بقية الرئيسيات او على الارض مثل الانسانيات الحديثة بما فيها الانسان .

ومن النظريات المهمة التي تفسر صغر الانياب تلك التي وضعها عالم الانثروبولوجيا **كليفورد جولي** Clifford Jolly .وتعرف **بفرضية آكل البذور** seed-eating hypothesis وتقول هذه النظرية بأن نوع الغذاء وليس السلاح هو الذي ادى الى اختزال حجم الاسنان . وقد درس هذا العالم نوع بابون **ثيروبيثيكس** *Thero pithecus* الذي يعود الى عصر **البليستوسين** Pleistocene وهو قريب الصلة ببابون جيلادا gelada المعاصر الذي يقطن التلال الحشائشية الافريقية المرتفعة العديمة الاشجار . وقارن هذا النوع مع نوع اخر يعرف باسم **بابيوبابون** *P. papio* ويعيش بالغابات ومناطق الحشائش ذات الاشجار ، وقد



الشكل (٢٦ ــ ٤) : منظر جانبي للفك العلوي لرامابيثيكس .

بين أن البابون الذكر من نوع ثيروبيثيكس كان له انياب أصغر واقصر من بابيوبابون اذ أن البابون الاول يتغذى على البذور والاعشاب وبعض اجزاء النبات كما يفعل قريبه الحديث بابون جيلادا ، ومضغ هذه الاغذية يحتاج الى مضع قوي ذي حركة من جانب لآخر .

والحيوانات ذات الانياب الكبيرة لا تستطيع المضغ بهذه الطريقة لان الانياب قد تتشابك . ولهذا فان الحيوانات التي كانت تعيش على الارض ذات انياب صغيرة وقصيرة مكنتها من الحصول على غذائها بقدرة أعلى من الافراد ذوات الانياب الطويلة ، ولهذا عاشت بأعداد أكبر ، وقد انتقلت هذه الصفة الى اتباعها بدرجات أعلى . وحينما بدأت بزيادة التغذية في **الارض ذات الاعشاب قليلة الاشجار** open country فان راما بيثيكس والانسانيات الاولى اعتمدت ايضا على الاغذية النباتية القاسية (وربما الحيوانات الصغيرة) ، مما أدى الى تطور الاسنان الصغيرة .

هذه النظرية لا تستثني امكانية كون الانسانيات الاولى بما فيها رامابيثيكس كانت تستعمل الاسلحة . ولكنها ربما كانت تستعملها كما استعملها الشمبانزي، والجابون المعاصران . وربما كان استعمال الاسلحة بالحقيقة سببا ثانويا لتطور الانياب الصغيرة وحجم الاسنان الصغيرة كان ذا فائدة للحصول على الغذاء

وبالعكس من ذلك في حالة الدفاع بدون وجود سلاح بديل . ،

ان اهمية راما بيثيكس لا تكمن في انه من اول الانسانيات بل انه مثال للارتقاء التطوري الذي حصل من تشعب درايوبيثيكس الذي حصل في نهاية عصر الميوسين . ومع أن ذلك لم يكن مؤكدا في السابق الا انه اصبح من الواضح

ان بأن القردة العليا والانسان تفرعت من اصل واحد خلال عصر الميوسين اذ يزودنا رامابيثيكس بالدلائل الواضحة الممكنة لهذا الحادث التطوري المهم.

التطور كتجربة : Evolution as experimentation

ان تصنيف رامابيثيكس كمرحلة انتقالية بين درايوبيثيكس واستراليوبيثيكس يدل على أن التطور مر بمراحل متسلسلة لم تنقطع ، وان كل حلقة واضحة مميزة تنسجم تماما مع ما سبقها وما سيتبعها . وكما رأينا في تطور الحصان الذي تم شرحه في الفصل الرابع والعشرين ، فالتطور نادرا ما يكون في تتابع سوي . فكما أن عددا من التشعبات تفرعت من الاصل الاولي للحصان ، ثم ان معظمها قد انقرض ، فكذلك عاش درايوبيثيكس ورامابيثيكس في عدة اشكال ولكن معظمها انقرض ، وهذا هو الحال بتطور جميع الكائنات الحية .

ان التطور هو نظام من تجارب متواصلة في التأقلم والتكيف واعادة التكيف يفضي الى تحسين وتكثير وانقراض او استقرار بعض من اشكال الحياة . ولقد شرح **سيمبسون** G. G. Simpson وهو واحد من كبار علماء التطور ظاهرة انقراض اكثر الانواع في اي جنس متطور ، بحيث لا يبقى الا اكثرها مقدرة على التكيف مع بيئتها . ان هذه الظاهرة كثيرا ما تتبع فترة من انتشار او تشعب كما حدث بالقردة العليا ودرايوبيثيكس خلال عصر الميوسين . فبعد ان توزعت هذه الكائنات في بيئتها الجديدة على الارض الحشائشية قليلة الاشجار ، توالد منها كثير من الاشكال المتشابهة فكونت انواعا وتحت انواع . ثم بتأثير الانتخاب اخذت تتلاشى الانواع الاقل قدرة على التكيف مفسحة المجال للانواع الباقية كي تزداد تخصصا في العيش في بيئات معينة .

الانسانيات الاولى : Early hominids

بعد رامابيثيكس هنالك فجوة في سجل المتحجرات الانسانية تمتد عشرة ملايين سنة لم تترك الا القليل من المتحجرات . وان عددا من التغيرات في حالة الطقس قد حصلت خلال هذه الفترة فعصر الميوسين ادى الى جو بارد جاف مما ادى الى سرعة انحسار الغابات الكثيفة وتكاثر الغابات العادية والارض

المعشوشبة ذات الاشجار المتناثرة المفتوحة . وبهذا فان رامابيثيكس وتابعيه قد زاد اضطرارهم للتاقلم مع البيئة المفتوحة الجديدة. ويعتقد علماء الانثروبولوجيا (علم أصل الانسان) بان الانسانيات الاولى قد تركت الغابات الى منطقة انتقالية بين مجتمعين نباتيين مختلفين أو منطقة انتقالية بين بيئتين مختلفتين . وهي في هذه الحالة الارض الحشائشية التي تجاور الغابات. وهذا النوع من المناطق غني بما يحويه من الاشكال المختلفة من الحياة النباتية والحيوانية مما لا يوجد باي من الغابات او الارض المفتوحة ذات الاشجار القليلة .

استرالوبيثيكس **Australopithecus**

ان الحفريات التي تلت هذه الفجوة في سلم تطور الانسان تتكشف عن دليل محدد عن وجود شكل انساني له دماغ كبير ، يستعمل رجله فقط للمشي ، منتصب القامة ، يكون اللحم جزءا من غذائه ، ولعله كان يقوم بصنع واستعمال الادوات . وهذه المتحجرات الانسانية هي الاسترالوبيثيكس أو القرد العالي الجنوبي الذي يقوم حوله خلاف كبير .

ان علماء الحفريات امثال **ريموند دارت** Raymond Dart ، **روبرت بروم** Robert Broom ، **وجون روبسون** J. Robinson **ولويس وريتشارد ليكي** Louis and Richard Leakey قد اكتشفوا بقايا لحوالي ٣٠٠ استرالوبيثكس من مواقع في جنوب وشرق افريقيا بما في ذلك **تونج** Taung ، **ماكابان** Makapan **ستيركفونتين** Sterkfontein ، **سوارتكرانس** Swartkrans ، **اولدوفاي جورج** Olduvai Gorge ، **واومو** Omo . ولمدة طويلة كانت البقايا المتحجرة لهذه الانسانيات موضع التباس لان كل متحجرة جديدة تكتشف كان مكتشفها يسميها باسم نوع جديد . ولكن فيما بعد حاول علماء الحفريات التعاون لتصنيف المتحجرات واستنتجوا بتردد ان استرالوبيثيكس قد ظهر بشكلين : الاول **استرالوبيثيكس الافريقي** *Australopithecus africanus* • كان نحيف القامة يزن من ٥٠ الى ١٠٠ باوند ويعتقد انه كان يقتات على اللحم الى درجة معينة ، والشكل الثاني هو **استرالوبيثيكس روبوستس** *Australopithecus robustus* وكان قصيرا ممتلىء الجسم يزن بين ١٠٠ ـ ١٥٠ باوند ، ويعتقد انه كان يعتمد على النباتات كغذاء رئيسي .

ويعتقد بأن تصنيف استرالوبيثيكس الى فرعين ربما لا يكون صحيحا . فبعض العلماء على سبيل المثال يعتبرون أن استرالوبيثيكس هو نوع واحد فقط ذو شكلين مختلفين نتيجة للانتشار الواسع . وفي وقت ما اعتبروا أن وجـــود الشكلين المختلفين يمثل الثنائية الجنسية في النوع الواحد وان استرالوبيثيكس افريكانس يظهر وكأنه الانثى أما اوسترالوبيثيكس روبوستس فهو الذكر ، ولكن هذا الاعتقاد غير مؤكد لانه يبنى على الاختلاف بالحجم فقط . وعلى كل لا يوجد حتى الآن نظرية او اعتقاد نهائي حيث أن متحجرات جديدة تكتشف كل عام فتجبر



الشكل (٢٦ ــ ٥) : جمجمة طفل من التوبنج بافريقيا Taung, Africa . وهذه اول اكتشاف لاسترالوبيثيكس *Australopithecus* .

علماء أصل الانسان على اعادة تقييمهم لاصول الانسان . فمثلا قد اكتشف ريتشارد ليكي Richard Leakey ودونالد كارل جوهانسون في اثيوبيا Donald Carl Johanson in Ethiopia مؤخرا متحجرات تعود الى ٣ ـ ٤ ملايين سنة ولا تتوافق تماما مع اي من شكلي استرالوبيثيكس سالفي الذكر وبذلك لا يمكن تصنيفها بالتاكيد تحت اسم الجنس البشري .

تصنيف استرالوبيثيكس : Classifying Australopithecus

تدل عظام الجمجمة والحوض والاطراف على ان استرالوبيثيكس يمتلك صفات بدائية واخرى على درجة عالية من التطور . ان كائنا يمشي على قدمين منتصب القامة وطوله يقرب من اربعة اقدام ونصف وكان له فكان ضخمان بدون ذقن وجمجمة قليلة الارتفاع وحاجبان ضخمان مرتفعان هو مشابه للقردة العليا في جميع مميزاتها . ولكن التسنين قد وصل مرحلة متقدمة ، بما في ذلك الانياب الصغيرة والقواطع والقوس السني الدائري .فلاتوجد فرجة diastema . والتلف بالاسنان يبين بأن عملية المضغ كانت تتم من جانب لآخر كما هو الحال عند الانسان .

ورغم ان الجمجمة تشبه جمجمة القردة الا ان فتحة الثقب الكبير بالجمجمة قد اتخذت مكانا متقدما ومواجها للاسفل كما هو الحال في الانسان الحالي *Homo sapiens* ، ومكان الدرز الذي يصل ما بين عظمي الجمجمة العلوي parietal والخلفي occipital يدل على اتساع سطح العظم العلوي parietal cortex وهي المنطقة المختصة بالنطق . وسعة حجم الدماغ صغيرة تتراوح ما بين ٤٥٠ ـ ٦٠٠ سم ٣ بمقارنته مع سعة حجم دماغ الانسان وهي ١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠سم٣ وبسبب قصر قامة استرالوبيثيكس فان النسبة بين حجم الدماغ والجسم تقترب من الرئيسيات المتقدمة بما في ذلك الانسان .

ان من اهم الحقائق التي تخرج بها من فحص المتحجرات التابعة لهذا الكائن قريب الصلة بالانسان انه كان يقف منتصبا قبل أن يملك دماغا كبيرا معقدا ، ودراسات الحوض ، والعمود الفقري وعظام الاطراف والقدم تثبت بأنه كان يستعمل قدميه للمشي .

وكلا النوعين من أوسترالوبيثيكس وهما افريكانس وروباستس كانا يمتلكان

الصفات آنفة الذكر ويختلفان فقط في صفات غير اساسية . وبالاضافة الى الاختلاف بالحجم ، على سبيل المثال فان أ ــ روباستس له جمجمة يمتازسطحها العلوي المرتفع لاعلى بشكله السهمي sagittal crest الممتد من الامام الى الخلف . وهذا الشكل موجود بالقردة العليا وفائدته انه يستعمل كمكان تلتصق فيه عضلات الفكوك الضخمة اللازمة لمضغ وتفتيت النباتات القاسية .

ويعتقد العديد من الباحثين أن أ ــ روباستس يمثل تطورا نهائيا cul-de-sac وهو فرع انقرض بسبب تخصصه العالي السريع . ممثلا جميع الاسنان على جانبي الفكين قد كبرت في الحجم وكذلك الاضراس اصبحت مساحتها المضغية كبيرة . ولكن الاتجاه الحقيقي لتطور الانسان كان في ناحية الاسنان الصغيرة والمساحة المضغية القليلة . وهذه الاشكال بدون تخصص بالفكوك ربما اضطرت أن تتعلم استعمال الادوات بكفاءة وهكذا صارت اكثر تاقلما مع الوقت .

ومن القضايا التي يدور حولها جدل كبير بين علماء الحفريات هل كان استرالوبيثيكس يصنع ويستعمل الادوات . فمثلا لقد فحص ريموند دارت عددا من عظام الحيوانات في كهف ماكابان Makapan في جنوب افريقيا . وبالاستناد الى عدد عظام معينة فقد اكد دارت بأن اوسترالوبيثيكس ، كان يستعمل عظما على شكل القرن المدبب osteodontokeratic كادوات واسلحة .

وقد وجد لويس ليكي عدة أدوات من حصى غير تامة الصقل مع بقايا مخلوقات ذات صلة بالانسان في أولدفاي جورج وهو لم يتمسك بالقول بان استرالوبيثيكس هو صانع الادوات بل ذهب الى ان هذا العمل من صنع مخلوق ارقى تطورا وذي صلة بالانسان وسماه الانسان هابيليز *Homo habilis* .

وبقايا هذا المخلوق الاكثر تطورا بما تحويه من عظام للجمجمة والترقوة والفك السفلي يرجع تاريخها الى حوالي ١٫٧٥ مليون سنة . ومما وجد قدر علماء الحفريات سعة حجم الدماغ لهذا المخلوق بحوالي ٦٨٠ سنتيمترا مكعبا . علما بأن بعض علماء أصل الانسان يرون انه لا توجد اختلافات رئيسية بين استرالوبيثيكس والانسان هابيليز . وطبقا لذلك فقد اعتبروا أن المخلوق الاخير هو شكل مما يسمى بتحت النوع وعليه اطلق الاسم استرالوبيثيكس هابيليز *Australopithecus habilis*.

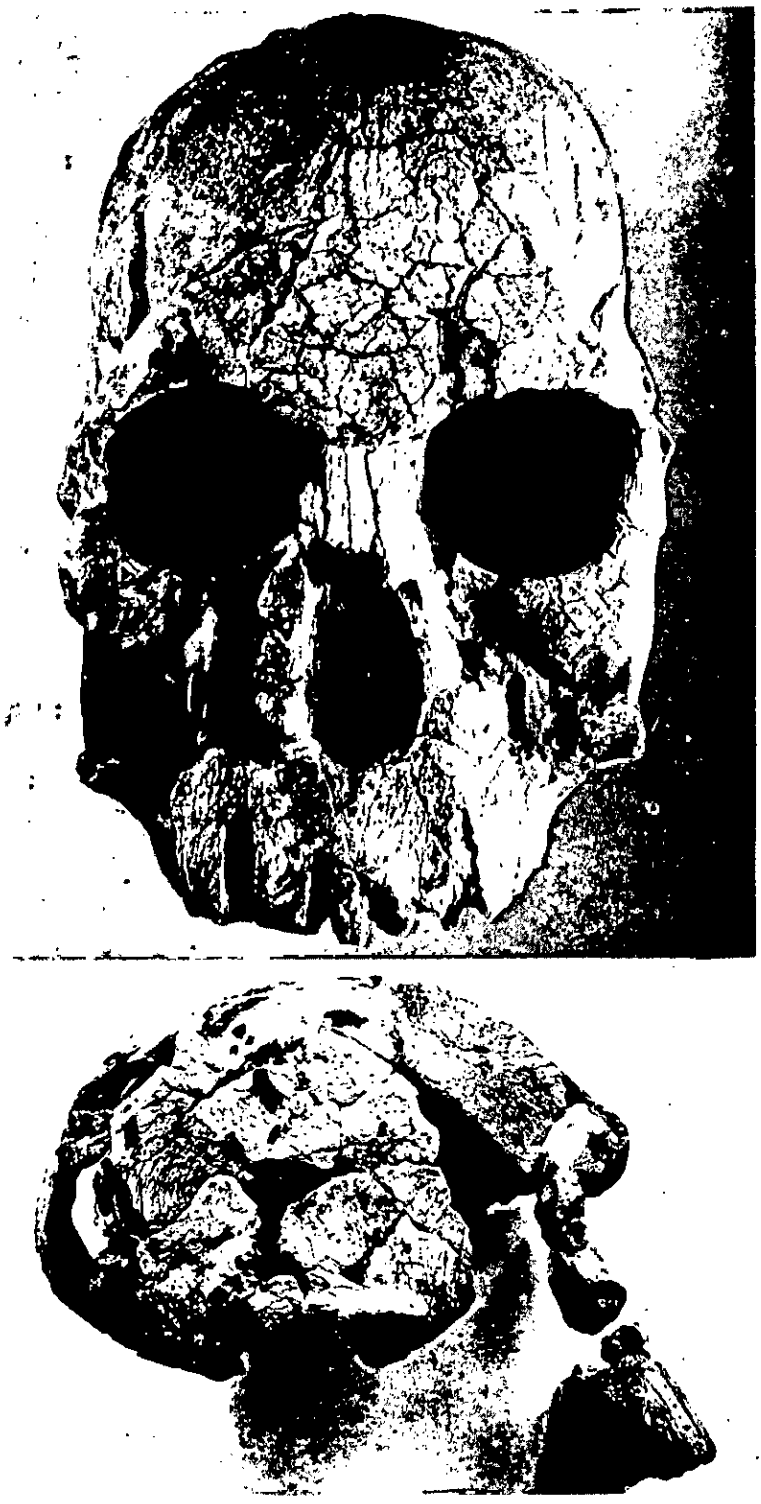
والسؤال الآن اين سيكون موقع الانسان هابيليز الذي اكتشفه ليكي في سلسلة تطور الانسان ؟ الوضع معقد جدا في الوقت الحاضر . وحديثا اكتشف

ريتشارد ابن العالم الشهير ليكي جمجمة اطلق عليها « ١٤٧٠ » وهي اكثر تقدما من اي حفرية وجدت لاستراوبيثيكس . وسعة حجم الدماغ لها بحدود ٨٠٠ سنتمترا مكعبا وتقترب من **الانسان المنتصب** *Homo erectus* الحديث ، الذي عاش قبل مليوني سنة . واذا كان تاريخ العينة « ١٤٧٠ » صحيحا فان هذا يدل على انها لمخلوق اكثر تطورا من المخلوق ذي الصلة بالانسان الذي عاش قبل ذلك والذي كان اقل تطورا وهو استراوبيثيكس . وبما تلقيه هذه الحفريـة ١٤٧٠ من ضوء فقد اقترح العالم ليكي انه كان منافسا لمعاصره استراوبيثيكس مما كان سببا لانقراض استراوبيثيكس ، وادى الى تطور الانسان المنتصب وقد صنف العالم ليكي العينة (١٤٧٠) كأحد افراد الجنس الانساني *Homo* وقد عرفها بانها **الانسان هابيليز** *Homo habilis* وهي شكل مما قد اكتشفه والده.

The genus Homo — الجنس البشري

ان معظم علماء اصل الانسان يعارضون تصنيف ليكي معتقدين ان استراوبيثيكس لديه العديد من الاشكال والاختلافات ، بعضها قد انقرض بدون شك ، والبعض الآخر قد تطور الى الجنس (البشري) . ومن اجل تقييم كل من الموقفين بات من الضروري معرفة صفات الجنس (البشري) وكيف تطورت . ان الصفات المميزة **للانسان الحديث والقديم** protohumans من الممكن ان تجمع بأربع مجموعات عامة : التسنين والدماغ والجهاز الهيكلي ثم التكاثر الجنسي والعناية بالصغار.

عندما تركت الانسانيات الاولى الاشجار وانتقلت الى الغابات الاقل كثافة والارض المعشوشبة المفتوحة قليلة الاشجار ، اصبح غذائها يحوي النبات واللحم والفاكهة omnivorous, ونتيجة لذلك فان التسنين قد تطور باتجاه اختزال العدد والحجم مصحوبا بتعدد الاغراض ، والثدييات التي يعتقد بأن **بليزيدابس** *Plesiadapis* قد تطور منها كانت تملك ٤٤ سنا متخصصة باعمال القطع والتمزيق والطحن . ومع تطور الرئيسيات بعد ذلك ، كما لاحظنا اصبحت الانياب صغيرة وعدد من الطواحن اختفى وبقية الاسنان اصبحت ذات وظيفة عامة واقل اختصاصا واكثر كفاءة . والانسان الحالي يملك ٣٢ سنا مرتبة واحدا تلو الاخر على القوس السني على شكل حرف U . وكما بينا في دراسة رامابيثيكاس ، فان اختزال حجم الانياب سببه تغير وجبات الطعام مما دفع ببعض العلماء



الشكل (٢٦ ــ ٦) : منظر امامي وجانبي للعينة ١٤٧٠ التي اكتشفها العالم ليكي Richard Leakey . ((نموذج الانسان الثالث)) من بحيرة رودلف Rudolph . وقد جمعتها زوجته الدكتورة ميف ليكي Maeve Leakey

الى التفكير بان ذلك جعل الايدي حرة ومن ثم ادى الى المشي باستعمال الارجل فقط وانتصاب القامة في الانسانيات الاولى .

وكلما اصبحت الاسنان اصغر حجما واقل عددا فان حجم الفك ومن ثم الوجه صغر ايضا حتى وصل الى وجه ملموم يماثل في تركيبه وجه الانسان الحديث اضف الى ذلك ان التغير من وجبات نباتية اساسا الى اخرى تعتمد على اللحم قد شجع الزيادة في حجم الدماغ فان الرئيسيات الاولى كانت تلاقي تحديات قليلة في الحصول على غذائها ، اذ ان النباتات والفواكه والاشجار الصغيرة كانت جاهزة وقريبة للقضم . اما التغير الى اكل اللحوم فيتطلب تأقلما جديدا من المحتمل ان يؤدي الى تطور بعض المناطق في الدماغ . وحتى تستطيع الرئيسيات الامساك بالحيوانات الصغيرة مثل السحالي والارانب فانها تحتاج الى تسلل وبسرعة اكبر ، وحتى تستطيع ان تصطاد حيوانات اكبر مثل صغار الظبي والبابون فانها تحتاج الى بصيرة نفاذة وتخطيط . واخيرا فحين بدءوا يتعقبون الظبي البالغ فانهم احتاجوا الى كل ما سبق ذكره من عوامل بالاضافة الى تعاونها معا . كما انه اثناء ملاحقة الحيوانات الكبيرة السريعة كانت تظهر بعض المشاكل التي غالبا ما تتطلب الحل المباشر والذي يتطلب المرونة والاستجابة المتغيرة حسب ما يتطلبه الوضع .

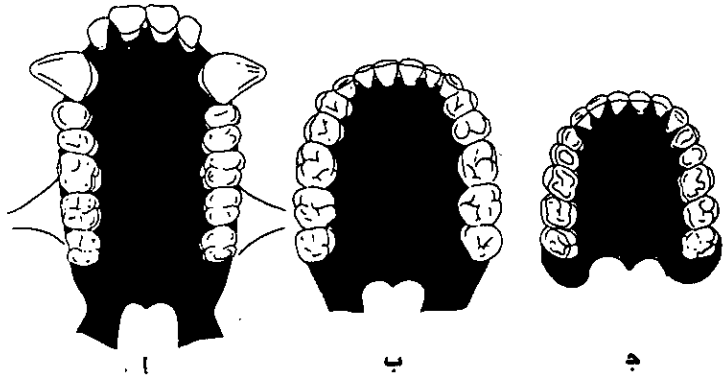
وكذلك فان صنع واستخدام الادوات للصيد وبعض النشاطات الاخرى قد ادى الى زيادة حجم وتعقيد الدماغ وجعله اكثر تأقلما . ان صنع الاداة يتطلب ادراكا مسبقا لشكلها وطريقة صنعها ، وقد تم هذا بطريقة قياسية فيها العديد من الخطوات المشروحة ، وتحوي تداخلا من الايدي ، والعين والدماغ ومع ان حيوانات اخرى قد شوهدت تصنع وتستعمل الادوات الا ان الانسان وحده هو الذي يستعمل الاداة من اجل صنع اداة اخرى . ان كل ضغوط الاختيار مجتمعة قد ادت الى تطور سريع وبحدود سليمة لزيادة حجم الدماغ مصحوبة بتنظيم معقد للأعصاب ومجاريها واتصالاتها خلال تطور **الانسان المنتصب** *Homo erectus* من استرالوبيثيكس .

ان سعة حجم الدماغ تعتبر مؤشرا اساسيا يدل على مركز الكائن الحي في سلم التطور . وسعة حجم الدماغ للرجال والاناث تتراوح ما بين ١٠٠٠ — ٢٠٠٠ سنتيمترا مكعبا ، وفي القردة العليا من ٣٥٠ — ٦٥٠ سنتيمترا مكعبا ، وفي استرالوبيثيكس من ٤٥٠ — ٦٥٠ سنتيمترا مكعبا ولكن **علماء اصل الانسان**

anthropologists يترددون في تحديد شكل أو حجم معين دونه اية متحجرة غير انسانية ، فحجم الدماغ وحده لا يمكن اعتباره العامل الفعال الوحيد للذكاء ،وعلى سبيل المثال فان حجم الدماغ في **انسان نيندرتالينسز** *Homo neandertalensis,* يصل الى ١٥٠٠ سنتيمترا مكعب اي انه اعلى من معدل حجم دماغ الانسان المعاصر . كما أن معدل حجم دماغ الرجل اكبر منه في المراة ، وفي حالات قليلة يكون الرجل اكثر ذكاء من المراة وان حجم الجسم الكبير يتطلب دماغا كبيرا حتى يستطيع تنظيم حركة العضلات، لذلك فان الحيتان والفيلة لها اكبر الادمغةحجما.

ان التغيرات في الهيكل العظمي التي صاحبت القامة المنتصبة واستعمال الطرف الخلفي فقط بالمشي تشكل الصفة الثالثة الرئيسية التي يتميز بها الجنس البشري *Homo* ونتيجة لهذه التغيرات في الهيكل العظمي ، فان النوع البشري اليوم يتميز بالحوض الواسع العريض ، والاقدام المستقيمة ، وكذلك القوسين الطولي والعرضي بالقدم ، وهما يعملان كزنبرك لنقل التوتر اثناء المشي بالاضافة الى العمود الفقري الذي أصبح شكله كحرف ـ S .

ان العديد من النظريات قد وضعت لتفسير تطور انتصاب القامة او استعمال الارجل فقط للمشي . واحدى هذه النظريات تشير الى أن هذهالتغيرات جميعا هي نتيجة ميزة انتقائية منحت للانسان القديم مدى رؤية واسعا ، خاصة من أعلى ومن خلال الاعشاب والشجيرات التي قد تخفي الحيوانات المفترسة أو الفريسة . ولكن هذا يفسر المشي المؤقت على قدمين ، كما تفعل الرئيسيات



الشكل (٢٦ ـ ٧) : سقف الحلق والاسنان العليا .
(ا) الغوريلا
(ب) اوسترالوبيثيكس
(جـ) انسان معاصر ذو اسنان كبيرة

الاخرى ، ولا يفسر او يدل لماذا اصبح الانسان يمشي على قدمين فقط بينما بقية الرئيسيات استمرت بالمشي على اربع . وهناك تفسيرا اخر وهو أن خاصية المشي على قدمين فقط اكتسبتها الانسانيات الاولية من اجل حمل غذائها معها وخاصة في الحالات الاضطرارية التي تحتاج الى تجنب سريع لقتال متوقع وهذا التفسير يبدو غير كافٍ . ان بعض الرئيسيات وخاصة الشمبانزي **والقرد الياباني** Japanese macaque قد شوهدت وهي تحمل غذاءها بينما تمشي بشكل منتصب لمسافات لا بأس بها .

وهناك نظرية يبدو انها افضل ، اقترحها عالم اصل الانسان **جون بيفر** John Pfeiffer وهي تركز على زيادة استهلاك الانسانيات من اللحوم وكذلك المشاركة فيها . فعندما يقتل احد الانسانيات ظبياً او حيوانا اخر ، يجد نفسه امام ١٥ — ٢٠ باوند من اللحم وهذه كمية لا يستطيع استهلاكها حيث هو ، ولا حتى خزنها بنجاح . وكان اللحم ثمينا لا يجوز تركه ، وهكذا يقدم هذا المخلوق الصائد على حمل هذا اللحم عائدا لجماعته ليشارك معهم صيده . ان المقدرة على حمل الغذاء لمسافات طويلة صارت عنصرا مهما في البقاء وجعلت الانتخاب في صالح جماعات الافراد القادرين على المشي لمسافة ميلين او ثلاثة ، حاملين معهم جثة الحيوان المقتول بين ايديهم أو على ظهورهم .

والتنوع في صفات التكاثر الجنسي يميز الانسانيات عن غيرها من الرئيسيات . فأنثى الانسان مثلا لا تمتلك **دورة فصلية نزوية** estrous cycle لكن لها **دورة شهرية** menstrual cycle بحيث يمكن الجماع في اي فترة خلال العام . والانسان ليس له الجلد الجنسي — وهذه منطقة تحيط بالثدي او الجهاز التناسلي يتغير لونها دليلا على بداية الدورة النزوية ، وهو لا يفرز رائحة جنسية معينة . ان التجاذب الجنسي ينشأ عن الصفات الجنسية الثانوية كالثدي عند الانثى **والكفل** buttocks **لكلا الجنسين** . ومواليد الانسان يولدون عالة على غيرهم ، فجهازهم العصبي لم يتطور تماما وكنتيجة لذلك فان الاطفال يعتمدون عادة على ابائهم او على اناس بالغين غيرهم على الاقل في السنوات العشر او الاثنتي عشرة سنة الاولى من عمرهم . والفائدة التي يتيحها هذا الوضع المميز هي الخبرة التي يتعلمها النسل من الرعاية الطويلة التي يتلقاها ؛ ففي هذه الفترة يتعلم الجيل الجديد الوسائل البدنية والاجتماعية التي تشارك بقدرة النوع البشري من اجل السيادة على باقي الكائنات .

وهناك صفتان أساسيتان اخريان تميزان الجنس الانساني هما صناعة الادوات واللغة وكل منهما تمثل تأقلما حضاريا . وجميع هذه التكيفات الجسمية والحضارية ، قد تكون حدثت في وقت واحد تقريباعلى نحو تتابع ايجابي تقوي فيه أية صفة مكتفة غيرها من الصفات . والحضارة في الحقيقة تعني الشيء الذي يمكن تعلمه ، وكما رأينا في الفصل السابق ، فان القدرة على التعلم هي صفة وراثية بيولوجية . وكذلك ، فان الظروف التي تسهل التعليم كما رأينا قد تطورت كجزء في تطورنا العام كثدييات قادرة على التكاثر جنسيا وذات صفات



الشكل (٢٦ ـ ٨) : على الشمال عظم الفخذ من الانسان المنتصب Homo Erectus الذي وجد في جاوا java باندونيسيا . ويظهر مشابها لعظم فخذ الانسان المعاصر الى اليمين .

اجتماعية . والتطور الحضاري لا يستطيع ان يحدث بغياب التغيرات البيولوجية التي تجعله ممكنا . ومن ناحية اخرى ، فان التطور الجسدي في حجم الدماغ ومقدرته كان ضروريا من أجل المقدرة على الاتصال بواسطة اللغة ، وبمعنى اخر فان تطور اللغة كان بمثابة عامل مساند لتطور اكثر بالدماغ جعله قادرا على فهم البيئة الطبيعية والاجتماعية على نحو اكثر تعقيدا .

الانسان المنتصب (انسان جاوا) **Homo erectus**

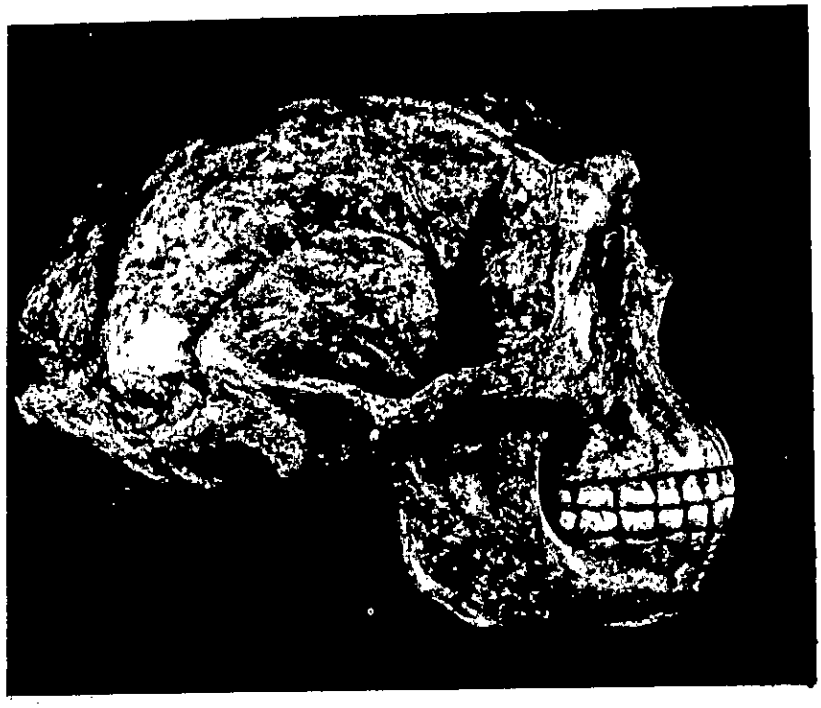
ان أول الانسانيات الذي ملك جميع صفات الجنس الانساني *Homo* كزيادة الدماغ وتطور الاسنان والقامة المنتصبة والمشي على القدمين ، ومظاهر الانسان الانتاجية الجنسية — هو الانسان المنتصب . اكتشفت البقايا المتحجرة لاول فرد حقيقي في الجنس البشري *Homo* عام ١٨٩١ ، اكتشفها **يوجين دوبيس** Eugene Dubois في **ترنيل في جاوا** Trinil, Java . لقد اكتشف غطاء الجمجمة العلوي ، وعظم الفخذ ، وبعض الاسنان للانسان الاول الذي كانت له صفات من القردة العليا والانسان — بما فيها المشي على القدمين فقط — وقد اطلق **دوبيس** Dubois على ما اكتشفه ، وهو يرجع الى خمسماية الف سنة اسم **بيثيكانثروبوس المنتصب** *Pithecanthropus erectus* (أي المخلوق المنتصب شبيه القرد والانسان (erect ape-human)) . وقد تغير اسم هذا الكائن اليوم الى الانسان المنتصب (انسانجاوا)كي يعكس المرحلة المتقدمة من التطور الذي وصل اليه هذا الانسان .

وفي عام ١٩٢٧ في **شويكوتين** Choukoutien قرب بكين في الصين اكتشف **ديفيدسون بلاك** Davidson Black اسنانا في كهف من الحجر الطباشيري مع عدد من الادوات الحجرية بما فيها سواطير وقشارات . وقد ادرك ديفيدسون ان السن يعود الى سلف الانسان ، واطلق على هذا الكائن اسم **سينانثروبوس بيكينسيز** *Sinanthropus pekinensis* أي انسان بكين . وقد تمكنت بعثات اخرى من اكتشاف عظام ، الجمجمة والاسنان ، والفكوك ، والاطراف وكلها تثبت انها تعود للانسان المنتصب .

فاعتمادا على المعلومات السابقة الذكر وعلى اكتشاف البقايا المتحجرة ، فانه يمكن صياغة عدد من الاستنتاجات حول مظهر هذه الاصول القديمة للانسان . اولا ، ان طول قامة هذه المخلوقات كان حوالي خمسة اقدام تقريبا، وقد تكون مشابهة لطول اوسترالوبيثيكس او ذات صلة القرابة به . ويصل حجم جماجمها الى حوالي الف سنتميتر مكعب . وهي منخفضة وواسعة عند

القاعدة ، وجماجم الانسان المعاصر هي بالمقارنة اعرض في منطقة فوق الاذن . وأسنان ذلك الانسان المنتصب كبيرة ، وكذلك الفكان والفك السفلي عديم الذقن وبارز الى الامام قليلا . أما عظام الاطراف فقد تطورت تماما كأطراف الانسان المعاصر ولا يوجد هناك ادنى شك بأن **انسان جاوا** *Homo erectus.* كان منتصب القامة ويمشي على قدميه فقط مثلنا .

البقايا الحضارية : ان المظاهر الجسدية مهمة من أجل تحديد حالة انسان جاوا ومثلها في الاهمية تلك الادوات الحضارية التي وجدت مع البقايا الجسدية. وهذا ينطبق بشكل خاص على انسان الصين واكتشاف عدد من الادوات المختلفة مثلا ، يدل على أن هذه الافراد قد استعملوا تلك الادوات في اغراض متعددة . ومن هذه الاغراض طبعا الصيد ، ومن عظام الحيوانات العديدة والتي تشمل الاغنام ، والغزلان ، والظباء وغيرها ، نستدل على انهم كانوا صيادين ماهرين. ومع بقايا العظام يوجد عدد من الجماجم الانسانية وفي كل منهما نجد ان **الثقب الكبير بالجمجمة** foramen magnum قد تصدع بطريقة جعلته يتسع . وهذا العدد من الجماجم المتصدعة بنفس الطريقة يدل على ان



الشكل (٢٦ ــ ٩) : الشكل الخارجي لقالب صمم لانسان سينانثروبس بكينسز *Sinanthropus pekinensis* بالصين . وصنف كانه انسان جاوا *Homo erectus* وسعة دماغه اكثر قليلا من الاشكال التي وجدت في جاوا او اي مكان اخر .

الانسان الاول كان آكلا للحوم بني جنسه : وان اتساع الثقب الكبير بالجمجمة كان طريقة عادية متبعة بالمجتمعات آكلة اللحوم لاستخراج الدماغ ذي القيمة الغذائية العالية . وقد وجد مع هذه الجماجم عظام انسان طويلة قد حطمت كما يظهر من أجل الحصول على نخاع العظم الغني بالبروتين .

وكان اهم الاكتشافات اكتشاف المواقد ، دلالة على استعمال النار اذ أن القدرة على استعمال النار تدل على المقدرة العالية للتأقلم للظروف الجوية الباردة التي كانت سائدة في الصين خلال العصر البليستوسين الاوسط . وهذا ايضا يفسر لماذا لم تكن ملامح وجه انسان جاوا ضخمة كملامح أوسترالوبيثيكس . فاذا استعملت النار للطبخ ومن ثم تطرية اللحم فان الاسنان والفكوك الكبيرة لا تعود تؤدي فائدة تستلزم بقاءها ، بل انها تعوق المضغ الى حد يجعلها تلحق بحاملها بعض الضرر . وبالطبع فان للنار عدة استعمالات اخرى — للتدفئة واضاءة الكهوف واخافة الحيوانات المفترسة او حتى الحيوانات المنافسة لهم على الكهوف ، كما ان النار ضرورية لتقسية رؤوس الخشب من اجل صنع حراب واسلحة اكفأ . وكل هذه العوامل قد زادت مقدرة هذه الكائنات على العيش باعداد أكبر كما أنها بالتالي ساعدت على تطويرها ككائنات اجتماعية .

وكما أن المقدرة على التعلم والمقدرة على الاتصال قد زادت بتطور الحياة الاجتماعية كذلك كان الحال بالنسبة لاستيعاب الحضارة . وان بقايا الانسان المنتصب في انحاء مختلفة من أوروبا تعطي الكثير من الادلة حول التأقلم الحضاري لهذه الافراد . أولا ، لقد قامت هذه الكائنات بصيد الحيوانات الكبيرة في مجموعات صغيرة مستعملين اساليب ذكية وبشكل مخطط . وقد وجدت أدوات حجرية في أحد المستنقعات في **تورالب باسبانيا** Torralba, Spain مع بقايا **الماموث** mammoths وحيوانات كبيرة أخرى . ويعتقد بأن هذه الحيوانات قد دفعت الى المستنقع وذبحت بواسطة جماعة أو جماعات مسلحة من صيادي انسان جاوا . ان هذا النوع من المغامرة يحتاج الى تعاون وكذلك الى طريقة للاتصال ولو بدائية على الاقل ، وتدل على المقدرة على حل المشاكل بواسطة التخطيط . وقد اكتشف مخيم للصيد في الريفيرا الفرنسية قرب نيس في مكان يدعى **تيرا أماتا** Terra Amata ، مما اعطى أول دليل على بناء الاكواخ ، ويظهر أن الباني كان انسان جاوا . وكانت هذه الاكواخ لها سطوح من قش مثبتة بأعمدة خشبية وكانت هذه الاكواخ تتراوح بين ٢٦ و ٤٩ قدما بالطول و ١٣ الى ٢٠ قدما بالعرض

وقد حوت هذه الاكواخ مواقد وأدوات وطاسة خشبية وكمية من أكسيد الحديديك **المائي الاحمر** ocher ، وهو دهان كان يستعمل للاغراض الدينية ودفن الموتى فيما بين الجماعات الانسانية الاخيرة .

انسان نيندرتالينسز Homo sapiens neandertalensis

اقدم بقايا متحجرة للانسان ،هوموسابيانس، النوع الذي يضم الانسان المعاصر اليوم ، قد وجد في وادي نيندر قرب دوسلدروف بألمانيا Neander Valley near Düsseldorf, Germany عام ١٨٥٦ . وانسان نيندرتالينسز ــ سابيانس كما سمي رسميا ، كان مقامه في أوروبا ومناطق أخرى من حوالي مائة الف الى خمس وثلاثين الفا من السنين أي خلال **الفترة العليا من عصر البليستوسين** Upper Pleistocene .

وحيث أن الجليد كان يغطي الكثير من الارض في خلال هذه الفترة ، فان هذه الفترة من عصر البليستوسين تعرف بزمن **العصر الجليدي الكبير** the Great Ice Age . وفيما بين ستماية الف الى عشرة الاف سنة قبل الميلاد تعاقب الزحف الجليدي وتراجع باجزاء كثيرة من العالم بما فيها أوروبا ، واحدث زحف له (يدعى **ورم** Würm) بدأ ما بين سبعين الفا الى اربعين الف عام مضت وفي هذا الوقت تطورت اشكال نيندرتال . والزحف الجليدي أدى الى تغيرات دراماتيكية كبيرة ، سواء في سطح الارض وفي النباتات والحياة الحيوانية التي تعتمد على امدادات من الارض . وقد تجمدت البحار والانهار اما كليا أوجزئيا، وهذا بالاضافة الى ان تزايد وزن الجليد على الارض سبب تغيرا في الخطوط الساحلية وتغيرا في اشكال القارات . ومن بين التغيرات المناخية تحرك مناطق المطر الكثيف باتجاه خط الاستواء ، فتحولت بذلك الصحراء الى مراع معشبة ، ومثل هذا التغير الواسع المدى في البيئة ادى الى تطور سريع نسبيا وعدد من التفرعات التأقلمية المختلفة .

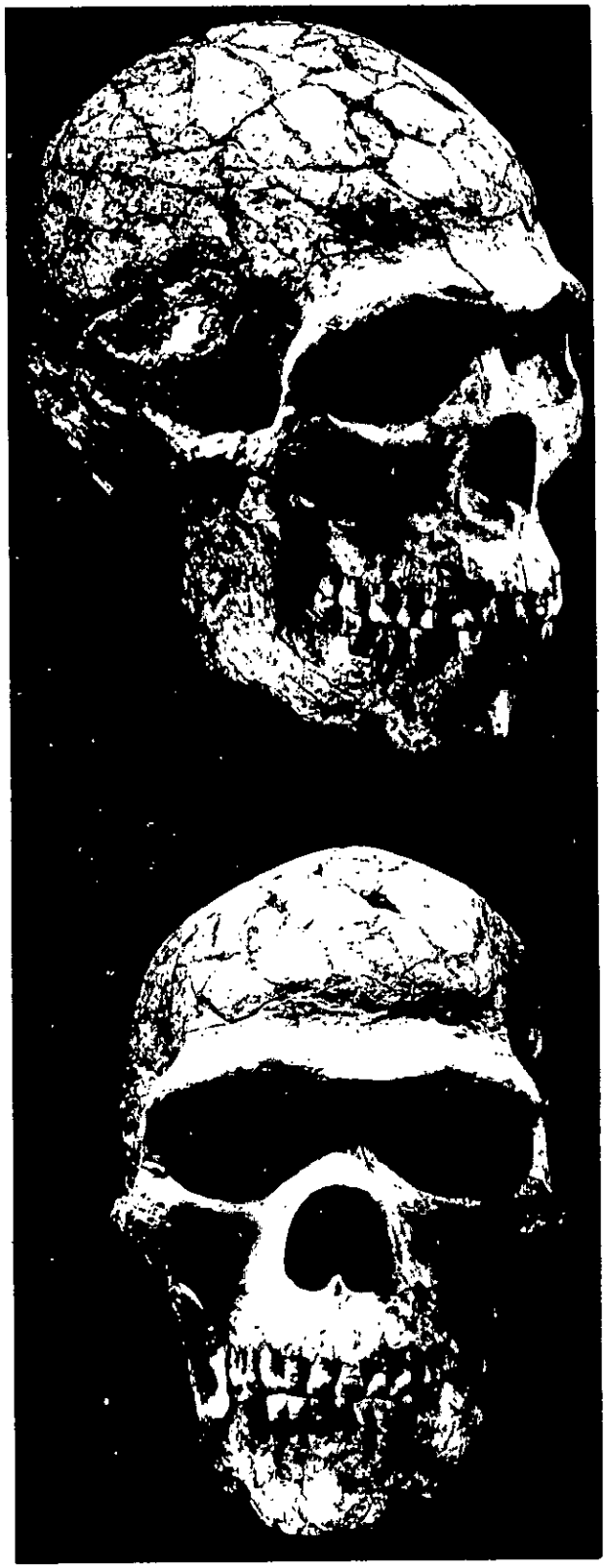
واقدم اشكال ترجع الى ما قبل هذه الفترة ، ما بين سبعين الىمائة الف عام سبق ، فيما بين زحفي الجليد **رس ــ ورم** Riss-Würm . ومع تقدم الزحف الجليدي ورم Würm فان نوعين متميزين قدتطورا : **النوع الكلاسيكي** "classic" من نيندرتال والاشكال الاعم وكلاهما امتازا باتساع حجم الدماغ حتى وصل الى ١٥٠٠ سنتميترا مكعبا ، والنوع الكلاسيكي وجد في غرب أوروبا ما بين سبعين

الى اربعين الف عام مضت ، وكان ذا حجم ضخم وذا صفات بدائية نسبيا مثل انخفاض بالجمجمة وكثافة حاجب العين . وفي الوقت ذاته ظهر نوع اعم انتشر في افريقيا ووسط آسيا وكان اقل وزنا واكثر شبها للانسان ، وخاصة حجم الدماغ وملامح الوجه . وكلا النوعين لهما ملامح تربطهما مباشرة بانسان جاوا المنتصب .

ان انسان نيندرتال شأنه شأن الاشكال الانسانية السابقة التي تطور منها، كان يعتمد بحياته على صيد الماموث والحيوانات الاخرى ويجمع النباتات كغذاء ايضا . وتوجد بعض الدلائل على انه كان يعيش بأسر منفردة أو كجماعات من عدة عائلات ، وانهم كانوا يدفنون موتاهم غالبا مع هدايا وبعض القرابين وانهم كانوا يمارسون نوعا من انواع العبادة متخذين من شكل دب الكهف رمزا لهم .

ان الاختلاف بالمظهر بين النوعين من انسان نيندرتال قد يرجع الى التأقلم الى ظروف بيئية مختلفة . فمثلا النوع الكلاسيكي عاش في ظروف قاسية وبيئة تشبه مناطق التندرا ، وكان جسمه الضخم وبناؤه الصعب يساعدانه على العيش في البرد القارص وهذا مثال على قانون **برجمان** Bergmann's يمكن أن نشاهده في انسان الاسكيمو المعاصر . ومتحجرات هذا النوع وجدت في لاشابيل بفرنسا La Chapelle aux Saintes in France ومونت سيرسيو بايطاليا Monte Circeo in Italy , وكهف سباي ببلجيكا Cave of Spy in Belgium فكان النوع الكلاسيكي من انسان نيندرتال ذا انف ضخم وربما استعمل في تسخين الهواء المتلج الذي كان يستنشقه . هذا بالاضافة الى الفكوك الضخمة وحاجب العين البارز الكبير وعضلات الرقبة الضخمة وربما تكون هذه كلها تطورات اقتضاها المضغ المخفي على نحو ما يصنع سكان الاسكا الحاليون .

اما انسان نيندرتال العام فهو بالمقارنة مع نظيره سابق الذكر يتميز بصفات وجهية وجهاز عظمي اقرب الى الانسان الحديث الذي انحدر منه ، وربما كان ذلك نتيجة للظروف الجوية المعتدلة والمناطق التي تطور فيها . وبسبب تراجع الزحف الجليدي البطيء فان هذا النوع كان قادرا على الهجرة الى عدة مناطق في اوروبا. وقد وجدت نماذج لهذا النوع في **ماكابانسجات** بافريقيا Makapansgat in Africa و**تارنيفاين** بالمغرب Ternifine in Morocco ، **وكهف هيركلس** بالجزائر Cave of Hercules in Algeria **ومابا بالصين** Ma-pa in China والدلائل تشير الى هجرة هذا النوع كما يتضح من البقايا المتحجرة في يوغسلافيا ، وتشيكوسلوفاكيا ويرجع تاريخها من أربعين الى ثلاثين الف عام مضت ، هذا



الشكل (٢٦ ـ ١٠):
مظهران لاقدم جمجمة لمخلوق من تحت النوع البشري *Homo sapiens sapiens*, **وجدت في تل السخول** Skhūl **بفلسطين واعاد تنظيمها هيلل بورجر** Hillel Burger **بجامعة هارفرد .**

مع أن بعض علماء الانسان قد صنفوا هذه العينات فربطوها بأشكال أكثر تقدّما من هوموسابيانس وبالتخصيص النوع المسمى **هوموسابيانس سابيانس** *Homo sapiens sapiens*.

ومع أن الشكلين الكلاسيكي والعام هما لانسان نيندرتال بدون شك ، فان الاخير اكثر صلة بالاشكال الحديثة التي جاءت بعده سواء في أوروبا او الشرق المتوسط ويعتقد بأن نتيجة الظروف المناخية القاسية في اوائل الزحف الجليدي — **ورم** Würm فان انسان نيندرتال الكلاسيكي قد عزل نسبيا عن الانسانيات مما أدى الى تحديد في انتقال الجينات والى درجة عالية في التزاوج الداخلي ضمن النوع — زواج الاقارب — . ومثل هذا العزل في الصفات الوراثية والطبيعية يؤدي الى ظهور صفات شكلية مميزة وربما ادى هذا العزل والتزاوج الداخلي الى خفض الكفاءة ، وهذا بالاضافة الى عوامل الانتخاب ادى الى انقراض هذه الاشكال الاوروبية . وهذه احدى النظريات التي طرحت لشرح الاختفاء المفاجيء للشكل الكلاسيكي في اوروبا . وهناك نظرية اخرى تقول بأن انسان‌نيندرتال لم يختف ابدا ولكن تزاوج مع انواع انسانية اخرى احدث . ويعتقد البعض أن البقايا المتحجرة التي اكتشفت في وادي السخول وطبون بفلسطين Skhul and Tabun in Palestine هي نسل هجين من انسان نيندرتال واجناس بشرية اخرى احدث . ورغم المسافة الكبيرة التي تشكل العزل الجغرافي فان المجتمعات الانسانية القديمة يظهر انها هاجرت الى مسافات بعيدة اكثر من الحيوانات مما ضمن انتقال الجينات فيما بينهما . وبما انهم كانوا يسيرون على اقدامهم فان مداهم كان اوسع ، وبما أن لديهم دفاعا متطورا معقدا فان لهم القدرة على التأقلم مع بيئات مختلفة . ثم ان الاستزادة من كميات اللحوم في غذائهم دفعتهم الى رحلات واكتشافات تستغرق وقتا اطول للصيد وبدون شك فان هذا قد شارك في زيادة حركتهم وتنقلهم .

ويعتقد علماء اخرون ان العينات التي وجدت في فلسطين قد تشكل مرحلة انتقالية بين انسان نيندرتال الكلاسيكي **والانسان المعاصر** *Homo sapiens sapiens* وبالتأكيد فان الانسان الذي كان موجودا في منطقة شريط شرق المتوسط تطورمنه الانسان الاوروبي المعاصر ، كنتيجة للهجرة المتزايدة بعد تراجع الزحف الجليدي. وفي الحقيقة فان بعض علماء أصل الانسان قد صنفوا العينات التي وجدت بفلسطين ضمن الاشكال المعاصرة ، وهو الانسان المعاصر مؤكدين على ذلك باستعمال الاسم العلمي لتحت النوع *Homo sapiens sapiens* .

اشكال الفترة الاخيرة من العصر الحجري القديم :

Upper Paleolithic forms

ان الزحف الجليدي (ورم) Würm قد تقدم وتراجع ثلاث مرات مختلفة : وكان أول تراجع قبل حوالي ٣٥٫٠٠٠ سنة وكان اخر تراجع قبل ما بين ٩٠٠٠ — ١٠٠٠٠ سنة ، في هذه الفترة ارتفعت درجة الحرارة وتزامن ذلك مع الفترة الحضارية التي عرفت **بالعصر الحجري القديم** (Old Stone). وفي هذه الفترة ظهر في أوروبا شكل الانسان المتطور متميزا بدماغ ، وجهاز هيكلي وصفات جسدية تشبه بشكل عام الاوروبيين العاديين ، وقد سمي هذا الشكل المتفـــوق ، **كروماجنون** Cro-Magnon ، باسم الكهف الصخري الذي وجد تحته في فرنسا أحسن ما عرف من بقاياه قد اكتشف عام ١٩٦٨ . وبعدئذ ، **وجـد** عدد مـن اشكال مشابهة وبدون شك ، **وهي** تعود لانسان حديث وقد وجد معظمهـــا في اوروبا . وكل هذه صنفت باعتبارها اشكالا من أواخر العصر الحجري القديم تنتمي الى **تحت النوع الانساني** *Homo sapiens sapiens* .

والسؤال الآن ، ماهي التغيرات الجسمية التي طرأت على انسان العصر الحجري القديم ؟ نذكر بالدرجة الاولى ان تقاطيع الوجه تشبه الى حد كبير مـــا لدى الانسان الحديث فقد زاد الدماغ في الحجم كنتيجة لزيادة استعمال الادوات ولاستعمال اللغة ايضا . فالدماغ الكبير المعقد جعلهم قادرين على ان ينتجـوا ادوات اكثر فاعلية ، وكذلك فان الادوات اصبحت اكثر تخصصا فاستعملـــت للقطع والتمزيق بدلا من الاسنان والفك الضخم . ولا شك في ان الزيـــادة في استعمال النار كانت أسرع في القضاء على تلك الاشكال ذات الاسنان والفكوك الضخمة تحت وطأة انتخاب الاصلح .

وقد ظل علماء أصل الانسان وقتاطويلا يعتقدون بأن اشكال الفترة الاخيرة للعصر الحجري القديم قد حلت محل انسان نيندرتال وذلك بقتله والتغلب عليه. ولذا وضعت نظرية الغزو والاستبدال اي احلال انسان العصر الحجري بدلا من انسان نيندرتال لتفسير عدم وجود بقايا للاشكال الانتقالية بين الانسان الحديث وانسان نيندرتال في أوروبا . وتبعا لهذه النظرية فان الاشكال الحديثة قد تطورت بالشرق الاوسط ، في امكنة مثل وادي السخول وطبون في فلسطين ثم انتقـــل



ب



ا



د



جـ

الشكل (٢٦ ــ ١١) : ملامح شكل الانسان البدائي . (أ) لرجل بيلتدون ، الذي حير العلماء ، وقد عرف الان بانه خدعة مدبرة (ب) بيثيكانثروبس ، (جـ)وكروماجنون (د) نيندرتال

الى أوروبا في نهاية الزحف الجليدي (ورم) حيث تغلب على الاشكال العامة الباقية من انسان نيندرتال .

وحديثا بدأ بعض علماء اصل الانسان ينظرون الى هذه النظرية بعين الشك. فان ما وجد من حفريات لا يدل على الانتقال المفاجيء من أدوات انسان نيندرتال الى تلك الادوات التي كان يستعملها انسان اواخر العصر الحجري ، فاذا كان الانسان الاخير هذا أكثر ذكاء من انسان نيندرتال فاننا نتوقع ان نجد أدوات أكثر تطورا مما وجد مع بقاياه . هؤلاء الباحثين يعتقدون بأن الاشكال الانتقالية قد عاشت بأوروبا ، ولكن لم نجد بقاياهم لثلاثة أسباب هي : ان علماء الاثار وأصل الانسان يركزون بحثهم عامة في البقايا المتحجرة والكهوف بدلا عن المناطق المفتوحة ، حيث قد قضى الانسان الانتقالي معظم وقته . ثم ان السجل التاريخي لفترة الزحف الجليدي **ورم** Würm حينما تراجع الجليد ، وهي الفترة التي تعرف باسم interstadials ، لم يفهم بعد فهما جيدا . وأخيرا فانه يمكن أن تكون بقايا الفترة العليا من العصر الحجري قد اكتشفت وادخلت بمجموعات احدى المتاحف او الجامعات ولكن لم تميز بشكل صحيح .

وبتطور مجتمعات الفترة الاخيرة من العصر الحجري ، فان الصفات الشكلية التطورية للنوع البشري قد ظهرت كاملة : فهي شكليا — بما في ذلك حجم الدماغ — لا تختلف جوهريا عن مجتمعات الانسان المعاصر . وهي عندما اكتسبت القدرة على استعمال النار وصناعة الادوات ، مع قدرتها على الانتقال ، فانها اصبحت قادرة على التأقلم مع البيئات المختلفة . وبالتدريج بدا الانسان بالهجرة الى مختلف بقاع الارض ، وحديثاجدا عبر مضائق بيرنج Bering Straits من آسيا الى العالم الجديد . وخلال الفترة الاخيرة من الزحف الجليدي Würm وذلك اثناء الفترة الاخيرة من العصر الحجري كان ارتفاع سطح البحر اقل من ارتفاعه الحالي بمعدل ٤٠٠ قدم ، وهذا اتاح الحركة عبر ذلك الجسر القاري ، وذلك قبل ٢٥ الف الى احد عشر الفا من السنين . وابتداء من هذه الفترة فان الاختلافات الكثيرة التي ميزت وبقيت تميز المجتمعات الانسانية كانت نتيجة لتأقلمات بيولوجية وحضارية مع الاماكن المختلفة وهذا يقع ضمن موضوع الاختلافات الانسانية .

استمرار تطور الانسان : Continuing human evolution

ان الحقيقة القائلة بأن النوع البشري هو انجح نتائج التطور بالاضافة الى فقدان التنوع في أنواع الانسان جعلت بعض الباحثين يعتقدون بأن التطور قد توقف . وان وجهة النظر هذه يمكن تدعيمها بواحد او اكثر من الأمور التالية : (١) ان النوع البشري أصبح متخصصا جدا لدرجة انه لايمكن ان يمر بعد ذلك بمراحل تطورية ، (٢) ان عملية التزاوج الداخلي الكبيرة ادت الى غياب العزل الضروري لاستمرار عملية التطور ، (٣) ان الانسان له القدرة على السيطرة على التطور بتقليل بل حتى القضاء على عامل **ضغط الانتخاب** selection pressures .

كل هذه الامور هي موضع جدل : اولا ان الانسان له صفات متخصصة وصفات عامة وكلها تتيح له قدرا كبيرا من المرونة ومن ثم التأقلم مع عدد كبير من البيئات المختلفة . فمثلا شكل يد الانسان يتيح له الحركة الدقيقة البارعة التي يحتاجها صانع الساعات دون ان يؤدي ذلك الى فقدان قوته ، ونفس اليد اذا قبضها يمكنه ان يضرب بها او ان يلفها حول اي اداة يريد ان يمسك بها . ان بامكانه أن يستخدم السلاح والادوات ببراعة وقوة فائقتين .

ثانيا ، لا يمكن انكار ان الزيادة في الحركة والانتقال ادى الى درجة عالية وبعيدة من تبادل الجينات مما نتج عنه وحدة النوع البشري ، ولكن ذلك لا يعني نهاية التطور . فالطفرات مازالت تحدث للجينات ، وهذا ليس تلقائيا ولكن نتيجة للتعرض لتلوث البيئة المتزايد بما في ذلك التعرض للاشعاع والتأثر بالمواد الكيماوية . وتكون النتيجة استمرار التغيرات ، ومعظمها بدون شك تغير ضار او قد يصير ضارا ، ولكن بعضها قد يكون له فوائد . وكذلك

كما راينا عند الحديث عن العرق ، فان السمات الوراثية تختلف بين جماعة واخرى ، فزيادة انتقال الجينات يؤدي الى احتمال حدوث تركيبات جديدة في الجينات وذلك يزيد الاختلافات وكما راينا في الفصل الثالث والعشرين فانه من اجل استمرار التطور من الضروري الحفاظ على الاختلافات،والدراسات الحديثة الكيميائية الحيوية لبروتين فصائل الدم أماطت اللثام عن كثير من التغيرات التطورية على المستوى الجيني . وكمثال فان تكرار الهيموجلوبين S ، الذي يسبب مرض **الخلية المنجلية** sickle-cell يقل باستمرار في المجتمعات

الامريكية السوداء . ومن ناحية اخرى فان تكرار احد انواع الجينات لمجاميع الدم وهو المعروف بالرمز لن L^n ، قد زاد عند بعض قبائل الهنود الحمر في امريكا الوسطى .

واعتمادا على دراسة عدد من الصفات المتوارثة القابلة للقياس ، استنتج عالم اصل الانسان **ويليمز** B. J. Williams ان الاختلافات الجينية لدى الانسان كافية لا حداث تغيرات تطورية سريعة .

ومن الامثلة التي درسها على التغيرات الطويلة الاجل على مدى عدة أجيال ما يشير الى تزايد الطول والنضج المبكر كما يدل عليه بدء العادة الشهرية او الاستحلام . فلباس الدروع الذي كان يلبس في القرون الوسطى انما يناسب الآن حجم الاطفال . وفي المائة سنة الاخيرة انخفض معدل عمر البلوغ (اول دورة شهرية) من سن ١٦ فأكثر الى ١٣ فأقل . ويعزو العالم **ويليمز** Williams كلا مما سبق ذكره الى عامل انتخاب الاصلح وتعاظم القدرة على النمو .



الشكل (٢٦ ــ ١٢) : رسومات الكهف من لس ترويس فريرس ــ بفرنسا Les Trois Frères, France . **تظهر مثالا رائعا من حضارة الفترة الاخيرة بالعصر الحجري .**

ففي حالة كبر القامة فان دراسة اجريت على جماعة يقطنون منطقة في سويسرا ويتكلمون اللغة الايطالية ولهم تقاليد للزواج محصورة ضمن قراهم قد دلت على انه ما ان بدأ الشباب يتزوجون من خارج قراهم حتى اثر ذلك في زيادة طول النسل وقد يرجع ذلك الى التغيرات في البيئة وانه مما لاشك فيه ان تحسين الغذاء والوسائل الصحية قد ادى الى قامة أطول ولكن المقارنة مع النسل الناتج بالتزاوج الداخلي يثبت هذا التأثير للتزاوج الخارجي .

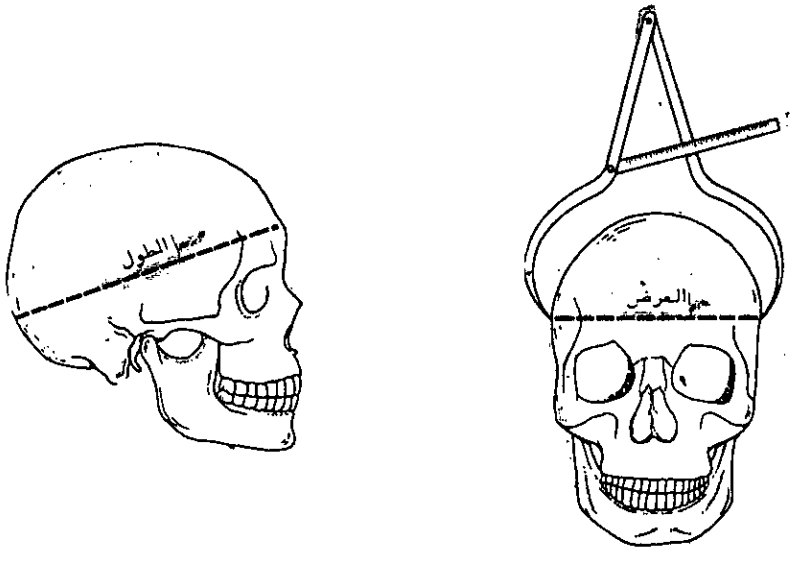
والتقليل من اثر عامل الاختيار بسبب الطب الحديث ذهب الى حد بعيد في القضاء على اعنف معوقات الطفرات المؤذية والتراكيب الجينية . فمثلا قبل ابتكار علاج لمرض **بلاستوما الشبكية** retinoblastoma وهو نوع من سرطان العين يصيب الاطفال كانت هذه الحالة غالبا مميتة ، وبذلك فقد اختزل التكرار الجيني المسبب لها كثيرا . ولكن التقدم الطبي اتاح لحوالي ٧٠ ٪ من الحاملين لهذا الجين ان يعيشوا وينتجوا وبذلك بقي تكرارهم في الاجيال التالية .

ولا احد يقترح ان نجعل المصابين بهذا المرض يموتون من أجل تحسين ملاءمة البيئة ، ولكن قدلاينبغي ان ينقلوا هذا الجين الى غيرهم .ان الاستشارات الوراثية تستطيع ان تذهب الى حد بعيد باتجاه تخفيض استمرار بعض العاهات او الامراض . فاختبارات الكشف عن التشوهات الخلقية وعيوب الولادة قد تتيح لحاملي هذا الجين ان لايحرموا انفسهم من احتمال الحصول على طفل كامل سليم لأن اطفالهم يحتمل ان يكون بهم عاهة او عيب . ولكن المشكلة التي تبقى هي ان اختزال التغيرات يفضي الى انقاص فرص التطوير مستقبلا وما هومضر في يومنا هذا قد يكون ذا فائده بعد خمسين سنة . ومن الصعب التنبؤ بعدد الحالات التي تكون فيها الجينات مضرة في حالة الجينات المتجانسة ولكنها تكون ذات نفع في حالة الجينات المختلفة كما هو الحال في هيموجلوبين S فلو ان سكان اواسط افريقيا حاولوا التخلص من مرض **الخلية المنجلية** sickle-cell فقد تقضي عليهم الملاريا باعداد اكبر .

ان الطب قد يحمي بعض الامراض وقد يقضي على بعضها بسرعة اكبر. فمثلا في جنوب افريقيا يوجد جين سائد في حوالي ١٪ من **المجتمع الافريكانسي** Afrikaaner وهم افريقيون جنوبيون من أصل هولندي . يسبب مرضا يعرف باسم **بورفيريا** porphyria. .ان هذا المرض المتعلق بعملية الايض يجعل الجلد سهل التشط ولكن اذا حدث خلل ما ، فان حساسية الجلد هذه يندر ان تكون

مميتة ، والحاملون لهذا الجين يحيون حياه طبيعية في مزارعهم بين الاشجـــار ولكن تعاطي الادوية الحديثة مثل مسكن **الباربتشوريتس** barbiturates ، قد يؤدي الى أمراض تصل احيانا الى الموت . فالمرضى الذين يدخلون المستشفى لعلاج أمراض اخرى كالسل قد يتعرضون للموت اذا كانوا يعانون من مرض البورفيريا .

لهذا قال **سمبسون** G. G. Simpson اننا قد نملك القدرة على الحياة والموت ، وقد نسلم انفسنا للهلاك ، ولكننا لانملك القدرة على ان نبقى بـــــلا تغير في بيئة متغيرة . وبدلا من ان نعمل على زيادة الثبات بالبيئة ، فاننا نعمل على تغيرها بشكل جذري وسريع .



الشكل (٢٦ ــ ١٣) : من مظاهر التطور الجاري في الجنس البشري مظهر درس كثيرا ولكن لم يفسر بعد وهو تزايد عرض الرأس Brackycephaly or broad-headedness **والدليـــل الراسي يدل فيما اذا كان الشخص قصير الراس** Brackycephalic **(وهنا يكون عـــرض الراس اكثر من ٨٠ بالمائة من طول الراس) ، متوسط الراس** Dolichocephalic **(يشكـــل العرض ٧٦ ــ ٨٠٪ من الطـــول) او مستطيـــل الراس** Mesaticephalic **(وشكـــــل العرض اقل من ٧٦ بالمائة من الطول) . وانسان نيندرتال والاوروبيون من العصر الحجـــري كانوا اساسا ذوي رؤوس مستطيلة ، وفي القرن العاشر الميلادي كانت نسبة الافـــراد ذوي الرؤوس العريضة لا تزيد على ٣٠٪ ، ولكن حصل تغير بالتوازن ، واصبح الشكل السائد هو الراس العريض . وقد سجل تغير مشابه فيما بين هنود امريكا . وهذا الاتجاه ليس عالميا: فالراس العريض يتي ندرا لدى سكان افريقيا الحاليين ، واستراليا ، ميلانيزيا ، وجرين لاند. ولكن في الشرق الاقصى واواسط اسيا ، والشرق الاوسط واواسط اوروبا وامريكا فان غالبية السكان الاصليين ذوو رؤوس عريضة .**

الا ان النوع البشري هو الشكل الوحيد من اشكال الحياة الذي يستطيع أن يغير من تطوره وضمن حدود معينة ، أو حتى يسيطر على مجرى هـــذا التطور . ولهذا فان طريق التطور الاجتماعي والبيولوجي في المستقبل قد يصبح مسالة اخلاقية . يختلف الافراد في الذكاء وفي المزاج ، ويرجع هذا جزئيا للصفات المتوارثة . ومسؤولية الانسان قد لاترتكز على انتخاب الاذكى ، او حتى المعتدل المزاج ، ولكن على خلق بيئات جغرافية واجتماعية. حيث يكون كل فرد قادرا على ان يحصل على فائدة من موروثاته البيولوجية والحضارية .

ملخص الفصل السادس والعشرين

خلال الحقبة الزمنية الحديثة في فترة الباليوسين تطورت أولى الرئيسيات. ويعتقد أن أول هذه كانت **البلايزيدابس** *Plesiadapis* وهي كالقوارض وتشبه زبابة الشجر الحديثة . ومع انها تفتقد **الحاجز خلف الحجاجي** postorbital bar ولكنها كانت تمتلك الكثير من الصفات التي ميزت الرئيسيات من الثدييات : كالحياة الشجرية ، والغذاء الخليط من اللحم والنبات ، وقد أدى هذا الى نقص الاسنان وقلة تخصصها ، بالاضافة الى تجسيم وحدة الرؤية ، والزيادة في حجم الدماغ وخاصة في منطقة القشرة المختصة بالرؤية ، وكذلك قوة حاسة اللمس والقدرة على المسك ، والميلنحو انتصاب القامة والانتقال الامامي **للثقب الكبير في اسفل الجمجمة** foramen magnum .

وفي عصر الايوسين فان دفء الجو وتشبعه بالرطوبة قد جعله ملائما لتطور **البزوسيميات** prosimians وخلال عصر **الاليجوسين** Oligocene ، ظهرت القردة الصغيرة والقردة العليا البدائية واصبحتاكثرعدداواكثرتخصصا. وقد وجد علماء الحفريات وعلماء اصل الانسان فكا لأقدم قرد معروف وهو **بارابيثيكس** *Parapithecus* وكذلك جمجمة واطراف ايجيبتوبيثيكس *Aegyptopithecus* وهذا قد يكون شكلا انتقاليا يربط **قرود العالم القديم** Old World monkeys

مع القردة العليا المتقدمة واقدم قرد عال معروف هو **بليوبيثكس** *Pliopithecus* الذي تطور خلال عصر الميوسين وانتشر في افريقيا واوروبا وآسيا .

وفي خلال عصر الميوسين وبداية عصر البليوسين استطاع **درايوبيثكس** *Dryopithecus* ان يتأقلم مع عدة بيئات في كل من افريقيا واوروبا وآسيا ويعتقد بأن هذا المخلوق ربما كان الجد الاعلى ليس فقط للقردة العليا بل ايضا للانسان .

وفي اواخر عصر الميوسين وبداية عصر البليوسين ظهرت رئيسيات من نفس تحت عائلة **درايوبيثيسنيي** Dryopithecinae هي **راما بيثيكس** ، الذي يعتبر غالبا فردا في عائلة **الانسانيات** Hominidae وتظهر البقايا المتحجرة من شرق افريقيا والهند غياب **الفرجة** diastema بين القواطع والانياب في الفك العلوي وهذه بالاضافة الى صفات أخرى في الفك توحي بأن رامابيثكس *Ramapithecus* كان شكلا انتقاليا بين درايوبيثكس واسترالوبيثكس اقدم مخلوق انساني بدون شك ونظرا لصغر انياب رامابيثكس فانه يعتقد بأنه كان يستعمل الادوات وبناء عليه كان يمشي على قدميه فقط .

وبعد رامابيثكس ، وخلال فجوة عشرة ملايين سنة في سجل البقايا المتحجرة ، ظهرت تغيرات بالظروف الجوية ، فقد اصبح الجو ابرد من ذي قبل، بالاضافة الى الجفاف فلربما أتاح ذلك للانسانيات الاولية المجال لترك الغابات الى المنطقة الانتقالية بين مجتمعين نباتيين حيث يتقابل كل من الارض الحشائشية مع الغابات .

واول كائن انساني عرف هو **استرالوبيثيكس** *Australopithecus* ، الذي كان له دماغ كبير ، وقامة منتصبة ويمشي على قدميه فقط ، ويأكل اللحم وربما كان له القدرة على صنع الادوات . انالبقايا المتحجرة لثلاثمائة اوسترالو بثيسابنز من جنوب وشرق افريقيا توحي بأنه كان منه نوعان : الاول **اوسترالوبيثيكس افريكانس** *Australopithecus africanus* وكان خفيف الوزن آكلا للحوم ، **واسترالوبيثيكس روبستس** *Australopithecus robustus,* وكان ضخما ويتغذى على النباتات ويمتاز سطح جمجمته بارتفاعه العلوي **وبالشكل السهمي** sagital crest الممتد من الامام الى الخلف . وفائدته انه يستعمل كمثبت لالتصاق عضلات الفكوك الضخمة التي يستعملها لمضغ وتفتيت النباتات القاسية . ومع ذلك فان الشكلين المشار اليهما قد يمثلان اختلافا واسعا للاصل في نوع ذي انتشار واسع . تدل بقايا استرالوبيثيكس على انه كائن انساني

كان يقف منتصب القامة قبل ان يصبح له دماغ كبير معقد .

ان الادوات الحجرية البسيطة التي وجدت في الدوفاي جورج Olduvai Gorge على يد العالم **لَيكي** Louis Leakey ربّما تكون صنع انسان اكثر تقدما وهو الذي يدعى **انسان هابيليز** *Homo habilis* ويعتقد بعض علماء اصل الانسان انها صنع نوع آخر من استرالوبيثكاس هو **اوسترالوبيثيكس هابيليز** *Australopithecus habilis* ،وان تاريخ جمجمة حديثة وجدتتوحي بأن انسان هابيليز غلب في المنافسة معاصره ، استرالوبيثيكس ، ثم تطور الى **الانسان المنتصب** (انسان جاوا) *Homo erectus* ، ومع ذلك فان معظم علماء اصل الانسان يعتقدون بأن اوسترالوبيثكس كان ذا اشكال مختلفة وكافية لان يتطور منها الجنس البشري ومن الممكن ان تجتمع الصفات التي تستعمل لتميز كلا من الانسان الحديث والبدائي بأربع سمات هي : التسنين ، والدماغ ، والجهاز الهيكلي ، ثم التكاثر الجنسي والعناية بالاطفال . ان الغذاء النباتي والحيواني المختلط للانسانيات الاولية ادى الى تطور التسنين نحو اختزال العدد مع اسنان اكثر عمومية . وقد ادى النقصان بحجم الوجه والفكوك ان يترك مساحة أوسع في الجمجمة لزيادة حجم الدماغ . وان صنع واستعمال الادوات جعل زيادة حجم الدماغ وتعقيده اكثر تأقلما . ولذا فحجم الدماغ وسعته مؤشرا على مركز الكائن في التطور . وسعة الدماغ للرجال والنساء تتراوح ما بين ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ سنتيمتر مكعب ، وهي ٤٠٠ سنتيمتر مكعب في القردة العليا ، وتتراوح بين ٤٥٠ و ٦٠٠ سنتيمتر مكعب في أوسترالوبيثيكس .

جرى تطور الجهاز الهيكلي باتجاه الحوض الواسع ، والارجل المستقيمة، والاقدام المنبسطة التي تلامس الارض ، مع عمود فقري على شكل حرف S — مصحوبا بقامة منبسطة ومشي على قدمين فقط ، وكل هذه ربما كان تطورها بسبب فائدتها في المقدرة على حمل الغذاء لمسافات طويلة مما يضمن لها البقاء.

وغياب **الدورة النزوية** estrus cycle والجلد الجنسي وعدم مقدرة الاطفال على الاعتماد على انفسهم ، كل هذا جعل لهذا الهيكل مزايا . وصناعة الادوات . واللغة وهما الصفتان المميزتان للجنس البشري ، اعتمدتا على التطورات الجسدية كزيادة حجم الدماغ وسعته ، وساعدتا ايضا على هذا التطور .

واقدم الانسانيات هو انسان جاوا (الانسان المنتصب) *Homo erectus* . ويرجع تاريخه الى خمسماية الف سنة ، وقد اكتشفت بقاياه المتحجرة سنة

١٨٩١ في جاوا Java في اندونيسيا . والعينة الثانية ، وجدت عام ١٩٢٧ قرب بكين ، وكانت مصحوبة بأدوات حجرية . ويصل طول انسان جاوا وهو واقف الى خمسة اقدام وسعة دماغه ١٠٠٠ سنتيمتر مكعب وله اسنان كبيرة وهو بدون بروز امامي بالفكوك مع بروز الفم للامام ، وعظام اطرافه كاملة التطور . وهذا الكائن الانساني قد استعمل الادوات للصيد (بما في ذلك صيد الانسان) واستخدم النار ، وبنى الاكواخ في مخيمات للصيد .

واقدم بقايا متحجرة **للانسان المعاصر** *Homo sapiens* النوع الذي يحوي الانسان الحالي ، وقد وجدت في وادي **نيندر** Neander Valley بألمانيا سنة ١٨٥٦ . والانسان من تحت النوع **نيندر تالينزز** *Homo sapiens neandertaalensis* قد انتشر في اوروبا واماكن اخرى قبل مائة الف الى ٣٥ الف سنة مضت ، وذلك خلال الفترة الاخيرة من العصر البليستوسين او العصر الجليدي الكبير وقد صاد انسان نيندرتالز **الماموث** mammoths (الفيلة الضخمة المنقرضة) وثدييات اخرى ، وقد جمع النباتات ، وربما عاش في جماعات عائلية او كان بمجموعات ذات روابط عائلية متعددة . ومعدل سعة دماغه هي ١٥٠٠ سنتيمتر مكعب .

وخلال فترات تراجع الزحف الجليدي وارتفاع درجات الحرارة التي تتزامن مع الفترة الاخير بالعصر الحجري . ظهر الانسان المتطور بدماغه ، وهيكله ، ومظهره المشابه للاوروبين المعاصرين وهو **كروماجنون** CroMagnon **الذي يطلق عليه الاسم العلمي لتحت النوع** *Homo sapiens sapiens* (وذلك لدرجة قرابته العليا مع الانسان المعاصر) وكان له دماغ كبير ومعقد يستعمل الادوات بطريقة عالية التخصص ، ويملك القدرة على التأقلم لبيئات مختلفة ، وقد هاجر الى مختلف بقاع الارض ، ثم هو اخيرا عبر مضيق **بيرنج** Bering Straits من آسيا الى العالم الجديد قبل حوالي ٢٥ الف الى احد عشر الف سنة مضت .

نظـرة فاحصـة

اصول الكلام

The Origins of Speech

لقد اجريت محاولات عديدة خلال حقب تاريخية متعددة لتحديد صفة واحدة يمكن ان تقال بانها تفصل الانسان عن الحيوان . وفي فترة من الفتـرات كانت الروح تعتبر الفاصل الكبير ، وحديثا فان القيام بصنع الآلات صـار يشار اليه بشكل خاص . ولكن هذه المقاييس وغيرها قد فشلت اذ برز العلـم الحديث واصبح اكثر تفهما لسلوك الحيوان . ويمكن ان يقال اليوم بانـه اذا كان هنالك عامل كهذا فهو النطق بالكلمات : كوسيلة للاتصال تتألف مـن رموز محكمة لتحل محل الافكار ، ويمكن نقلها صوتيا من فرد لآخر .

ان الجهازين الاساسيين اللازمين لتكلم اية لغة هما جهاز الصوت والدماغ المتطور المعقد . واقرباؤنا شديدو القرابة ، اعني الرئيسيات ، تشترك معنا في امتلاك نفس الاعضاء الصوتية — وهي الشفاه ، واللسان ، والحبال الصوتية، **وسقف الحلق** palate ، والاسنان والفتحات الانفية ، والرئتان . ولكـن



UNGH UNGH



ME HUNGRY



$E = mc^2$

هذه الاعضاء ، غير مرتبة كاعضائنا حتى ولا هي متصلة ومرتبطة بمناطق محددة في الدماغ كما هو الحال بالانسان . والفرق الرئيسي **يكمن في موقع الحنجرة** (صندوق الصوت) larynx وعلاقته مع بقية اعضاء التنفس . وخلال مراحل تطور الانسان فان الانتصاب واتساع حجم الدماغ سببا بعض التغييرات التركيبية مما دفع الحنجرة بعيدا عن سقف الحلق الطري ، واسفل بمكانها الحالي في الحلق . وهذا الوضع الجديد للحنجرة ادى الى اطالة حجرة الصدى التي تمكن الانسان من لفظ النغمات الصوتية المنخفضة الضرورية للكلام . وفي الوقت ذاته طورت اذن الانسان التراكيب الضرورية لتمييز النغمات المنتجة عن الصوت . كل هذه التغيرات الدقيقة السالفة الذكر تمت خلال ملايين السنين .

ان الابحاث الجارية قد اماطت اللثام عن كثير مما يتعلق بمراكز النطق او التكلم بدماغ الانسان . لقد كان يعتقد ان الوظائف المتعلقة بالنطق مركزة بمناطق محددة من **النصف الايسر لقشرة الدماغ** left hemisphere ، لان تلف الجزء الايمن قلما ينتج عنه اختلال في النطق ، بينما الحاق الضرر بالجزء الايسر لقشرة الدماغ يؤدي الى اضطراب في اللفظ . وبذلك فان اي ضرر او شق بمنطقة **بروكا** Broca's ، والموجودة **بالجزء الايسر الامامي** left frontal lobe يؤثر على اللفظ ويسبب بطئا وتثاقلا بالكلام . كما أن تلف منطقة **ويرنيكي** Wernicke's والموجودة بأعلى جزء من **الطرف الصدغي الايسر** left temporal lobe لقشرة الدماغ تؤثر على استيعاب وفهم الكتابة والتكلم وقد وجد بعض الباحثين حديثا بأن النصف الايمن قد يكون مهما من حيث المقدرة على التكلم وكمثال فان النصف الايمن بدماغ الشخص البالغ العادي له المقدرة على تكوين الجمل لطفل عمره خمس سنوات والمفردات لشخص عمره ١٤ سنة.

ومما لاشك فيه ، ان التخاطب بالاشارات والايماءات قد استعملت في الفترات الاولى من تطور الانسانيات . ومع ذلك فان هناك حدودا لهذا النوع من الاتصال : فلغة الاشارات غير عملية اثناء الليل او المناطق المظلمة مثل الغابات الكثيفة والكهوف ، كما انه لايمكن استعمالها حينما تكون الايدي مشغولة بالادوات ، او السلاح ، او اى اغراض اخرى .

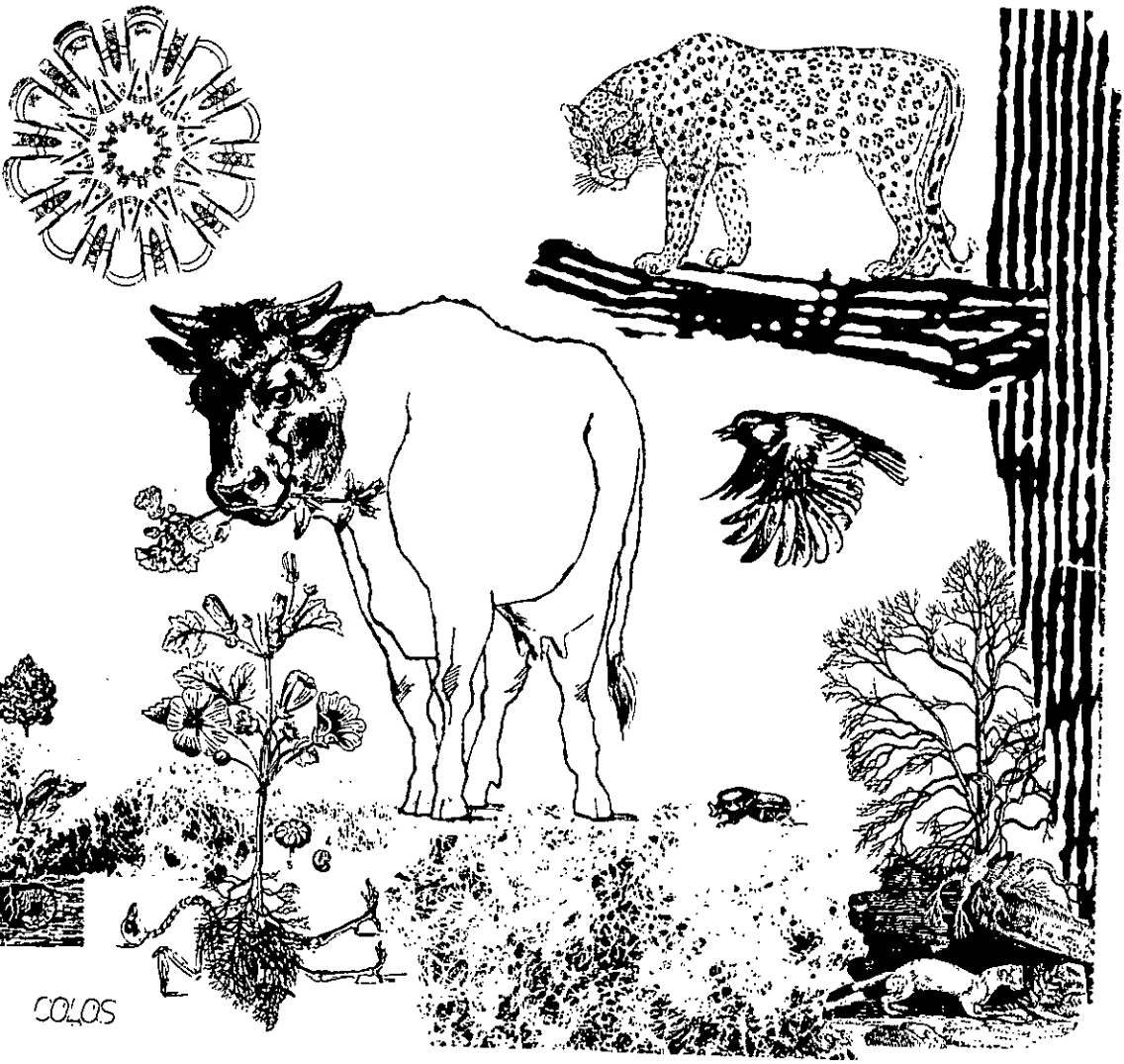
وقد ادت مجابهة اغراض الحياة الاجتماعية وتطورها وزيادة تعقيدها ، الى ظهور لغة تكفي لمقابلة الطلب المتزايد على الاتصال .

والسؤال هنا ما هي العوامل التي دفعت الانسانيات الأولية الى تطوير الكلام ؟ هنالك ثلاثة مفاتيح رئيسية وهي التطور في صناعة الادوات ، وتشكيل مجموعات للصيد وحياة الجماعة بوجه عام . واذا كانت الانسانيات قادرة على عمل ١٥ ــ ٢٠ نوعا من الادوات المختلفة ، على سبيل المثال ، فان صوتا مميزا واحدا يستعمل للدلالة على كل واحدة من هذه الادوات يكون عاملامساعدا في الاتصال الجماعي . وبالحقيقة فان بعض الباحثين يجدون ان نفس العوامل الرئيسية التي ادت لصنع الادوات قد ادت للتكلم: فكما ان صناعة الادوات تختار شكلا اعتباطيا للمادة فكذلك اللفظ يعطي معنى اعتباطيا للصوت الصادر من الحبال الصوتية . واكثر من ذلك ، فان الدلائل تشير الى ان بعض المناطق بالدماغ التي تسيطر على طريقة تنظيم حركات اليدين اليمنى واليسرى هي ايضا نفس المناطق المنظمة للفظ .

ولا شك ان النشاطات الاجتماعية التعاونية مثل الصيد الجماعي والمشاركة في الغذاء كان لها الاثر المفضل في تطوير الكلام ، اذ ان هذه النشاطات تحتاج الى تنظيمات واتصالات مستمرة وهذه العوامل الاجتماعية من الممكن أن تكون قد تفاعلت مع صنع الادوات وقد تكون جزءا من السبب الذي ادى الى مضاعفة حجم الدماغ الحاصل بين استرالوبيثيكس **والانسان المنتصب** Homo erectus .

ومع ذلك فانه يبقى من غير الممكن ان نحدد اين ومتى ظهر الكلام الرمزي اولا بين اسلافنا الانسانيات . لقد اشارت احدى الدراسات الى ان ذلك قد حصل متأخرا عند انسان **النيندرتال** Neandertal ، او بعد ذلك . وتشير هذه الدراسة الى ان انسان النيندرتال او انماطه التقليدية تفتقد الجهاز الصوتي اللازم للتكلم كما يفعل الانسان المعاصر ، ومع ذلك فانه من المحتمل انه كان يملك اعضاء صوتية لها القدرة على اصدار الفاظ تشبه كلام الاطفال . ونفس الدراسة تنص على الاحتمال بان النيندرتال قد اختفى من غرب اوروبا بسبب عدم مقدرته على الكلام ونقل ثقافته (حضارته) بنفس الكفاءة كما فعل الآخرون من الانسانيات ، في نهاية **العصر الحجري القديم** Upper Paleolithic

ويعرفون احيانا باسم **كروماجنون** Cro-Magnon ــ ومنهم انحدر الانسان الحالي . ولكن بعض الباحثين لايوافقون على هذا كله . وبالحقيقة فان البعض يعتقد ان استرالوبيثيكس ربما كان لديه بعض اشكال اللفظ أو الكلام . اذ ان


COLOS

الفصـــل السابع والعشرون

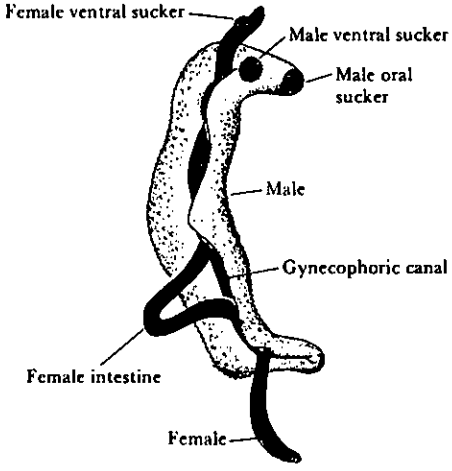
انماط في النظام البيئي

Patterns in the Ecosystem

لقد اكتشفنا انه لايمكن فهم فرد معين ، او نوع معين ، من الكائنات الحية بمفرده بشكل كامل . فجميع الاشياء على الارض حية او غير حية ترتبط بعضها ببعض بطرق معقدة . **وعلم البيئة** ecology علم حديث يدرس العلاقات بـــين الكائنات والبيئة ، ويطلق على مجموع الاشياء الحية والمواد غير العضويـــة والقوى الفيزيائية التي تؤثر عليها اسم **البيئة المحيطة بكوكبنا** ecosphere . والتداخل بين الكائنات الحية المختلفة وبين بيئتها ، كانتقال الطعام وتدفق الطاقة، وتبادل المغذيات غير العضوية والمركبات العضوية تدخل كلها ضمن فكرة البيئة الارضية . بما ان الانسان كغيره من الكائنات الحية يعتمد على التوازن الدقيق بين العمليات والقوى البيئية لاشباع حاجاته لذلك فمن المهم ان نتعلم كيـــف نتنبأ بالنتائـــج المترتبة على نشاطه الذي قد يتعارض مع البيئة ونماذجهـــا الجوهرية .

ويمثل انشاء السد العالي بأسوان في مصر محاولة غير موفقـــة لتحسين الطبيعة . والاساس المنطقي لهذا السد الضخم يظهر انه معقول : ان

يمنع مخاطر الفيضان ، ويساعد على الاستعمال المنظم لمياه نهر النيل في عمليات الري ، وقد توقع المهندسون ان تزيد المنتوجات الزراعية بمقدار الثلث من جراء زيادة الحقول المنزرعة . ولكن النتائج الحقيقية للسد هي التدمير . فان منسع فيضان النيل الدوري يؤدي الى الاقلال من خصوبة الارض ، فالطمى الذي كان ينتشر على الحقول عند فيضان النهر يترسب الآن خلف جسم السد ، وهـــذا يؤدي الى زيادة ملوحة الارض ويقلل من خصوبتها شمالي السد . ان الجزء من الطمى الذي كان يصل الى البحر الابيض المتوسط كان يعمل على نمـــو **العوالق** plankton التي تتغذى عليها جماعات كبيرة من سمك السردين . ولكن منذ انشاء السد انخفض صيد السردين بنسبة ٥٠ ٪ وهذه النسبة فـــي انخفاض مستمر . قنوات الري التي توصل المياه الى المزارع اثبتت انها افضل بيئة لتكاثر القواقع التي تعتبر عوامل مهمة جدا في دورة حياة طفيلي البلهارسيا التي تسبب أمراض الكبد والامعاء . وقد ادى هذا الى اصابة كل المجتمعات البشرية التي تعيش في بعض المناطق المروية بهذه الطريقة وهناك حلقة اخرى في السلسلة البيئية ترتبط بشكل غير مباشر بسد اسوان ثم القواقع ثم مايجري في جنوب افريقيا ، حيث يعيش **فرس البحر** hippopotamus ، فبعد حملات ناجحـــة



الشكل (٢٧ ــ ١) : بلهارسيـــا مانسوني ، وهي من الديدان التي تعيش في الدم . البلهارسيا أو ديدان الدم تعيش سنوات عديدة . ومعظم ذكور البلهارسيا تبقى مـــع انثى واحدة طوال الحياة . والذكر مسطـــح عريض طوله من ٨ الى ١٦ ملم . وبه اخدود بمنطقة البطن وهى المنطقة التي تبقى فيهـــا الانثى الاسطوانية . وتصل الانثى طور البلوغ الجنسي حين مصاحبتها الذكر . والانثى البالغة الضخمة قد تنتج بيوضا مفردة يصل عددهـــا الى ثلاثمائـــة في اليوم . وتحمل بلهارسيـــا مانسوني قواقع بلانوربيد planorbid ، وهي سائدة طوال السنة في مناطق الري ، التي تشكل ارضا صالحة لتكاثر هذه القواقع. وحينما تدخل بلهارسيا مانسوني جسم الانسان فانها غالبا ما تغزو باعداد كبيرة الاوردة ، أما في الامعاء فانها تكون في المنطقة العليـــا والنسيج الضام . وبلهارسيا الامعاء تسبب عدة اعراض مثل الاسهال المتكرر ، وزيادة اوجاع البطن ، وتضخم الكبد والطحال .

لابادته وجد أن هذا الحيوان يسير على قاع النهر في صف طويل ، فيه التراب وينشىء قنوات ري طبيعية . وحين تغيب هذه الحيوانات وقنواتها تفقد تلك المنطقة منشئة بيئة ملائمة جدا للقواقع . وان حجز هذه الكميات الهائلة من الماء خلف السد ادى الى نمو الاعشاب المائية بشكل كبير مما يشكل عائقا لعمليات الصيد والملاحة . هذا بالاضافة الى ان عملية النتح بواسطة هذه النباتات ، وغور المياه بالارض ، وارتفاع معدل التبخر بسبب جفاف المناخ وارتفاع درجة الحرارة ادى الى فقدان مياه النيل بمعدلات تنذر بخطر كبير .

ان وظيفة علماء البيئة هي التعرف على النماذج الطبيعية في البيئة الارضية واكتشاف اهميتها بالنسبة للتوازن والبقاء والاستمرار لهذا النظام ككل . ان ما بدا كسلسلة من التحذيرات عن اثر ال د.د.ت ، واثر التجارب النووية على جو الارض ، واستعمال المخصبات الصناعية والمبيدات الحشرية اصبح الآن علم المستقبل . فبجمع كل الحقائق المتوافرة حول العلاقات بين الاحياء المختلفة والعوامل غير الحية ، يمكن للمتخصص في علم البيئة وضع المواد الاساسية اللازمة من اجل التنبؤ بالنتائج التي تترتب على اي تغيرات بيئية تقترح .

وبما ان العلاقات بين الاحياء المختلفة والبيئة الارضية معقدة جدا ،فغالبا ما نحاول دراسة انماط البيئة في مساحة صغيرة اقل من البيئة الارضية ، **والنظام البيئي** ecosystem كبركة ماء مثلا ، او بحيرة ، او محيط ، او غابة تتألف من كائنات وبيئتها المحدودة الخاصة التي فيها تعيش هذه الكائنات وتتفاعل .

ان اي نظام بيئي كبيرا كان او صغيرا ، يتكون من جزأين ، **مكونات حية** biotic **ومكونات غير حية** abiotic . والجزء الحيوي من النظام البيئي يتألف من النباتات والحيوانات والجراثيم وهذه تتفاعل فيما بينها ومع البيئة .اما الجزء غير الحيوي فانه يتكون من عناصر ومركبات غير عضوية مثل الكربون والهيدروجين والاوكسجين والماء ، والفوسفات والكربونات واية عوامل فيزيائية اخرى كالرطوبة والتيارات الهوائية والضوء والحرارة ــ او بعبارة اخرى هي البيئة التي يمارس بها الكائن الحي نشاطه .

وضمن اي نظام بيئي محدد ، قد يوجد عدد من **المواطن** habitats المختلفة او الاماكن التي توجد فيها عادة انواع معينة من الكائنات الحية . فلو اخذنا على سبيل المثال ، الغابات الاستوائية الماطرة لوجدنا انها مآوى لعدد كبير من

الكائنات النباتية والحيوانية كل منها له موطنه يمارس فيه حياته ، وان الجزء العلوي من اغصان وعروق الاشجار الذي قد يصل ارتفاعه الى حوالي ٢٠٠ قدم عن سطح الارض ، وهو المكان الذي يتلقى معظم اشعة الشمس ويحجبها عن المناطق السفلى،هذا المكان يشكل مأوى لحيوانات مثل القردة والثدييات الاخرى التي تستعمل ذيولها الطويلة للامساك بأغصان الاشجار prehensile tails ، وضفادع الاشجار وكثير من الطيور ذات الالوان اللامعة. وهناك موطن آخر يقع بعيدا عن القمة للاسفل ، حيث ارض الغابة شديدة الرطوبة ، وهنا تقطن الحشرات التي تعيش على المواد العضوية كالخنافس .

وفكرة **الموطن** habitat مهمة لأن الكائن لابد وان يجد نفسه في الظروف الجوية ، والكيميائية ، والحيوية الملائمة لازدهاره فمثلا الثعابين والسحالي لاتستطيع العيش بمنطقة الاسكا ــ حيث الصيف ليس دافئا او طويلا بما فيه الكفاية ليجعلها قادرة على التكاثر . والاسماك تحتاج لماء مشبع بالاوكسجين وعلى هذا فانها لا توجد في الجداول شديدة التلوث بالفضلات العضوية ، اذ ان الاوكسجين في هذه المناطق يستهلك من قبل الكائنات الدقيقة حين تتغذى على المركبات العضوية .

وهناك امر اقل وضوحا وهو الحاجة الى تحديد المكان الذي ينبغي ان يجري فيه عمل . فبالتعبير البيئي ، ان **البيئة الملائمة** niche ليست فقط المكان الذي يمكن للكائن الحي ان يعيش فيه ولكنها ايضا العمل الذي يعمله . فمثلا هناك بيئة مملؤة بأعداد ضخمة من القشريات الصغيرة **المجذافية الارجل** copepods التي تعيش في البحر وتتغذى على العوالق النباتية فتركز المواد الغذائية بكميات يعيش عليها السمك الصغير . وهناك بيئات كبيرة تحوي انواعا مختلفة من الكائنات الحية . فوظيفة **آكل المن** aphid-eating (وهو حشرة من المفصليات) تشاركه بها **الدعسوقة** (خنفساء صغيرة) ladybird والعناكب، ويرقة حشرة اسد **المن** lacewing . والبعوض قد يفترسه **السمامات** swifts (طائر يشبه السنونو) **خلال النهار** ، وطائر اليعسوب في ساعات الغسق ، والخفافيش في الليل .

والنباتات والحيوانات والميكروبات الموجودة في اي نظام بيئي فيه اكتفاء ذاتي هي قوام المجتمع الحي فيه biotic community .

حتى في المواطن المنفره كالصحراء او **التندرا** tundra المتجمدة يوجد اعداد كبيرة من الانواع . وفي كل حالة فان الكائنات الحية كلها تتفاعل بعضها

مع بعض ، وكل يساهم بطريقة ما في بقاء الاخر وفي توازن النظام ٠ وعلى سبيل المثال ففي مجتمع عائلة البلوط نجد اشجار البلـــــوط ، والـ ـلب ، والحيوانات القارضة الاخرى الصغيرة والبوم كلها تعتمد بعضها على البعض. فموت اشجار البلوط يسبب فقدانا لما تقدمه هذه الاشجار من **حماية وتلطيـف** للجو ، ومن ثمر البلوط ايضا ، وهذا يؤدي الى موت او مهاجرة القوارض ٠ وبدون هذه القوارض التي تفترسها البوم فان البوم بالتالي يموت او يتـــرك المكان . او اذا حصل تغير ما ٠ كمرض يقضي على مجتمعات البوم فان اعـــداد



الشكل (٢٧ ــ ٢) : قرد يقطن الغابات الاستوائية الماطرة . والجزء العلوي من الغابـات الاستوائية الماطرة يشكل موطنا للعديد من الحيوانات ، وكثير منها له وسائد لاصقة وكفوف أوايـــد لامسك ، وذيل طويل يستعمل للامساك باغصان الشجر يمكن أن يستعمل كقدم خامسة . وكل هذه الاشياء تجعلها مهيأة للتاقلم مع موطنها الشجري وقادرة على التعلق بالاشجار .

القوارض من المحتمل ان تزيد الى درجة انها قد تسبب تدمير الاشجار بضراوة او يزداد بحثها عن الغذاء .

ورغم التعقيد الشديد في النظام البيئي ، فقد اكتشفت عدة انماط جوهرية لهذا الاعتماد المتبادل . وكل هذه معرضة الى التغيرات الموسمية في العوامل الفيزيائية والكيميائية . واحيانا الى تغيرات مناخية غير متوقعة . والمناخ والتربة في اي منطقة يحددان حياة النبات ، وهذه بالتالي ، تدعم الحياة الحيوانية . فمثلا البرد القارس وطبقة التراب الضحلة دائمة التجمد في منطقة **التندرا بالقطب الشمالي** Arctic tundra حددت النباتات فاقتصرت على الحشائش ، والاعشاب ، والطحالب والاشنات والقليل النادر من الاشجار القصيرة والحيوانات النباتية ومفترساتها تتعايش في هذه البيئة العدوانية وقد تأقلمت بجسمها في غطاء من الفرو كثيف يمنع فقدان الحرارة .

والنتيجة النهائية للعلاقات المتبادلة المنوعة بين الكائنات الحية هي توازن جميل بالنظام البيئي اذ ان الطعام والمواد الغذائية تجرى في دورة مستمرة .فاذا توافرت الشمس ضمن تدفق الطاقة وصار النظام البيئي باكمله مكتفيا بذاته .

تدفق الغذاء والطاقة The flow of food and energy

لا يستطيع اي كائن حي العيش بدون الطاقة اللازمة لعمليات الايض في جسمه ولقيامه بأي نشاط . فالطاقة اللازمة للحركة ، ولتنظيم العمليات الخلوية، ولبناء المركبات ، ولتوصيل نبضات الاعصاب تأتي الى الكائن الحي من الشمس مباشرة او غير مباشرة . والحيوانات تنعم بدفء الشمس ، ولكنها لا تستطيع تحويل اشعتها الى طاقة كيميائية ضرورية لسير العمليات الخلوية . والنبات الاخضر وحده القادر على القيام بهذه الوظيفة . وكي تحصل الحيوانات على هذه الطاقة يجب أن تعتمد بغذائها على النباتات أو على الحيوانات التي تتغذى على النباتات . فالنباتات تمثل حلقة الوصل الوحيدة بين المجتمعات الحية وغير الحية ، فتقوم بامتصاص الماء المعاد من التربة وتجمعه مع اشعة الشمس وثاني اكسيد الكربون الذي تأخذه من الهواء لتصنع الكربوهيدرات (المواد النشوية) ، والدهون ، والبروتين ، والفيتامينات والمعادن التي يستعملها الجسم . والكائنات الصغيرة التي تتغذى على النباتات مثل **يرقانة الفراشة** caterpillars

وفأر الحقل والقشريات الصغيرة (مجذافية الارجل) تستهلك المواد النباتيـــة المغذية وتحولها الى مواد حيوانية . وقد تشكل هذه الحيوانات غذاء تدعم بـــه الحيوانات آكلة اللحوم ، وهذه الحيوانات الاخيرة قد تكون غذاء لحيوانات أكبر تتغذى على اللحم ، وهذا التتابع في الاكل والمأكول ومحصلته انتقال الطاقة ، يعرف باسم **السلسلة الغذائية** food chain وبعد موت النباتات والحيوانات فان بقاياها تصبح طعاما للكائنات التي تتغذى على **المواد العضوية المتعفنـــة** scavengers **والبكتيريا المتخصصة بالتحليل** ، وهذه الكائنات مهمة جدا لانهـــا **لا تعمل فقط على منع تكويم الجثث بعضها فوق بعض بل هي ايضا تعيد المواد الغذائية الى السلسلة الغذائية لاعادة استعمالها .**

وفي مواطن كثيرة نجد أن نوعا او انواعا عدة تشكل سيادة على الافراد الاخرى في الجماعة بسبب كثرة عددها . وهذه الكائنات تشكل اكبر جزء مـــن **الكتلة الحية** biomass التي هي مجموع الوزن او الحجم الذي تمثله الكائنات الحيوانية أو النباتية **في الجماعة الحية** biotic community. **فغابة البلوط « أو غابة البلوط الجوزية قد سميت بهذا الاسم بسبب سيادة نوع نبات معين فيها وهـــي** اشجار البلوط او البلوط الجوزي التي تعمل على حماية حيوانات الغابة مـــن الظروف الجوية القاسية وكذلك على تقديم الغذاء لهذه الحيوانات .

تدفـــق الغـــذاء The flow of food

في النظام البيئي المائي تقوم النباتات المعلقة بوظيفة النباتات الخضراء على اليابسة أيانها تقوم بعملية التمثيل الضوئي . **أما العوالق الحيوانية** فهي تعتمد على العوالق النباتية كمصدر رئيسي لغذائها لانها لا تستطيع تحضير غذائهـــا بنفسها ، لذلك تسمى كائنات **غير ذاتية التغذية** heterotrophs وكذلك الاسماك الصغيرة التي تعتمد على العوالق الحيوانية هي ايضا غير ذاتية التغذية ، وكذلك الاسماك الكبيرة التي تتغذى على الاسماك الصغيرة وبينما يتدفق الغذاء مـــن النباتات **المنتجة للغذاء** food-producers خلال عدة مستويات من الحيوانات **المستهلكة** food-consumers, ، تنتقل الطاقة من الكائنات الحية الصغيرة الى الاكبر منها ، فيستخدم الجزء الاعظم منها الحيوان الذي تمر به في السلسلـــة الغذائية .

المستويات الغذائية : *Trophic levels* ان **الكائنات الحيـــة** biota

أو **النباتات** flora **والحيوانات** fauna في النظام البيئي يمكن أن تقسم الى عدة مجاميع تبعا للطريقة التي تحصل بها على غذائها ، فهنالك **المنتجات الرئيسية** Primary producers ، وهي النباتات التي تنتج الغذاء من خلال عملية التمثيل الضوئي . **والمستهلكات** Consumers هي الكائنات الحية التي تعتمد على المنتجات الرئيسية مباشرة او بطريقة غير مباشرة . **وآكلة النباتات** Herbivores هي حيوانات التي تتغذى على النباتات فقط . **وآكلة اللحوم** هي الحيوانات التي تعتمد على الحيوانات آكلة العشب في غذائها او على الحيوانات آكلة اللحوم صغيرة الحجم . والكائنات **الحتاتية** Detritivores وهي حيوانات تتغذى على انسجة النباتات والحيوانات الميتة . ويسمى كل واحد من المستويات السابقة **مستوى غذائيا** trophic level (في اللغة اليونانية trophe تعني تغذية) . وكل الكائنات الحية التي لها انماط تغذية تؤدي وظائف متشابهة تتبع لنفس المستوى الغذائي . فمثلا قطعان الماشية ، والجراد والفار تتغذى على الحشائش ، والطيور تتغذى على البراعم وتنفذ البحر يتغذى على الطحالب وجميع هذه الافراد من نفس المستوى الغذائي : اي مستوى **المستهلكات الاولية** primary consumers .



الشكل (٢٧ ــ ٢) : **الغرير** Badger يقتل كلب المروج prairie dog . والعشب متاقلم للعيش في المروج . وأوراقه الضيقة المستطيلة ذات مستنيمة تزود كل ورقة بحرية الحصول على ضوء الشمس . ان غدانا واحدا من العشب يقدم عشر غدانات من التمثيل الضوئي السطحي ويجهز كمية كبيرة من الطاقة للحيوانات اكلة العشب مثل كلب المروج . وتكون جحوره المتسعة تحت الارض وبها الجماعات التي تستعملها كملاجأ لها من ظروف الجو القاسي والحيوانات المفترسة واونها الاصفر والبني الشاحب يجعلها قادرة على أن تختلط مع الاعشاب والاكوام الصغيرة التي تحيط بجحورها . وكلاب المروج بالتالي تؤكل من قبل حيوانات اخرى اعلى بالسلسلة الغذائية وهي الغرير ، ذات القدرة العالية على الحفر التي تجعله قادرا على متابعة ومسك كلاب المروج المختبئة ، والغرير حيوان مفترس ضار عنيف وقليلا ما تلاحقه حيوانات مفترسة اخرى .

وآكلة العشب وآكلة اللحم جميعا قد تقع فريسة أو تستسلم لتأثيرات الطقس أو الحوادث أو الطفيليات . ولكن في المجموعة المكتفية ذاتيا لا يضيع شيء . فمعظم انسجة الجسم الحيوانية وكل الانسجة النباتية تستهلك في آخر الامر ثم تعاد دورتها بواسطة الكائنات الحية الحتاتية . فالبكتيريا والفطر والكائنات الحية الصغيرة تستهلك ٩٠٪ من النباتات في تربة غابة ناضجة .وفي مستنقعات المياه المالحة عالية الانتاج على حافة الشاطيء الشرقي للولايات المتحدة ، معظم الحيوانات هي حتاتية التغذية . وأعشاب المستنقعات (السبخات) وهي الانواع السائدة ، قاسية بحيث لا تستطيع الحيوانات اكلها مباشرة ولكن تستطيع البكتيريا والفطريات فقط تكسير هذه الاعشاب بعد موتها ، فهي تهضم اولا ثم تحول الى مادة حيوانية . وتكون المحصلة حساء مكونا من النباتات المتحللة ، والبكتيريا ، والطحالب المحلية يستعمل كغذاء للحيوانات وحيدة الخلية والديدان الاسطوانية ، وبرقانات الحشرات ، والحشرات ، والسرطان ، والقواقع ، وسمك السلطان ابراهيم mullet وسمك **الرنكة** menhaden ، **وبلح البحر** mussels **والمحار** oysters ، **والبلطينوس** clams . وهكذا بدون هذا العمل الهام للكائنات الحتاتية ، لتتراكم اجسام النباتات الميتة فحسب بل وأيضا تضيع المواد الغذائية الضرورية في النظام البيئي مع موت كل كائن حي .

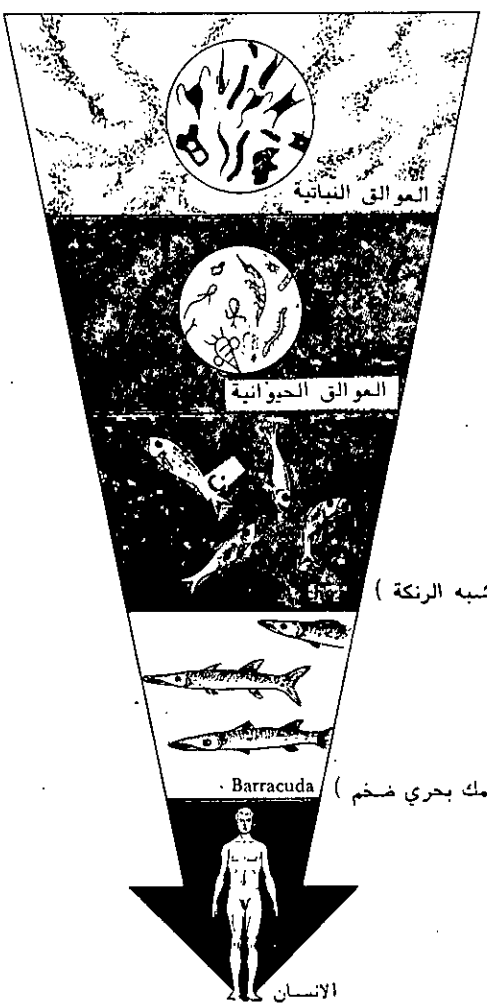
والحتاتيات ذات اهمية قصوى وانتشار واسع وتحوي عددا من تحت الاقسام فمنها **الكائنات الحية التي تعيش على القمامه** Scavengers. مثل السرطان الناسك hermit crabs ، والغراب ودودة الأرض — وهي تتغذى على الحيوانات الميتة وبقايا النباتات ، ومنها **الكائنات الميكروسكوبية التي تقوم بالتحليل** Microscopic decomposers كالفطريات ، والبكتيريا ، والخميرة . فهي تقوم بتحليل الجثث الميتة والبراز الى مركبات ابسط . ومنها الكائنات المحولة وهي كائنات حية تحول المركبات **السابقة** الى اشكال يمكن أن تستخدم ثانية بواسطة النباتات لانتاج الغذاء .

وأخيرا فهناك عدد قليل من الانواع تملأ بيئات لم تدخل تحت اي من المستويات الغذائية ومن هذه **الطفيليات** parasites وهذه تعيش على غذائها من الاجسام الحية لحيوانات ونباتات اكبر منها دون ان تسبب قتلها .

السلاسل الغذائية *Food chains* : ان الانماط السابقة حيث يأكل

الكائن ثم يؤكل يمكن ان توضح بطريقة **خطية** linear لاغراض الدراسة . فهناك سلسلة غذائية بسيطة توجد **بتندرا** القطب الشمالي حيث العشب يأكله **الليمنج** lemmings وهذا يأكله البوم الثلجي . والسلسلة الغذائية تبدأ عادة بالنباتات ثم تمر خلال مستويات من الحيوانات حيث يزداد الحجم بزيادة المستوى .

والحيوانات المفترسة تكتفي عادة بحيوانات يمكنها السيطرة عليها. الا في الحالات الخاصة مثل المجاعة الشديدة اذ تقوم الذئاب والقيوط بمحاولة الامساك بفريسة اضخم منها . ويستثنى منه الانسان المعاصر الذي يستخدم الأسلحة ليتغذى على حيوانات اكبر منه بمرات عديدة ، والسلاسل الغذائية المائية عادة طويلة لأن المنتجات الاولية صغيرة جدا . فالعوالق النباتية تحتاج الى عدة مراحل حتى تتقدم من خلال السلسلة الغذائية حتى تصل



الشكل (٢٧ ــ ٤) : سلسلة غذاء بسيطة .

الانشوفة (سمك صغير يشبه الرنكة)

البركوده (سمك بحري ضخم)

حجما تتمكن فيه السمكة الكبيرة من رؤيتها لتأكلها . ولو درسنا السلسلة الغذائية في بركة لوجدنا انها مكونة من ستة مستويات او حلقات فهنالك الطحالب ← الحيوانات وحيدة الخلية ← الحشرات المائية الصغيرة ← الحشرات المائية الكبيرة القاروس (ذئب البحر الاسود وهو نوع من السمك black bass ← سمك الكراكي pickerel . غير ان هناك كائنات حية تختصر السلسلة الغذائية الطويلة . فالحوت baleen whale الذي يزن مائة طن يشكل مثالا بارزا : اذ أن فمه مجهز بمصافي عظمية ضخمة تستطيع ان تصفي من خلاله اطنان الماء للحصول على طعامه من euphausids أو krill ، وهي كائنات دقيقة تشبه حيوان القريدس shrimp وهذه تتغذى على العوالق وحدها .

النسيج الغذائي *Food webs* : المستويات الغذائية والسلسلة الغذائية، ماهي الا تعابير اصطناعية ملائمة وهي افكار تجريدية قد تساعدنا على فهم بعض الانماط ، ولكنها تتغاضى عن كثير من الارتباطات بين المستوى الغذائي وسلسلة الغذاء وهذه هي التي تشكل ما يعرف **بالنسيج الغذائي** food web ،وهذا المصطلح يصف جميع انماط العلاقات في المجموعة . فبينما يأكل الليمنج العشب ويفترسه البوم الثلجي ، وهو ما نسميه بسلسلة الغذاء ، فالبوم ايضا يفترسه الثعلب القطبي والثعلب الاحمر ، وابن عرس ذو الذيل القصير وابن عرس آخر صغير weasels والبوم ذو الآذان القصيرة والكركر jaegers (وهذا نوع آخر من الطيور) وطائر النورس .

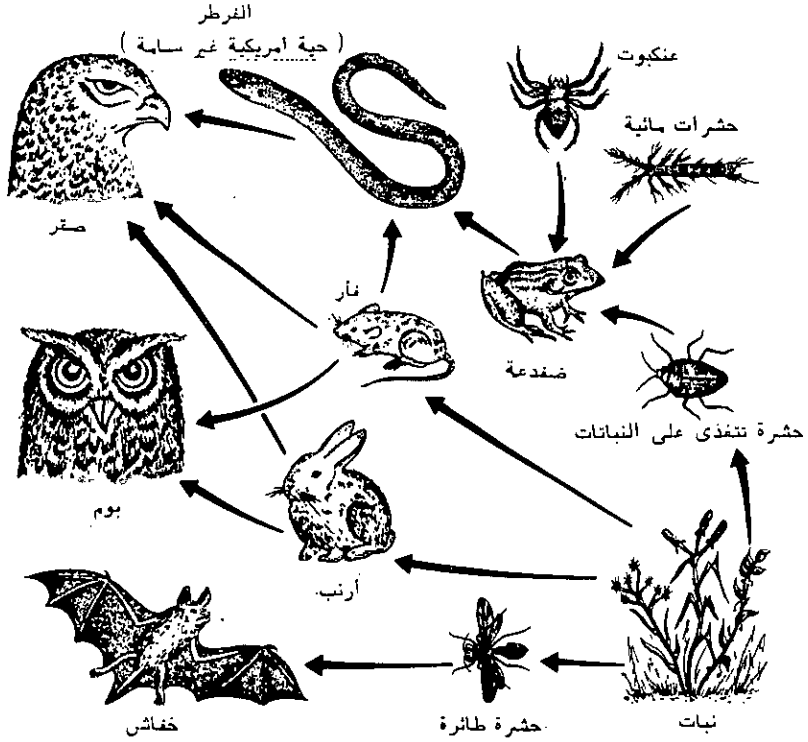
ان الصورة الأدق لمسار الطعام في المجموعة تأخذ بالاعتبار حقيقة ان

معظم الحيوانات المفترسة تعتمد في غذائها على عدة انواع ، وان معظم الغذاء يأكله العديد من انواع الحيوانات . فيمكن للكائن الواحد ان ينتمي الى اكثر من مستوى غذائي واحد او سلسلة غذائية واحدة في وقت واحد . ومما يجعل الصورة اكثر تعقيدا ، ان بعض الحيوانات **نباتية وحيوانية** omnivorous يحوي غذاؤها كلا من النبات والحيوان . فان التغيرات في كميات الغذاء المتوافر تؤدي الى تغيرات في طراز اكلها . ففي الصيف ، عندما تكون الثمار متوافره فان نصف كمية الغذاء للثعلب الاحمر قد تتكون من الفاكهة . وفي خلال الشتاء فانه يعيش على الارانب والقوارض الصغيرة ، ونادرا ما يتغذى على بقايا الفواكه الذابلة . وهو يعتمد على ما يستطيع ان يجده ويمسكه ، فقد

يتغذى على الطيور ، والسناجب والحشرات .

والسلاسل الغذائية البسيطة هي عادة اقل ثباتا من النسيج الغذائي المعقد . فالحيوانات المفترسة التي تعتمد رئيسيا على نوع واحد من الفريسة غالبا ما تكون معرضة للخطر اذا نقص مجتمع الفريسة او اذا كان تزويد الاغذية الأخرى غير كاف . وعلى سبيل المثال ، فان الليمنج يسبب اضطراب التوازن الحياتي في التندرا مرة كل اربع او خمس سنوات . اذ يغادر موطنه بعشرات الالوف بهجرات جماعية مدمرة للنوع . مما يجعل الحيوانات التي كانت تتغذى عليه تبدأ بمهاجمة اعشاش الطيور ، فتستهلك بيوضها وصغارها بالملايين وتتوقف البوم عن بناء اعشاشها ، وتهاجر الارانب وطائر **الطيهوج** grouse الى الغابات الصنوبرية للنجاة من الافتراس المتزايد . وحينما تنفد جميع الحيوانات المأكولة فان بعضا من المفترسات مثل الثعلب القطبي يترك مكانه ويتبع اثر قطعان **الأيل** ، ليلتقط بقايا جثث هذه **الأيل** التي تقتلها قطعان الذئاب .

ان الاختلاف والتعقيد في الانواع يسبب ثباتا في النسيج الغذائي . فالقارات



الشكل (٢٧ ــ ٥) : النسيج الغذائي .

اقل تعرضا لاجتياح الانواع اليها من الجزر الصغيرة . ان انتشار وبـــاء معين او حشرة ضارة غالبا ما يصيب محصولا واحدا مثل حقول القمح ، والغابات الاستوائية الماطرة اقل تعرضا للاصابة بالحشرات مثل موجـــات **الفراشة الفجرية** gypsy moth **ودودة براعم الاشجار الصنوبرية** spruce-budworm التي سببت تساقط الاشجار في السنوات الاخيرة الماضية من الغابات **المتساقطة الاوراق** deciduous **ودائمة الخضرة** coniferous التي نجدها في المناطـــق المعتدلة وذلك لان هذه اقل تعقيدا وتنوعا . كذلك ان ما يفعله الزراعيـــون من زراعة نوع واحد بمساحات شاسعة يكون معرضا لكثير من عدم الاستقرار.

واذا كان التنوع يسبب ثباتا ، فان الانواع التي تتمتع بعدة حلقـــات غذائية يجب ان تكون اقل عرضة للتغيرات في اعدادها . ولكن هناك انـواع نجد ان ثباتها يقل بزيادة مستوياتها الغذائية . وكمثال لهذا مجتمع من الحشرات **القشرية الاجنحة** *Lepidoptera,* او العث والفراش التي درسها عالـــم الحشرات الكندي **وات** K. Watt عام ١٩٦٥ . فقد وجد ان مجتمعا من الحشرات قشرية الاجنحة التي كان لها سلسلة **غذاء** مختلفة معقدة قد تبدلت اكثر بكثير من الحشرات التي غذيت على انواع اقل . ولكن الى ان تجرى ابحاث اكثـر علينا ان نقرر ولو مؤقتا بأن التعقيد والتنوع غالبا ، وليس دائما ، يؤدي الـى زيادة الثبات .

تدفـــق الطاقـــة : The flow of energy

الخلايا الحية نشطة على الدوام — فهي تمتص ، وتصنع وتتخلص من المواد ، وتغير شكلها وتتحرك . وجميع هذه النشاطات بحاجة الى وقود والوقود هو الطاقة . فاذ يقوم النبات بانتاج الغذاء الذي يستهلك في المستويات الغذائية المتتابعة ، فان الطاقة الضوئية الصادرة من الشمس تحول الى طاقة كيميائيـــة وتمرر لكي تستعمل وقودا لجميع العمليات الحيوية لكل كائن حي في السلسلة . ونفس كمية الطاقة التي تدخل في جهاز ما تتركه ، والطاقة الكلية اللازمة لجميع الكائنات الحية في النسيج الغذائي تبقى في توازن ديناميكي . ولكن بعضـــا من الطاقة يستنفذ خلال السلسلة بعمليات التنفس ويتبدد كطاقة حراريـــة لا تستفيد منها الكائنات الحية . وانتقال الطاقة خلال النسيج الغذائي يخضع

للأسس الموضحة بالقانونين الاول والثاني من قوانين الديناميكا الحرارية . فالقانون الاول ينص على أن الطاقة لا يمكن أن تستحدث او تفنى ولكن يمكن تحويلها من شكل لآخر . وفي النظام البيئي المحدود ، تتحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية وهذه تتحول تدريجيا الى طاقة حرارية . وهذه العملية تتوافق مع القانون الثاني في الديناميكا الحرارية . مع كل تحول للطاقة فان جزءا من الطاقة المبذولة لانجاز أي عمل معين يتحول الى طاقة حرارية ، ولهذا فان الطاقة المتوافرة سوف تستهلك اذا لم يكن هناك مصدر خارج النظام يقوم بمد الطاقة اللازمة . ومصدر هذه الطاقة المضافة هي الشمس .

الانتاجية الاولية *Primary productivity* : ان الجلوكوز الذي يتكون في النباتات الخضراء بفعل عملية التمثيل الضوئي يمكن ان يجري استخدامه فورا في النباتات وذلك في عملية التنفس ، التي هي عملية الاكسدة التي بها يستعمل الكائن الحي الطاقة الكيميائية كوقود لنشاطاته . او هو قد يتحول الى مركبات اخرى ضرورية لعملية الحماية والتقوية وبعض الاعمال الأخرى . او ان الطاقة التي تحتجز بالمركبات النباتية يمكن ان تستعملها لكائنات حية اخرى ، وخاصة الحيوانات التي لا تستطيع بنفسها تثبيت او حجز الطاقة الضوئية .

ومن المفيد في بعض الاحيان معرفة كم من الطاقة ينتج النبات في بعض الأنظمة البيئية . والتعبير المعروف **بالانتاجية الاولية** primary productivity يدل على كمية الطاقة (بالسعر / غم) التي ينتجها التمثيل الضوئي للنبات في مساحة معينة (عادة متر مربع واحد) خلال فترة زمنية محددة (عادة سنةواحدة). وطرق قياس الانتاجية غالبا ما تستفيد من الحقيقة بأن ثاني اكسيد الكربون يؤخذ من الهواء والماء بواسطة النبات ويطلق الاكسجين .

فاذا اخذنا طريقة القياس بالاكسجين مثلا ، فان عينات من الماء بها تركيزات متساوية من الطحالب ، والحيوانات ، والبكتيريا ، توضع في زجاجتين، واحدى الزجاجتين شفافه والاخرى معتمة ، لاتسمح بنفاد الضوء اليها . ثم تقاس كمية الاكسجين في الماء . وبعد ذلك تغمر الزجاجتان في النهار في البحيرة، او النهر ، او المحيط على العمق الذي جمع فيه الماء . وبعد ٤ ــ ٦ ساعات تخرج الزجاجتان ويقدر محتوى الاوكسجين فيهما مرة ثانية وبما ان عملية التنفس تحصل في الزجاجة المعتمة ، بينما عمليتا التنفس والتمثيل الضوئي في الزجاجة الأخرى ، فانه يمكن ان نقدر بالضبط كمية الاوكسجين الذي فقد في

كل من الزجاجتين المعتمة والمنفذه للضوء نتيجة لعملية التنفس . وكمية الطاقة الباقية بعد عملية التمثيل الضوئي وحصول التنفس تدعى **الانتاجية الصافية** net productivity . وفي هذه الحالة ، قدرت الانتاجية الصافية عن طريق كمية الاوكسجين المنتج في الزجاجة المنفذة للضوء . **والانتاجية الكلية** Gross productivity ، هي كمية الطاقة الكلية المنتجة ،بغض النظر عما استخدمه النبات نفسه في عملية التنفس . وللوصول الى حساب كمية الانتاج، فاننا نضيف كمية الاوكسجين التي فقدت بسبب التنفس (والذي قيس بالزجاجة المعتمة) الى الانتاجية الصافية حتى نجد كمية الاوكسجين التي تكونت فعلا .

لقد شرحنا انتاج الاوكسجين ، ولكن المعادلة لعملية التمثيل الضوئي ترينا بأنه كلما انتج ست جزئيات من الاوكسجين ، ينتج أيضا ٦ جزيئات من السكر خلال العملية . وواضح اذن اننا نستطيع تحويل معلوماتنا عن تكون الاوكسجين الى معلومات عن انتاج الوقود (الطاقة) . وهناك طريقة أخرى لحساب



الشكل (٢٧ ــ ٦) : مصنع الطاقة . ان الطريقة الشائعة التي تستعمل لتقدير الانتاجية الاولية الارض هي طريقة حصاد المحصول . وهذه الطريقة تشمل جمع المحصول المنتج في قطعة من الارض في وقت من الاوقات . والحقل العشبي الذي يظهر في الصورة هنا قد حصد ، وجففت الاعشاب المقاربة ووزنت . والانتاجية السنوية الصافية الاولية تقدر للمواطن المختلفة عادة باعطاء الوزن بالغرامات لكل متر مربع بالسنة .

الانتاجية البيئية ecological productivity وذلك كحقن الزجاجتين المعتمة والمنفذة للضوء **بثاني اكسيد الكربون المشع** ($^{14}CO_2$) ومن ثم نستعمل **عداد جايجر** Geiger counter لقياس كمية ثاني اكسيد الكربون المشع الذي استعمله النبات بعد ساعة او ساعتين وذلك لحساب الانتاجية الكلية او بعد يوم او يومين لحساب الانتاجية الصافية .

وتختلف الانتاجية الاولية من منطقة لاخرى اختلافا واسعا . وهناك نسبة صغيرة فقط من العالم خصب جدا . فالصحارى ، **والاراضي** العشبية ، والبحيرات العميقة ، والغابات الجبلية ، والمحيطات سحيقة العمق كلها غير منتجة اذا قورنت بمصاب الانهار ، والشعاب المرجانية ، والغابات الاستوائية ، والاراضي الزراعية المنظمة تنظيما مركزا . وعلى اليابسة ، غالبا مايكون الماء هو العامل المحدد للانتاجية الاولية . وهناك انتاجية عالية في المناطق التي تنعم بامطار غزيرة كشبه القارة الهندية Indian subcontinent اكثر من المناطق الفقيرة بالامطار مثل الصحاري وشبه الجزيرة العربية .

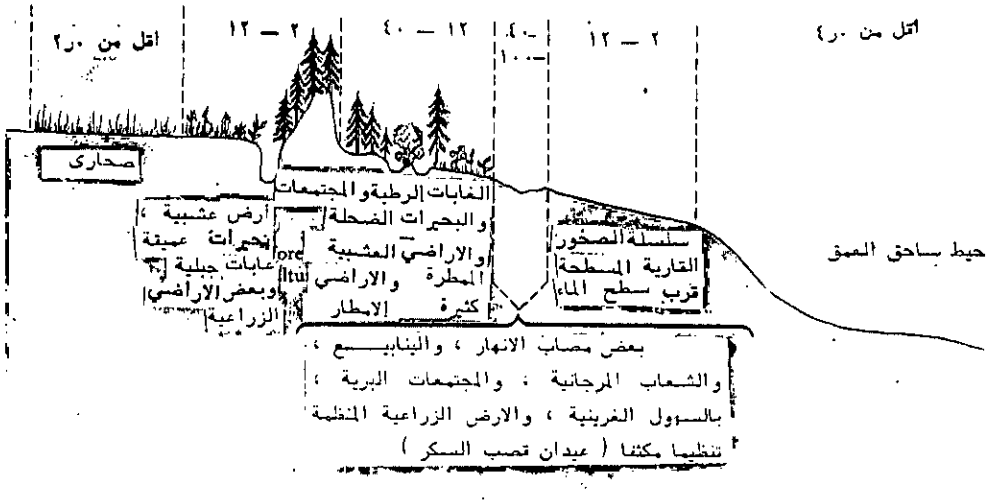
الانتاجية الثانوية *Secondary productivity* لقد قدر ان ٩٩ ٪ (بالوزن) من المواد الحية على سطح الارض يتكون من نباتات خضراء . وعندما تستهلك هذه النباتات الخضراء من قبل الحيوانات آكلة العشب او الحياتيات خلال المستويات الغذائية ، فلا تمثل جميع هذه النباتات باكملها حتى تستخدم كلها كمصدر للطاقة . فالكثير من السليلوز القاسي من النباتات يطرد . وكذلك فان عملية هضم وتمثيل الانسجة النباتية تستفيد بعض الطاقة تاركة الاقل لعملية النمو او الانتاج . وفضلات المواد من العمليات الخلوية يسبب فقدانا كثيرا للطاقة . وربما يعطل تدفق الطاقة ، ويمنع استعمال الكائن الحي من قبل مفترسيه الذين هم في المستوى الغذائي التالي له . ويمكن ان يقاس تدفق الطاقة خلال المستويات الغذائية بوحدات اكبر من السعر وتدعى (الكيلو سعر او الكيلو كلوري) والكيلو سعر هو كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد (ليتر واحد) من الماء درجة مئوية واحدة . (ان رغيفا كبيرا مصنوعا من الدقيق الابيض يحتوي على ١٢٥٠ كيلو سعر تقريبا .

والانتاجية الثانوية Secondary productivity او سرعة تحول الطاقة من المنتج الى المستهلك والى الكائنات الحتاتية بالمستويات الغذائية تنخفض انخفاضا كبيرا في كل حلقة في السلسلة الغذائية . وبعض من الطاقة الأصلية

الداخلة توجه الى الحتاتيات حتى في المستويات الغذائية غير الحتاتية أصلا .

والجمع بين الرسوم البيانية لعدة مستويات غذائية يعطينا ، مايسمى «نموذج انبوبة التخزين» store-pipe model لتدفق الطاقة خلال النظام البيئي . ويظهر النموذج لتدفق الطاقة في الينابيع الفضية Silver Springs وهي احد المجتمعات في نهر فلوريدا Florida River ، ان الطاقة الشمسية القادمة يمتص نصفها ، ولكن حوالي ١٪ فقط $\frac{٢٠٫٨١٠}{١٫٧٠٠٫٠٠٠}$ يتحول الى انتاجية كلية . ونموذجيا فان المقدرة الكلية للانتاجية الاولية تتراوح ما بين ١٫٠٪ — ٢٪ ولذا فان ١ ٪ كما ورد واكثر من نصف هذه الانتاجية الكلية يفقد خلال التنفس ، تاركا ٨٨٣٣ كيلو سعر (كالوري) لكل متر مربع بالسنة كانتاجية اساسية (الاشكال من أودم Odum, 1959).

ومع تلك الكمية من الطاقة الشمسية التي تمتص وتستعمل في عملية التمثيل الضوئي ، فان ٤٨٦ كيلو سعر / متر ٢ / بالسنة ترد الى مجتمعات



الشكل (٢٧ — ٧) : الانتاجية الكلية الاساسية لمناطق مختلفة ، مقدرة بالكالوسعر لكل متر مربع باليوم .

الينابيع الفضية من الخارج بشكل خبز تتغذى به الاسماك ولكن هنالك ٦ كيلو سعر / متر٢ / سنة مع الاحياء المفترسة . فالسؤال اذن اين ذهبت كل هذه السعرات؟ان النباتات عادة لاتجيد حصر واستعمال الطاقة الضوئية،والحيوانات هي عادة اكثر كفاءة في تحويل الطاقة ، ولكنها لا تقدر على استعمال جميع الطاقة الموجودة نظريا في الكائنات المفترسة . فمثلا جدار الخلية النباتية ،وهيكل الحشرات ، والعظام ، والشعر كلها تحوي طاقة ، ولكن معظم الحيوانات لا تستعملها كغذاء . وكذلك فان الحيوانات المفترسة قبل ان تؤكل ، تصرف خلال السلسلة الغذائية كمية كبيرة من الطاقة في نشاطات كالحركة ، وتحويل الغذاء الى انسجة ، وتجنب الحيوانات المفترسة ، وبالاضافة فان الحيوانات ذات الدم الحار تنتج حرارة تدفيء اجسامها . وهكذا فان جزءا كبيرا من الطاقة الغذائية تفقد في المستويات الغذائية الدنيا قبل ان تصل الى قمة المستويات العليا في السلسلة .

ويمكن أن تدرس عدة مستويات غذائية في المنابع الفضية للحصول على افكار اكثر وادق عن كفاءة السلسلة الغذائية . وهذه **الكفاءة البيئية** ecological efficiencies تحسب كما يلي :

$$\text{الكفاءة البيئية} = \frac{\text{السعرات الغذائية المستهلكة بواسطة الحيوانات المفترسة}}{\text{السعرات الغذائية التي استهلكتها الحيوانات المفترسة}}$$

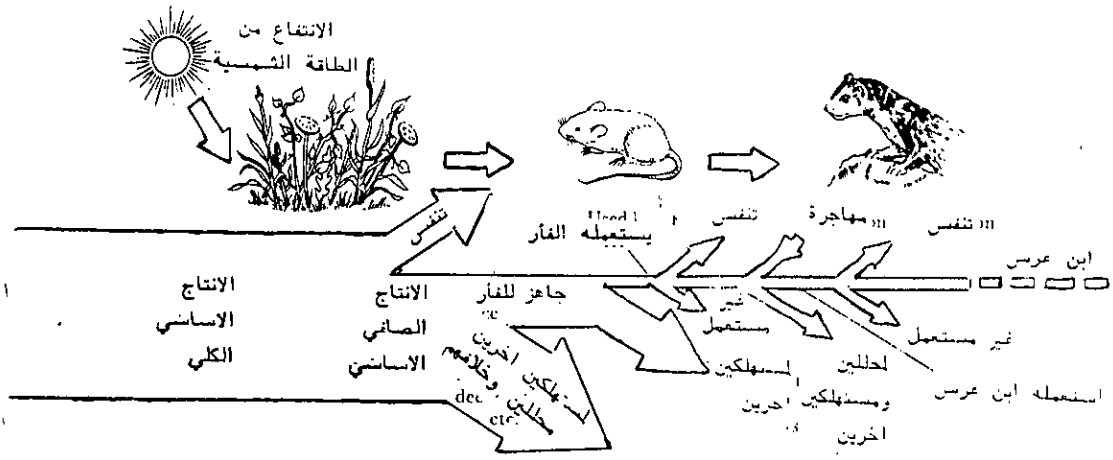
$$\frac{٨٨٣٣}{١ر٧٠٠ر٠٠٠} = ٥٢و٠ \text{ ٪ كفاءة الانتاجية الاولية (النبات)}$$

$$\frac{\text{١٤٧٨ كيلو سعر / م٢ / سنة}}{\text{٨٨٣٣ كيلو سعر / م٢ / سنة}} = ١٦ر٧ \text{ ٪ كفاءة الانتاجية الثانوية (آكلة الاعشاب)}$$

$$\frac{٦٧}{١٤٧٨} = ٤ر٥ \text{ ٪ كفاءة انتاجية اكلة اللحوم (الاولية) عند القمة}$$

$$\frac{٦}{٦٧} = ٩ر٠ \text{ ٪ كفاءة انتاجية اكلة اللحوم (الثانوية) عند القمة}$$

ان الكفاءة البيئية للانتاج الاولي يتراوح معدلها ١ ٪ او اقل . في المستويات الغذائية الاعلى ، فان الكفاءة البيئية تتراوح من ٢ ٪ حتى ٣٠ ٪ ويتراوح متوسطها بحدود ١٠ ٪ كما هو الحال في المنابع الفضية . وهذا



الشكل (٢٧ ــ ٨) : تدفق الطاقة.

يعني ان ٩٠ ٪ من الطاقة الجاهزة للمستوى الغذائي قد فقدت ، ومعظمها على شكل حرارة لا يستفاد منها خلال التنفس ، ويبقى ١٠ ٪ جاهزة للمستوى الغذائي التالي . قاعدة ال ١٠ ٪ هذه للكفاءة البيئية تساعدنا على فهم السبب في انه يندر ان يكون هنالك اكثر من اربع او خمس حلقات في السلسلة الغذائية . واذا كانت الانتاجية السنوية ١٠٠٠ كيلو سعر / م٢ فان حوالي ١٠ كيلو سعر / م٢ يكون جاهزا للمستوى الخامس .

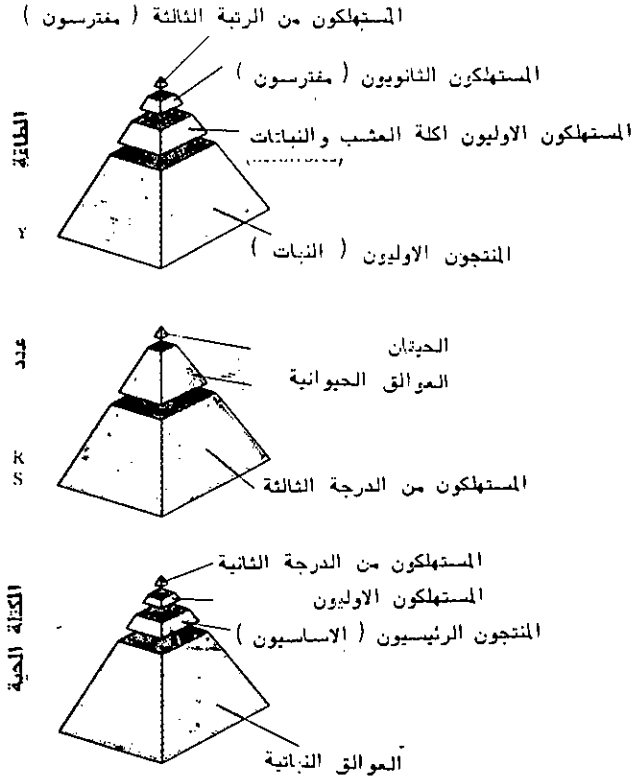
وبهذه الكمية القليلة من الطاقة / م٢ ، فانه من الضروري للحيوانات آكلة اللحم بالمستويات الغذائية العليا ان تكون ضخمة ونشيطة ، وذات مجال واسع ، لكي تتمكن من جمع الطاقة الغذائية الكافية لبقائها حية .

الدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles

في حين تنتقل الطاقة عبر طريق واحد خلال النظام البيئي ، فان المواد الغذائية تدور باستمرار ضمن هذا النظام . فالهواء الذي تستنشقه يحوي الاوكسجين وهذا ربما كان في جسم ديناصور او اودلف هتلر . والعناصر الضرورية للحياة هي مابين ٣٠ ــ ٤٠ عنصرا تستعمل مرة اثر مرة ، وغالبا

ما تتبع دورات معقدة بين الكائنات الحية وماء الارض ، والهواء ، والتربـــة ، والصخور وتعرف هذه **بالدورات البيوجيوكيميائية** biogeochemical cycles .

والانتاجية باي نظام بيئي تقدر في معظم الحالات بسرعة دورة الغذاء بين المجموعة الحية والجزء غير الحي من البيئة . فاذا حصرت المواد الغذائيـــة

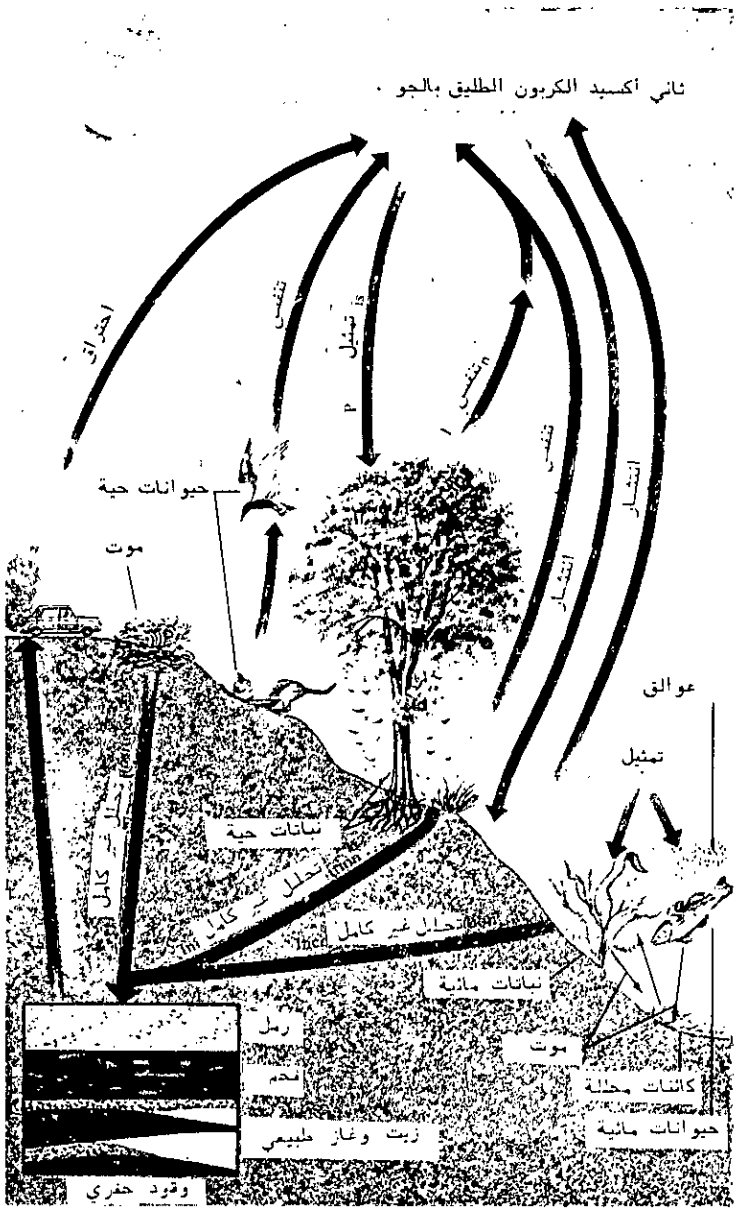


الشكل (٢٧ ــ ٩) : اهرامات الطاقة ، العدد ، الكتلة الحية .

يمكن أن تستعمل نماذج الاهرامات لتبين بعض العلاقات البيئية . واهـــرام الطاقة تبين فقدان الطاقة على طول السلسلة الغذائية . وان اكبر كميـــة من الطاقة موجودة في المنتجات ذات التمثل الضوئي . وتفقد كميات كبيـــرة من الطاقة من خلال عمليات التنفس والاخراج اثناء استخدامها من قبل الحيوانات اكلة العشب واكلة اللحوم . واهرام الاعداد تبين الاعداد التقريبية للكائنات الحية عند كل مستوى في السلسلة الغذائية الممتدة من العوالق النباتية الـــى الحوت . ويمتد هذا الهرم من اسفل الى اعلى . ان الكائنات المستهلكة هي اكثر بكثير من تلك التي تستهلكها . ولا بد من اعداد ضخمة من الكائنـــــات **الماكولة حتى تدعم الحيوانات المستهلكة الكبيرة .**

النظام البيئي المائي في الينابيع الغضية ، فاوريدا . تبين انه كلما قلت الطاقة في اي مستوى غذائي ، فان الكتلة الحية المعتمدة على الطاقة تكـــون قليلة ايضا . وان اكبر كميات من الطاقة موجودة في الاحياء المنتجة وهذه تشكل **اكبر تركز من الكتلة الحية . والارقام تمثل غرامات الوزن الجاف للكتلـــة الحية ، وهي وحدة معتمدة للقياس .**

لفترة طويلة من الوقت في اماكن لايستطاع الوصول اليها او بشكل غير ذي فائدة، فان الانتاجية تكون منخفضة . والعمليات الطبيعية قد تدفن او تستهلك المواد غذائية قيمة ، والانسان قد يقوم بازاحة كميات كبيرة من المواد في الدورات الغذائية . فقطع الأشجار ، والحصاد ، والتنجيم عن المعادن ، يسحب العناصر



الشكل (٢٧ ــ ١٠) : دورة الكربون .

الحيوية من مصادر التغذية في منطقته ، ومن ثم ينقلها ويطرحها بانظمة بيئية اخرى ، ومن الممكن ان يؤدي ذلك الى الاخلال الشديد بالتوازن وذلك بسبب تركيزها في غير حالتها الطبيعية . فصخور الفوسفات تستخرج بمعدل يبلغ ٣ ملايين طن بالسنة ، وبعد ذلك يعامل بالحامض لجعله قابلا للذوبان ، ثم يكون جاهزا لنشره فوق الحقول كمخصب . وعندما ينزل المطر ، فان الكثير من هذا الفوسفات يذوب ويجري فوق المنحدرات الى الجداول والبرك والبحيرات . ونتيجة لحمل الفوسفات من مكانه الاصلي فانه بالمكان الاخير يعمل على التغذية والتنشئة السريعة للطحالب التي تكون عادة متكيفة على مستوى منخفض من كميات الفوسفور الموجودة في المياه العذبة . ومن سلسلة الحوادث التي تتبع ذلك فان البكتيريا التي تتغذى على الطحالب الميتة تزداد ، وزيادة البكتيريا تكون مصحوبة بزيادة الحاجة الى الاكسجين مما يسبب نقصانا كبيرا للأوكسجين في الماء ، وانخفاض مستوى الاوكسجين يسبب نمو وتكاثر النباتات غير المتحللة مؤديا الى موت الأسماك وكائنات حية اخرى اذ ان بقاءها يعتمد على مستوى عادي من الاوكسجين . وهكذا فان عملية **التحسين الصناعي للتغذية** eutrophication تؤدي الى الاضطراب في الدورات البيوجيوكيميائية ، التي تستبقي المواد الغذائية حيثما يحتاج اليها ، وتعمل على اعادة استعمالها باستمرار .

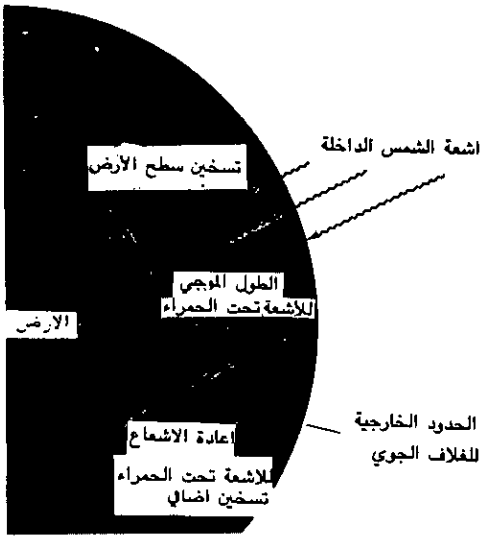
دورة الكربون The carbon cycle

ان جميع الكائنات الحية تحتاج لمصدر كربوني . السلسلة الرئيسية للكربون تتكون من ثاني اكسيد الكربون الى المادة الحية ثم العودة الى ثاني اكسيد الكربون . ففي عملية التمثيل الضوئي تقوم النباتات بجمع النيتروجين من ماء التربة مع ثاني اكسيد الكربون من الهواء لصنع مركبات غنية بالطاقة . وحينما تستعمل هذه الكربوهيدرات من قبل النباتات او آكلة النباتات ، فان معظم الطاقة تستنفد على شكل حرارة . وخلال عملية التنفس او التحلل ، فان الكربون يعود الى الجو على صورة ثاني اكسيد الكربون . وحوالي ١٠٠ بليون طن متري ، او ما يساوي ١٤ ٪ من ثاني اكسيد الكربون بالجو يتحد مع كائنات حية (النباتات) من خلال عملية التمثيل الضوئي كل عام . وبالاضافة ، فان

الجو هو المخزن الرئيسي الكربون المستعمل ، وجزء صغير من ٠٠٠ر٠٠٠ر٢٠ بليون طن متري من الكربونات بالقشرة الأرضية يتآكل باستمرار ، أو يعود الى الدورة بواسطة عمليات البراكين .

وعندما يتم الكربون دورة كاملة فانه يمر خلال العلميات البيوجيوكيميائية ثم يعود الى حالته الأصلية الغازية في خلال دقائق أو ساعات ، او ربما بضع سنوات ، ولكنه في بعض الأحيان يحجز بأجسام بعض الكائنات لسبب ما فسلا تقوم بتحليله . ففي المحيطات نجد بعض الاجزاء من الكائنات الميتة غير متحللة كليا ،خاصة الهياكل المحتوية على الكربونيت . وهذه قد تتجمع فتكون ترسبات ضخمة من كربونات الكالسيوم كما في **مرتفعات دوفر البيضاء** White Cliffs of Dover ويحوي الجو على حوالي ٧٠٠ بليون طن متري من الكربون ، ومن هذه الكمية المشار اليها ما مقداره ٠٠٠ر٣٥ مليون طن متري موجود في البحر .

ان ترسبات الفحم ، والحديد ، والبقايا غير المتحللة تماما من النباتات والحيوانات عبرملايين السنيين تحوي مامجموعه ٠٠٠ر٠١بليون طنمن الكربون. وباستخراج الطاقة من هذه المتحجرات كوقود ، فاننا بذلك نعيد ثاني اكسيد الكربون الى الجو بمعدل ٣ر٢ جزء من كل مليون في السنة . ولان المحيطات تعمل كمجمعات تمتص بعض هذه الزيادة ، فان الزيادة الفعلية لثاني اكسيد الكربون في الجو هي ٣ر٠ جزء / مليون / سنة تقريبا : وحصيلة ذلك الارتفاع من ٢٩٠ الى ٣٢٠ جزء / مليون خلال المائة عام الاخيرةوما قد يصل الى ٤٠٠ جزء



الشكل (٢٧ ــ ١١) : تاثير البيت الزجاجي

مليون بنهاية القرن .

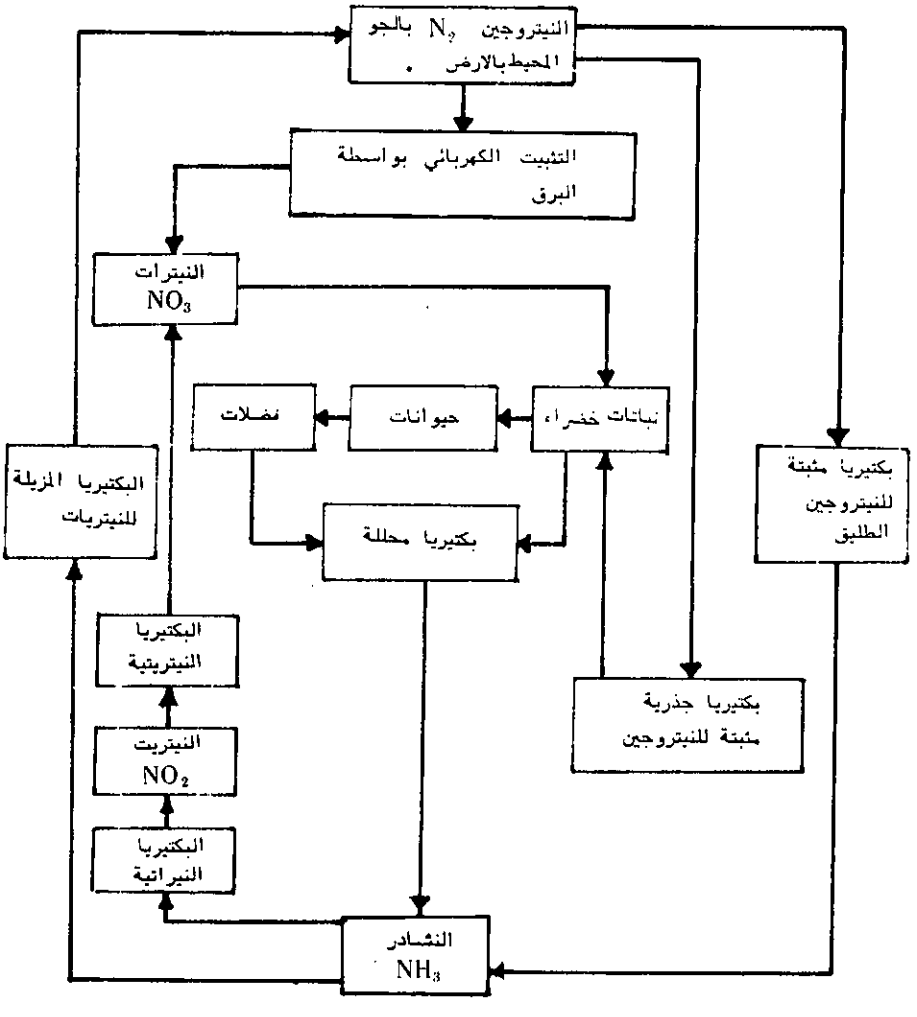
ولايعرف العلماء معرفة اليقين ما سيكون تأثير زيادة ثاني اكسيد الكربون. فمن الممكن ان يزيد الانتاجية الاولية على الارض . او ان ينتج ما يسمى **بتأثير البيت الزجاجي** greenhouse effect : ان الكربون كالزجاج ينفذ الأشعة المرئية ويمنع الأشعه تحت الحمراء من النفاذ . والزيادة بتركيز ثاني اكسيد الكربون قد تسمح للضوء بأن ينفذ الى الجو المحيط بالأرض ولكن يمنع اشعاع الحرارة منه . واذا زادت حرارة الجو المحيط بالارض زيادة كافية ، فان هذا قد يؤدي الى اذابة الثلوج على القمم العالية ، مسببا الفيضانات ، وتغيرات بالطقس . والى حدما ، فان هذا التغير المتوقع بزيادة درجة الحرارة قد يقابله تغير من صنع الانسان ، مما يؤدي الى تغير الكميات الطبيعية من بخار الماء ، وخاصة حجب جزء من اشعة الشمس المسخنة . ولكننا لانستطيع التنبؤ بدقة فيما اذا كان هذان العاملان سيتعادلان ام لا، وما مدى تأثيرهما على الطقس ، او على الجو المحيط بالارض .

دورة النيتروجين The nitrogen cycle

يكون النيتروجين ٧٩ ٪ من المحيط الغازي ، ولكن بشكل غير فعال لايمكن استعماله من قبل النباتات والحيوانات . فيجب تثبيته اولا او اتحاده مع بعض المركبات الكيميائية حتى تستطيع النباتات والحيوانات استعماله . وعملية تثبيت النيتروجين هذه مكلفة بمقياس الطاقة ، ومعظم الكائنات الحية ينقصها الانزيمات الضرورية لهذه العملية . وبعض النباتات مثل شجر الحور **والبقوليات** legumes مثل البازلاء ، والفاصوليا ، والبرسيم تحوي كائنات حية دقيقة بجذورها تثبت النيتروجين . وبكتيريا **رايزوبيوم** *Rhizobium* الدقيقة تخترق الجذور وتتكاثر هناك مسببة تكوين **عقد مستديرة** nodules .وعلى هذه البكتيريا، مع بعض انواع البكتيريا ذات الحياة الحرة ، والطحالب الخضراء المزرقة وبعض الفطريات ، تعتمد جميع اشكال الحياة لتثبيت النيتروجين الضروري لعملية انتاج البروتينات والاحماض الامينية .

وفي التربة ، والماء ، والعقد الجذرية ، تقوم هذه الكائنات الدقيقة المثبتة للنيتروجين بتحويل النيتروجين (N_2) الى أمونيا (NH_3) . ويفرز جزء من

هذه الامونيا الى التربة والماء ، وجزء يستعمل لبناء مركبات عضوية نيتروجينية هي غالبا الاحماض الامينية . والبكتيريا الموجودة في العقد الجذرية تحتفظ بجزء يسير من النتيروجين لاستعمالها الخاص . وقد تسمح باطلاق جزء يصل الى ٩٠ ٪ من النيتروجين المثبت بواسطتها الى النبات العائل . وفي حقل لنبات **البرسيم** alfalfa مساحته فدان واحد يمكن تثبيت ما مقداره ٤٠٠ باوند من النيتروجين في فصل واحد . وبما أن معظم النيتروجين يعود الى التربة بصورة قابلة للاستعمال ، فان المزارعين غالبا ما يقومون باتباع دورة زراعية بحقولهم فتزرع بالبقوليات ثم بمحصول آخر . وبهذه الطريقة يستطيعون اعادة مااستعمل من النيتروجين بواسطة المحاصيل التي لاتستطيع تثبيته كالذرة .



الشكل (٢٧ ــ ١٢) : دورة النيتروجين .

وبعض البكتيريا والفطريات المتخصصة بالتحليل التي تستعمل مركبات النيتروجين المثبت كمصدر للطاقة، تكمل دورة النيتروجين وذلك باعادة النيتروجين الى شكله غير العضوي . عندما يموت الكائن الحي ، فان هذه البكتيريا تحلل البروتوبلازم الى احماض امينية ومواد عضوية ، وفي حالة الحيوانات الى يوريا ، **والبكتيريا الامونية** Ammonifying bacteria تقوم بتحويل الاحماض الامينية الى امونيا وهذه تتحلل بعدئذ الى **نيترايت** nitrite بواسطة **البكتيريا النيتراتية** nitrite bacteria . واخيرا تقوم البكتيريا النيتراتية بتحليل النيتريات الى **نيترات** nitrates ،يمكن استعمالها مباشرة بواسطة النباتات الخضراء لتصنيع البروتين . وتقوم **البكتيريا المزيلة للنيترات** Denitrifying bacteria باعادة بعضها الى الجو . وعمل هذه الكائنات الحية الدقيقة مهم جدا حتى ان الجمعية الكيميائية الامريكية قد حذرت بان انقراض عدد قليل — ١٢ نوعا — من البكتيريا الداخلة في دورة النيتروجين قد يؤدي الى انتهاء جميع انواع الحياة على الارض.

ويثبت سنويا حوالي ٤٠ مليون طن متري من النيتروجين بواسطة النباتات الطبيعية البرية والبحرية . وبالاضافة الى ٦و٧ مليون طن تنتج بواسطة البرق وعمليات جوية اخرى . بالاضافة الى ماسبق ، يضيف الانسان عدة ملايين من الاطنان وذلك بزرع البقوليات مثل البرسيم والحلفا بما تحويه من بكتيريا هامة لتثبيت النيتروجين . ويضيف الانسان ايضا حوالي ٣٠ مليون طن من النيتروجين كل سنة الى الارض باستعمال المخصبات النيتروجينية المصنعة.

دورات اخرى Other cycles

على عكس الدورات الغازية مثل الكربون والنيتروجين ، فان هناك مواد غذائية تتبع دورات غير كاملة ، تنتهي بصخور مترسبة . مثل هذه المواد الغذائية يمكن استعادتها ببطء شديد خلال العمليات الطبيعية من اجل استعمال الكائنات الحية . فمثلا الفسفور هو العنصر الرئيسي في ال ATP يلزم في العمليات المحتاجة الى الطاقة ،واذا فقد بشكل مؤثر في النظام البيئي،فان فقدانه قد يحد نمو النبات بشكل خطر . وصخور الفوسفات التي تحوي المخزن الرئيسي لهذه المادة الغذائية ، تتوافر للنباتات خلال عمليات انجراف التربة بالامطار وفيضان مياه الجداول . والنباتات تمتص الفوسفور الذائب خلال

جذورها . وبعد الموت او افراز الفوسفور بواسطة النباتات او آكليها فان الفوسفور يعود ثانية الى الأرض . ولكن في حالته الذائبة ، تجرف كميات كبيرة منه وتنقل بعيدا وعادة يعاد تراكمه في قاع البحر . وهناك قد يدفن تحت الترسبات البحرية فتفقده الكائنات الحية الا اذا حدثت نشاطات جيولوجية او صعدت به التيارات المائية لمياه المحيطات العميقة التي تحمل معها الترسبات الى السطح . وبعض الفوسفور يعود الى الأرض بأكل الطيور للأسماك ، ويستعمل ذرقها كسماد طبيعي في الساحل الغربي من امريكا الجنوبية . وهناك كميات اخرى من الفوسفور تستعيدها كائنات حية طورت عمليات اختزان .ففي المستنقعات ، تصفى **بلح البحر** mussels كميات فوسفورية زائدة من الماء وتفرز كمترسب على سطح المستنقع حيث يعاد استعماله من قبل نباتات المستنقع .

وبعض العناصر النادرة الوجود في الطبيعة قد لا تكون اقل اهمية للحياة. والكبريت كمثال هو عنصر (ثانوي) ولكنه مهم حيث يربط البروتينات بعضها ببعض . والمغنيسيوم يشكل مركز الذرة لكل جزيء من الكلوروفيل . ومثل الكربون ، والنيتروجين ، والفوسفور كلها عناصر تتبع دورات من خلال النظام البيئي وبعض المواد الغذائية تحتاج اليها فقط وبكميات قليلة جدا ، ولكن غيابها يسبب تأثيرات جوهرية . **فالموليبديم** Molybdenum هو عنصر مهم جدا في انزيم النيتروجينيز nitrogenase الذي يثبت النيتروجين.والذي يوجدتكافليا بالكائنات الحية المثبتة للنيتروجين . وان زيادة باوندين من عنصر الموليبديم لكل فدان قد يجعل الأرض قادرة على تقوية ومساندة البقوليات .

التداخلات البيولوجية Biological interactions

ان النباتات والحيوانات لا تتعايش في النظام البيئي فحسب ، بل تؤثر بعضها في بعض بصورة مباشرة وبطرق مختلفة . فهي قد تتغذى بعضها على بعض او تتسلق او تساعد في التلقيح . او قد يكون بعضها ملجأ لبعض ، او مرتعا يلتقط منه القراد والطفيليات كما قد تتنافس على الغذاء ، وقد تتساعد على ثبات المجتمع ، وقد تنضم بعضها الى بعض في عمليات الصيد ، وقد تتزاوج، حتى انها قد تتعاون في الاشكال الاجتماعية المعقدة . وتعاون كهذا مهم لكل نوع

بطرق بدائية في معرفتها . وعلى سبيل المثال فقد اكتشف احد البيولوجيين بان ١٣ر٥٠٠ حيوان تعيش داخل ثقوب حيوان الاسفنج الكبير الموجود بفلوريدا Florida Keys . ومجموعة الحيوانات هذه تتكون من ١٩ نوعا منها السمك الصغير . والسؤال هو ماذا تفعل هذه المخلوقات هناك ؟ وهل وجودها يسبب فائدة ام ضررا للاسفنج ؟ وهل هناك علاقات متبادلة فيما بين هذه الانواع التسعة عشر ؟ وهذه الاسئلة ضرورية لفهم ماذا يجري في النظام البيئي.

وبالنظر الى تأثير كائنات معينة بعضها على بعض لا بد أن نتجنب الميل الى تصنيفها كمخلوقات جيدة او سيئة . اذ انها كلها تساهم بطريقة ما في التوازن الدقيق الذي يؤمن بقاء النظام ككل . فهناك بعض الوظائف المهمة تنجزها مخلوقات يحاول الانسان تقليديا ابادتها مثل الحشرات والنباتات المضايقة ، فالغربان يحاربها المزارعون لانها تأكل الذرة ، لكنها تأكل ايضا



الشكل (٢٧ ــ ١٣): القيوط Coyote . لقد اعتبر القيوط في الماضي حيوانا مزعجا مؤذيا . وقد تم صيده باطلاق الرصاص عليه وتسميمه بمحاولات لضبط مجتمعه من التضخم ولكن الحقيقة أن القيوط يساعد المزارعين وأصحاب الارقار بضبط مجتمع القوارض.وبدون القيوط فان القوارض تتكاثر بسرعة فائقة فتلتهم الحبوب والخضار . وبالاضافة فان القيوط يعيش على البقايا الحيوانية الميتة .وغالبا ما يجر الجثث بعيدا عن مصادر الماءللانسان، فيمنع تلوث الماء .وهو أيضا يساعد الغزلان والالكه والابل وبعض المجتمعات بان تبقى قوية وذلك بالتخلص من الافراد الكبيرة الضعيفة من المجتمع .

الحشرات فان عائلة واحدة من الغربان خلال موسم التكاثر تستهلك حوالي ٤٠٠٠٠ حشرة نعتبرها ضارة ، بما فيها يرقانة الفراش ، **والدويه** grubs وبعض الديدان . لاسيما وان بعضا من هذه الحشرات لا تأكلها معظم الطيور . واذا طردت الغربان بعيدا فان المزارع قد يعاني من يرقات الديدان العشبية البيضاء ، والديدان **السلكية** التي تصيب الملفوف والديدان الخضراء التي تصيب البندورة . وبالاضافة فان الغربان تعمل كعمل **الحتاتيات** detritivores ، اذ انها تعمل على اعادة الدورات الغذائية بالجيف . وهي ايضا تأكل بيض البط في بعض الأحيان ، وهذه الوظيفة تفيد مجتمع البط باجباره على الوضع مرة ثانية .ولان البط من النوع الواحد يضع بيضة واحدة في الوقت الواحد ، والظروف الجوية القاسية في موعد التفقيس قد تقتل جميع صغار بط البلبول او البط البري في ذلك الفصل ، غير ان وضع البيض مرة ثانية يضاعف فرص بقاء ونجاة فقس البيض وعيشها .

ان الكثير من العلاقات بين الكائنات الحية اقل تحيزا لجانب واحد مما كان مفروضا في السابق . فعندما يعالج حيوان الفقمة بحديقة الحيوان للتخلص من الديدان الطفيلية بمعدته فان صحته تسوء . وجلي ان هذه الديدان كانت ذات فائدة له بتسكين او تخفيف مظاهر القرحة بهذا النوع . وبعض الكائنات غير قادرة على ان تعيش بدون كائنات اخرى وازواج الطيور التي تعيش عادة في مستعمرات غير قادرة على الانتاج في حالة العزلة . والديدان الشريطية تعتمد على عوائلها بالحصول على الغذاء والحماية ، اذ انها تفعل القليل فتتكاثر ، وتتغذى ، وتعلق جسمها بالعائل . الديدان البالغة لاتقدر على الرؤية او الحركة ، ولا تستطيع العيش فيما اذا تركت خارج العائل .

وتحتل النباتات دورا سلبيا في العلاقات البيولوجية ، فتستخدم كغذاء للحيوانات العشبية . وفي بعض الأحيان قد تلعب دورا حيويا بالمحافظة على بقائها وذلك بافراز سموم كيميائية وهذه المواد قد تثبط نمو النباتات المنافسة حولها او تصد مفترسها .

وبعض النباتات اكلة الحشرات مثل نبات **خناق الذباب** Venus flytrap فانه لا يستطيع القبض على الحشرات وهضمها ، وربما يستعمل ذلك كطريقة لزيادة كمية النيتروجين المزود لها لان النيتروجين نادر في المستنقعات . والنباتات التي لاتقدر على تصنيع غذائها الخاص قد تتطفل على الحيوانات او

بعض النباتات .

ومن أجل اعطاء معنى لاختلاف العلاقات النباتية والحيوانية التي تـــم اكتشافها فاننا نجمعها عادة تحت اسم : العلاقة بين افراد النوع الواحـــد intraspecific ، ويحصل هذا بين الافراد في نفس النوع الواحد ، والعلاقة بين افراد الانواع المختلفة ويحصل هذا بين الكائنات التابعة لانواع مختلفـــة interspecific . ونستطيع فحص العلاقة بين المفترس والفريسة لنرى تاثيرها الممكن على بقاء النوع . وفي حالة الكائنات الحية التي تشكل مزاملة شديدة مع كائنات لا تشبهها ، ويمكننا محاولة تقدير فيما اذا كانت العلاقة متحيزة لاحـد الانواع أو أنها ذات منفعة متبادلة . واخيرا نستطيع النظر الى تأثير المنافسة والتعاون بين افراد النوع الواحد وبين افراد عدة انواع ، وما لهذا كله مـن اثر في النظام البيئي ككل .

العلاقات بين افراد النوع الواحد مقابل العلاقات بين افراد من عدة انواع : Intraspecific versus interspecific relations

ان العلاقات بين افراد النوع الواحد تساعد على المدى الطويل في تحديد اهلية النوع ككل ، وكذلك اهلية الفرد التابع لهذا النوع . فالمنافسة على الغذاء المتوافر ، والمساحة المتاحة للعيش ، والتزاوج والموارد المحدودة تضبط حجـم المجتمع وتقيم التوازن فيما بينها وبين قدرة المنطقة على الاحتمال . فمثلا ، ذكر الطيور الذي يغني يحدد منطقته بأغنية ويدافع عنها ضد اي احتلال افراد اخرى من نفس النوع . فالطيور التي تطرد تبقى بدون منطقة محددة فلا تستطيع التكاثر وتنشئة الصغار ، وهذا يمنع الازدحام والمنافسة المباشرة بين افراد النوع على الغذاء .

وليست جميع العلاقات بين افراد النوع الواحد تنافسية . وفي حالات كثيرة يتطلب بقاء النوع واستمراره التعاون بين افراده . فالابوان يعتنيان بصغارهما ويدافعان عنها ، والطيور تتجمع في أسراب للتكاثر والهجرة ، كما ان الحيوانات المفترسة مثل الذئاب تتجمع بشكل عصابة لتمسك بالفريسة الضخمة . وحينما يسبح السمك في جماعات فان فرص الامان بالنسبة له اكبر مما لو سبحت كل سمكة بمفردها . ومع انه قد تنقصها وسائل الدفاع عن نفسها عند مهاجمتها ،

الا انها كمجموعة تستطيع المراقبة باتجاهات اكثر في وقت واحد. وبنفس الوقت فان تحركها الجماعي يضلل المفترس ويجعله لا يدري كيف يحدد هدفه على اي منها . وفي الحشرات التي تعيش في مجتمعات منظمة كالنحل ، والنمل الابيض ، والنمل ، فان التعاون يصل الى قمته وذلك بتقسيم الجهود المبذولة .

وقد تعيش كائنات حية من انواع مختلفة في ترابط تعاوني معا ، ولكن لا نعرف الى اي مدى تعرف هذه الكائنات نتائج هذه العلاقة بينها . ويبدو أن الانتخاب الطبيعي غالبا ما يفضل الكائنات التي طورت تعاونا للعيش المنتظم . فالنعام والظبي وحمار الوحش غالبا ما تتشارك في الغذاء على نفس الارض ، فالنعام بعنقه الطويل وعيونه الكبيرة ينبه الاخر اذا اقترب مفترس ، والظبي وحمار الوحش بحاسة شمهما القوية تتحريان الاسود المختبئة قريبة منها بين الشجيرات الصغيرة .

والعلاقة بين أفراد الانواع المختلفة قد تكون علاقة تعاون ، أو منافسة ،



الشكل (٢٧ ــ ١٤) : المنافسة بين افراد النوع الواحد . يتغذى الكوال (حيوان استرالي من ذوات الجراب)على وجه الحصر على ورق نبات الاوكاليبتوس . وحجم مجتمع الكوال يعتمد على تزويده باوراق نبات الاوكاليبتوس فالمنافسة فيما بينها .

أو افتراس ، أو تكافل . وكما هو الحال بالعلاقات بين افراد النوع الواحد مثل التعاون والمنافسة ، وكل هذه الانواع المختلفة من التفاعل عادة يختل توازنها وغالبا ما تؤدي الى موت الافراد ، ولكن نادرا ما تؤدي الى انقراض النوع كله .

التكافل : Symbiosis

وهذا تعبير واسع يشمل اي ترابط شديد بين فردين او اكثر من انواع مختلفة ــ أما معناها الحرفي فهو العيش معا . ولا بد أن يستفيد واحد على الاقل من المتعايشين ، وفي كثير من الحالات قد يستفيد الشريكان . وبعض التصاحب التكافلي قد يكون بالاغلب صدفة ، وتعود هذه الفائدة البسيطة لواحد دون أن يحصل الاخر منها شيئا على الاطلاق . فمثلا **البرنقيل** barnacles قد يثبت نفسه على الصخور او الحجارة وغالبا ما يفعل ذلك ولكن تلك التي تتشبث بصدف السرطان ، او بلح البحر أو المحار يكون لديها فرصة افضل قليلا للعيش، لان حركة هذه الحيوانات وخلق تيارات مائية حولها يساعدان على جلب الغذاء للبرنقيل الماسك بها .

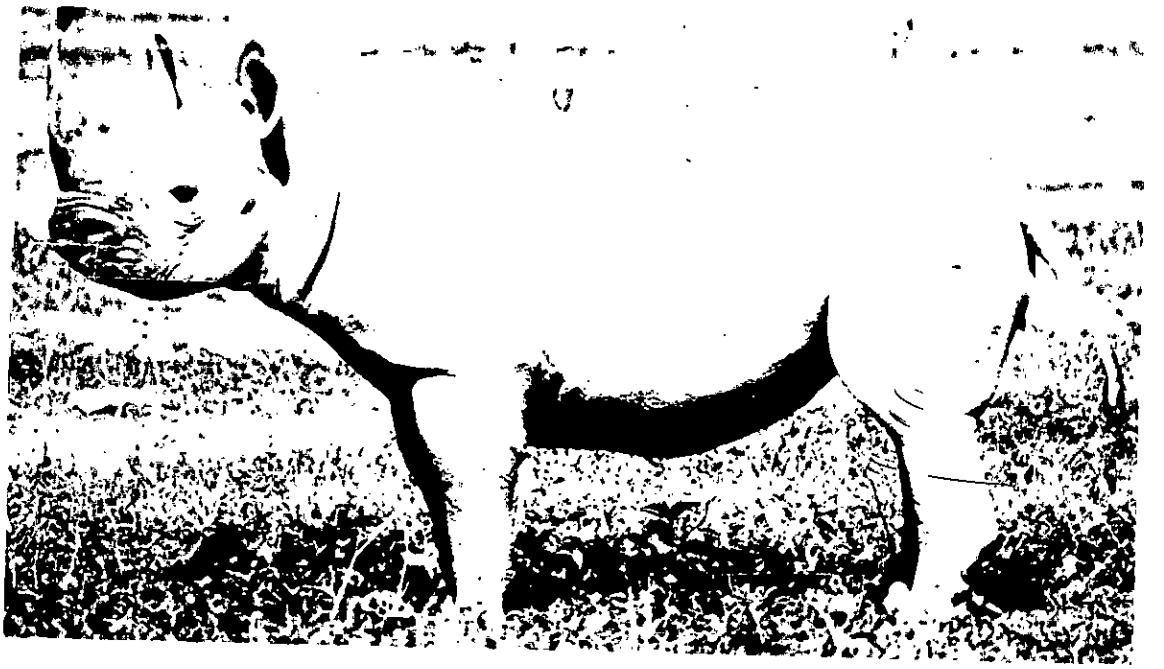
والجهود المبذولة للتعرف على الطبيعة الحقيقية لمختلف العلاقات التكافلية ، والتي تتراوح من التزام عرضي الى اعتماد فيه الحياة او الموت ،ادت الى وضع هذه العلاقات في ثلاث مجموعات .

المؤاكلة *Commensalism*

وهذا التعبير يشير للعلاقة التكافلية حين نجد نوعا واحدا يستفيد بينما الاخر لا يستفيد ولا يتضرر ، **فالموس الاسباني** moss الذي يتدلى من الاشجار بشكل لحية ذات شيب ، ونجده في الاجزاء الجنوبية والغربية من الولايات المتحدة، هو نبات بذري يستطيع أن يصنع غذاءه ويمكنه امتصاص الماء من الهواء الرطب ويستعمل عائله كدعامة للتعرض لاشعة الشمس . وهذه العلاقة بين الموس والشجر تجعله مؤهلا لهذا النوع من التكافل لان الموس يستفيد من عائله دون أن يلحق به بالنفع أو الضرر ونباتات الاوركيد orchids (من الفصيلة السحلبية) الشجري يتبع هذا النوع من المؤاكلة ، فينمو على جذوع اشجار الغابات الاستوائية الماطرة ويستفيد من حيز للعيش دون أن يلحق ضررا بالشجرة .



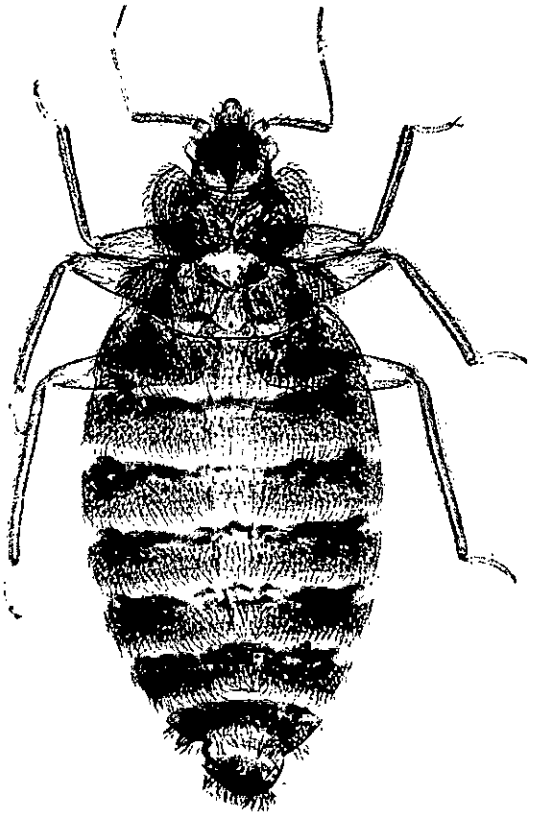
الشكل (٢٧ ــ ١٥) : المؤاكلة Commensalism سمكة اللاشك لها زعنفة شوكية ظهرية تحولت الى قرص ماص تستطيع بواسطته أن تلصق نفسها بجسم سمك القرش ، وسمك سيف البحر والرأس كوده وسمك التن ، والسلحفاة البحرية . وبينما تكون العلاقة مفيدة أو مضرة للمضيف ، فان سمكة اللاشك تستفيد من فضلات الغذاء الناتجة حين تغذية المضيف .



الشكل (٢٧ ــ ١٦) : تبادل المنفعة ــ يجد طائر القراد مصدرا للغذاء على حيـــــوان الرينوسيروز rhinoceros طفيليات جلدية ــ وطائر القراد لا يخلص حيوان وحيد القرن بأكله للمتطفلات المضايقة فقط ولكن يزوده ايضا باشارات تحذير ضد الخطر وذلك بطيره المفاجيء الى شجرة قريبة ليجد فيها ماوى آمنا .

والحيوانات غالبا ما تجعل مأواها قريبا من أنواع أخرى للحماية وعندما يبني طائر **الدرونجز** drongos وهو طائر افريقي عدواني يشبه الغراب ــ عشه على الشجر فان طيورا أخرى صغيرة مثل **الصفارية** orioles والحمام تتدفق لتأسيس مواقع أعشاشها على الاغصان السفلى من نفس الشجرة . وعندما تظهر عصابة سارقي العشوش مثل الصقور والغربان ؛ فان طائر الدرونجز يستطيع أن يقابلها ويطردها بواسطة التصفيق بجناحيه وصوته المزعج . والنتيجة التقاربية الواضحة هي الفائدة لهذه الطيور الصغيرة ؛ اذ يعمل حارسا لبيوضها ، وصغارها ، وهذا نوع من المؤاكلة لا يلحق بطائر الدرونجز لا خيرا أو شرا .

كما أن الصراصير ، والحمام ، وفئران المنزل قد اصبحت بينها علاقة



الشكل (٢٧ ــ ١٧) : التطفل ــ . القراد ، البرغوث ، القمل ، العث ، العاق وبقة الفراش،كلهاامثلة للتطفل الخارجي external or ectoparasites وهي تستعمل مصاصاتها أو تثبت نفسها بزوائدها او بسطوح لاصقة على أجسامها لتثبت نفسها على جلد المضيف ، فتجرحه وتعضه ، وتمتص عصارة جسمه . وبالاضافة فهي تحمل البرتوزوا ، والبكتيريا ، والفيروسات التي تسبب أمراضا خطيرة للمضيف .

مؤاكلة مع الانسان ، فما يترك من الفضلات يشكل مصدرا جاهزا لغذاء هـذه المخلوقات .

التبـادل *Mutualism* : وهذا نوع اخر من العلاقة التكافلية حيـث يستفيد كلا النوعين من التفاعل ، كالاشنات المكونة من طحلب قادر على التمثيل الضوئي وفطر قادر على امتصاص الماء والغذاء . وهذا مثال كلاسيكي علـى التبادل . وهذان الكائنان مما يستطيعان العيش في مكان لا يستطيع احد منهما العيش فيه وحده كالصخور الجرداء . وفي بداية هذا الفصل ذكرنا نوعا اخر من **الزمالة** في النبات فيها المنفعة المتبادلة : اذ تعيش البكتيريا المثبتة للنيتروجين بعقدة على جذور البقوليات . تحصل البكتيريا فيها على بيئة مفضلة محمية ، فان نبات البقوليات مثل اي نبات اخر غير قادر على استعمال غاز النيتروجين بالهواء ، وبذلك فان البقوليات تحصل على مركبات النيتروجين المستغلة بالمقابل .

والحشرات ضرورية لعملية التكاثر في النباتات الزهرية ، فهي تقوم بالتلقيح المتبادل لها وذلك بنقل الخلايا التكاثرية الذكرية من نبات الى الجهاز الانثوي في نبات اخر من نفس النوع . واحد هذه الملحقات كالنحل ، فانه يستفيد من هذه العلاقة ، وذلك بجمع الرحيق من الازهار للغذاء ، هذا وقد تأقلم النحل لهذه العلاقة المتبادلة بحيث انه يجمع الرحيق من نوع واحد من النبات في كل رحلة يقوم بها .

والعلاقة ذات المنفعة المتبادلة بين الانسان والحيوانات الاليفة مثل الابقار، والاغنام ، والماعز ، والدجاج ، والخنزير لها مثيل في عالم الحشرات اذ أن النمل يربى قطعان **المن** aphids . فيستفيد المن بنقله بعناية الى اماكن التغذية الجيدة على النباتات ، ويحصل النمل بالمقابل على نقط من عسل المن الغني بالسكر ليشربها وذلك باستحلاب المن بالنقر على بطونها .

التطفـل *Parasitism* : عندما يستفيد نوع واحد على حساب النوع الآخر فان العلاقة تسمى **تطفلا** parasitism . والنوع المستفيد يعرف بالطفيلي، والنوع الاخر الذي يعاني من التطفل يسمى **العائل** host . والتطفل يختلف عن الافتراس في أن العائل لا يشابه الفريسة ، فهو اذا قتل يقتل ببطء شديد . ولفائدة الطفيلي بالمدى الطويل او القصير أن يمتص الغذاء من العائل الضخم الذي يعيش فيه او عليه بالقرب منه دون أن يقتله فعلا . وبالمدى الطويل اذا قتل العائل قبل

أن يحظى الطفيلي بالانتاج فانه يموت دون نسل ، وهذا النمط يؤدي الى انقراض نوعه . اما على المدى القصير ، فان قتل العائل سوف يدمر مصدر الغذاء .

ولقد طور القراد ، والبق المنزلي ، والقمل ، والبراغيث اشكالا متخصصة للالتصاق بقوة على سطح العائل الخارجي وتسمى هذه الانواع **بالطفيليات الخارجية** ectoparasites .بينما تعيش **الطفيليات الداخلية** Endoparasites داخل جسم العائل وغالبا ما تعيش في القناة الهضمية ، وهذه الانواع قدطورتوسائل لمقاومة شد تيارات الغذاء والموجات المتعاقبة من التقلص اللا ارادي بجدار الامعاء ومقاومة الامعاء لها . وعلى سبيل المثال ، فالجزء الخارجي من الجلد للديدان الشريطية والعريضة لا يتأثر بأقوى افرازات وانزيمات الهضم .

وكثير من الطفيليات الداخلية قد تأقلمت للعيش في العائل فقدت القدرة على الحركة الذاتية ، بالاضافة الى الاعين واعضاء الحس الاخرى . وهذا التخصص العالي قد خلق مشكلة كافية عند موت العائل ، فالديدان الشريطية ليست كالبرغوث تستطيع الهرب قافزة على عائل جديد . وقد حلت هذهالمشكلة بالتكاثر الخصب ، ودورة حياة معقدة تحوي عائلا وسيطا ريثما يكمل الطفيلي انتقاله الى عائل جديد من نفس نوع العائل القديم .

ففي دورة الحياة **للدودة الكبدية الصينية** Chinese liver fluke . فان السمك والقواقع تعتبر عوائل وسيطة لنمو او تطور اليرقة ، اذ تبدأ حياتها وتنتهي بالانسان كعائل للديدان اليافعة . وهناك نوع اخر من الديدان من فصيلة شيستوسوما *Schistosoma* له دورة حياة ابسط ولكنها مميتة . فمن القواقع تخرج اليرقة الى الماء العذب ثم تصيب الانسان عن طريق شربه الماء ، او من خلال دخولها الى جسمه من خلال الجلد عندما يسير حافيا في مزارع الارز . كما أن البيوض ذات الاشواك التي تضعها الانثى في الاوعية الدموية تسبب نزيفا موضعيا ، والما مبرحا لمئة مليون شخص يعيشون في المناطق الاستوائية . وكما رأينا فان انشاء قنوات الري مثل القنوات الملحقة بالسد العالي بجمهورية مصر العربية قد أوجدت بيئات ممتازة لتكاثر القواقع ، فزاد مرض البلهارسيا .

وتوجد طفيليات تتطفل على الطفيليات والاخيرة تتطفل علىعوائلها،وتدعى هذه العلاقة **فوق التطفل** hyperparasitism . فمثلا يرقات الزنابير تعيش على يرقات الذباب التي تعيش على يرقة الفراش . وقد أوحى هذا الوضع

لأوجيستوس دي مورجان Augustus de Morgan عام ١٨٧٢ بأن يكتب بيتين

من الشعر ، قال : الحشرات الضخمة لها حشرات أصغر تركب ظهورهـــا لتعضها ، والحشرات الصغيرة تركبها حشرات أصغر ، وهكذا الى ما لا نهاية .

الافتـــراس Predation

« كيف نحصل على شيء لنأكله وكيف نتجنب أن نؤكل » ، هاتان تشكلان القاعدة الطبيعية للمشاكل . **والافتراس** Predation بشكل عام هو تغذية أحد الكائنات الحية على كائن اخر . وكل نظام بيئي له عدة اشكال من الغزاة بـــكل مستوى من السلسلة الغذائية . فالارانب ويرقات الفراش تفترس النبات ،وهي بدورها تفترسها الصقور **وأبو زريق** jays, (طائر يشبه الغراب) على التوالي. وهذه الطيور تتغذى عليها الطفيليات الداخلية ، (مع أننا فضلنا أن نعتبر التطفل مفصولا عن الافتراس ، لان الاول عملية بطيئة قد لا تؤدي الى الموت) .

وكما يساعد الافتراس في ضبط المجتمع الحي بالتغذية على كائناته ، فانـــه يساعد على جريان الطاقة الغذائية خلال النظام البيئي ، مؤكدا على اعادة دورة المواد الغذائية الرئيسية . والافتراس مثل التطفل يلعب دورا هاما في الابقاء على التوازن البيئي ، وذلك بالتخلص من افراد الفرائس الاضعف في النوع الواحد ، اما بالولادة او من خلال تلاشي المصادر البيئية الملائمة . والافراد القادرة على مقاومة الافتراس هي بالضرورة من التي يصعب لقاؤها او مهاجمتها . لذلـــك فان الافتراس يعمل على تحسين النوع . وبنفس الوقت ، فانه بالتخلص مـــن الازدحام ، يقلل من العبء غير الضروري على البيئة . وهذا التاثير يلخصـــــه ما يسمى بنظرية تعويض الافتراس compensating predation theory .

وتنص هذه النظرية على أن قدرة الاحتمال لبيئة ما تحدد بأكبر عدد مـــن افراد النوع الذين يستطيعون العيش هناك خلال اقل فصول السنة ملاءمة ، وعندما تزيد كثافة المجتمع من اي نوع عن هذا الحد فمن السهل أن يقـــــع الافراد الزائدون ضحايا للافتراس ، او المجاعة او المرض .

ان الافتراس غالبا ما يساعد بالسيطرة على المجتمعات الضارة مـــــن الحشرات والنباتات . وقد اثبتت الابحاث الحديثة بأن استعمال عوامل السيطرة البيولوجية الطبيعية قد اظهر بأن المئات من أنواع الحشرات الضارة يمكـــــن السيطرة عليهـــا جزئيا او كليا بدون استعمـــــال **المبيدات الحية** biocides



الشكل (٢٧ ــ ١٨) :

أ ــ المفترس : السمك الضاري Piranha جيد التأقلم للافتراس على السمك والحيوانات وحتى الانسان . وله فك قصير عريض مثبت عليه أسنان حادة قوية مثلثة الشكل تتداخل باحكام.وقوة فك السمك الضاري يمكنه من نهش السنارة وكسرها وتمزيق اصابع الانسان . ووجود الدم يثير التفاعل الوحشي فيدفع السمكة لان تنهش بوحشية وباي اتجاه وحتى باجسام سمكات من نفس نوعها . ومعروف أن السمك الضاري يستطيع أن ينزع اللحم من جسم الخنزير البالغ وزنه ٤٠٠ باوند باقل من عشر دقائق .

ب ــ الفريسة تتأقلم للدفاع عن نفسها . فحيوان الظربان الامريكي يتألف جهازه الدفاعي من غدتين كبيرتين لهما رائحة وهما موجودتان عند قاعدة ذيله تحوي سائلا ذا رائحة كريهة قادرة على طرد معظم الحيوانات المفترسة . وحينما يكون الظربان في حالة خطر فانه يقبض العضلات المحيطة بالغدد فيجبرها على افراز قليل من الرذاد . وبالاضافة الى مضايقة احساس الشم ، فان الافراز له القدرة على مضايقة أغشية العين والانف والفم .

اذ انها تقتل الانواع غير المؤذية الى جانب الانواع المؤذية للمحاصيل والانسان . وهنـــاك على الاقـل سبعـون نوعـا من الحشـرات الضـارة يمكن السيطرة عليها بواسطة ادخال اعداء طبيعية لبيئاتها . وهذا الاسلوب يمكن أن يستغل مع النباتات التي نعتبرها غير مرغوب فيها .

التاثير الثانوي على الفريسة *Minor impact on prey* : ان الكثير مـن الحيوانات المفترسة لها اثر ضئيل على فرائسها . فالبيئة الخضراء تشهد بـأن الحيوانات آكلة العشب قلما تستهلك الكثير من الغذاء المتوفـــر . ان **سهول سيرنيجتي في افريقيا** Serengeti plains of Africa يغزوها العديد من الحيوانـات المفترسة الكبيرة ومنها الضبع، ، ومع أن الضبع حيوان مفترس كبير التأثير ، وهو الثاني بعد الاسد ، فان الدلائل المتوافرة تشير الى أن الضباع لا تسيطـر على اي نوع من الفرائس بل هي تتغذى على الفائض من الحيوانات . وان هلاك جميع الضباع لا يسبب زيادة في اعداد حمير الوحش ، أو الغزلان ، أو ذوات الحوافر الاخرى : فهي تموت بطرق أخرى . وفي احدى الدراسات (بيملـــوت ١٩٦٧ Pimlott) ظهر بوضوح تأثير الافتراس المفيد في ثبات مجتمع الفرائس. وفي **الجزيرة الملكية بالبحيرة العظمى** Isle Royal in Lake Superior فان ادخـــال الذئاب كان ذا فائدة لمجتمع الآيل الكبير moose ، الذي كان يعيش على جزيرة مساحتها ٢١٠ كم مربع منذ بداية هذا القرن فمر بنمط متكرر من التضخم السكاني، والرعي الجائر ، وانهيارات متتالية في المجتمع . وفي اواسط الثلاثينات من هـذا القرن قدر مجتمع الآيل ما بين الف الى ثلاثة الاف حيوان . وفي السنوات المتتالية نقص حجم القطيع بشكل ضخم نتيجة للمرض والمجاعات . ثم زاد بعدها ،وجاع مرة ثانية في اواخر الاربعينات .

ثم جاءت الذئاب قاطعة خمسة عشر ميلا من الثلج من **أونتاريو** Ontario خلال شتاء ١٩٤٩ . فضبط افتراس الذئاب مجتمع الايائل المضطرب . ومنذ أن وصلت الذئاب فان عدد افراد الايائل في الجزيرة يتراوح سنويا ما بـــين ٦٠٠ ــ ٩٠٠ ، وهو عدد اقل من قدرة الاحتمال للبيئة . ونتيجة لذلك فـــان العشب قد ترعرع واستعاد الكثير مما فقد منه نتيجة للتغذية المبكـــرة الزائدة ، وكذلك الايائل ضمنت لها كمية الغذاء المتوافرة .

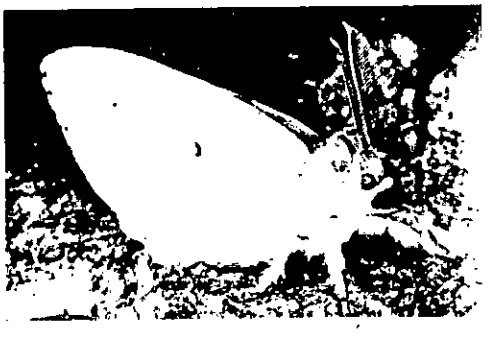
فمجتمع الآيل يدعم مجتمع الذئاب المفترسة المكونة من ٢٠ــ ٢٥ ذئبا فقط . ولان كلا من الآيل والذئاب محمية قانونيًا بمنع الصيد في الجزيرة الملكية ، فقد

نتوقع ان يزيد مجتمع الذئاب . ولكنه لم يزد ، اولا لانه من الصعب تحديد موقع الأيل . وحتى اذا وجد فان الذئاب تفشل بقتله في كل اثنتي عشر حالة من كل ثلاث عشرة . وقلما تستطيع عصابة من الذئاب الامساكبأيل بالغ صحيح العافية وفي هذه الدراسة وجد أن ٩٤٪ من الايائل التي قتلت كان عمرها اقل من سنة أو اكثر من ثماني سنوات ، ومعظم الحيوانات الكبيرة التي قبض عليها كانت مصابة او مريضة . وكما هو ظاهر بأن الذئاب لا تقدر على زيادة مدى قدرتها على الانتاج ونتيجة لذلك فان مجتمعها محدود بعدد الفرائس ، وهو حوالي ٢١ ذئبا ، بينما مجتمع الأيل خاضع لعدد الحيوانات المفترسة ويحدد بحوالى ٧٥٠ أيلا .

التاثير الرئيسي على الفريسة *Major impact on prey* : احيانا يكون الافتراس كثيفا مما يسبب انقراض فرائسه ، ويترك المفترس بدون طعام كاف . فهجرة حيوان **الليمنج** lemming تسبب اضرابا شديدا بتوازن الحياة على **التندرا** tundra ، والفقدان الرئيسي للفريسة يدخل انماطا جديدة من التغذية للحيوانات الباقية وغالبا ما تؤدي الى تغيرات كبيرة في النسيج الغذائي ككل .

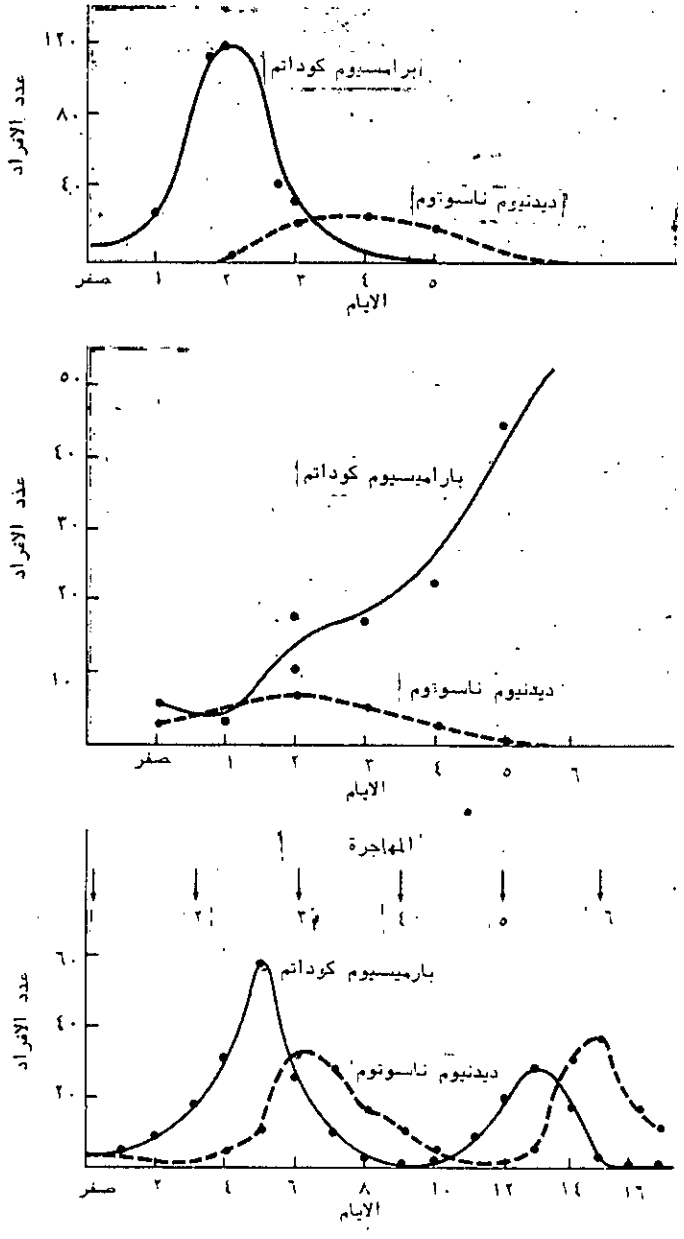
ويمكن تقدير أثر الافتراس الشديد بتجربة . فقد قام **بين** Paine أحد علماء البيئة سنة ١٩٦٦ — بدور **المفترس الضاري** superpredator فأزال جميع **الاسماك النجمية** starfish من جزء صخري يقع تحت المد والجزر على ساحل واشنطن . وكان النسيج الغذائي العادي يتألف من خمسة عشر نوعا فانخفض الى ثماني انواع ، ثم ان ست انواع بالاضافة الى السمكة النجمية قد انقرضت محليا .

وقد درس بعض البيولوجيين العلاقات بين المفترس والفريسة في ظروف مخبرية حيث يمكن التحكم بالتغيرات بصورة اسهل . فقد استعمل العالم الروسي



الشكل (٢٧ — ١٩) : الفراشة الفجرية . وخنافس الكلاوسوما ، الزنابير المتطفلة ، الحشرات ، الفار ذو الارجل البيضاء ، طائر الوقواق ، وبعض اسراب الطيور كلها تفترس الفراشة الفجرية . وكل هذه الافتراسات لم تمنع مجتمع الفراشة الفجرية من التضخمات الدورية . وعندما يصبح مجتمع الفراشة الفجرية شديد الكثافة فان مرضا داخليا يصيبها بواسطة فيروس يجعل المجتمع ينهار .

جوز G. F. Gause عام ١٩٣٤ حيوانات هدبية **أولية** protozoans **مستعملا** الانابيب المخبرية ، حيث غذي **البراميسوم** *Paramecium* على البكتيريا في انابيب اختبار، وكان هو الفريسة بينما كان **الديدينيوم** *Didinium* هو المفترس . وقد نما مجتمع الفرائس بسرعة مزودا الغذاء للمفترس مما ادى الى زيادة عدد افراده كثيرا . فأكلت الحيوانات المفترسة جميع الفرائس ثم



الشكل (٢٧ ــ ٢٠) : تجربة جوز Gause **مع الديدنيوم وللبراميسيوم**

جاعت بعد ذلك بقليل . وفي تجربة أخرى ، وضع جوز اماكن اختباء للبراميسيوم فجاع الديدينيوم ثانية وزاد حجم مجتمع الفريسة . وفي محاولة لاطالة مدة البقاء ووجود المجتمعين معا فان الباحث أخذ يزيد واحدا من كل مجتمع مرة كل ثلاثة أيام . هذه الحيوانات ذات قدرة على التكاثر والاستهلاك السريع مما سمح للمجتمعين بأن يتعايشا مما حوالي ثلاثة اضعاف المدة السابقة . وهذا التعقيد المتزايد قد يدفع الى الهجرة التي قد تحدث في الطبيعة .

وليس غريبا أن تتخذ الفريسة طرقا لتجنب افتراسها . فالايل ضخم وسريع العدو بما فيه الكفاية والذئاب حتى لو كانت بمجموعة قلما تتمكن من قتله ما لم يكن صغيرا أو مريضا أو مصابا بجروح ، أو كبيرا نسبيا . والعديد من الحيوانات طورت بعضا من اشكال **التمويه** camouflage لتجتب الافتراس فقد تظهر بشكل يشبه العصا ، أو الاوراق ، أو بعض اجزاء الزهرة ، أو حتى فضلات الطيور — أو أي شيء يخفي حقيقتها فهناك حشرات حسنة المذاق مثل **فراشة نائب الملك** Viceroy butterfly ، وهي فراشة امريكية تأخذ شكل الحشرات **السامة** مثل **الفراشة الملكة** Monarch butterfly وهي فراشة ضخمة. وبذلك ينفر المفترس من مهاجمتها .

وتحت الظروف الطبيعية ، فان الانقراض التام لنوع ما بواسطة نوع اخر نادرا ما يحدث . وبدلا من ذلك ، فان المفترس الاكثر فعالية وملاءمة يدفع الفريسة لان تطور استراتيجية افضل لتجنب الافتراس ، وهذا ما يضع مجتمع الحيوانات المفترسة امام ضغط كبير لان يصبح اكثر كفاءة . وفي الحالات الطبيعية ، فان الحيوانات المفترسة والفرائس عادة ما تتفاعل بهذه الطريقة لمدة طويلة من الزمن وكذلك تتأقلم وتتطور معا . وهناك فترات زاد فيها تأثير الافتراس تحت ظروف غير طبيعية ، مثل دخول الحيوانات المفترسة الجديدة الى بيئة ما يجد فيها القليل من الاعداء أو لا يجد له عدوا في حين ان الفريسة المتوقعة تتيح لها الفرصة لتتأقلم لهذا المفترس الجديد . وغالبا ما يحصل الانقراض أو النقص الشديد في الفرائس بهذه الحالة .

المنافسة

Competition

تظهر العلاقات التنافسية عندما يستعمل نوعان أو اكثر نفس المصادر . فاذا كانت المصادر مثل الطعام ، والمكان ، والضوء ، وأماكن التكاثر كثيرة ، فانه لا يحصل تنافس شديد . فليس هناك تنافس على الاوكسجين في الجو اذ انه متوافر . ولكن قد يكون هناك تنافس على الكمية المحدودة من الاوكسجين المذاب في قاع البحيرة . والمتنافسون هم عادة افراد من نفس المستوى الغذائي . فالحيوانات آكلة العشب والمنتج الاولي له لا تتنافس على اشعة الشمس ،ولكن نباتين من نوعين مختلفين كثيرا ما يتنافسان كما أن الحشرات التي تتغذى على النباتات تتنافس بشدة مع المخلوقات آكلة اللحم والنباتات من أجل كميةكافية من الغذاء .

وخلال العقود الثلاثة الاخيرة أجريت العديد من التجارب المخبرية لاختبار التنافس بين نوعين في بيئة بسيطة . وكانت النتائج عادة متفقة : نوع يبقى على قيد الحياة ، بينما يموت الاخر . فمثلا في احدى تجارب جوز ١٩٣٤ ، حيث استعمل نوعان من البراميسيوم نشآ مفصولين احدهما عن الاخر في بيئة غنية تبين أن نموهما كان جيدا في الوسط المستعمل ، وبعدئذ قام بزراعتها معا لتحديد نتائج المنافسة . وعندما نشآا معا فان المجتمعين اظهرا نفس منحنى النمو ،والنمو كان بطيئا في البداية ، ثم اصبح سريعا ، وفي النهاية أصبح المنحنى أفقيا عند الوصول الى حالة التوازن . وغالبا ما يفنى احد النوعين . ونفس النتائج تحصل عند تنمية نوعان من خنافس الدقيق معا . فقد وجد العالم **بارك** Park عام ١٩٣٨ أن نوعين من خنافس الدقيق يمكن أن يعيشا معا اذا زودهما ببعض نواة حبات القمح المكسرة . فالنواة تزود الحشرات بملجأ طبيعي ، وقد بين الباحث فيما بعد ان تبديل نواة حب القمح بقطع صغيرة من انبوب زجاجيرفيع، تسمح ايضا بالتعايش لكلا النوعين .

والتجارب سواء كانت طبيعية أو موجهة من قبل الانسان ، تخبرنا بأن المنافسة قوة فعالة سواء في البيئة وفي التطور . فادخال الخراف والارانب الى استراليا قد خفض بشكل كبير مجتمع **الكنغر** kangaroos **والوالب** wallabies — وهما من الحيوانات آكلة النبات المتوطن في استراليا . ونبات **الصبار**

Prickly pear cactus الذي ادخل الى استراليا عام ١٨٣٩ أصبح سائدا على الاعشاب في مساحة ستين مليون فدان . وفي مستنقعات غرب كندا انشأت ذكور طيور **السمنة المفردة** redwings مواطن تكاثر في وسط المستنقع ، لان الماء أعمق والافتراس أقل بالقرب من الشاطيء . ولكن فيما بعد ــ وصل **الطائر الاسود ذو الراس الاصفر** yellow-headed blackbirds وطرد طائر السمنة من وسط المستنقع واتخذه مكانا لتكاثره .

وقد لوحظ أن هناك تنافس شديد على اختيار مواقع التغذية بين نوعين من **البارنقيل** barnacles التي تعيش معا على الصخور تحت المد والجزر intertidal shores, وهي **بالونس** *Balanus* **وكثامالوس** *Cthamalus*. ويوجد النوع الاخير بأماكن ثابتة هي عادة على صخور اعلى من صخور البالونس وله القدرة على تحمل الجفاف . ولكن المنطقة العليا من المد والجزر ليست المكان المختار لموقع التغذية . فصغار كثامالوس تحتل الجزء الاسفل لمنطقة المد والجزر ولكن صغار بالونس تتغلب عليها ، لانها باعداد اكبر ونموها اسرع . والبالونس يهزم صغار الكثامالوس او يجرحها او يهشمها ويمتص عصارتها مسببا نسبة عالية من معدل الوفيات . وتتنافس النباتات على الحيز ايضا ــ وخصوصا الامكنة التي تتوافر فيها اشعة الشمس ، كما تتنافس على الماء والغذاء .

ويبدو أن كثيرا من الانواع تخسر باستمرار في التفاعلات التنافسية ، والسؤال الذي يطرح نفسه هو كيف يمكن البقاء او الاستمرار لهذه الانواع ؟ وقد لاحظنا كيف تنجح الخنافس في ملاجئها وقد نجح الكنغر سابقا عندما كان بعيدا عن الاغنام الات الاميال ، كما أن طائر السمنة قد تكاثر بنجاح على اطراف المستنقع حيث لا يستطيع الطائر الاسود ذو الراس الاصفر فعل ذلك ، وبرنقيل كثامالوس يستطيع تحمل الجفاف اكثر من منافسيه . اذن فقد استخدمت هذه الانواع العديدة من الاستراتيجيات لتقلل او تتجنب المنافسة . والسؤال هنا لماذا ؟ والسبب طبعا تبينه قاعدة **جوز** Gause's ، : لا يمكن لنوعين ان يوجدا في نفس البيئة الملائمة في نفس الوقت . وهذا يعني ان كلا المتنافسين لا يستطيعان التعايش معا . أو بعبارة اخرى اقل دقة ان المتنافسين في كل شيء لا يمكن ان يتعايشا . وهذا يعني انه اذا التقى نوعان متشابهان جدا في احتياجاتهما فان احد الاحتمالات الثلاثة التالية سوف يحصل وهي انقراض احد النوعين او ابعاده او ان يغير صفاته .

الاقصاء او الابعاد التنافسي *Competitive exclusion* : بالاقصاء التنافسي

يطرد احد الانواع خارج موطنه بواسطة نوع اخر ، ولكن قد يستمر بالبقاء قريبا ولكن تحت ظروف متغيرة قليلا . وهذا التغيير في البيئات قد سمح ببقاء نوعي البرنقيل كما مر سابقا . وفي مثال اخر فان خمسة انواع من الدخلة (وهو طائر مغرد warbler) درست في شمال الغابات الصنوبرية دائمة الخضرة ، بولاية **مين** Maine ، وهذه الانواع تنتمي لنفس الجنس ، ومتشابهة في الحجم ، وتتغذى على الحشرات ، وتعيش على نفس النوع من الشجر . ولكنها تعيش معا حسب نظام يمكنها من العيش دون منافسة مباشرة . وذلك باستعمال مواقع مختلفة للتغذية على الشجر وبأنماط مختلفة ، وهي تبحث وتكتشف وتتغذى على انواع مختلفة من الحشرات .

تغيير الصفات *Character displacement* : وهي الطريقة المهمة الثالثة للأقلال من التنافس ونشير اليها باسم تغيير الصفات ، اذ يحدث اختلاف في صفات الانواع في مناطق المنافسة ، فالطيور ذات الانواع المتشابهة التي تعيش في اماكن متقاربة قد يطور احدها منقارا طويلا ورفيعا ، يمكنه من التغذية على الحشرات الكبيرة . بينما يطور نوع اخر منقارا اقصر واسمك تمكنه من التخصص بالتغذية على الحبوب . وهذه التغيرات المحلية التي تطورت في صفات الانواع ذات التشابه الكبير بين افراد في مجموعتين يمارسان تنافسا جديا ، تؤدي الى ترك القليل من النسل .

التعاون Cooperation

التعاون يعني العمل المشترك مع الاخرين لتحقيق هدف مشتركة . وفائدة متبادلة . ومن الصعب تميز التعاون السلوكي بين افراد الانواع المختلفة من **المنفعة المتبادلة** mutualism **والمؤاكلة** commensalism ، وبالحقيقة ، فان هناك بعض التداخل فيما بينها . ففي التبادل قد يعتمد كائنان حيان من نوعين مختلفين احدهما على الاخر اعتمادا كليا من أجل البقاء والاستمرار . والمشاركة في هذه الحالة اجبارية ويمكن ان لا تعتبر تعاونا حقيقيا . واما علاقة المؤاكلة فان اي تعاون يرتبط بها يعتبر بلا مبرر ، وبأنماط يستدعيها التطور الافراد . فعندما ترعى النعام ، والغزلان ، وحمار الوحش معا فانها لا تقوم بأي عمل لينبه بعضها بعضا الى اقتراب الحيوانات المفترسة ولكن باظهار القلق او بالهرب تجلب انتباه



الشكل (٢٧ ــ ٢١): التعاون بين افراد النوع الواحد . يعيش جنود النمل في مستعمرات يصل عدد افرادها الى اثنين وعشرين مليونا . وجدير بالملاحظة الدرجة العليا من التعاون بين الافراد. فمعظم افراد المستعمرة تتعاون في جماعات للصيد فتشكل غزوا منظما للحصول على الغذاء . وجنود النمل ليس لديها مأوى ثابت ولكن لديها اعشاشا مؤقتة تتكون من أجسامها المتجمعة على الاغصان ، أو بالحفر الارضية ، أو داخل حفر في الاخشاب . ويزود النمل هذه الاعشاش بطرق منظمة للحرارة، وجيوب لحماية الصغار، والملكة . ومن المعروف أنه في وقت الفيضان تقوم جنود النمل بتشكيل مجاميع تطفو على الماء .



الانواع الاخرى للخطر القادم . وربما تكمن المشكلة الرئيسية في امر تعـــاون الانواع المختلفة في عدم قدرتها الكافية على الاتصال بعضها مع بعض . وهناك حالات نادرة لما يظهر انه تعاون حقيقي بين الانواع . فمثلا هناك طائر افريقي صغير يدعى **دليل المناحل** honey guide ، يجتذب **الغرير** honey badger للمجيء الى اعشاش النحل ، ثم ينتظر بهدوء بينما يقوم الحيوان الكبير بتمزيـق العش ليتغذى على العسل ، وبعدها يدخل الطائر لجمع اقراص الشمع لنفسه . ويطير هذا الطائر امام حيوان الغرير وقد يجثم على الارض وهو ينادي الغريـــر بصيحات صريرية ، حتى قد يقود الغرير الى عش النحل مسافة تزيد على ربع ميل . وفي بعض الاحيان يستعمل هذا الطائر نفس الاسلوب من الصياح لارشاد الافارقة الى النحل ، منتظرا اياهم لينجزوا نفس عمل الغرير . ولكن بعد ان تحول الانسان عن هذا العمل وتوقف عن جمع العسل البري ، فان هذه الطيـور اهملت الانسان . والعلاقة بين دليل المناحل والغرير قد لا تكون اجباريـــة . فالغرير يقدر على ايجاد اعشاش النحل معتمدا على نفسه دون الطائر ، وهـو يستفيد من تعاونه مع دليل المناحل ولكن لا يعتمد عليه مطلقا . وكذلك فان تسعة من احد عشر نوعا من طيور دليل المناحل تستطيع ان تمزق وتفتح اعشاش النحل دون مساعدة الغرير ، من الممكن أن النوعين اللذين يطلبان مساعدة الغرير قـد يقدران على العيش والبقاء بدونه . ولهذه الطيور شجاعة تدلها على مقابلـــة النحل وفتح عشه دون خوف لان جلد الطيور القاسي كما ذكر يقاوم لسعات الحشرات .

وفي الحيوانات ذات النوع الواحد قد نجد فترات فيها نشاطات تعاونيـــة صادقة . فخلال البرد او الاجواء الممطرة فان **العصفور الدوري** sparrows ، **والقرقف** titmice ، **والسنونو** swallows ، **والقوارض** rodents ، كثيرا ما تتجمع ، للاحتفاظ بالحرارة . والدفاع عن المنطقة التي يعيش فيها النوع هي غالبا تعاونية . كما أن الاصطياد تعاوني بمجموعات بين جيوش النحل، والذئاب، والضباع ، والكلاب ، والصقور ، والغربان، **والفاقة** (طائرمائي cormorants)، **والبجع** pelicans . فمثلا طائر البجع يكون حلقة كبيرة سابحة تتقارب اكثر فأكثر فتحصر فريستها في حلقة ضيقة فتستطيع ان تقوم بقتلها بسهولة . وكثير من الحيوانات تتجمع مع بعضها من اجل الحماية المتبادلة ضد الحيوانـــات المفترسة . **فالايل المسكي** Musk oxen تقي انفسها من مهاجمة الذئـــاب في التندرا بأن تصطف في دائرة ووجوهها الى الخارج . ومن الامثلة على العنايـة

بالصغار ما يقوم به افراد غير الابوين في الطيور والثدييات . وحديثا فان كثيرا من البيولوجيين اخذوا يهتمون بالبحث عن حالات من السلوك التعاوني ، فأخذوا يلاحظون تعاونا في ضبط العلاقات الاجتماعية . ففي **سيرنجتي** Serengeti فان ذكر الاسد يحتاج الى رفيق واحد على الاقل من الذكور كي يتاح له أن يبقى بعرينه .وهذا النوع من التعاون ضروري للذكر حتى يتمكن من الاستفادة من

الفريسة التي تحضرها عادة الانثى وهو ضروري ، وكذلك للاناث حينما تكون في حالة نزاء . وقد يطرد زوج من الذكور الصغار زوجا من كبار الذكور خارج العرين ، واذا مات رفيق الذكر الكبير فلا يلبث ان يأتي زوج من الاسود فيطردانه من العرين ويحلان محله .

وليس عجيبا أن نجد أكثر انواع السلوك تقدما يحصل بين **الرئيسيات** primates . فالسلوك الابوي غالبا ما يشاهد من قبل الخالة او العمة نحو الصغار الرضع . وهذا ذو اهمية كبرى للبقاء والاستمرار . وعلى سبيل المثال ماتت ام قرد **الريزيسي** rhesus monkey وعمر طفلها ثمانية اشهر فما لبثت خالته (والمصطلح هنا سلوكي وليس وراثيا) اعني احدى صديقات الأم ان قامت بتبني هذا الطفل . وقد لاحظ الباحثون اليابانيون ان ذكر قرد **الماكاك** macaques من المرتبة الوسطى يتصرف تجاه الصغار الرضع من الطبقة العليا بالمجموعة تصرف العم . ومقابل رعاية هذا الذكر للصغار وتنظيفها ، وحمايتها من القرود الاخرى ومن الاخطار ، فان هذا العم يحظى بالتقدير من قادة المجموعة ومن الاناث كذلك وقد ترتفع مرتبته ضمن مجموعته . ولان التعقيد الشكلي في العلاقات الاجتماعية للنوع يظهر كمتطلب سابق لكثير من السلوك التعاوني ، فان حالات التعاون غالبا ما توجد في الانواع التي تعيش بمستعمرات مكتظة او مجموعات متحركة ، او في جماعات لها روابط اجتماعية طويلة الأمد. ولا يوجد الكثير من العلاقات الاجتماعية المعقدة في علاقة الام بالصغير في وحدة صغيرة منعزلة من قاطنات الجحور . والوضع هنا مختلف في كثير من الحيوانات مثل ــ **الحيوانات الجرابية** marsupials وذوات **الحوافر** ungulates, والحيوانات **آكلة اللحوم** carnivores **والرئيسيات** primates والتي تأقلمت للعيش في المواطن المفتوحة مثل **السفانا** savannahs حيث تتكون مجموعات عالية التركيب وهنا نجد السيطرة المتسلسلة مع سلوك استعراضي ، ينبثق بزيادة التقارب .

وعندما يصبح صغير الحيوانات ناضجا (بالغا) ، فانه يأخذ ادوارا مختلفة ويمر خلال مستويات مختلفة المراتب . ومن خلال التعرف على افراد اخر من افراد المجموعة ذات الثبات النسبي فانه يصبح قادرا على اتخاذ وضع معروف بهـا عندما يجري تنافس على الطعام ، والامان ، والتزاوج .

ملخص الفصل السابع والعشرين

يبحث علم البيئة في علاقات معقدة بين الكائنات الحية وبيئاتها . واحد الاسباب التي تدفع علماء البيئة لدراسة هذه العلاقات هو التنبؤ بنتائج التغيرات البيئية على البيئة الحيوية او على نظام بيئي بمفرده، والنظام البيئي يضم كل الكائنات الحية ، والمواد غير العضوية ، والقوى الطبيعية . والنظام البيئي محدود نسبيا لمحتوى البيئة الذاتي والكائنات الحية التي تعيش فيه . يمكن اعتبار النظام البيئي كعدد من المناطق او الاماكن حيث يوجد افراد الكائنات الحية . ويمكن أن يعرف بمصطلح **البيئة الملائمة** niches . والبيئة الملائمة لا تحوي فقط المكان حيث توجد الكائنات الحية ، ولكن ايضا حيثما ينجز العمل بها .

ودراسة الكائنات الحية وعلاقاتها المتبادلة يتطلب بعض الانتباه الى انتقال الطاقة والمصدر الرئيسي او الجوهري للطاقة هو الشمس . والنباتات ذات التمثيل الضوئي فقط تستطيع أن تحول أشعة الشمس الى طاقة كيميائية ضرورية لاتمام عمليات الايض للكائنات الحية وتجعلها قادرة على القيام بالعمل . وتحصل الحيوانات على الطاقة من غذائها المنتج بواسطة النباتات من خلال عملية التمثيل الضوئي . وتدفق الغذاء والطاقة خلال سلسلة الكائنات الحية يمكن تتبعها على طول السلسلة الغذائية .

والسلسلة الغذائية تحوي المنتجات والمستهلكات . والمنتجات الاولية

هي النباتات ، اما المستهلكات فتشمل الحيوانات **آكلة العشب** herbivores والحيوانات **آكلة الحيوانات الاخرى** carnivores او **الحتاتيات** detritivores وهي الكائنات التي تأكل الانسجة النباتية والحيوانية . وكل من هذه الفئات يعرف **بالمستوى الغذائي** trophic levels . وبسبب وجود كائنات حية عديدة تأكل وتؤكل بواسطة كائنات حية اخرى متنوعة ، نجد أن المستويات الغذائية مترابطة . وان افضل تطور لهذه الترابطات هو النسيج الغذائي ، ومجمل انماط العلاقات الغذائية بالجماعة .

وفي النظام البيئي فان المواد الغذائية تدور بين الاستهلاك والترسب وهناك ثلاثون او اربعون عنصرا ضروريا للحياة تتحرك جيئةوذهابا بينالكائنات الحية والماء والارض والهواء ، والتربة ، والصخور ، وهذا ما يعرف بالدورات البيولوجوكيميائية .

واحد الامثلة هودورة الكربون . ويدمج النبات كلا من الاوكسجين وثاني اكسيد الكربون لتصنع مركبات غنية بالطاقة . والتنفس والتحلل يرجعانالكربون ثانية الى الجو على صورة ثاني اكسيد الكربون . ومثال اخر هو دورة النيتروجين . فالبكتيريا الموجودة في التربة ، والماء ، والعقد الجذرية ، تغير النيتروجين الجوي الى مركبات نيتروجينية . وبعدئذ يستطيع كل من النباتات والحيوانات أن يستعمل النيتروجين « المثبت » . ودورة النيتروجينتكتملبواسطة البكتيريا المحللة والفطريات ، وهذه تستعمل مركبات النيتروجين كمصدرللطاقة وهذه العملية تعيد النيتروجين الى حالته اللاعضرية .

ودراسة علماء البيئة للعلاقات بين الكائنات الحية تشمل نوعين منالعلاقات. العلاقات ضمن النوع ، والعلاقات بين الانواع . فالعلاقات ضمن النوع تحصل بين كائنات حية من نفس النوع وهي اما أن تكون تنافسية ، أو تعاونية ، أو افتراسية أو تكافلية .

والعلاقات التكافلية هي علاقات مصاحبة شديدة بين اثنين أو اكثر من افراد تابعة لانواع مختلفة . واما الثلاثة اشكال من العلاقات التكافلية فهي **المؤاكلة** commensalism **والمنفعة المتبادلة** mutualism **والتطفل** parasitism وفي علاقات المؤاكلة يحصل نوع واحد على المنفعة ، بينما النوع الاخر لا يحصل على منفعة ولا ضرر . اما في حالة المنفعة المتبادلة ، فان كلا النوعين يستفيد . وفي حالة التطفل فان نوعا واحدا يحصل على المساعدةولكن

النوع الاخر يتضرر .

وتشمل علاقات الافتراس تغذية كائن حي على اخر . وقد حدد علماء البيئة أن الافتراس يضبط المجتمع ويساعد على تدفق الغذاء والطاقة ـ خلال النظام البيئي . وبالتخلص من الافراد الاضعف في النوع من الفرائس ، فان الافتراس يعمل على تقوية النوع ويساعد على بقاء التوازن البيئي . وبالحالات الطبيعية يجبر المفترس فرائسه بان تصبح ذات كفاءة تمكنها تجنبه . وحينما تصبح الفرائس هكذا ، يجبر المفترس على ان يصبح اعلى كفاءة بالصيد ، وهكذا....

والعلاقات التنافسية قد تحوي نوعين او اكثر يستعملان نفس المصادر . واذا كانت المتنافسات متشابهة باحتياجاتها فان واحدا من ثلاثة اشياء يمكن ان يحدث : فاحد النوعين او الانواع قد ينقرض ، او ان نوعا قد يترك موطن التنافس ويعيش في موطن اخر مختلف قليلا ، او ان نوعا واحدا قد يطور طرقا لاستعمال مصادر مختلفة ، في نفس الموطن .

وفي العلاقات التعاونية ، نجد ان اثنين او اكثر من الكائنات الحية تعمل وتنجز معا من اجل منفعة متبادلة . والتعاون ضمن النوع هو اكثر شيوعا من التعاون بين الانواع ، والسبب هو عدم المقدرة النسبية للافراد من انواع مختلفة لأن يتصل بعضها ببعض . والتعاون ضمن النوع غالبا ما يشمل الصيد والحماية . واكثر اشكال التعاون تقدما وجدت بين الرئيسيات مع تفاعلاتها الاجتماعية ذات التعقيد النسبي .

نظـرة فاحصـة

تسرب الاوزون

The Ozone Leak

ان كمية كبيرة من الطاقة تاتي من الشمس على شكل اشعة فوقبنفسجية. ولحسن الحظ فان معظم هذا الاشعاع بفوقبنفسجي لايصل الى سطح الارض مطلقا . واذا زادت كمية الاشعاعات التي تصل الأرض كثيرا فانها قد تسبب ارتفاعا عاليا في معدل الطفرات لجميع الكائنات الحية، والى الزيادة الكبيرة في حالات سرطان الجلد . هذا وان نقص كمية الاشعة الفوقبنفسجية يعني نقصان الموجات الضارة وهذا قد يسبب فقدان تلوين البشرة ، اي صبغها بالسمـــرة المحببة في حين ان كمية كافية منه تستطيع ان تقتل الخلايا دفعة واحدة . وبعض الكائنات الحية الصغيرة ، مثل العوالق النباتية التي تشكل العنصر الرئيسي في النسيج الغذائي بالمحيطات يظهر انها حساسة بالذات لزيادة الاشعاعات الفوقبنفسجية . ولذلك فان الارتفاع بمستوى الاشعاع قد يهدد انواعا كثيرة جدا من اشكال الحياة .

والحوادث المسؤولة عن امتصاص الطاقة الفوقبنفسجية تقع في طبقـــة

الأوزون ، على ارتفاع ١٦ ــ ١٩ ميلا فوق الأرض ، وهي موجودة ضمن طبقة من الغلاف الجوي تدعى **الستراتوسفير** stratosphere . وطبقة الأوزون مهمة وحيوية جدا لدرجة ان البيولوجيين يرون ان هذه الطبقة كان لابد من وجودها قبل تطور الاشكال الحيوية المتقدمة على سطح الأرض . ويتكون الاوزون عندما تصطدم الاشعة الفوقبنفسجية القادمة بجزيئات الأوكسجين O_2 بطبقة الستراتوسفير ، فتنفصل بعضها الى ذرتي أوكسجين O . وهذه الذرات غير ثابتة ، ومن ثم تتحد ذرة الاوكسجين الحرة مع جزيء الاوكسجين لينتج جزيء يحتوي على ثلاث ذرات اوكسجين O_3 او الاوزون، ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة التاليـــة : $3O_2 \rightarrow 2O_3$

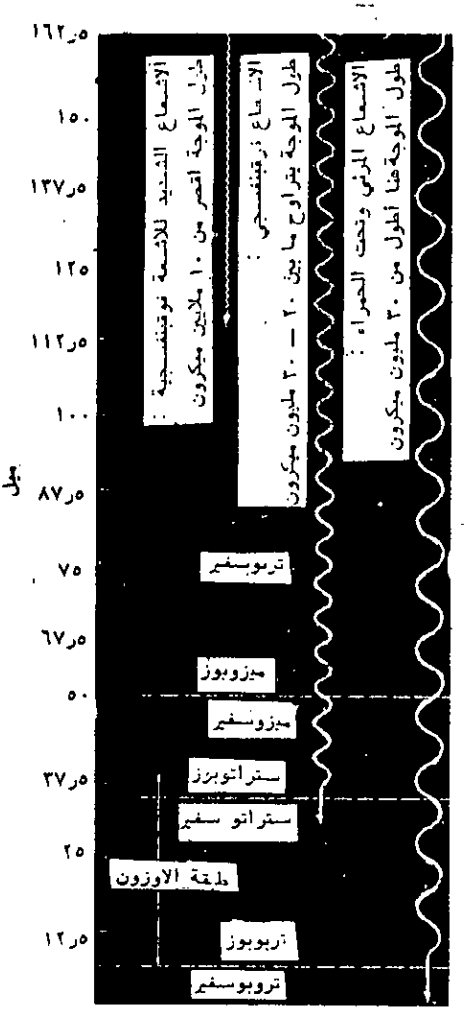
وخلال هذه العملية يمتص بعض من الأشعة الفوقبنفسجية وبذلك لا تنفذ الى الارض . وجزيئات الاوزون غير ثابتة . فتنحل الى جزئي الاوكسجين O_2 وذرة اوكسجين O والطاقة المخزنة بالروابط الكيمائية لجزئي الاوزون تطلق على شكل حرارة . ونتيجة لذلك فان طبقة الاوزون ذات جو حار ، وتصل درجة الحرارة الى ١٢٠ ف ، بينما الطبقات الجوية التي تقع فوقها او اسفل منها تكون درجة حرارتها اقل بكثير وهي نحو ٦٧ ف . واي تغير محسوس بهذا « الغطاء الدافىء » في الجو المحيط بالأرض قد يكون ذا تأثير واسع على جو الأرض ومناخها ، ولكن هذه التأثيرات مازالت غير معروفة .

وفي الحالات الطبيعية اذن فان الاستجابة الى الاشعة الفوقبنفسجية القادمة من الشمس هي بناء وهدم مستمران بجزيئات الاوزون في الستراتوسفير، وما يلازمهما من التحولات بالطاقة التي تسبب تشتتا لمعظم الطاقة الفوقبنفسجية ولكن الآن يرى عدة علماء أن الأوزون مهددة على الاقل بثلاث نشاطات بشرية : استعمال مجموعة من الكيماويات تدعى **كلوروفلوروميثينز** chlorofluoromethanes في منتجات علب رشاشات **الايروسول** aerosol . وفي السوائل المستعملة كمبردات في الثلاجات ومكيفات الهواء ، وبناء طائرات النقل الضخمة التي تفوق سرعتها سرعة الصوت مثل الطائرة الامريكية SST ، وطائرة الكونكـــرد الانجلوفرنسية ، وتجارب الاسلحة النووية .

والكلورد فلور ميثينيز مركبات كيميائية من صنع الانسان وتدعى ايضا الفلوروكربون المكلور أو الفلوروكربـــون . وتتركـــب من كلوريـــن ، وفلورين وكربون . وفي بداية السبعينات دخلت هذه الكيماويات الى الجـــو

المحيط بالأرض بمعدل يقرب من نصف مليون طن سنويا ، وخاصة من خـــلال استعمال علب رشاشات الايروسول .

ومركب الكلوروفلورو ميثينز يعد تقريبا ثابتا أو غير فعال ، ومعدل عمرها يقدر بعشر سنوات على الاقل . ولهذا السبب ، لاتتفاعل مع محتويات علـب الرشاشات الاخرى مثل مبيدات الحشرات والدهانات ومزيلات الروائـــح الكريهة . ومع هذا ولنفس هذا السبب فانها تشكل تهديدا لطبقة الأوزون . وعندما تطلق الكلوروفلورو ميثينز فانها تبقى في الجو لعدة سنوات . حتى ومن خلال حركة التيارات الهوائية فان هذه المركبات تصعد تدريجيا لطبقـــة الستراتوسفير . وعندما تتعرض للأشعاعات الفوقبنفسجية فانها تتحلل الـى



ذرات الكلورين شديدة التفاعل وهذا ذو اثر ضخم في تحطيم الاوزون . ان ذرة كلورين واحدة تستطيع ان تحطم مئات الجزيئات من الأوزون .

وعندما جلب انتباه العالم بأجمعه لأول مرة لهذا الخطر المؤثر على طبقة الأوزون سنة ١٩٧٤ ، لم يكن هناك طريقة دقيقة لقياس الدمار . فقد قال البعض بأنه ليس هناك خطر محسوس . والبعض كانوا اقل تفاؤلا ومنهم اعضاء في لجنة من الاكاديمية الدولية للعلوم . وكان منهم الدكتور رولاند Dr. F. S Rowland الذي قدر بان مستوى الأوزون الطبيعي للستراتوسفير قد استنزف منه ١ ــ ٢ ٪ . والدكتور رولاند هو المؤلف المشارك لواحدة من اهم المقالات بهذا الموضوع وقد قدر بأن نفاد الأوزون قد يسبب حوالي ١٠.٠٠٠ حالة اصابة جديدة بسرطان الجلد في الولايات المتحدة وحدها . والنقاش مازال مستمرا .وفي غضون ذلك ، وفي السنوات القادمة فان عدة ملايين من الاطنان من مادة الكلوروفلورو ميثينز ستنتشر بالجو وسوف تجد طريقها ببطء الى الستراتوسفير وطبقة الأوزون .

وأما التهديد الثاني لطبقة الاوزون فينبع من افتتان الانسان بأسرع وسيلة للسفر ، مثل مشروع الطائرة الامريكية الناقلة الأسرع من الصوت وطائرة الكونكورد الانجلوفرنسية . وهذه تطير على الارتفاع الامثل لها وهو ١٢ ــ ١٣ ميلا ، وأما الطائرة الامريكية الناقلة فتطير في الاستراتوسفير نفسه طاردة الغازات المحترقة من المحركات النفاثة الى الطبقة الرقيقة من الهواء قرب طبقة الأوزون . وما يخشاه العلماء ان بعض المركبات لهذه الغازات سوف تتفاعل مع جزيئات الاوزون فتعرى بعضا من الغطاء الحامي . ومن الملوثات المحترقة التي تردد اسمها بكثير اكسيد النيتريك NO ذو القدرة العالية على الضرر . فهو يتفاعل مع الاوزون وينتج ثاني اكسيد النيتروجين والاوكسجين : $NO+O_3 \longrightarrow NO_2+O_2$

ويتفاعل ثاني اكسيد النيتروجين NO2 مع ذرة الاوكسجين 0 لتكون اكسيد النيتريك $NO_2+O \longrightarrow NO+O_2$

وبذلك يمنع الدمج بين الاوكسجين الذري الطليق وبين جزيئات الاوكسجين ليكونا الاوزون . ورغم انخفاض الحماس لانتاج الطائرة الامريكية الناقلة الأسرع من الصوت SST ، الا انه يبقى هناك احتمال صنع طائرات أسرع من نوعي ال SST ، الكونكورد في الثمانينات ، مع ما تسببه من تأثيرات

البرية واصدقاءها القدامى البايزون والفهد الامريكي ، على حافة الانقراض.

ان المجتمعات الانسانية لاتتمتع بمثل هذه السيطرة في المناطق الاستوائية. ففي الغابات الماطرة ، حيث الجو حار طوال السنة ، والمناخ الرطب يمكن انواعا مختلفة كثيرة من النباتات والحيوانات ان تعيش ، وكثير من هذه الانواع عالي التخصص مكيف لحياة بيئية خاصة به . ولان البقاء يستدعي المنافسة الشديدة ، نجد ان البيئة الملائمة قد لاتتسع لاكثر من فرد واحد من ذلك النوع ، ومع ان التنوع شاذ فقد يحدث تكاثر وخاصة فيما بين النباتات . واكثر ما تكون الحياة ذات الالوان على قمم الاشجاراو المرتفعات حيث الطيور الملونة اللامعة والفراشات تتغذى وسط النباتات الغنية التي تغذيها اشعة الشمس . وتنمو الازهار على جذوع الشجر والاغصان ، او تتدلى من سيقان طويلة ، كي يمكن ان تراها وسائط التلقيح وان تصل اليها . وهذه الوسائط هي الطيور ، الخفاش ، والحشرات . وبعض هذه الازهار مثل الاركيد (من الفصيلة السحلبية) قد طورت جذورا هوائية تتمكن بواسطتها من الحصول على الغذاء دون ان تلمس الأرض . وفي المنطقة الممتدة بين الارض وقمم الاشجار توجد الجذوع والعروق الخشبية ، والطفيليات غير الخشبية ، **والنباتات الهوائية** epiphytes . ومعظم النباتات الهوائية تعتمد على الاشجار كدعامات لأجسامها ، وتحصل على غذائها من ماء المطر والمواد العضوية المجمعة بواسطة الجذور . ولكن النباتات التي لاتستطيع ان تصنع غذاءها تعيش **متطفلة على الاشجار** parasites ، والبعض الآخر يعرف باسم **الاعضينيات** saprophytes وهذه متعضيات ثنائية تتغذى على المواد المتحللة، وكثير من الحيوانات البرية لاتحتاج مطلقا ان تنزل الى الارض هنا: فمثلا ضفادع الشجر تؤمن الماء لصغارها في اعقاب الازهار الصنوبرية التي تشبه الاقداح،او مما يتجمع على الاوراق العريضة . وفي غابات امريكا الجنوبية الماطرة نجد القردة ذات الذيول الطويلة التي تمسك بالاغصان تتحرك بسهولة بين الاغصان والعروق ، وكذلك يفعل **الحيوان الكسلان** sloths ، اذ يستعمل اصابع قدميه للتعلق بعروق الشجر . ومن الصعب رؤية الحيوانات تحت قمة الشجر ، حيث الاغصان المتشابكة ، فالطيور ذات الالوان الباهتة تختبئ بالبيئة الخشبية ، والنحل ،**والنمل الابيض** termites ، وهما نوعان يجهمان الاوراق المتساقطة بالبيئة ويبقيان باعشاشهما في النهار . وكذلك ايضا تفعل

البيئات الحيوية

BIOMES

البيئات الحيويـــة : biome

ان الرياح الباردة واشتعال النار ساعدت في منع انتشار الغابات ، وجعل بيئة الارض المعشوشبة الحية ذات ظروف قاسية خلال معظم السنة. فلأن البراعم تكون قريبة من سطح الأرض او تحته ، فان الحشائش تستطيع ان تصمـــــد للحريق والرعي . ولدى بعض النباتات قدرة على نشر ازهارها الى ما فـوق طبقة الحشائش على سيقان طويلة لاجتذاب الحشرات والطيور الملقحـــة . فبعض الطيور مثل **الطائر الكاتب** secretary bird وهو طائر افريقي يقتـــات على الزواحف ، **والطائر الجوا ب** roadrunner تأقلمت مع نقص الاشجار فنمت لها سيقان طويلة لتساعدها على الركض السريع ــ وتستطيع النعامـة الركض بسرعة ٤٠ ميل في الساعة . والحيوانات الاصغر مثل كلب المروج ، والفأر ، والأرنب ، تتجنب الافتراس بالعيش تحت الأرض . واغلب الحيوانات التي تعيش بالاراضي العراء القليلة الاشجار تكون تحركاتها للصيد او الاختباء بشكل قطعان ، والقطط فقط تصطاد بمفردها . ففي مروج الولايات المتحـــدة الغربية، فان **الحصان البري** mustang قد تطور الى قطعان متماسكـــــة لحمايتها اثناء الرعي ، فيقوم ذكر فحل بالتكفل بقيادة قطيع من الاناث . وقد كان العدو التقليدي للحصان هو الذئب اما اليوم فهو الانسان ، حتى ان الخيـــول

على طبقة الاوزون . وما زال هناك مهدد قوي في الولايات المتحدة وهو رحلات الفضاء المبرمجة بالسبعينيات . حيث أن المخلفات من الصواريخ قد تحوي كلوريد الهيدروجين ، وقد رأينا مدى تأثير الكلورين على طبقة الاوزون .

وابعاد الأسلحة النووية في الجو ـ فيما اذا حبذ هذا النوع من الممارسة ـ يطلق اكاسيد النيتروجين الى الستراتوسفير فيؤثر على طبقة الاوزون مثل تأثير طائرة SST . وهناك القليل من البيانات الموثوق بها والخاصة بالتأثير على الاوزون عن طريق التجارب النووية التي تخص كلا من اجواء الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي . ولكن اذا حصلت حرب نووية شاملة ، فان طبقة الاوزون سوف تتأثر بشكل مخيف . وطبقا للتقديرات العسكرية للولايات المتحدة، فان بعضا من ٥٠ ـ ٧٥ ٪ من طبقة الاوزون قد تتلاشى فوق المناطق المعتدلة . وكما رأينا فان نقص الاوزون فعليا وبكميات ذات تأثير قليل حاليا قد سبب اهتمام كثير من العلماء ، الا أن بعض البارزين يدعون بأنه حتى الانخفاض الهائل بطبقة الاوزون لن يتدخل فعليا على الحياة على الارض .

والاستراتيجية المثلى للتعامل مع مشكلة استنفاد الاوزون يتطلب معلومات موثوقة ، ومجموعة بحرص ، ومجربة بدقة . ان المعلومات عما نفعل بالضبط لطبقة الاوزون معلومات ناقصة وبحاجة لاعتبارات عديدة لنقاش صادق . ولا نعلم متى ولا الى أي حد ستؤدي التغيرات بطبقة الاوزون الى التأثير في نفاذ الاشعة الفوقبنفسجية . ولا نعلم ايضا التأثير الدقيق لزيادة الأشعاع الفوقبنفسجي على المجتمعات النباتية والحيوانية . ولا بد من صواريخ لجمع عينات من الستراتوسفير ، وشبكات محطات حول العالم لمراقبة الأشعة الفوقبنفسجية قد تمكن العلماء في مدى عقد او مايقاربه من ربط الكلورو فلوروميثينز ، ومخلفات المحركات النفاثة ، والفضلات النووية ، وكثافة الاوزون مع نفاذ الاشعة الفوقبنفسجية وتأثيرها على الانواع المختلفة المتعددة .

ولكن من المحتمل أن تكون هذه الاكتشافات قد اتت متأخرة كثيرا بالنسبة لهذه المشكلة ؟ .

وهكذا فان العلماء يواجهون معضلة تزداد تفهم لها . اما الحذر والحكم النهائي المحص لابد ان يسبقا اية توصيات لمعالجة استنفاد الاوزون. ولكن بهذا التأخير للفعل الشافي ، قد نجد انفسنا فجأة على حافة كارثة ـ ام هل نحن قد بدأناها .

الغذاء الرئيسي لحياة الشعاب المرجانية . والحياة في هذه البيئة الغنية تتميز بدرجة عالية من المنافسة ، وجميع الحيوانات تتمتع بخدع لونية من اجل الحماية والاختفاء ، ومن اجل التحذير ، والخداع او حتى التعارف . فالاسماك المفترسة مثل **الحبار** cuttlefish ، **وسمكة عقرب البحر** scorpion fish ، يصعب تمييزها من الطحالب المتعددة الالوان .. واما **السمكة الملائكية** Angelfish ، **وذات السرج** saddlebacks ، فتتخفى بين الطحالب والاعشاب البحرية ، **والقشريات الصغيرة** barnacles ، **والسمكة البوقية** trumpet fish عندما تتعلق عموديا يصبح شكلها كورقة طحلب عريضة متحركة . وهناك **السمكة الوحيدة الببغائية** parrot fish ، آكلة العشب الخضراء وقد حصلت على هذا الاسم من منقارها الشبيه بمنقار الببغاء وليس من الوانها المتعددة،وبمنقارها تستطيع ان تكسر المرجان من اجل الغذاء . وهناك سمكة ذات اربع اعين ، وتسمى سمكة الفراشة وهي محيرة خادعة لها عين فوق الزعنفة الذيلية على كل جانب . فالسمكة المفترسة تمسك رأس فريستها اولا حتى لا يستطيع السمك الصغير ان يهرب عندما يتوقف الحيوان المفترس لبلعه . اما هذه السمكة « فالعيون » الاضافية قد تخدع المفترس فيمسكها من الذيل ، وبذلك تزيد من فرصة النجاة . الحيوانات المفترسة قد تخدع ايضا : **فشقائق النعمان البحرية** sea anemone تبدو كوردة جميلة غير مؤذية ، ولكنها بسرعة تشل السمكة التي تضل وتصبح قريبة جدا من زوائدها الفمية ، المخفية التي تقوم بضم السمكة كلها . ولا تنجو من ذلك الا **السمكة المهرجة** clownfish's ذات الالوان الزاهية.ويسمح شقائق النعمان لهذه السمكة بأن تسبح بحرية بين زوائده، مجتذبة الاسماك الاكبر ، التي تأتي لافتراسها عن طريق الوانها الزاهية .وتبقى المعجزة كيف يستدل شقائق النعمان على عدم مهاجمة السمكة المهرجة — هذا واحد من الأمور الكثيرة التي مايزال علماء بيولوجية البحار وغيرهم يحاولون اكتشافها .

الحيوانات المفترسة كالبوم **والترسيرز** tarsiers (وهو قرد صغير) فلهما عيون واسعة تمكنهما من الرؤية اثناء الليل .

وبعيدا الى الشمال من المروج والغابات الاستوائية الماطرة تقع التندرا القاحلة التي تعبث بها الرياح فلا تشجع على البقاء سوى الحيوانات والنباتات التي تقاوم الظروف البيئية الصعبة . والنباتات هنا من النوع الزاحف او التي تكون جاثمة على سطح الارض ، وفي الشتاء تختبىء بعض الحيوانات تحت الثلج في جحورها والبعض الآخر تهاجر جنوبا . والثلج يزود الحيوانات وخاصة الصغيرة منها بغطاء عازل ممتاز مثل الارانب البرية التي تقيم اعشاشها تحت الشجر المترامي على الارض والمغطى بالثلج . اما **الليمنج** lemmings **وفأر الحقل** voles فانهما يحفران الانفاق تحت الثلج . والحيوانات ذات الحجم الكبير تقاوم البرد فالايل والذئاب والدببة **وثور المسك** muskoxen تبقى دائمة طوال الشتاء ، ولكن عليها أن تبحث عن الغذاءباستمرارفالايل Caribou تهاجر مسافات طويلة جدا بحثا عن الغذاء الكافي للقطعان الكبيرة،ودائماتتعقبها الذئاب . والدببة القطبية تنتقل مع الثلج وهي تطارد حيوانات الفقمة خلسة ، وتلتقط السمك بخفة بواسطة مخالبها الضخمة . وبطن القدم المكسو بالفرو يحميها من البرد ويحفظها من الانزلاق وقد تأتي الى الشواطىء بحثا عن انواع الغذاء (المشب أو الابل) على التندرا . ولا بد من ان يحل الربيع وضوء النهار الطويل الذي يتبع دفء الربيع منها النبات لان ينبثق ،مزودا الغذاء لمجموعات الحشرات والطيور . وكثير من الطيور تهاجر الى القطب الشمالي في هذا الوقت حتى تهيء اعشاشها ، وتضع بيوضها ، وتحتضن صغارها قبل انتهاء الصيف . وهناك طائر **الترمجان** ptarmigan طوال السنة في المنطقة القطبية : ويساعده ريشه الأبيض والبني في التغذية على ثمرة التوت المختفية او على النموات النباتية الحديثة ، اما في الشتاء فيتحول لونه الى الأبيض من اجل الحماية ويغطي الريش الكثيف اسفل قدميه مما يساعده بالسير على الثلج .

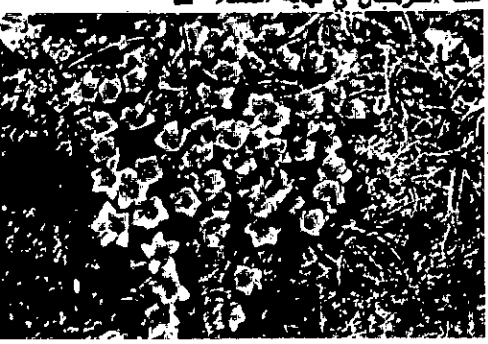
والشعاب المرجانية تمثل بيئة رائعة ، ذات صور متحركة مفعمةبالحيوية والالوان . فاللون الأخضر لم يعد اللون الغالب : وحتى النباتات والطحالب ، تتنكر بمختلف الالوان الأرجوانية والاحمر والبني طافية تتحرك مع التيار ، وتتموج كورقة **السرخس** fronds ، او تعشش داخل الحيوانات المائية البسيطة كالمرجان ، وهذه النباتات القادرة على التمثيل الضوئي هي مصدر



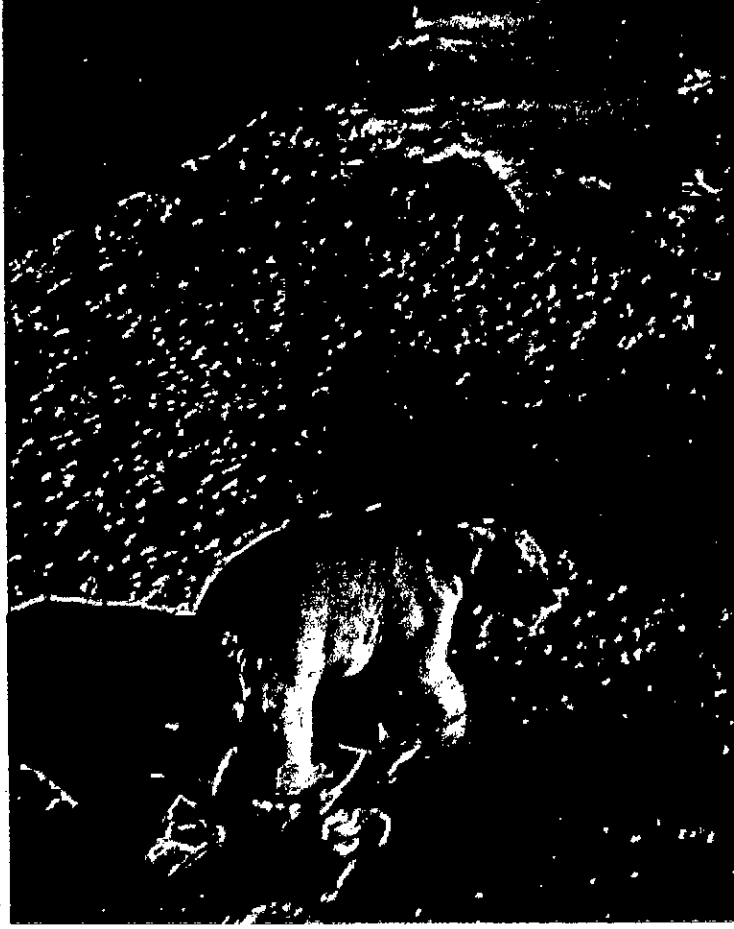
الوشق يراقب القنادس



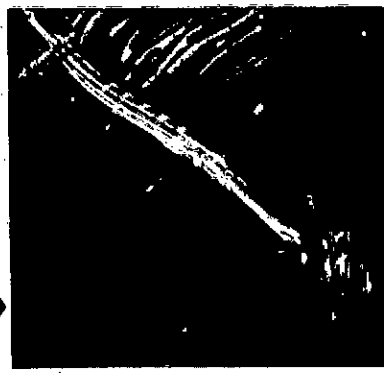
قطا الطرمجان في نهاية الشتاء



نبات الشمر البحري الارجواني



الدب القطبي

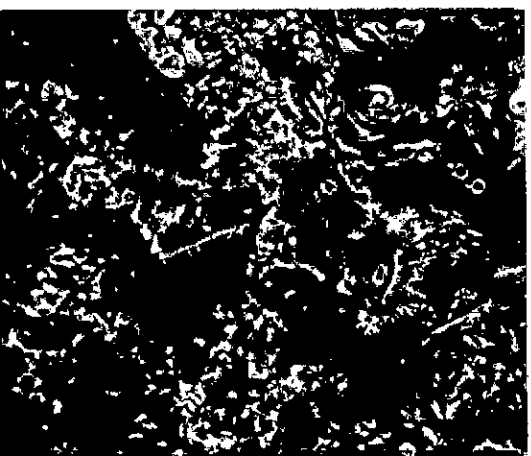


سمكة البوق



السمكة الفراشة ذات العيون الاربعة

السمكة العقرب



سمكة البهلول وشقائق البحر

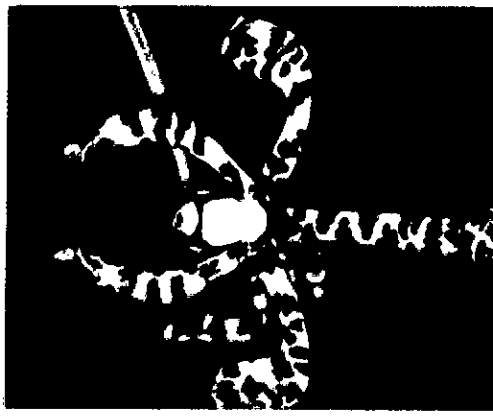






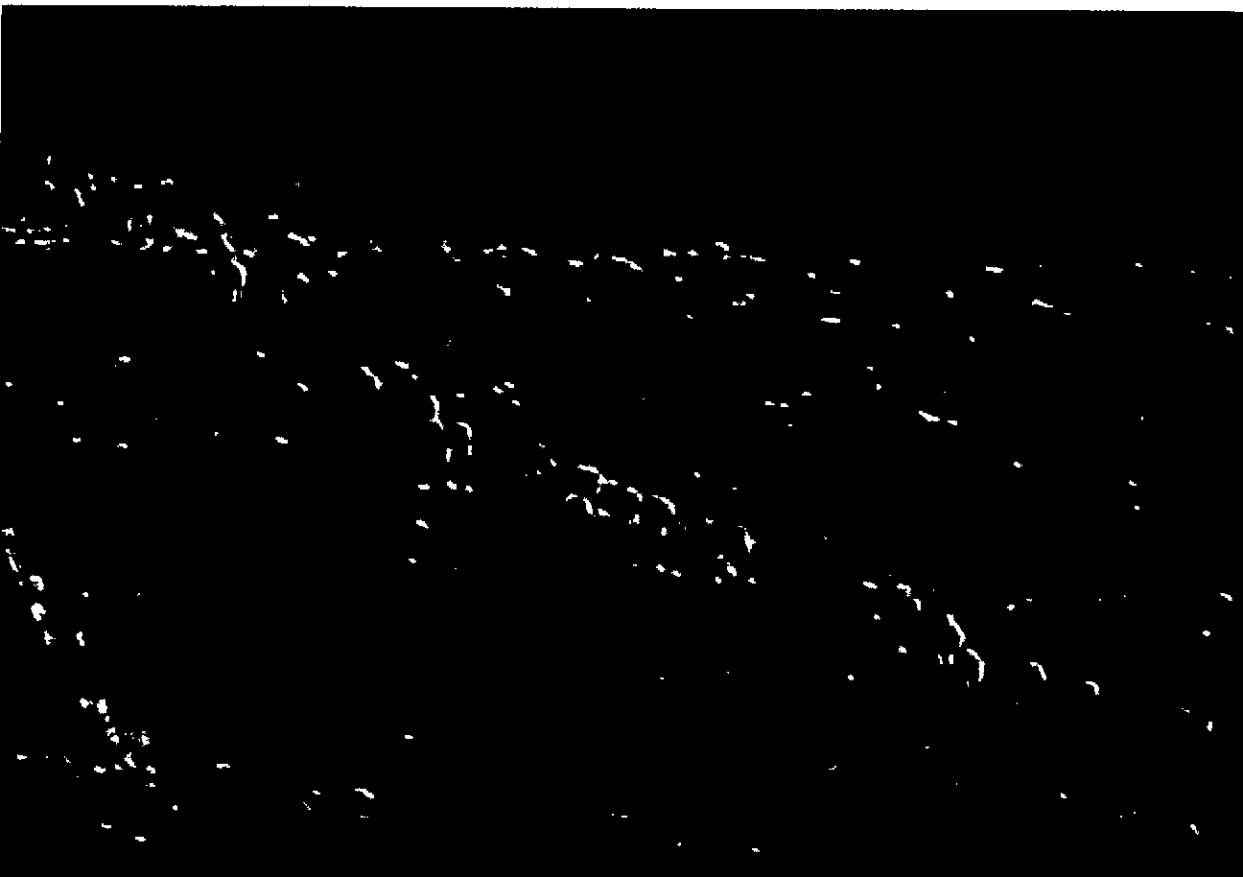
طائر جواد الطنان ◄

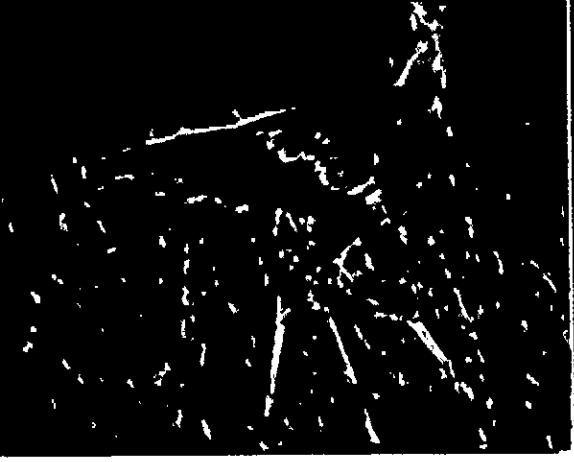
عقرب بورنيو ذو الراس ◄



ليمور الهند الشرقية ذو العينين الواسعتين ◄

هجرة الكاريبو ◄





طائر السكرتير في كينيا



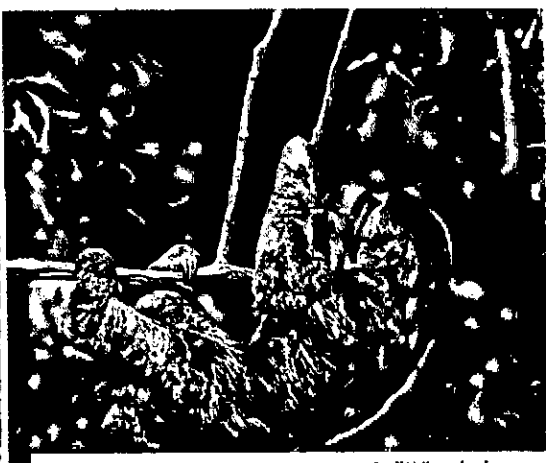
جاموس في براري مونتانا



حصان بري وزوجاته

في ظل الشجر في منطقة يونك





جرذ ذو ثلاثة اصابع

ضفدعة الشجر





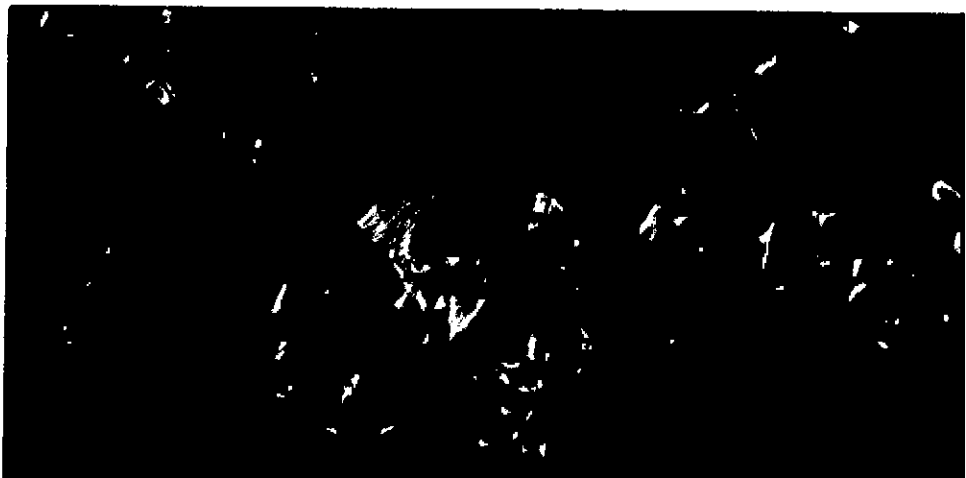
الوعول الافريقية ◄





◄ كلب المروج

◄ العصفور الذهبي والهندباء



اشبال على نبع ماء ◄

الخلف لزوج الفيلة سيصبح عدد افراده ١٥ مليونا من الفيلة خلال فترة ٥٠٠ عام فقط . وهذا النوع من النمو الدرامي — اذا صح التعبير — والذي بواسطته يزداد عدد الافراد الناتجين في جماعة ما بمضاعفة انفسهم يدعى **النمو التصاعدي** exponential growth . وبعكس **النمو الخطي** linear growth الذي بواسطته تزداد كميةما باضافة كمية ثابتة خلال فترة ثابتة من الزمن — باوند واحد كل عام مثلا — فان الكميات التي تنمو تصاعديا تزداد بنسبة ثابتة من الكل خلال فترة ثابتة من الزمن :

النمو الخطي : ٣ + ٣ + ٣ + ٣ = ١٢

النمو التصاعدي : $٣^{٤}$ = ٣ × ٣ × ٣ × ٣ = ٨١

والفائدة المركبة في حساب التوفير في البنك تنمو وتزداد بنفس الطريقة اما على اوراق رسم المنحنيات ، فان النمو التصاعدي يمكن تمثيله بمنحنى يشكل حرف J حيث ينمو ببطء في البداية ثم يرتفع بشكل شبه عمودي بزيادة عامل التضاعف وكما في حالة حيوانات الليمنغ ، فان المنحنى J يغير اتجاهه فجأة نحو الاسفل أو « يتحطم » ويتلاشى عندما تتجاوز الجماعة حدود امكانية بيئتها الموفرة للحياة لها .

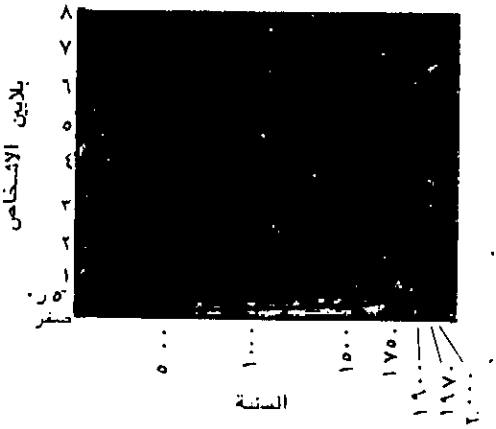
المنحنى بشكل حرف S : *S-shaped curves* : في كثير من الجماعات الطبيعية ، وبعد مرور وقت كاف منذ بداية ملاحظتها ، فان اعداد الافراد تظهر زيادة تصاعدية في البداية يتبعها عند نقطة ما ضعف في تلك الزيادة وبالتالي فانها تصل الى مستوى مستقر من الزيادة . اما في الطبيعة فان الجماعات لا يمكن أن تستمر في الزيادة بشكل لا نهائي ، بل بالعكس فانه يبدو أن هناك عددا اقصى للافراد لكل نوع من الانواع في بيئته التي يعيش فيها وهو ما يسمى **بطاقة الاستيعاب** carrying capacity وقدرة الاستيعاب لتلك البيئة وهي تعني اقصى عدد من الافراد يمكن للبيئة أن تتحمله لوقت طويل لتوفر المصادر خاصة الطعام والمساحة . فاذا حملت جماعة ما بيئتها اكثر من قدرة استيعابها ، فان ذلك يؤدي الى موت الافراد الزائدين بسبب الجوع وقلة الغذاء . ولا يوجد خيار امام الاعداد الزائدة من الافراد الا **الهجرة** emigration أو مهاجرة بعض الافراد من الجماعة أو تحديد التكاثر لديها . ولكن رغم هذا فان اعداد الجماعة لا تبقى ثابتة سنة بعد سنة ، بل تتأرجح زيادة او نقصانا عن قدرة استيعاب بيئتها . ولهذا فان منحنيات نمو الجماعة تبدو بشكل حرف S بدلا من خط مستقيم افقي .

البقاء ويصل الى حالة النمو الكاملة . ولكن رغم هذه الاستراتيجية التي تضيع الكثير فان الانواع قد استمرت في البقاء لعدة مئات من ملايين السنين .

منحنيات نمو الجماعة : Population growth curves

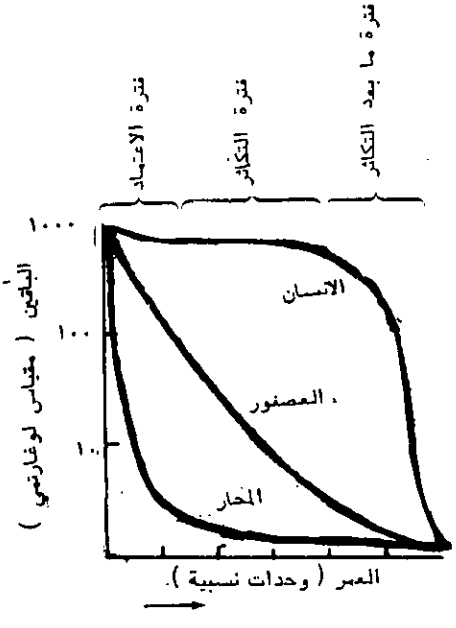
في فترة ما عندما تضاف اعداد جديدة من الافراد بواسطة الولادة في جماعة ما اكثر من تلك الاعداد من الافراد التي تترك الجماعة بسبب الموت فان ذلك يؤدي الى زيادة في عدد تلك الافراد . **فمعدل نمو الجماعة** population growth rate هو معدل زيادة او نقص اعداد افرادها خلال فترة معينة من الزمن . ولدراسة معدل النمو النسبي لاجيال متعددة متتالية يلجأ علماء بيئة الجماعة الى رسم زيادة او نقصان الاعداد كخطوط يمكن ان تتخذ واحدا من الشكلين العاميين التاليين : منحنى صاعدا بشكل حرف J يتبعه هبوط حاد ، أو منحنى بشكل حرف "S." .

المنحنى بشكل حرف J : *J-shaped curves* : ان قدرة الجماعة على زيادة اعدادها بشكل يؤدي الى انفجار عددي في افرادها ، هو من خصائص اية جماعة ، لانه كما اشار **توماس مالثوس** Thomas Malthus فان حجم الجماعة يزيد بمعامل تضاعفي بدلا من معامل تزايدي بسيط . ولقد قام **شارلز داروين** Charles Darwin بعد ان اطلع على ماكتبه مالثوس ، قام بحسابات مؤداها مايلي : بغض النظر عن الحوادث فان مايخلفه زوج من الفيلة البطيئة النمو والتكاثر (حتى ولو اعطيت فترة الحمل الكافية وهي ٢٢ شهرا) فان هذا



الشكل (٢٨ ــ ٣) منحنى J . معدل النمو الانساني في خلال اول الفي عام من العصر المسيحي يشكل منحنى J . والخطوط المقطعة على الجزء العلوي من المنحنى تبين ما سيحدث اذا بقي معدل النمو الحالي مستمرا .

لذلك النوع — هو من صفات النوع كما ان التشريح والسلوك هما ايضا من صفات النوع . والتطرف في منحنيات البقاء قليل ،فمثلا في حالة جماعة من ذباب الفاكهة في احد المختبرات التي قد عرضت لحالة من الجوع فان الجماعة كلها تقريبا ستبقى حية لفترة وبعدها تموت الجماعة كلها في نفس الوقت تقريبا. اما في الجماعات البشرية ، فانه يموت عدد معين من المواليد في وقت الولادة ، ولكن توافر كميات طعام جيدة ، وتحسين الطرق الصحية ، والوسائل الطبية الحديثة خفضت بشكل ملموس نسبة الوفاة لدى المواليد الصغار السن . وتكون منحنيات البقاء للكائنات الحية كالهيدرا ، وبعض انواع الاسماك مستقيمة، وبشكل قطري ، بمعنى وجود فرص متساوية للحياة او الموت على اية نقطة من نقاط المنحنى ما بين وقت الولادة واقصى عمر يصله ذلك النوع . وفي منحنى يعاكس تماما المنحنى لدى ذبابة الفاكهة الجائعة فان استراتيجية الحياة لدى انواع من القشريات ، والاسماك ، تتضمن نسبة وفاة عالية جدا في البداية لمواليدها الصغار . يتبعها حياة طويلة للافراد القلائل الذين يستطيعون البقاء بعدها . فبعض انواع المحار تضع البيوض بالملايين ،.وعدد قليل جدا فقط يمكنه



الشكل (٢٨ — ٢) : منحنيات البقاء .

الوفاة زيادة عالية بسبب اصابات الحرب العالمية الاولى ووباء الانفلونزا الحاد ، والثانية عام ١٩٤٣ حين زادت معدلات الوفاة كنتيجة للحرب العالمية الثانية ، ويعزى الهبوط التدريجي من ٢٠ أو ٢٥ لكل الف في عام ١٨٠٠ الى ٩ر٤ لكل الف نسمة في عام ١٩٧٢ — الى تحسين الرعاية الطبية والى المعرفة الطبية المتقدمة . وخلال نفس الفترة فلقد انخفضت معدلات الولادة ايضا من ٥١ لكل الف نسمة في عام ١٨٠٠ الى ٦ر١٥ لكل الف نسمة في عام ١٩٧٢ . ولكن زادت نسبة المواليد زيادة عالية وحادة مباشرة بعد الحرب العالمية الثانية .

قوائم الحياة *Life tables* : يمكن للضفادع ان تعيش حتى ٣٦ عاما ، والصقور والنسور الى ٨٠ عاما والانسان حتى ١١٥ عاما او اكثر . ولكن قليلا من الافراد في الجماعات الحية تصل الى هذه الاعمار المتقدمة . ولحساب توقعات معدل الحياة لجماعة طبيعية ، فان علماء البيئة يعدون **قوائم الحياة** life table لمعدلات الموت في اعمار معينة باستعمال معلومات عن وفيات الافراد في تلك الجماعة .

ويمكن اعداد قوائم الحياة للانواع التي يصعب ملاحظة افرادها ، وذلك بدراسة بقايا تلك الافراد لتقدير اعمارها وقت وفاتها . ومن الدراسات المعروفة في هذا المجال تلك التي اجريت على جماجم وقرون ٦٤٥ جثة من اغنام « دال » التي وجدت في منتزه جبل ماكنلي القومي في الاسكا . ولقد اظهرت الدراسة انه رغم ان اقصى فترة حياة لتلك الاغنام هي ١٥ عاما الا أن معدل الاعمار عند وقت الوفاة لتلك الجماعة كان سبع سنين ، اي بلغة الاحصائيات ، فانه مقابل كل الف من الاغنام المولودة فانه يموت منها ١٩٩ بعد مرور سنة واحدة على حياتها : وما يبقى يمكن ان يعمر حتى سبع سنوات اذ تصبح فرصة بقائها حية بعد هذا العمر قليلة جدا . ويحاول علماء الاحياء فهم طرق البقاء لدى الكائنات الحية وذلك لتطبيق ما امكن على الحيوانات ذات الاهمية الاقتصادية كالغزلان ، والاسماك ، والذباب ، ولفهم استراتيجيات دورات الحياة لتلك الانواع .

منحنيات البقاء *Survivorship curves* : ولمعرفة كيفية مقدرة افراد الحيوانات على العيش لفترة طويلة فان منحنيات البقاء تقدم تفسيرا لذلك . فاذا رسمنا على مقياس لوغارثمي كم من الالف المولودين في جماعة ما يبقى حيا في كل سنة بين سنوات الولادة وحتى اقصى سنوات العمر لنوع ما ، فانه ينتج عندنا منحنى هابط . وشكل المنحنى الهابط هذا الذي هو منحنى البقاء

هل هو بسبب الافتراس او المرض او التطفل او الحوادث او التقدم في العمر . وقد يحسب هذا بالنسبة للانسان كما يحسب معدل الولادة . ولكنه يحسب عادة بطريقة مختلفة عن المجتمعات الاخرى : وهو عدد الوفيات لكل الف شخص . وعلى سبيل المثال فان معدل الوفيات عام ١٩٧٠ في الولايات المتحدة كان ٩٫٦ وفاة لكل الف شخص .

ولا يجب ان نصاب بالدهشة عندما نعلم ان المعلومات المثلى لمعدلات الوفاة والولادة للانسان تنشر سنويا ويرجع تعداد السكان البيض في امريكا من كانوا في تجمعات خاصة او في مستعمرات الى عام ١٦٥٠ . ويجد علماء دراسة جماعات الانسان والذين يهتمون بدراسة صفات الجماعات الانسانية ، ان معدل الوفاة في الولايات المتحدة قد انخفض بالتدريج منذ عام ١٨٧٥ الى الوقت الحاضر ، الا في حالتين فقط . ففي الحالة الاولى عام ١٩١٨ زادت نسبة



الشكل (٢٨ ــ ١) : الهجرة الجماعية لحيوان الليمنغ .

الجماعة في السنوات السابقة له . وتنطلق تلك الجماعات المتجمهرة والكثيفة من جحورها في فصل الربيع في هجرة جماعية ضخمة . ويأتي تصرف جماعات الليمنغ هذا نتيجة لبحثها عن اراض جديدة توفر لها مصادر الغذاء ، أو لعلها ردة فعل لعامل ضغط اجتماعي ، أو صدمة ناتجة عن افراز مادة الادرينالين ، أو نتيجة لاستجابة عامل من عوامل مراقبة الجماعة الذي يسببه عامل آخر غير معروف . وبمجرد ترك تلك الحيوانات لانفاقها فانها تعرض انفسها لاعداد كبيرة من الطيور والثدييات المفترسة ، التي تتغذى عليها باعداد كبيرة . وما ينجو منها خلال هجرتها فانه يعبر ويقطع الانهار والبحيرات رغم ان حيوانات الليمنغ لا تستطيع السباحة ! لهذا فان الموت غرقا هو نهاية تلك الحيوانات التي تقفز الى البحر . ويبقى عدد قليل من حيوانات الليمنغ التي لاتشارك في هذه الهجرة الجماعية ، وهذا بالتالي يساعد على ضمان استمرار بقاء النوع . وتتكاثر هذه الاعداد الباقية ، وتعيد نفس الدورة الحياتية والهجرة وهذه تحصل كل اربع سنوات تقريبا . وتتأرجح احجام جماعات الحيوانات المفترسة لليمنغ حسب تأرجح جماعاته .

معدلات الولادة والوفاة : Birth and death rates

لمحاولة معرفة حجم جماعة ما في المستقبل يجب أولا معرفة معدلات انضمام الافراد الى الجماعة عند ولادتها ومعدلات تركها للجماعة عند الموت . وبغض النظر عن كيفية انضمام المواليد الجدد ، هل هي بعد التفقيس ، أو التبرعم ، او التجرثم او الولادة العادية فان **معدل الولادة** birth rate هو عدد الافراد الجدد المولودين للفرد في احدى الجماعات وذلك خلال فترة من الوقت محددة ، كيوم او سنة مثلا . وتحسب معدلات الولادة عادة بتقسيم اعداد الافراد المولودين على حجم الجماعة . ويمكن التعبير عن معدل الولادة بالنسبة للانسان بعدد الولادات في كل الف فرد من الجماعة . وهذا التقدير يدعى **بمعدل الولادة التقريبي** crude birth rate . لانه معدل لجميع افراد الجماعة ، ولانه يتجاهل التمييز في العمر ، والجنس ، وتأثيرهما على قدرات التكاثر في الجماعة . اما **معدل الوفاة التقريبي** crude death rate وهو عدد الأفراد التي تموت في خلال فترة محددة لكل فرد في الجماعة ، بغض النظر عن سبب الوفاة ،

وهل ستبقى هذه الزيادة مستمرة الى ما لانهاية ام لا .

ولا يمكن ان تبقى اعداد المجموعات المختلفة للكائنات الحية ثابتة سنة بعد سنة . فباستمرار تتأرجح احجام الجماعات وتوزيعها الى حد ما وذلك استجابة لتغيرات البيئة ، ولصفات الجماعات نفسها . ويشار الى كيفية استجابة الجماعات للعوامل الداخلية والخارجية باصطلاح **ديناميكية الجماعة** **population dynamics** ومن ضمن هذه العوامل نجد على سبيل المثال معدلات النمو ، والكثافة ، وضوابط الجماعة ، والهجرة من الجماعة واليها ، والتغيرات القصيرة والطويلة الامد بحجم الجماعة . ولاتهتم بيئة الجماعة بدراسة افراد النوع في تلك الجماعة فقط ، بل وبطريقة توزيعها ، وهذا من العوامل المهمة التي تساعد على قدرة النوع على استمراره وتكاثره . ومن اكثر طرق التوزيع شيوعا ما يدعى بالتجمع ، حيث يتجمع الافراد للتزاوج او البحث عن الطعام او لحمايتها من الافتراس او تغيرات الطقس الحارة . وتؤدي كثرة التجمع أو قلتهفي بعض الاحيان الى تحديد حجم الجماعة وذلك بزيادة معدل الوفيات وتقليل معدل الولادة او كليهما معا.

ديناميكية الجماعة : Population dynamics

يمكننا أن نتخذ من حيوانات **الليمنغ** lemmings مثلا دراماتيكيا (مثيرا) للطريقة التيتعملبها ديناميكية الجماعة . فهذه القوارض الصغيرة التي تعيش في المنطقة القطبية وتحت القطبية لها قدرة هائلة على التكاثر بمعدل ثلاثة الى ستة مواليد لكل انثى منها خلال السنة . وتتم الولادة عادة في خلال فصل الصيف القصير حين تصل الولادة الى اوجها . وحسب احدى النظريات فان النمو والموت الجماعي المعروف لجماعات الليمنغ يعود سببه الى تغيرات في الطقس تشمل ارتفاع درجة الحرارة كمؤشر في فصل الربيع . فاذا كانت ظروف الطقس ملائمة للتزاوج في وقت مبكر بحيث يتاح المجال للمواليد للنضج الجنسي قبل فصل الشتاء ، فان ذلك يؤدي بالتالي الى زيادة اعداد الحيوانات التي يمكنها التكاثر في الانفاق تحت الارض خلال فصل الشتاء .

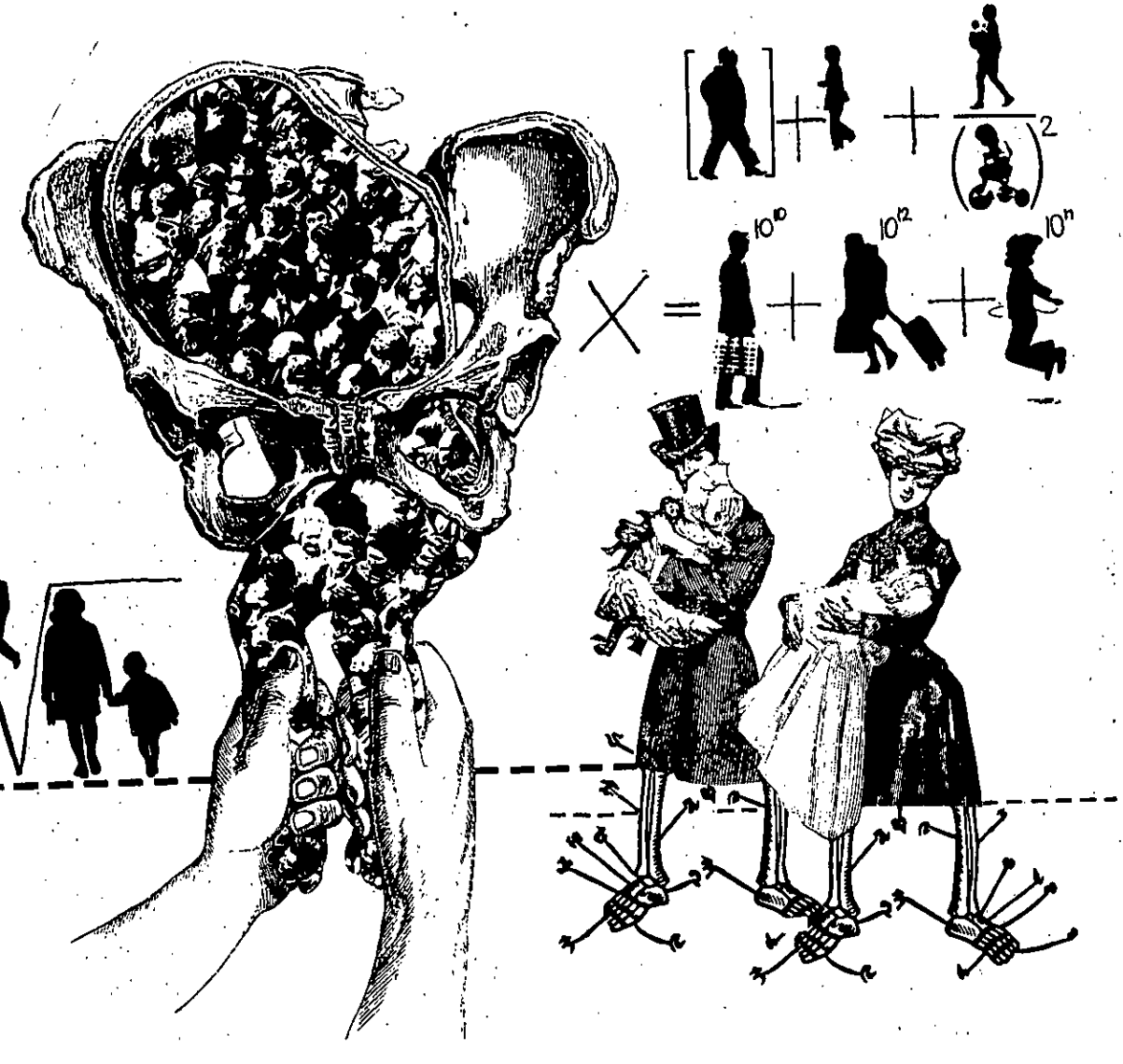
فاذا سمح الطقس بفصل آخر ملائم للتكاثر الناجح فان نمو حجم الجماعة في فصل الشتاء التالي سيزداد بشكل كبير جدا ربما يتجاوز مئة مرة حجم

الفصـــل الثامن والعشرون

علم بيئة الجماعة

Population Ecology

تولد الكائنات الحية وتعيش لفترة من الوقت وربما تتكاثر ثم تموت ، وكل ذلك يتم ضمن النظام البيئي الذي يحويها . والكائنات الحية التي تنتمي الى نوع واحد وتستوطن نفس المنطقة وتتشارك بنفس مصادر الغذاء تدعى بالجماعة . وللجماعات المختلفة للانواع المختلفة انماط مختلفة من معدلات الولادة والوفاة والتذبذبات في حجم الجماعة وكثافتها . وملاحظة هذه الظواهر في الكائنات الحية على مستوى الجماعة لا على مستوى الافراد او المجموعات هي التي تستقطـــب اهتمام علماء بيئة الجماعة . فيستطيع علماء البيئة ان يتنبأوا بما يمكن أن يجري على اية جماعة معينة ، فتساعد ملاحظاتهم في التنبؤ بحدوث انفجار سكانـــــي لجماعة من الآفات ، او هبوط في جماعات النباتات والحيوان التي تعتمد عليها كغذاء . ويصور لنا علماء بيئة الجماعات بملاحظاتهم هذه ماذا سيكون عليـــه مستقبلنا : وكم هو معدل سرعة زيادة الجماعات الانسانية على الكرة الارضية ،



وهـــكذا ، ففي حقل معشب مفتوح ، تكون بعض الحشائش هـــي النباتـــات السائدة ، والحشرات الآكلة للنبات تكون العاشبات السائدة والطيـــــور الاكلة للحشرات هي المفترسات السائدة .

والانظمة البيئية البسيطة غالبا ما تحتوي على نوع واحد سائد بينما في الانظمة المعقدة يصبح من الصعب على نوع بمفرده ان يصبح سائدا .

وتتقاسم الكائنات الواقعة ضمن نوع واحد القدرة على تجميع الطاقـــة من الغذاء ، ومن ضوء الشمس ، والمصادر الاخرى . **وانتاجية النـــــــوع** Species production هي معدل السرعة التي تتجمع بها المادة العضوية . ان الطاقة الاتية من الغذاء ، وضوء الشمس ، والمصادر الاخرى اما ان تحـــول حالا او ان تخزن لاستخدامات في المستقبل . وبعض الكائنات ، كما هو متوقع، هي مجمعات للطاقة افضل من غيرها ولهذا فانها اكثر انتاجية . اي ان لهـــا معدلات اعلى من الزيادة وتميل الى ان تصبح سائدة في المجتمع . وانتاجيـــة النوع على اية حال محددة وراثيا بالعملية التطورية ، وتعتمد كذلك علـــــى متغيرات بيئية كالمناخ والتربة والكائنات الاخرى .

وهناك ميكانيكية اخرى تساعد في المحافظة على النظام الدقيق للتوازن البيئي الا وهـــي **التنوع** species diversity ، او عدد الانواع النباتية والحيوانية المختلفة الموجودة في مجتمع حيوي . ويرتبط النوع مع المفهوم بان نوعين لايمكن ان يحتلا نفس **البيئة الملائمة** niche . والنباتات والحيوانات التي تختلف في موضعها في السلسلة الغذائية ، وفي استعمالها للمصادر ، وفي تفاعلهـــــا مع انواع اخرى تكون مرغمة على أن تجد توافقا خاصا بين البيئة والوظيفـــة . ان التنوع الواسع يرتبط غالبا بالاستقرار المتزايد في المجتمع الحيوي بكامله .

ويرتبط بالتنوع **العلاقة بين المفترس والفريسة** predator prey relationship وهو عامل اخر يساعد في الحفاظ على التوازن . فالمفترسات تعمل على تخفيض معدل النمو للتعداد السكاني للفريسة ، ولهذا فهي تساعد في المحافظة علـــى التوازن بين حجم النوع وكمية الغذاء .

ويعتبر التنافس بين وضمن الانواع على الكمية المتدفقة من الطاقـــة جزءا متمما للمجتمع الحيوي . والنجاح في التنافس يقرر النوع او الانواع التي ستصبح سائدة.

وعلى الرغم من التطور الثقافي ، فان الانسان لايستطيع ان يطوق

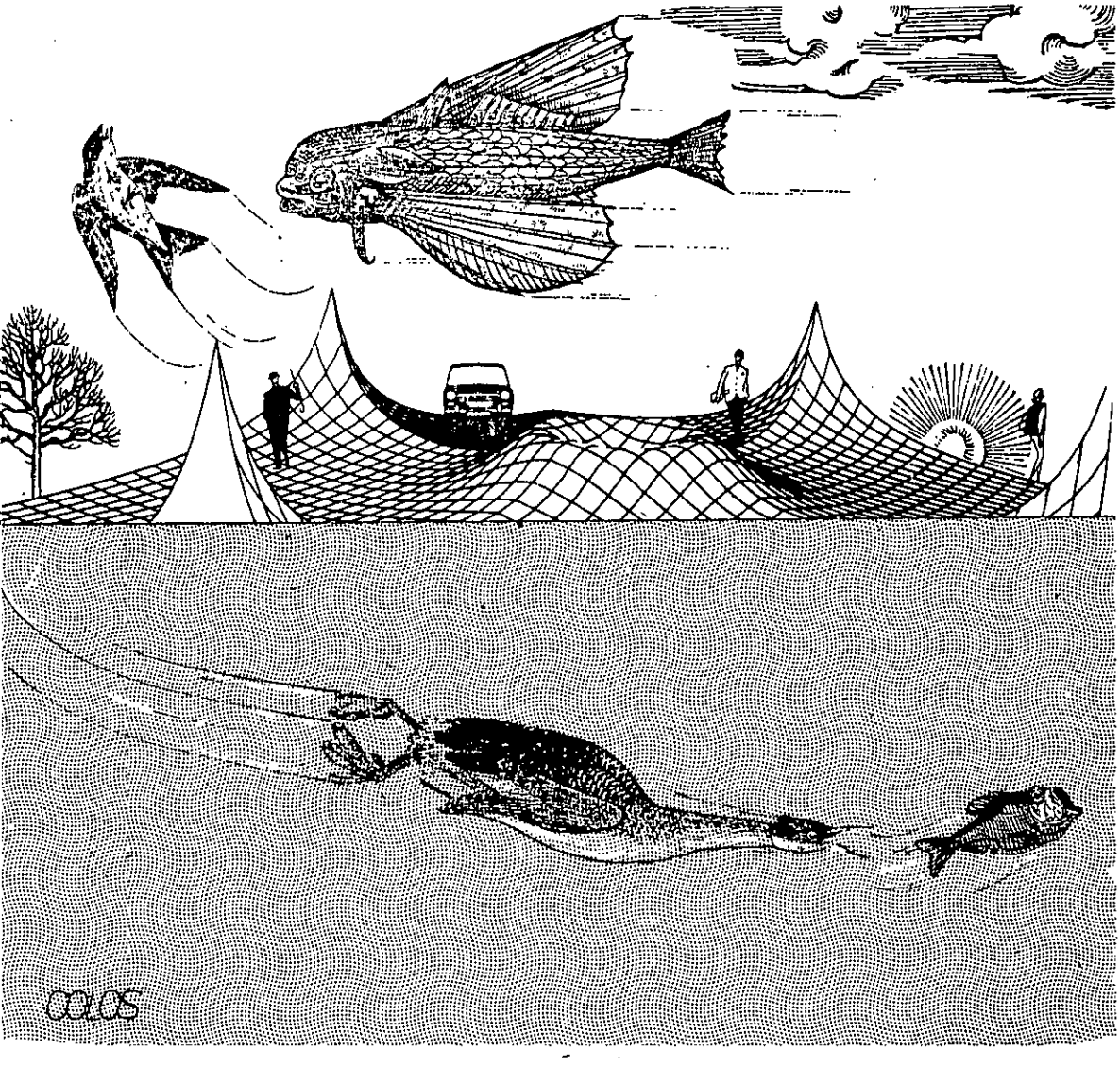
الفصـــل التاسع والعشرون

المجتمع الحيوي

Biotic Community

ينشأ المجتمع الحيوي عندما يعيش نوعان على الأقل ـــ وعادة اكثر من ذلك بكثير من الاحياء في نفس البيئة . ان عدد الانواع وعدد النوع الواحد من هذه الانواع ليس مهما لفهم مفهوم المجتمع الحيوي . ولاحتى كذلك حجم البيئة .وما يهمنا تفحصه هو التفاعل بين الانواع المختلفة ، وعندما تتشارك الأحيـــاء العيش في بيئة واحدة ، فانها تطور علاقات فيما بينها معقدة ، كما تطور انماطا من الاستقلال تقرر بقاءها بالاضافة الى بقاء المجتمع بأكمله .

ولا يمتلك المجتمع الحيوي اعدادا متساوية من كل نباتاته وحيواناته . وغالبا ما يكون نوع واحد او اكثر **سائدا** Dominant اي انه يسلط تأثيـــرا اقوى على طبيعة المجتمع بكامله . ففي غابة ، مثلا تكون الاشجار الاطـــول او الاكثر تفرعا عادة هي النباتات السائدة ، لانها تحجز معظم ضـــــوء الشمس وبهذا تحدد نمو النباتات الاخرى . وعادة يعتبر المنتج الرئيســـــي أو المستهلك الرئيسي للطاقة في كل مستوى غذائي النوع السائد في المجتمع .



البقاء خارج الكهوف في فصل الشتاء . فاذا استولى الانسان القديم على نسبة بسيطة من الكهوف التي تعتمد عليها الدببة ، فان جماعاتها ستتناقص الى مـــا دون الاعداد الصغرى اللازمة لبقائها . ولكن تبقى هذه الفكرة نظرية بـــــدون اثبات .

وباختصار فانه لا يوجد أي تفسير كاف مناسب لتلك الحوادث .فربماتكون حوادث الانقراض الجماعي الماضية مسببة عن عدة ظروف مدمرة نادرة وجدت معا في وقت من الاوقات . لا احد يعرف ماذا حصل وما اذا كان ذلك سيحدث ثانية ام لا .

ومتباعدة ، الا انه يبدو انهم اصطادوا وقتلوا من الحيوانات اكثر بكثير من حاجتهم الحقيقية . وحسب **نظرية مارتن** P S Martin's theory في مجازر **البلاستوسين** Pleistocene overkill فان الانسان الاول قد استعمل النيران بكثافة ووحشية ليصطاد جماعات كبيرة من الحيوانات لانهم لم تكن لديهم اسلحة ليصطادوا حيوانا واحدا في كل مرة صيد . ولقد استمرت الثدييات الضخمة في الحياة في شمال امريكا حتى العشرة الاف سنة الماضية عندما قضى عليها الصيادون الهنود — حسب اعتقاد مارتن —

وربما نافس **الانسان الحجري** paleolithic القديم دببة الكهوف على المأوى مما ادى الى انقراضها . لانها بعكس انواع الدببة الاخرى ، لا تستطيع



تلك الحيوانات ذوات الدم البارد ، وجدت صعوبة في الحفاظ على درجة حرارة اجسامها حول المعدل الامثل لها . ومن المؤكد أن اكبرها حجما قد تأذى أكثر من غيره وذلك بسبب النسبة المنخفضة من مساحة سطحه بالنسبة لحجمه ، مما جعله غير قادر على التخلص من الحرارة الزائدة أو امتصاص طاقة اكثر خلال حالات الحرارة أو البرودة الزائدة ، أو عدم قدرتها على الحفر داخل الرمال أو في انفاق لتحمي نفسها من الحرارة الزائدة ، وربما تكون قد قضت عليها زيادة الحرارة خلال فترات القيظ الشديد . او اصبحت بطيئة جدا خلال البرد القارص وغير قادرة على التكاثر بشكل مناسب . فحتى لو كانت هذه الاسباب معقولة لتفسير اختفاء الزواحف الضخمة ، فكيف نفسر الانقراض المتزامن للداينوصورات التي كانت ذات احجام تشابه احجام الفراخ ؟ واذا كانت التغيرات في انواع النباتات قد ادت الى انقراض الداينوصورت التي تتغذى على الاعشاب فما الذي قتل الديناصورات البحرية التي تتغذى على اللحوم ؟ .

وهناك مشكلة اخرى في قضية تغير المناخ وهي أن عديدا من الثدييات قد انقرضت عندما بدأ المناخ يميل الى الاعتدال ويصبح افضل للحياة . وبدلا من البرودة المجمدة في العصر الجليدي الاخير كما كان يظن سابقا ، فان الثدييات في العصر البلاستوسيني كدب الكهوف قد انقرضت عندما كانت درجة الحرارة في ارتفاع مستمر ، ولقد انقرض بعضها في المناطق الاستوائية التي لم تتأثر بأية حركات جليدية .

وقد اعتبر البعض **التنافس** Competition احد اسباب الانقراض . وبالنسبة للزواحف فان ذلك يعني منافسة الثدييات وجماعاتها المتزايدة الاعداد لها . ولكن لم تزد اعداد الثدييات الا بعد أن قضي على الزواحف ، اذ يمكن للثدييات أن تزداد اعدادها بشكل متضاعف لتملأ اماكن بيئة الزواحف التي انقضت والتي تركت اماكنها البيئية فارغة . واذا كانت الثدييات ــ كما يدعي البعض ــ قد قضت على بيوض الزواحف الارضية مما ادى الى انقراض تلك الاخيرة. فما الذي ادى الى تهديد بقاء **الايكثيوسورس البحري** marine ichthyosaurs والذي يلد ولادة ؟

وقد وجه اللوم الى الانسان الصياد الذي ادى الى انقراض الثدييات في الحقبة البلاستوسينية . ورغم أن غذاء الانسان القديم من اللحوم كان لا يتجاوز ال ٢٠٪ من كمية غذائه فان جماعات الانسان الصياد كانت قليلة الاعداد

ثم تكسيرها ثانية . ويعتقد على الاقل أن بعض سلاسل الجبال قد تكونت نتيجة لاصطدام الكتل الارضية . فجبال الالب مثلا حدثت نتيجة لاصطدام افريقيا وجنوب اوروبا . وخلال تلك التغيرات فان الطقس والمناخ في كتل الارض قد تغير ايضا من استوائي الى بارد متجمد ومن ماطر الى جاف مثلا .

وعلى افتراض أن التغيرات الجيولوجية قد رافقتها تغيرات في المناخ فان حيوانات الدينوصورات قد وجدت نفسها فجأة في بيئة اكثر حرارة أو تغيرا بالنسبة لها أو ربما لم تجد كمية كافية من النباتات الجديدة ، أو أن المستنقعات التي كانت تعيش فيها قد جفت . ولقد ازدهرت الزواحف هذه خلال فترة طويلة من ثبات في المناخ . وعندما بدأت التغيرات الفصلية بالتغير بشكل مؤثر ، فان



الارماديلو الذي طوله تسعة اقدام . وقد اختفت ثدييات كل من اوروبا واسيا كالمستودون وهو حيوان يشبه الفيل ، الغزلان شديدة الضخامة ذات القرون التي تزن بمفردها ثمانين باوندا ، ووحيد القرن والماموث (الفيل المنقرض) .

ولقد تمت دراسة دب الكهوف — الذي عاش في اوروبا وانقرض منذ نهاية البلاستوسين وذلك لتوافر كميات كبيرة من اسنانه وعظامه وجماجمه في عدد كبير من الكهوف الممتدة من اسبانيا الى بحر قزوين . ويصف علماء الحفريات تلك الدببة بانها تشبه الى حد كبير دببة ايامنا هذه grizzly bears ولكن كانت ذات صدر اضخم . ويمكن تمييزها عن دببة اليوم بجبهتها البارزة . ويبدو انها كانت تعيش دون ان تتدخل فيما بينها وبجماعات صغيرة ذات مدى شبه محدد . وكانت الدببة تجول معظم السنة وتتغذى على الخضروات التي كانت تخزن بشكل دهون لتستعمل وقت **البيات الشتوي** hibernation في الكهف . ولقد بنيت توائم الحياة التي عملت بالاعتماد على بقايا المتحجرات ان حوالي ٧٠٪ من الدببة ماتت قبل ان تصل الى عمر يسمح لها بالتكاثر ، علما بأن النضج الجنسي لها يكون عند عمر اربع او خمس سنوات . ولقد تجاوزت ٣٠٪ الباقية مما بقي على قيد الحياة خمسة عشر عاما من عمرها . ولقد اضافت الحوادث والتقاتل والامراض — واحيانا الافتراس — الى زيادة نسبة الوفاة السنوية بما يعادل ٢٠٪ . فلماذا انقرض هذا الحيوان الثديي كليا من على سطح الارض رغم أن له كما يظهر جميع فرص البقاء ؟ .

لقد نبذت الان النظرية القائلة بأن تغيرات مدمرة في سطح الارض ادت الى الانقراض الجماعي اذ اوضح الجيولوجيون — أن التغيرات الجيولوجية تحدث ببطء بدلا من الظهور المفاجيء الذي ادى الى انقراض اشكال الحياة . ولكن من خلال التغيرات الارضية البطيئة فلقد ظهرت بعض الكوارث المحدودة التي ادت الى تغيرات محلية مفاجئة كما حدث خلال **ثورة لارامايد** Laramide Revolution حين توالت تغيرات جيولوجية خلال الفترة الكريتاسية Cretaceous في شمال أمريكا .

وقد حدثت عدة تغيرات ونشاطات محلية في مناطق اخرى من العالم خلال نفس الفترة تقريبا .

ومن أهم مظاهر التغيرات الجيولوجية الان ما يدعى بالانجراف القاري الذي بواسطته قد يتم تكسير وتحطيم الكتلة الارضية ، واعادة تكوينها وتغيير اماكنها

وقنادس الماء ولكن بضخامة الدببة ووحيد القـــــرن الصوفي mastodons وحيوانات البيسون ذات القرون الضخمة التي تمتد الى ستة اقدام والحيوان الكسلان الذي يصل طوله الى عشرين قدما ، والنمر الامريكي الضخم ،وقطعان من الخيول والجمال والايائل المتوحشة . ولكن رغم قدرة هذه القارة على توفير الحياة لمختلف انواع الحيوانات الكبيرة ، فان ٧٠٪من الثدييات التي تجاوز وزنها ١٠٠ باوند او اكثر عند نضجها الكامل قد انقرض بنهاية البلاستوسين .

وفي نفس الوقت فقدت افريقيا ٤٠٪ من الثدييات الضخمة التي تحـــوي الزرافات ذات القرون ، والاحصنة البرية ، والاغنام الضخمة ، والجامـوس ، والخنازير ، والنعام . وفي امريكا الجنوبية اختفت المخلوقات التي تشبـــه



ولم يكن هذا الاختفاء السريع الجماعي لبعض الانواع البسيطة زائـــدة التخصص بل اشتمل على ١٢ رتبة كاملة من الزواحف . ولم يبق الا اربع رتب على قيد الحياة . وهي تضم السحالي ، والتماسيح ، والسلاحف ، والافاعـــي الموجودة الان . وقد تطورت خلال الحقبة المتوسطة كفروع من نفس خط السلف ولم تكن خلفا مباشرا للزواحف الضخمة .

وفي محاولة لضم اسباب ما حدث في العصرين المذكورين (البريمـــين ، والكريتاسي) قام العلماء بدراسة وافية لحالة ثالثة من الانقراض الجماعـــي للثدييات التي انقرضت حديثا في نهاية حقبة **البلايستوسين** Pleistocene ، فقبل عشرة الاف سنة ، انتشر في شمال امريكا حيوانات **الماستودونات الضخمـــة**





بعض من اسلافنا على هذا الكوكب (على الصفحة المقابلة) كما تخيلها الفنان ارنست انتيرمان تبـــين الديناصورات في ولاية يوتا .

الى اليسار الدببة تتخلى عن كهف علـى طرف بحيرة من الجليد.

التيرنـــودون pteranodon زاحف ضخم كان قاطنـــا تكساس والجنـــاح المفرود لهذا النـــوع يصل الى ١٨ قدما .

تصور احد النحاتين لرجل نيندرتـــال Neandertal حتى ان عدم استخدامه وسيلة معينة للصيد قد سرع في انقراض العديد من ثدييـــات العصر البليستوسيني

نظـرة فاحصـة

سر الانقراض الجماعي

Mass Extinction Mystery

لقد اختفت اشكال كاملة من انواع الحياة عن ظهر الارض ثلاث مرات على الاقل خلال تاريخ الارض الطويل مخلفة وراءها دلائل قليلة على اسباباختفائها. ففي اول هذه الحوادث ــ منذ ٢٣٠ مليونا من الاعوام . في نهاية العصر البيرميان، هلكتحيو انات ونباتات بدائية عديدة كليا وقلت اعداد جماعات البرمائيات بشكل ملموس .

ومهما كان سبب ما حدث في العصر البيرميان فلقد عاد مرة ثانية وضرب ضربته في نهاية **العصر الكريتاسي** Cretaceous من **الحقبـــة المتوسطـــة** Mesozoic مبيدا معظم انواع الزواحف التي كانت سيدة عصرها .

فلأكثر من مئة مليون عام انتشرت حيوانات الدايوصورات والزواحـــف الطائرة والسابحة في الارض وسادتها جوا وبرا وبحرا . ولكن قبل ٧٠ مليون سنة اختفت تلك الحيوانات بشكل محير : ولم يوجد على سطح الارض اية قطعة من الدايوصورات في الصخور تعود الى عصر ما بعد الحقبة المتوسطة .

وبعض الضوابط الاخرى للجماعة لا تمت بصلة لكثافتها ، كالتغيرات البيئية مثلا وهذه قد تتجاوز حد الاحتمال لنوع من الانواع . وهذه الضوابط غير المعتمدة على الكثافة تشمل ظواهر الطقس كالتغيرات السنوية في كمية الامطار وقسوة الشتاء وكذلك التغيرات البيئية من صنع الانسان كتدمير بعض مناطق الجماعات وتغير طبيعة النباتات التي تنمو فيها .

واخلال الانسان بالجماعات الطبيعية ناجم عن الانفجار السكاني عنده . فلكي يزيد من الطاقة الاستيعابية للبيئة عمد بشكل واضح الى تدمير بيئات الكائنات الحية الاخرى . لقد اخرج من حسابه بعض الضوابط الحياتية على نمو اعداده وبهذا تمكن من أن يصل نموا تصاعديا مستمرا بشكل منحنى حرف J . فيجب عليه الان أن يبحث عن ضوابط حضارية وأن يلجأ اليها لضبط جماعاته أو أن مصادر الارض المحدودة لانتاج الغذاء ستؤدي الى تقليل اعداد الانسان بسبب المجاعة . ومقدرة الارض المحدودة على انتاج الطعام هي العامل الرئيسي الاول المحدد لنمو الانسان ، وهذا العامل يتزايد تأثيره بازدياد الاعداد في مجتمعات الانسان وبقلة انتاج الاراضي الزراعية .

الولادة وبضرب النتيجة بعدد افراد الجماعة الاصلي . وللتنبؤ بامكانيات النمو في المستقبل فان البناء العمري للجماعة والاعداد النسبية لكل جنس فيها يجب أخذها بعين الاعتبار . ويتخذ النمو احد المنحنيات التالية : فمنحنى صاعد بشكل حرف J أو منحنى بشكل حرف S .

فأفراد المنحنى J تتضاعف بسرعة تؤدي الى زيادة النمو تصاعديا ويتوقف النمو بسبب مقاومة البيئة المحيطة بالافراد وذلك بزيادة عدد الوفيات ونقص عدد المواليد او كليهما ويستقر عدد الجماعة عند اقصى عدد يمكن أن تدعمه البيئة منتجة منحنى بشكل S .

واعداد جماعة مافي منطقة ما هي كثافة الجماعة أو النوع وبقاء النوع مرتبط ارتباطا وثيقا بقدرة الجماعة على الوصول الى كثافة الجماعة المثالية التي تحدث الذبذبات حولها . ويمكن تعريفها بأنها عدد الافراد الافضل الذي يمكن أن تؤدي الى تأكيد بقاء النوع .

ويتخذ توزيع الجماعة واحدا من الاشكال التالية : العشوائي ، ويتم عندما تكون الاحوال البيئية متساوية ولا تتجاذب الافراد أو تتنافر : ثم التوزيع المنتظم ويحدث عند قلة المساحة أو المصادر فتتنافس الافراد وتحافظ على مسافة فيما بينها . واخيرا التوزيع التكتلي حيث يتجمع افراد الجماعة لتبادل منفعة ما . وبغياب مقاومة البيئة ، فان جماعة ما ستصل الى اقصى طاقة حيوية لها أو بمعنى اخر الى سرعة زيادتها الطبيعية بغياب المعوقات . وتدعى العوامل التي تمنع الجماعة من النمو تبعا لمنحنى J بالعوامل المحددة .

وبعض ضوابط الجماعة التي تمنع زيادة اعدادها تكون معتمدة على الكثافة ، اي أنها لا تعمل الا اذا وصلت الجماعة الى حالة من الكثافة معينة وغالبا ما تتبع هذه الضوابط بسبب قلة الموارد الموجودة في تلك البيئة كالمنافسة على الطعام والمساحة ، والافتراس . والمرض ، والضغوط الداخلية ، والاجتماعية .

وربما يكون التنافس على الغذاء عشوائيا بحيث لا يحصل الفرد في الجماعة على كمية كافية من الغذاء ، والمساحة ، فتموت اعداد كثيرة ويذهب كثير من المادة هباء . أو تكون المنافسة بالتسابق بحيث يستولي الافراد الاقوياء في الجماعة على كمية كافية من الطعام والمساحة بينما يموت الافراد الضعاف أو تهاجر أو تتأقلم مع الوضع الجديد .

ملخص الفصل الثامن والعشرين

يدرس علماء بيئة الجماعة الكائنات الحية التي هي من نفس النوع وتعيش في مساحة واحدة من الارض وتتشارك بنفس المصادر فيها . وهذه الكائنات تكون ما يسمى بالجماعة ولها عادة صفات واشكال لمعدل ولاداتها ، ووفياتهـــا ، وتأرجحات اعدادها ، وكثافتها .

فحجم الجماعة وتوزيعها ليس ثابتا ولكن يتذبذب استجابة لكل من صفات الجماعة ولتغيرات البيئة . وكيفية الاستجابة تدعى ديناميكيةالجماعة ، ومن هذه ما يساعدنا على التنبؤ وفي بعض الاحيان التأثير على حجم وتصرفات الجماعـــة مستقبليـــا .

ومعدلات الولادة والوفاة مهمة جدا لتحديد حجم الجماعة ، ومعدل الولادة لعام هو عدد المواليد لكل الف من افراد الجماعة خلال فترة محددة من الوقت .

وتعتبر توقعات الحياة عاملا اخرا ايضا . ولتقدير معدل توقعات الحياة لفرد من الجماعة ، فان علماء البيئة يعملون قوائم حياة تظهر معدل الوفـــــاة بالنسبة للعمر . او بحساب منحنى البقاء حيث يرينا كم من الف فرد يولد فـــي جماعة ماسيبقى حيا عند اية من مراحل العمر بين الولادة واقصى عمر يصل اليه افراد النوع .

وتتحدد سرعة نمو الجماعة بطرح معدل سرعة الوفاة من معدل سرعـــة

المستقبل كله مظلما . فتوقعات يوم القيامة مبنية على اساس استمرار زيادة نمو السكان التصاعدي بنفس السرعة التي تنمو بها الان . فاذا استطاع الانسان ان يكبح جماح زيادة اعداده في الوقت المناسب ، فان المجاعات والامراض وربما الحروب قد يمكن تجنبها . ان معدل المواليد يتناقص ، والفضل هنا لعدة ظروف تجعل من الاسرة الكبيرة امرا غير مرغوب فيه وتجعل منع الحمل ميسورا . فازالة الولادات غير المرغوب فيها كان من الممكن أن يؤدي الى انقاض الخصوبة في الولايات المتحدة عام ١٩٦٥ من ٣ الى ٥ر٢ ولادة لكل ١٠٠٠ امراة في سن الانجاب . وبالمثل فلو أمكن تحديد حجم الاسرة العالمي الى مستوى أقل من مستوى الاستبدال ، لعدة اجيال ثم استقامته عند معدل الاستبدال فان استقرار السكان عند مستوى كثافة يمكن تحمله ويمكن انجازه .

الحشد يقوم بتغذيته عدد قليل من المزارعين في مناطق نائية بعيدة عن المدن.ومع هذا كله فان الانسان معرض لان يواجه حالة نقص في موارد الارض المحدودة ، الموجودة بحكم طاقة الارض الاستيعابية . وتعتبر قدرة الارض على انتاج الغذاء العامل الاساسي الاول المحدد للانسان .

ولقد تنبأ العالم توماس مالثوس عامي ١٧٩٨ و ١٨٠٣ بأن المجاعة والامراض والحروب الاقليمية ستؤدي الى مقتل اعداد كبيرة من الناس اذا اصبحت الجماعات الانسانية كثيفةجدا . ولقد صحت تنبؤاته اذ رغم الثورة الزراعية ، فان انتاج الغذاء في العالم يبدي اشارات عدم مقدرته على مسايرة نمو السكان ، فالمحاصيل عام ١٩٧٢ كانت اقل بمقدار ٣٪ من احتياجات العالم الغذائية . وبعام ١٩٧٤ كان المخزون الاحتياطي من الحبوب في العالم قد تناقص الى حد انه يكفي لمدة ستة وعشرينيوما مقارنة بمدة خمسة وتسعين يوما عام ١٩٦١ . واعتبارا من ١٩٧٥ فانه يموت حوالي ١٠.٠٠٠ نسمة بسبب الجوع اسبوعيا في اسيا وافريقيا وامريكا اللاتينية .

ولقد اضافت بعض الظواهر الى نقص الغذاء.فتبعا للزيادة والنسبة العالية من لحوم الحيوانات المستهلكة من قبل الاغنياء ، تستهلك كمية من الحبوب مقارنة مع استهلاك الفقراء من الناس . فلانتاج باوندمن لحوم الدواجن نحتاج الى ثلاثة باوندات من الحبوب ، ونحتاج الى ٦ر٣ باونداتمن الحبوب لانتاج باوند واحد من لحم الخنزير والى عشرين باوندا من الحبوب لانتاج باوند واحد من لحم البقر .

وانتاج الارض الزراعية يعتبر مشكلة اخرى ، وعائقا كبيرا فمن ٢ر٣ بليون هكتار (٧ر٨٦ بليون أيكر) من الارض الزراعية الموجودة على الارض نصفها فقط مزروع ، والنصف الاخر مناسب لزراعة المحاصيل ، وللاستفادةمنه بعزقه وريه وتسميده سيكلف ما يقارب من ١٥ر١ دولارا للهكتار الواحد . وتتناقص منتجات الارض الزراعية بسرعة بينما تستهلك زيادة السكانالتصاعدية اكثر واكثر من الارض للاستعمالات السكنية والصناعية .

توقعات مستقبلية

على الرغم من هذه الارقام المخيبة للامال فانه ليس من الضروري ان يكون

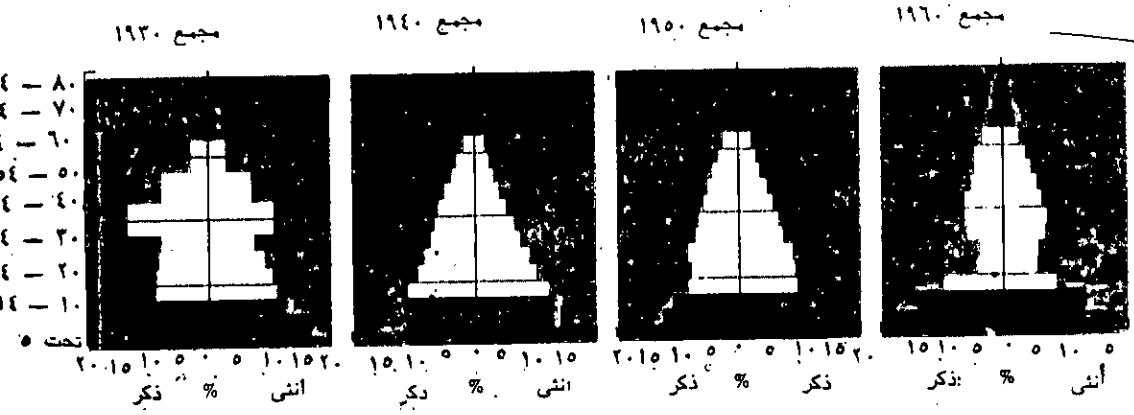
العشوائي في معظم المجتمعات .

وهناك محاولات لتنظيم اعداد السكان باستعمال موانع الحمل تطوعيا . وكثيرا ما يميل الازواج الجدد الى الاكتفاء بطفلين فقط ــ للتعويض عن الوالدين فقط . او ربما اقل . الا ان الاسرة الكبيرة لا تزال مفضلة لدى عدد كبير من الناس في الدول الاقل نموا حيث تؤدي نسب الولادة العالية الى نقص في موارد الغذاء ، مؤدية الى تصاعد في نسبة الوفيات بسبب قلة الغذاء وفقر انواع الغذاء ، وفقر الدم ، والحصبة ، والالتهابات الرئوية ، التي تصيب الجياع أكثر من غيرهم عادة .

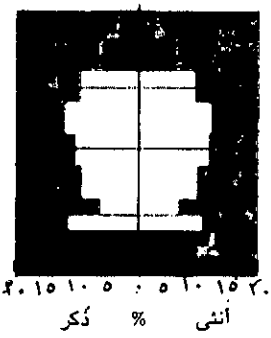
وعلى الرغم من قدرة الانسان على بناء انظمة بيئية مصطنعة كالمدن والبلدان حيث يحشر فيها مئات الالوف من السكان التي لا تنتج الطعام . فان هذا



الشكل (٢٨ ــ ١٠) : اللاجئون الباكستانيون يتسلمون مخصصاتهم من الارز في مخيم سولت ليك Salt Lake Camp في غرب الهند .



مجمع ١٩٧٠



الشكل (٢٨ ــ ٩) : اهرام المجتمعات لمجتمع الابلاشين بمنطقة مناجم الفحم . غالبا ما استعمل علماء دراسة المجتمعات الاهرامات لتبين الحجم النسبي من فئات المجتمع الثلاث : الفئة قبل الانتاج ، فئة الانتاج ، الفئة بعد الانتاج في المجتمعات الانسانية . في عام ١٩٣٠كانت غالبية المجتمع تقع ما بين ٣٥ ــ ٣٤ سنة بمعدل العمر وهذه تعكس اعمار المهاجرين القادمين الى المجتمع . وعدد كبير من الناس صغار السن قد ظهرت عند قاعدة الهرم مبينة عن استمرار زيادة المجتمع في المستقبل . اما في عامي ١٩٤٠ ، ١٩٥٠ فيظهر الهرم العادي ذات الراس الضيق والذي تعكس الزيادة بالمجتمع اما في عام ١٩٦٠ فهناك نقص في العمر المتراوح بين عشرين وتسع وعشرون عاما وهذا يعكس هجرة هؤلاء من المجتمع حيث انهم يشكلون الجزء المنتج بالمجتمع . اما في عام ١٩٧٠ فيظهر الهرم الراسي حيث تظهر الهجرة العالية التي تعكس هذه الظاهرة : التقدم بالعمر والانخفاض بالمجتمع مع الاعداد المتقاربة من الناس عند كل مستوى من الاعمار .

الضوابـــط Controls

لقد تغلب الانسان على الاقل في الوقت الحاضر على بعض الكوابح التي تكبح جماح نمو الجماعات غير البشرية. فباختراعه الاسلحة حرر نفسه من ضوابط الافتراس ، وبتدجينه للحيوانات وتأهيله للنباتات ملقد أمن لنفسه مصدرا غذائيا طوال الوقت . وأتاحت له المساكن الدائمة ملاجيء من تقلبات الطقس ووفرت له العناية الطبية الحديثة مقاومة للامراض ، ومنع انتشارها .

وبغياب الضوابط والمراقبة الحياتية والحيوية على نمو جماعات الانسان الحالية ، الا اذا لم تتفاقم حالة نقص الغذاء ، فانه يجب على الانسان أن يذعن للمراقبة الحضارية والثقافية . فلقد استطاعت بعض المجتمعات أن تباعد بين فترات انجاب الاطفال . وحددت الانجاب خلال فترة عدد من السنين عندما يكون ذلك ممكنا فسيولوجيا. ولقد أدت مطالب الزواج الى منع التزاوج

بيئة جماعة الانسان Human population ecology

ادت الضغوط الناتجة عن الانفجار السكاني للانسان الى تدمير كثير من الجماعات الطبيعية . ورغم أن نمو جماعات الانسان يسير بنفس الديناميكية التي في الجماعات النباتية والحيوانية الاخرى ، الا أن الانسان قد وسع من قدرة تحمله بيئته الطبيعية وذلك بمغايرة تأثير بعض ضوابط الجماعة .

النمو Growth

لقد عاش اسلافنا منذ مئات الاف من الاجيال بمجموعات صغيرة، متباعدة، منفصلة ، كصيادين يوزعون انفسهم حسب توافر الغذاء البري . ولقد نمت اعداد الناس في هذه الجماعات البائدة نموا بطيئا أو هي لم تتم اطلاقا .

ومنذ مئتين او ثلاثمائة من الاجيال ادى تأهيل النباتات وتدجين الحيوانات بواسطة الانسان الى ان يزيد من طاقة التحمل لبيئته ، وذلك بمراقبة وزيادة المحصول بما يشار اليه حاليا **بالثورة الزراعية** agri cultural revolution . ولقد نشأت حياة مستقرة ادت الى بناء مناطق سكن دائمة يلجأ اليها الانسان من تقلبات الطقس . وبزيادة وفرة الغذاء والشعور بالامن فلقد استطاع عدد اكبر من الاطفال أن يعيشوا . ورغم هذا ولمدة الاف من السنين بقي عدد سكان العالم اقل من نصف بليون نسمة ، بمعدل نمو سنوي بسيط ٠٠٢ر٠ بالمئة .

ولكن منذ عام ١٦٥٠ بعد الميلاد تقريبا ازدادت نسبة المواليد الذين يعتبرون احياء بسبب التطور العلمي ، والطبي ، والعناية الصحية ، والتطعيم ضد الامراض . ولقد بدأ النمو التصاعدي للسكان بسبب طول مدة بقائهم احياء وهذا النمو لا يزال يتبع منحنى حرف J بشكل واضح لوقتنا الحاضر . وبمعدل النمو السنوي ٢٪ وبمعدل ولادة ٣٤ لكل ١٠٠٠ ومعدل وفاة يعادل ١٤ لكل ١٠٠٠ (٣٤ ــ ١٤ = ٢٠ في كل ١٠٠٠ أي ٢٪) فان عدد سكان العالم اليوم ٣ر٩ بليون نسمة ينمو بمعدل ٢٠٠ر٠٠٠ نسمة او اكثر في كل يوم . وما لم يواجه هذا المنحنى مقاومة بيئية كانية او ثقافية حضارية فان عدد سكان العالم سوف يتضاعف خلال ٣٥ عاما.

لذلك .

تاثير الانسان : (*The influence of humans*) : كثيرا ما يحدد الانسان عمدا أو بدون عمد اعداد الجماعات وذلك بأن يتصرف كعامل أساسي غير معتمد على الكثافة . فكلما قام الانسان ببناء السدود تعبيد الطرق وقطع الاشجار او تجفيف المستنقعات وغيرها ، فانه يسبب اضطرابات في جماعات الحيوانات وذلك بتدمير اماكن عيشها ، او تغيير النباتات مما يؤدي الى اجبار الحيوانات في تلك المنطقة المتأثرة بأن تتنافس على كمية الغذاء المتناقصة ،وكذلك على المساحة او تحاول تلك الحيوانات ترك المنطقة الى مكان اخر . فلقد ادت التطورات التكنولوجية الى احداث حالات ضارة ، واحيانا قاتلة لجميع الانواع ، ما عدا تلك التي لها قدرة تحمل واسعة ، كالاعشاب ، والقوارض ، وعصافير الدوري . وخلال نقل البترول بواسطة السفن بحرا فان بقايا البترول التي تلقى في البحار يمكن ان يكون لها تأثيرات مبيدة وكاسحة على الجماعات البحرية .فلقد ادت الزيوت المتسربة من احدى الناقلات *Torrey Canyon* عام ١٩٦٧ الى مقتل ٢٥٠٠٠ طائر بحري .

وتؤدي النشاطات الصناعية ووسائل النقل المعتمدة على حرق البترول والفحم الى اضافة غازات غير موجودة اصلا بتركيزات عالية في الجو . وفي بعض الاحيان تغير من تكوينها بحيث لا تستطيع بعض النباتات تحملها . فلقد ادت سحب من الدخان الملوث فوق الجبال شرقي مدينة لوس انجلوس الى اضعاف عديد من اشجار الصنوبر بحيث جعلتها اقل تحملا لهجمات خنافس الصنوبر مما ادى الى قتلها .

وبسبب عدم قدرتها على الهجرة لتفادي اضطرابات البيئة فان واحدا من كل عشرة انواع من النباتات يعتبر الان تحت خطر الانقراض . اما بالنسبة للحيوانات فلقد انقرض في الولايات المتحدة نوعان من الثدييات وثلاثة انواع من الطيور من عام ١٦٠٠ وحتى عام ١٨٥٠ . اما من عام ١٨٥٠ وحتى عام ١٩٧٣ فان قائمة الانواع التي انقرضت ضمت سبعة عشر حيوانا ثدييا وثمانية وعشرين طيرا واثني عشر نوعا من الاسماك .

وحياتية عالية ، كبعض الحشرات والعوالق النباتية مثلا . وجماعات كهذه كثيرا ما ينقصها الاستقرار وتتأرجح بمعاملات تصل الى ١٠٫٠٠٠ . فهي تنمو تصاعديا الى أن تصطدم بحالة بيئية قاسية ثم تعود فتهبط سريعا وتعيد دورتها في الفصل التالي .

الطقس (*Climate*) : لقد قام العالمان البيئيان الاستراليان **دافيد سون وأندروارثا** J. Davidson and H. G. Andrewartha في عام ١٩٥٤ بدراسة على حشرة تصيب محصول التفاح وذلك لدراسة الطرق التي تحدد بواسطتها عوامل الطقس غير المعتمدة على كثافة حجم جماعة معينة فهذه الحشرة تعيش على زهور التفاح وتمتص رحيقها والعصارة من خلاياها وتسبب ضررا بسيطا اذا وجدت باعداد قليلة ، ولكن باستطاعتها محو المحصول كله في جزء كبير من جنوب استراليا عندما تصل الى كثافات تبلغ اربعين حشرة او اكثر لكل زهرة تفاح . وحتى بهذه الاعداد فان الحشرات لا تخشى نقص المواد الغذائية ، وهي ايضا بمنأى عن تأثيرات الضوابط كالافتراس والتطفل والتنافس . ووجد العالمان ان اختلافات الطقس السنوية هي العامل الوحيد في ابقاء اعداد الجماعات لتلك الحشرة عند مستوى ضئيل فتزداد اعداد الحشرات بكثافة واضحة خلال فصل الربيع وتصل الى ذروة زيادتها في الصيف الباكر ، ثم تهبط فجأة خلال صيف استراليا الحار الجاف وشتائها البارد الماطر . وهذه التغيرات ترتبط كلية بتوافر الزهور خلال تلك الفصول وهي تتوافر بكثرة في فصل الربيع فقط .

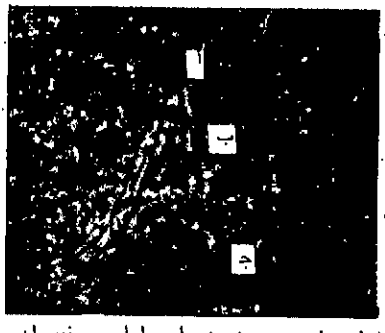
وما يحمي الجماعة من الانقراض سنة بعد سنة ليس وجود فترة ركود ولكن نشاطات التكاثر لتلك الحشرات القليلة التي استطاعت أن تنجو من الصيف والشتاء ، وذلك بعد أن وجدت عدة أزهار ما تزال تنمو في أماكن محمية ، وهكذا فان الحشرات لا تتجدد اعدادها بسبب فقدان الغذاء كليا ، ولكن تبعا لتوافرها فعليا وهذا بالتالي دلالة معتمدة على تغيرات الطقس .

ويمكن للتغيرات الطفيفة الفصلية ان تؤدي الى نتائج واضحة على الجماعات ذات مدى التحمل القصير . فلقد لاحظ علماء الحشرات ان حجم جماعات الحشرات في فصل الربيع يعتمد على مدى نجاح بقاء بيوضها خلال فصل الشتاء، فاذا كان الشتاء قاسيا فان نسبة الهلاك في البيوض تزداد وقليل من الحشرات ما يفقس في فصل الربيع التالي . واذا حصل صقيع ربيعي متأخر فان عديدا من النباتات والحشرات التي تظهر خلال فصل الربيع المبكر قد تموت نتيجة

وتتوقف عن العمل الغدد المسؤولة عن قدرة الامهات على تمييز اولادها ممايعرض الاخيرة للمهاجمة من قبل حيوانات الزبابة الاخرى وفي بعض الاحيان من قبل الام نفسها وفي حالة التجمهر الكثيف والضغوط الداخلية والاجتماعية الزائدة فان الاناث تتوقف عن التكاثر كلية وربما تتصرف كالذكور محاولة ركوب اظهر الذكور. وقد لا تتخذ الخصيتان مكانهما في الوقت المحدد خلال النمو في الذكور الصغيرة. وتحت ظروف قاسية اجتماعيا فان خصي الذكور الكبيرة قد تضمر. وقد رأينا أن التجمهر بين **الارانب البرية** snowshoe hares قد اتخذ تحولات مميتة.

العوامل غير المعتمدة على الكثافة Density-independent factors

قد لا تعتمد بعض المحددات والحدود لنمو الجماعة على الكثافة. فقد تحدد أو تقرر حجم الجماعة عوامل مثل تغيرات الطقس وخاصة التغيرات السنوية في كميات الامطار الساقطة، وقساوة الشتاء، او اية تغيرات مشابهة تتجاوز حدود وطاقات تحمل نوع ما. وبما ان الجفاف المفاجيء يؤثر في نسبة معينة من الجماعة بغض النظر عن كثافة الجماعة عالية كانت او منخفضة فانه يعتبر مثلا على ضابط للجماعة **غير معتمد على كثافتها** density-independent. ومن العوامل الاخرى المشابهة سرعة التبخر، ومستويات درجة الحرارة، وسرعات الرياح، وشدة الضوء، وتركيب التربة، ومستويات المواد الغذائية، والنار، وبنو البشر. وتؤثر التأرجحات البيئية غير المعتمدة على الكثافة في كل الجماعات، ولكنها اكثر ما تكون تأثيرا في ضبط الكائنات الصغيرة سريعة التكاثر التي تملك قدرات وقابليات حيوية



الشكل (٢٨ ــ ٨) : العوامل غير المعتمدة على الكثافة. مجتمع حشرة المنة (تمتص عصارة النباتات) في الجزء الشمالي من ولاية كاليفورنيا ببساتين الجوز قد تأثرت بعوامل الحرارة وعدم وجود الاوراق كما يبين الخط أ والافتراس كما في الخط ب لخنافس الكوكسنيلد والتأثير المزدوج لهاتين العمليتين قد بين بالخط ج.

الامراض والتطفل (*Disease and parasitism*) : ربما يؤدي التجمهر الى تحديد النفس من خلال انتشار الامراض والطفيليات بسرعة وسهولة في الجماعات الكثيفة مما يجعل منه عاملا محددا بذاته . فعندما تجاوزت اعداد عث الفجر حدود ضوابط الحيوانات المفترسة لها ، فلقد تم القضاء على نسبة كبيرة منها بواسطة فيروس مرض الذبول . وهذا الضابط الفيروسي يبدو انه يعتمد على الكثافة لانه غير فعال في الجماعات قليلة الاعداد والمتباعدة . والتجمعات البشرية ايضا هي أراض خصبة لانتشار الامراض ، فمرض الطاعون الذي سمي بالموت الاسود في أوروبا خلال العصور الوسطى قد انتشر بين السكان بواسطة الجرذان التي تنقل الفيروس المسبب للمرض والذي ادى وحده الى مقتل نصف عدد سكان بريطانيا عام ١٣٤٨ .

وتنتشر الطفيليات ايضا في الجماعات الكثيفة بسرعة أكبر منها بكثير من الجماعات المتباعدة قليلة الاعداد . فالتجمعات البشرية عند السباحة قرب المدن وعلى امتداد شاطىء نهر النيل ساعدت على زيادة تضاعف طفيليات البلهارسيا الى درجة أن جميع الناس الذين يستعملون تلك المياه في بعض المناطق قد اصيبوا بها .

الضغوط الداخلية (*Stress*) : تؤدي الضغوط الاجتماعية الناتجة عن التجمهر في كثير من الجماعات الى اضطرابات في الغدد الصماء تؤدي بدورها الى التحديد من عدد الافراد في الجماعة قبل أن يتاح للبيئة القيام بأي فعل مضاد . وفي احدى الدراسات التي جرت على غزلان السيكا . ادخل أربعة أو خمسة افراد الى جزيرة **ماريلاند** عام ١٩١٦ فتكاثرت حتى اصبح عددها الثلاثمائة بحلول عام ١٩٥٥ . ورغم أن الدراسات اظهرت أن الغزلان تتمتع بصحة جيدة وان هناك كمية كافية من الغذاء ، فلقد هلك نصف هذه الجماعة عام ١٩٥٨ . واستمر نقصان القطيع حتى وصل الى ثمانين غزالا . دلت الفحوصات التشريحية على جثث الغزلان الميتة الى وجود غدد فوق كظرية غير طبيعية في اجسامها . ودلت على أن التفاعل والاختلاط مع اعداد كبيرة من الغزلان قد كان هو المسبب الرئيسي للموت .

والتصرفات الغريبة وغير العادية بين حيوانات الزبابة الشجرية تقوم بتحديد وضبط جماعاتها بعدة طرق . ففي الاحوال ذات الضغوط الناتجة عن الكثافة فان الامهات تنتج كميات غير كافية من الحليب او لا تنتجه اطلاقا .

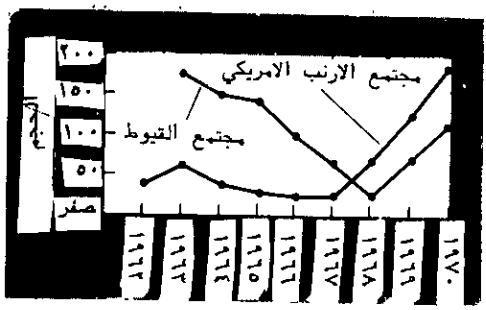
والمساحة ، والافتراس ، والامراض ، وعوامل الضغوط الداخلية ، او الخارجية .

المنافسة (*Competition*) : عندما تزداد اعداد الجماعات ، فان المصادر المتوافرة تبدأ بالنقص شيئا فشيئا . والتنافس على مصادر الغذاء القليلة او على المساحة يمكن أن يتم باحدى طريقتين : **المنافسة العشوائية** scramble competition بحيث لا يحصل أحد على كمية كافية ويموت الكثير ويضيع الكثير . **ومنافسة التسابق** contest competition التي يحصل بواسطتها اقوى المتنافسين على غذاء كاف بينما يموت الاضعف (ما يزيد عن الطاقة الاستيعابية) أو تضطر لتغيير نوع غذائها او تهاجر للبحث عن مصادر جديدة للغذاء .

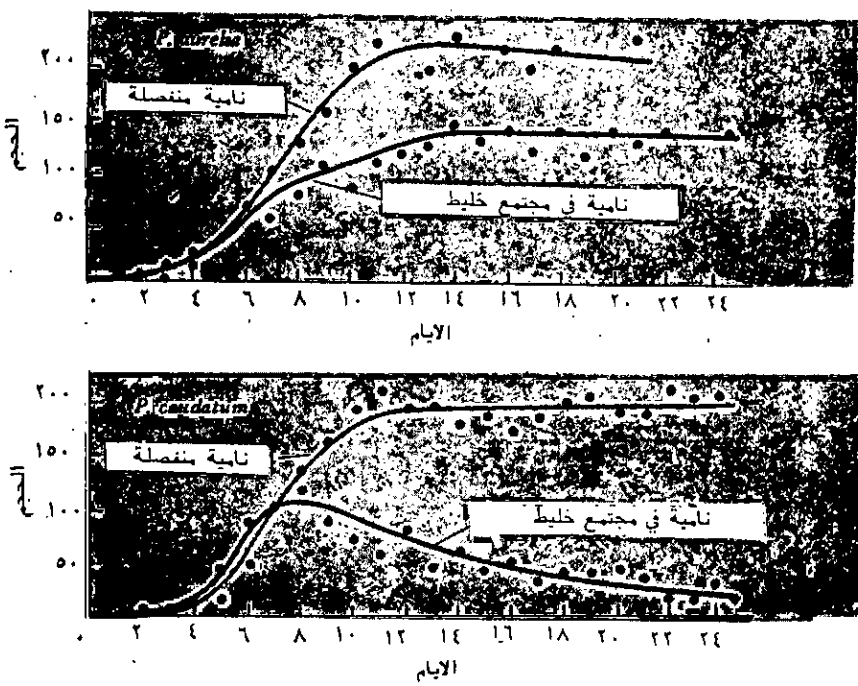
ولمنع تلك الحالات من الحدوث باستمرار فلقد طورت بعض الكائنات الحية ميكانيكية ما يدعى **بالوطن المحمي** territoriality . ففي فصل الربيع تقوم أزواج من الطيور المغردة باستقطاع مساحات من الارض تدعى فيها حقوق الغذاء الكاملة لها وتدافع عن حدودها ضد أي دخيل من نفس النوع . وحجم الوطن المدافع عنه عادة يعتمد على وفرة الغذاء . ففي سنوات القحط يكون الوطن المحمي واسعا جدا بحيث تطرد عدة أزواج قادرة على التكاثر . ولعدم قدرتها على التكاثر بدون وجود أماكن لاعشاشها او لعدم وجود وطن محمي لتطعم صغارها ، فانها تغض النظر عن التزاوج . وبهذا تتماشى احجام الجماعة مع المصادر المتوافرة .

الافتراس (*Predation*) : في عديد من الاحيان يزداد الافتراس بزيادة عدد الجماعة المفترسة وهذا يتم بعدة طرق . فان بعض حشرات الماءتزيد من كميات الغذاء الذي تلتهمه وذلك عند زيادة افراد فرائسها ، وتلتهم بكثرة الى ان تصل الى حد الاشباع . وكثير من الحيوانات المفترسة لحيوانات الليمنغ تستجيب لطفرات نمو الليمنغ وذلك بأن تتزاوج بكثرة لتزيد من عدد الافواه المفترسة والتي ستتغذى على فرائس الليمنغ . وعندما توجد الفرائس بكميات كبيرة وتنتشر بحثا عن الغذاء ، فان الحيوانات المفترسة لها تصطادها بكثرة متناسبة تنويع غذائها . وعندما تقل اعداد الفرائس فان انقراضها لا يحصل وذلك بسبب تحول الحيوانات المفترسة الى أنواع اخرى من الغذاء بدلا من تضييع الوقت لاصطياد حيوانات قليلة العدد ومختبئة جيدا .

تتغذى بسرعة وهي تستهلك مسرعة لان وفرة الحشائش قليلة . فيضبط نمـــو الجماعة هذه طبيعتها الجرداء وعدم استطاعتها التجول اكثر من مسافات معينة بحثا عن طعامها . والعوامل الرئيسية المعتمدة على الكثافة والتي تسبب بداية نمو او توقف نمو الجماعة قبل ان تتجاوز سعتها البيئية هي المنافسة على الغذاء ،



الشكل (٢٨ ــ ٦) : العلاقـــة المعتمدة على الكثافة بين مجتمعي القيـــوط coyote (المفترس) والارنب الامريكـــي (المتغـــذى عليـــه) في وادي كيرلـــو Curlew Valley بولاية ايداهو Idaho .



الشكل (٢٨ ــ ٧) تاثير المنافسة في حجم المجتمع . لقد استعمـــل جوز Gause's في تجربته نوعين من الباراميسيوم (شرحت في الفصـــل السابع والعشرين) ليشرح تاثير المنافسة في حجم المجتمع وعندما نما نوعـــان من باراميسيوم أوريليا P. aurelia وباراميسيوم كوداتم P. caudatum معزولين أحدهما عن الاخر ، فان كل مجتمع أظهر منحنى النمو المماثل لحرف S ولكن حينما نميا معا فان باراميسيوم كوداتوم قد تضاءل بينما باراميسيوم اوريليا قد زاد زيادة تقل عما زاده حين نما بمفرده .

وحتى في الكائنات البسيطة ذات النشاطات المحددة فان عدة عوامل تتداخل لضبط نمو الجماعة. ولقد ادت دراسة مستفيضة على خنافس الطحين (**بارك** ١٩٣٨) Park مثلا الى الكشف عن عدة طرق لضبط الجماعة . فان هذه الافات الصغيرة تعيش على الطحين وتوجد فيه بكثافة ٤ر فرد لكل غرام من الطحين بسبب النتائج السلبية للتجمهر . وحتى في حالات توافر الطحين بكميات كافية ، فان تلك الافات تلتهم اية بيوض لها قد تصادفها اثناء التهامها الطحين . فكلما كثرت اعداد البيض ازدادت نسبة الخنافس التي تفقس فيها والتي ستقوم بالتهام العديد من البيوض بعدها . وبزيادة عدد الخنافس والبيوض فان نسبة البيوض التي تلتهم قبل أن تفقس تزداد ايضا الى أن نصل الى حالة من التوازن بحيث تتعادل عدد البيوض التي تلتهم وتلك التي توضع . وفي تلك الحالة فان منحنى حرف S يستوى عندها .

وضوابط جماعة خنافس الطحين هي دلالات للكثافة النسبية . وهناك ضوابط اخرى للجماعة لا علاقة لها بالكثافة لكنها تؤدي الى زيادة عدد الوفيات بنفس الطريقة . فالعواصف والفياضانات تؤدي الى القضاء على جماعات كاملة من كل شيء ابتداء من الافاعي وحتى الاشجار بغض النظر عن كثافتها او توزيعها . فهذه الضوابط المعتمدة على الكثافة والتي لا تعتمد عليها تتعاون معا لمنع الارض ومصادرها الغذائية من أن تستولي عليها الكائنات الحية .

العوامل المعتمدة على الكثافة Density-dependent factors

عندما يكون احد العوامل محددا للجماعة ذات الكثافة اكثر من تحديده للجماعات الاقل كثافة فان ذلك العامل **يعتمد على الكثافة** density-dependent . والعوامل التي تعتمد على الكثافة تميل الى ابقاء الجماعة قريبة من حالة الثبات وذلك بمعادلة اضافات الى الجماعة بواسطة الولادة **او المهاجرة** immigration وهجرة الافراد الى الجماعة مع نقص الافراد الناتج عن الموت والهجرة منها، وكثير من الضوابط الجماعية المعتمدة على الكثافة تنتج عن طبيعة الارض المحددة . فحين تميل الجماعات طبيعيا الى الزيادة التصاعدية فانها تواجه نقصا في بعض المصادر الاساسية مباشرة او عن طريق زيادة التفاعلات والتداخلات مع افراد اخر . وهناك حدود فسيولوجية ايضا لنشاطات الانواع. فأغنام التبت

تلك الدورات كممدل للتأرجحات العشوائية .



الشكل (٢٨ ــ ٥) : فار المسك Muskrat يوجد هذا القارض باجزاء كثيرة من امريكا الشمالية ويبني عشه في الاجزاء الضحلة من الجداول ، أو البحيرات أو المياه الراكدة. الجفاف والمنافسة المركزة للغذاء والمساحة لها تاثير شديد في مجتمعات فار المسك في الولايات الوسطى الغربية من أمريكا . واذا ازداد الجفاف سوءا فان الاعشاش غير العميقة ستجف ، وسينخفض مصدر تزويدها بالغذاء ، خاصة الاعشاب والحبوب والماء . ثم يتبع ذلك القتال الوحشي وفيها كثيرون . والمهاجرون مع تاقلمهم للبيئة المائية مثل وجود الغشاء بين أصابع الطرف الخلفي يصبحون معرضين للافتراس اثناء سفرهم على اليابسة باحثين عن مأوى جديد ومصدر للغذاء . وهكذا فان الجفاف يؤدي لتقادي اعدادهم وذلك بتعريضهم لزيادة الافتراس، والتنافس الشديد الغذاء . والانسان يقتل ملايين من فار المسك كل عام من اجل الحصول على جلودها وهذا له تاثير عظيم على (مجتمع فار المسك) .

ضوابـــط الجماعـــة Population controls

على الرغم من امكانية وقدرة الجماعات على ابتلاع العالم بنسلها ، الا أن ذلك لم يحصل بعد من قبل اية جماعة ، اذ أن اعدادها تبقىضمن نطاق معـــين اعتمادا على قاعدة عريضة من **ضوابط الجماعة** population controls التي تضبط الزيادة في الاعداد .

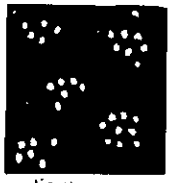
التارجحات باحجام الجماعات Fluctuations in population size

نادرا ما يكون حجم الجماعة الطبيعية ثابتا. فبعض جماعات اللافقاريات تتأرجح احجامها بمعاملات تصل الى ١٠٫٠٠٠ ، بينماجماعات الفقاريات تزيد أو تتغير بمعامل يصل الى المئة . أما ما يحفز هذه التأرجحات فلقد بقي غامضا زمنا طويلا . فعدم وجود أحد العوامل المحددة السابقة قد اعتبر سببا رئيسيا .وقد وجد علماء البيئة أن الزيادة السريعة يمكن أن تحصل فقط عند توافر احوال عديدة معقدة ويعتبر **المد الاحمر** red tide احدى الحالات تلك . ففيحالات متكررة وجد أن نوعا نادرا من الكائنات البحرية الدقيقة او ما يدعى **بثنائيات الاسواط** dinoflagellate قد تتكاثر بسرعة هائلة حتى ان قطرة من الماء تحتوي على ٦٫٠٠٠ منها . وفي مثل هذا التركيزمن الاعداد لتلك الكائنات فان لون الماء يتغير وتفرز تلك الكائنات مادة سامة تؤدي الى هلاك اعداد كبيرة من الحياة البحرية ، والى تسميم الانسان الذي يتناولها. ويؤدي المد الاحمر الى هلاك ملايين الاسماك على الشواطىء مما يهدد صناعة الاسماك . وقد وجد ان سبب هذه الظاهرة يؤدي الى وجود اربعة عوامل متزامنة على الاقل ، وهي تساقط امطار غزيرة تؤدي الى اذابة بعض العناصر من سطح الارض الى مياهالشاطىء، وايضا الى هبوط محتوى البحر من الاملاح ، وجود درجة حرارة معينة ، وانعدام الرياح . وفي حالة توافر هذه العوامل الاربعة فان فردا واحدا من ثنائيات الاسواط تلك يستطيع أن ينتج ما يقارب ٣٣ مليونا من النسل خلال ٢٥ انقساما.

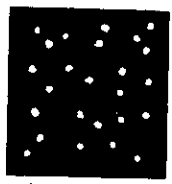
وبعض التغيرات في اعداد الجماعة تتبع دورات منتظمة . فنحن نلاحظ التغيرات الفصلية في اعداد جماعات من البعوض ، اذ تمضي بعض الجماعات حالات من السكون خلال الاشهر غير الملائمة . ولكن بعض الجماعات تتبع دورات منتظمة ، أما زيادة أو نقص اعداد افرادها خلال فترة عدة سنين متتالية . ولقد لوحظت دورات من ثلاثاو اربعة سنوات من زيادة او نقيص الافراد في جماعات من القوارض الصغيرة في مختلف انحاء العالم ، ومن ضمنها الجرذان والهمستر والعضل والفئران والليمنغ ، ويمكن ربط تلك الدورات بدورات البيئة المختلفة من الامطار وتغيرات درجة الحرارة ودورة المواد الغذائية ، أو نشاطات الانفجارات الشمسية مثلا . ومن ناحية اخرى يمكناعتبار

الاستيعابية للبيئة . وتلك الافراد التي تبقى يبدو انها تركت من قبل الحيوانات المفترسة لها التي تكون قد هاجرت او غيرت نوع فريستها بقلة نوع الاولى . وفي غياب المنافسة النسبية على الغذاء والمسافة وغياب الافتراس ايضا فـــان الجماعة تبدأ بالتضاعف من جديد وتكون الزيادة بشكل منحنى J التصاعدي مما يؤدي الى زيادة حمل البيئة وقدرتها الاستيعابية مؤديا الى كارثة كما حـدث في السابق .

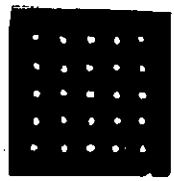
وتدعى الصفات البيئية ومظاهرها التي تمنع بشكل غير كاف الكوارث في الدرجة الاولى **بالعوامل المحددة** limiting factors والعامل المسؤول عن مراقبة قدرة الجماعة او زيادتها تصاعديا يدعى **بالعامل المحـــــدد الاولي** primary limiting factor وهو اضعف حلقة في نظام حياتها . وقد ساعدت دراسة العوامـل المحددة المزارعين بشكل واضح . فلقد اكتشف الكيماوي الزراعي الالمانـــي **جستوس فون لايبغ** عام ١٨٤٠ Justus von Liebig انه من الممكن زيادة المحصول زيادة ملموسة باضافة احد العناصر الغذائية التي توجد بكمية قليلة في التربة. فاضافة نيتروجين اكثر الى حقل ذرة يحوي كمية وافرة منه له تأثير ضعيف ، ولكن اذا اضيف واحد او اكثر من العناصر كل على حدة وفي اوقات متفرقة فلقـد اكتشف أن نقص عنصر الفسفور هو العامل المحدد الاولي لانتاج ذلك الحقل . فاذا اضيف عنصر الفوسفور لهذا الحقل ، فان الناتج سيزيد الى حد معين تتوقف بعده الزيادة مما يدل على تدخل عامل محدد اخر عند تلك الحدود ، كنقص بعنصر اخر أو قلة في الماء .واضافة لقانون **لايبغ** Liebig's **قانون الحـد الادنى للصفـــــر** Law of the Minimum الذي ينص على ان تنظيم الجماعة يتم بواسطة عنصر غذائي او معامل بيئي اخر متوافر بأقل كمية ممكنة ، فان هناك ايضـــا **قانـــون شيلفورد** Shelford's "Law 'Law of the Maximum **قانون الحد الاقصى** وينص على ان توافر عامل ما بكثرة فائقة وليس لندرته يمكن أن يكون ايضا عامـــلا محددا . فان كميات معينة من النيتروجين مثلا ضرورية لنمو النبات ولكن اضافة كميات جديدة من املاح النيترات تحرق النبات وربماتؤدي الى قتله . ولكل نوع من الانواع مدى من التحمل للعوامل البيئية— الحرارة النابعة من الشمس مثـلا يمكن أن تكون ضرورة اساسية لكل انواع واشكال الحياة ولكن كمية قليلة مـــن الحرارة او كمية كبيرة جدا منها يمكن أن تكونا مدمرتين لتلك الاشكال الحياتية .



التوزيع التكتلي



التوزيع العشوائي



التوزيع المنتظم

الشكل (٢٨ ـ ٤) : أنواع توزيع المجتمعات

مثيرة ودافعة للتكاثر . ومستعمرات **طيور بيرو** Peruvian cormorants تحتاج لكثافة ما يعادل ثلاثة اعشاش لكل عشرة اقدام مربعة أي ما مجموعه ١٠,٠٠٠ طائر للقيام بتكاثر ناجح . اما من الناحية الاخرى ، **فالارانب البرية** snowshoe hares التي تتوزع بكثافة كبيرة تسبب التفاعلات والضغوط فيما بينها الى هلاك وتفتت اكبادها ، مما يؤدي الى قلة الجلايكوجين في جسمها وبالتالي لا تستطيع أن تهرب خلال حالات الاضطرار بل يعتريها انتفاضات ورعشات بدلا من أن تهرب بعيدا .

القدرة الحياتية والمقاومة البيئية

Biotic potential vs. environmental resistance

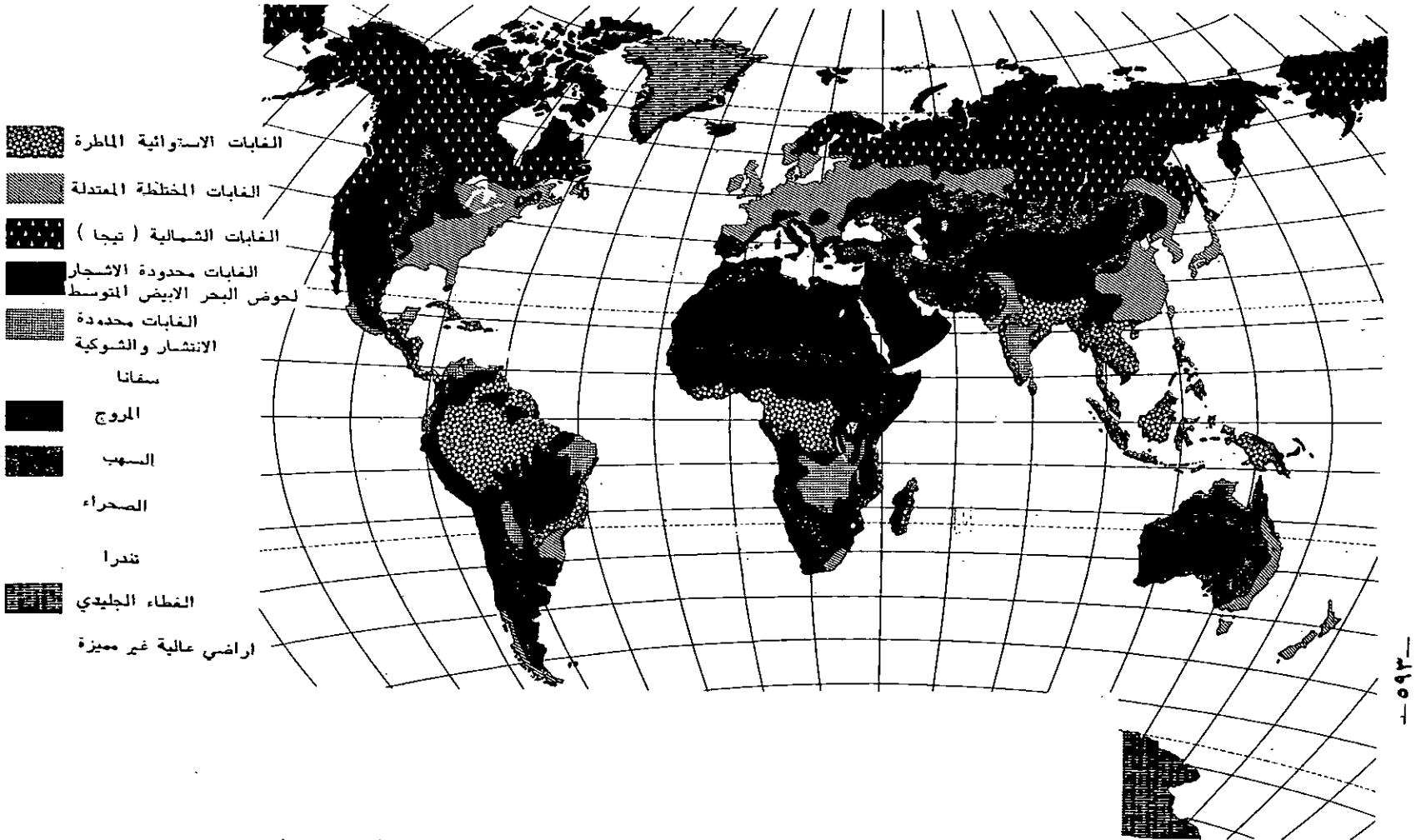
لو قدر لك أن تزرع خلية بكتيرية واحدة تنزعها عن شعرة من شعر رأسك مثلا وتضعها في بيئة غير محددة بحيث تستطيع هي والخلايا الناتجة عنها أن تنمو وتتكاثر فانه في خلال شهر واحد يصبح وزن الكتلة العامة للبكتيريا أكثر من وزن الكون المرئي وستنتشر بسرعة تعادل سرعة الضوء . فالعامل الداخلي في كل نوع الذي يدعوه للزيادة بدون اية حدود يدعى بالقدرة الحياتية لذلك للنوع . ولحسن الحظ فان نمو معظم الانواع يوقفه ما يدعى **بالمقاومة البيئية** environmental resistance كضغوط الافتراس والمنافسة على الطعام والمساحة، وهذه تزيد من معدل الوفيات ، وتخفض معدل الولادة أو كليهما معا . فعندما يزداد منحنى (لجماعة ما تصاعديا ويتعدى القدرة الاستيعابية لبيئتها فانها ستواجه مقاومة بيئية مما سيؤدي الى تحطيم وانحلال تلك الجماعة عدديا . وتلك الكوارث التي تصيب الجماعة لجماعات الليمنغ والغزلان المكشوفة للحيوانات المفترسة ، وعديد من الحشرات ـ كلها تنقص اعداد الجماعة الى ما دون القدرة

كثافـــة الجماعـــة Population density

تطلق كثافة الجماعة على المجموع الكلي لافراد النوع في منطقة ما في وقت معين . ويمكن التعبير عنها بعدد الافراد في وحدة المساحة او بالمجموعة الحيوية في وحدة المساحة أو الحجم . وتوفر هذه القياسات لعلماء البيئة طريقة مهمة لدراسة التفاعلات فيداخل كل نوع ، وبين مختلف الانواع . فبينما يجب على الحيوانات المفترسة الكبيرة أن توزع نفسها فوق مساحة كبيرة لتحصل على طاقة غذائية كافية ، فان الكائنات الاصغر التي تأتي في المراتب السفلى في السلسلة الغذائية قد توجد في مجموعات كبيرة متجمهرة . ففي احدى الدراسات **لراسل** ١٩٢٣ Russell تبين أن هكتارا من الارض الزراعية يحتوي على ٨٠٠ر٠٠٠ دودة أرض و ٥ر١ مليون ذبابة وثلاثةملايين حشرة من رتبة الحشرات **غشائية الاجنحة** hymenoptera (كالنحل والزنابير والنمل) .

وطريقة توزيع افراد الجماعة لانفسهم يعتبر موضوعا ذا اهمية في دراسة بيئة الجماعة . **فالتوزيع العشوائي** Random distribution ، الذي لا تتجاذب أو تتنافر افراده ، وهو غير شائع في الطبيعة ، يتم عند توافر احوال بيئية متساوية وعند عدم ابداء الرغبة في التنافر او التنافس بين افراد الجماعة . وتعتبر النباتات التي تزيد اعدادها بواسطة نشر بذورها ونثرها من الامثلة القليلة على التوزيع العشوائي . **والانتشار المنتظم** Uniform dispersion عادة ينشأ عن حالة ندرة المساحة او المصادر وحيث يميل الافراد الى التنافس والتنافر . ففي حالة احدى **شجيرات الصحراء** creosote فانها تتجمع في المناطق الصحراوية التي يوجد فيها الماء . ويلاحظ في تلك الجماعات وجود توزيع متساو ومتباعد بين هذه الشجيرات في منطقة تجمعها وسبب ذلك يكمن في جذورها التي تفرزمضادات حيوية لتمنع نمو أية نباتات أخرى في مجال نموها . والنموذج الاكثر تعارفا وملاحظة بين المجموعات هو **التجمعات** clumping

وحسب **مبدأ آلي** Allee's principle فان هناك درجة تجمع مثلى لكل نوع من الانواع . فاذا كانت الافراد متجمهرة او متفرقة اكثر أواقل من **كثافتها المناسبة المثلى** optimum density فان تلك الافراد لن تعيش . فمن ناحية نرى ان طيور المحيطات تتجمع باعداد خيالية لتقيم اعشاشها : وربمايكون منظرها واصواتها



الشكل (٢٩ ــ ١) : البيئات الحيوية الرئيسية في العالم . وتحتوي هذه الخارطة بعض البيئات الحيوية قليلة الانتشار مثل الغابات ذات الاشجار الخفضية ، بالاضافة الى ما تم ذكره في الشرح . والغابات ذات الاشجار الخفية موجودة في المناطق شديدة الجفاف بالنسبة للغابات الماطرة ، وبنفس الوقت تعتبر رطبة جدا بالنسبة لاراضي الاعشاب (الحشائش) . وتختلف عن الأراضي العشبية بوجود غطاء شجري ضئيل مقابل مناطق ذات غطاء شجري كثيف مغطاة بأشجار ذات اغصان متشابكة وبينها شجيرات . ويجب ملاحظة المناطق ذات الغطاء والمناطق ذات الاراضي العالية على الخارطة .

الضوابط الحيوية في تقدمه التطوري ولا ان يفني انواعا اخرى بدون مشاركة في النتائج . واكثر من ذلك فتدخل الانسان بعمليات المجتمع الحيوي له نتائج مزرية . واكثر من هذا فكل نوع في المجتمع يبقى معتمدا على الانواع الاخرى . وتدمير الاحياء في المستويات الغذائية الدنيا قد تسبب تغيرا خطيرا كان يجعل البيئة غير صالحة للعيش حتى للنوع السائد .

المنطقة الحيوية The biome

ان انماطا معينة من الكساء النباتي بين المناطق الجغرافية في العالم تكون نتيجة التشابهات في المناخ التي يحدث عندها النمو والتطور . ويبدو ان المناخ يقرر نوع الغطاء النباتي لهذه المناطق ، وهذا بدوره ينظم الحياة الحيوانية وانماط المجتمع الى حد ما .

ان مجموع كل المجتمعات الحيوية المتفاعلة ضمن منطقة حياة واحدة حيث المناخ متماثل ، يشكل **المنطقة الحيوية** biome. ،والمجتمعات تحافظ على نفسها وعلى المنطقة الحيوية التي هي جزء منها بواسطة علاقات معقدة بين الاحياء والبيئة . فالحياة الحيوانية والنباتية تتفاعل بعضها مع بعض ومع المناخ ، والطبوغرافيا ، ومع الموجودات الطبيعية كالفيضانات والحرائق لتجعل من المنطقة الحيوية وحدة من المجتمعات الثابتة وغير الثابتة .

والمناطق الحيوية البرية هي التي نفرقها ونستطيع وصفها اكثر من غيرها . ولكن الكثير قد عرف خلال السنوات الاخيرة عن المناطق الحيوية المائية . وبعض العلماء البيولوجيين يذهب الى حد الافتراض بوجود مناطق حيوية مدنية او من صنع الانسان ووجود مناطق حيوية طبيعية او ريفية . وفي هذا الفصل سوف نحصر مناقشتنا على المناطق الحيوية الطبيعية اليابسة والماء .

المناطق الحيوية البرية Land biomes

يصنف علماء بيولوجيون مختلفون المناطق الحيوية البرية بطرق مختلفة اعتمادا على وجهات نظرهم ولهذا فليس هناك رقم مطلق . فالبعض يعطي

فقط خمسة وآخرون يصل لغاية ثلاثين .

التندرا *Tundra* : سميت من الكلمة السيبيرية التي تعني « شمالي النطاق الشجري » والتندرا هي أبعد منطقة حيوية عن خط الاستواء . وتشكل ١٠ ٪ من سطح الارض . وتشكل التندرا حزاما ضيقا يحيط بالمحيط المتجمد الشمالي في مناطق كندا وسيبريا ، والاسكا . وتتراوح الحرارة من — ٢٨ الى —٣٨ م ، ومعدل الهطول السنوي هو ١٠ انشات منها حوالي ٨ انشات من المطر والباقي من الثلج معطية التندرا اسمها الآخر وهو « الصحراء المتجمدة » ومن مميزاتها وجود فصل نمو قصير وتربة فقيرة . والفترات المتناوبة من التجمد والذوبان تسبب رفع الطبقة العليا من التربة وتغير شكلها . وتحت ذلك توجد الطبقة المتجمدة بشكل دائم من طبقات تحت التربةوتعرف **بالجمد السرمدي** permafrost

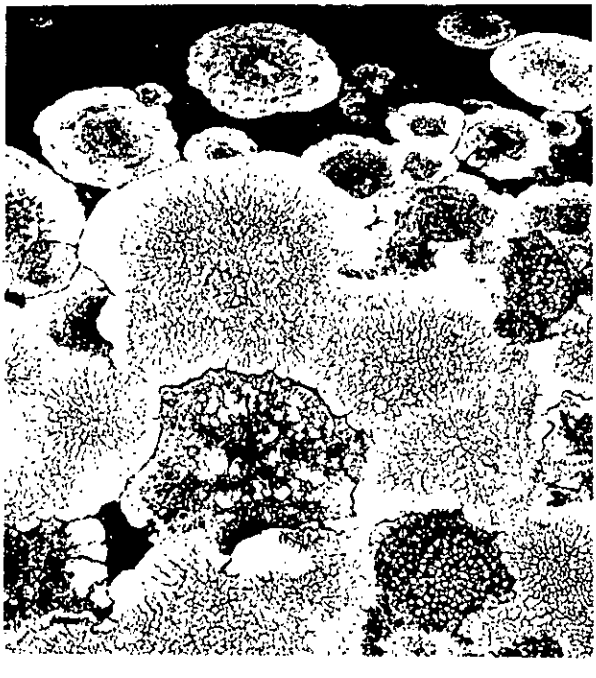
وكل من الدائرة القطبية الشمالية والجنوبية تصلها اشعة الشمس المباشرة فقط ستة اشهر من السنة . ولكن خلال هذه الستة الأشهر ، فان الحياة تزدهر في التندرا بشكل مدهش . ففي خلال الصيف القصير ابتداء من نهاية ايار May ، الى نهاية تموز July تصبح الارض منقطة بوجود البحيرات ومتقطعة ببعض الجداول . وعلى الرغم من أن المناطق الاعلى والاكثر جفافا



الشكل (٢٩ — ٢) : التندرا خلال فترة ذوبان الثلوج . ان فعل الزحف الجليدي خلال عصر البليستوسين قد صقل التندرا في القطب الشمالي وتركها بجهاز تعريف سيء . فخلال فترة الذوبان السنوي بالتندرا ، تتجمع المياه في المناطق المنخفضة . ولهذا وبسبب قلة التأخر الناتج عن درجات الحرارة المنخفضة ، فان حوالي ٥٠٪ من سطح التندرا يغطى بالمياه خلال الذوبان .

تميل الى ان تتغطى بصخور جرداء وغطاء نباتي ضئيل ، فان المناطق الاوطـأ تتبرعم مبكرا معطية نباتات مورقة . وتفقس الحشرات بالملايين . وتتغذى على الارض السبخة وتصبح نفسها غذاء للطيور التي تصل باعداد كبيرة لفصـــل التكاثر الصيفي القصير . ان زمار الرمل والزقزان وبعض العصافير الشاطئية المهاجرة الأخرى بالاضافة الى البط والأوز ، تبني اعشاشها وتربي صغارهـا بسرعة قبل حلول فصل الشتاء .

والنباتات في التندرا غالبا ما تكون اقل من ٤ انشات في الطـــول وتنمو بمجاميع كثيفة وحتى النباتات المتبقية من الصفصاف ، والبتولا ، وجار الماء ، يحتمل ان تنمو بصورة افقية . ان اعشابا قصيرة ونباتات بذرية او أشنات وطحالب تبقى قريبة الى التربة التي تعتبر ادفأ مزودة بحمايـــة . والنباتات تزود الطعام للحيوانات العاشبة من ثيران المسك والايل ، والارانب ، والليمنج وهذه بدورها تصبح غذاء للذئاب والدببة والثعالب والبوم من آكلـة اللحـــوم .



الشكل (٢٩ ــ ٣) : الاشنات النامية علـى الصخور . تعمـــل الاشنات كمجتمعـــات ريادية على سطـــح الصخور العاريةوتعمل على تفتيتها بطريقتـين ميكانيكيتين . وفي خلال فترة الجفاف فـــان الاشنات تفقد المـــاء وتنقبض ، ساحبة جزءا صغيرا من الصخرالذي تلتصق به بشدة حينما يكون رطبا . اماالطريقة الاخرى لتفتيت الصخور فهي من خلال افـراز حامض الكربونيـــك الاكال . وهـــذه العمليات تترك صخورا صغيرة غير متماسكـة تحوي اجزاء منالاشنات الميتة لتكون طبقة يمكن ان تنمو عليها نباتـات اخرى .

ان تركيب وعادات حيوانات التندرا انها تحبذ الحفاظ على الحرارة التي هي ضرورية لبقائها . فطبقة من الدهن تحت الجلد ، والريش أو الفرو السميك والتفاف اجسامها اثناء النوم او فترات الخمول تساعد في الحفاظ على الحرارة. وشكل الجسم وحجمه هما ايضا متكيفان فحيوانات المناطق القطبية عموما لها اجسام ذات مساحات سطحية اصغر بالمقارنة الى كتلتها الداخلية .

الغابة الشمالية *Boreal forest* : هذه هي اكثر الغابات بعدا نحو الشمال وهي المنطقة الحيوية للنباتات دائمة الخضرة وذات الاوراق الابرية ، وهي تجاور منطقة التندرا وغالبا منطقة الغابة المتساقطة الاوراق في الارتفاعات العالية في نصف الكرة الشمالية ، حيث تلتقي هذه المناطق الثلاث . والغابة الشمالية توجد في قارة أمريكا الشمالية وتمتد من الاسكا خلال كندا ، محتوية كذلك الاجزاء الشمالية من منسوتا ، ومتشغان ، وانجلترا الجديدة . وحزام آخر يمر عبر الاراضي الاوروآسيوية من الجزء الشمالي من اسكندنافيا الى المحيط الهادي .

ومناخ هذه المنطقة بارد ، ومعظم الهطول فيها يسقط على هيئة ثلج ويتراوح بين ١٥ ــ ٤٠ انشا في العام . ومنطقة الغابة التي يشار اليها احيانا باسم **التيجة** taiga او قد يشار اليها في الكتابات باسم « الغابات الشمالية العظمى » تتميز غالبا بوجود مجموعات نباتية نقية من اشجار التنوب والبيسيته والشوكران والصنوبر . وكمية الطاقة المنتجة من قبل الحياة النباتية في هذه المنطقة تساوي خمسة او ستة اضعاف تلك التي في منطقة التندرا .

والمنطقة الحيوية للغابة الشمالية ذات مناخ رطب بسبب انخفاض التبخر . وقد نتج فيها نظام سيىء للصرف خلال النشاط الجليدي في عصر **البليستوسين** Pleistocene (منذ ٢ر٥٠٠ر٠٠٠ الى حوالي ١٠ر٠٠٠ سنة خلت) الذي ترك الارض منبسطة بشكل منتظم وقاحلة في بعض الاماكن ومنقطة بوجود البرك وبعض البحيرات في اجزاء اخرى .

وبما أن الغابات هي بالغة الكثافة فان قليلا من الضوء يسمح له بالمرور الى ارضية الغابة وبالنتيجة فان قليلا من الاعشاب والنباتات القصيرة تنمو هناك . ونتيجة لدرجات الحرارة المنخفضة فان الاوراق الابرية وفرشة الاوراق الموجودة على ارضية الغابة تتحلل ببطء مسببة ارتفاع الفرشة الابرية تحت الاقدام . ان اشجار البيستة الابيض والاسود (شجر من الفصيلة

الصنوبرية) والبلسم تعطي الغابة الشمالية مظهرها المميز بلونها الاخضر الغامق ، والاوراق الحادة ، المدببة القمم . ان شكل هذه القمم والاغصان القصيرة للاشجار دائمة الخضرة لا يسمح للثلج والجليد بالتجمع على تلك الاطراف . ان المناطق الاكثر رطوبة من هذه المنطقة الحيوية تحتوي على نبات الصفصاف والبتولا ، والحور ، وجار الماء ، التي تزود معظم الغذاء للحيوانات العاشبة .

ان الانتاجية العالية للغابة المطرية تمكنها من دعم وتزويد مجتمع حيواني اوسع واكثر اختلافا مما هو في منطقة التندرا ، فحيوانات



الشكل (٢٩ ـ ٤) : ذئب الغابات Timber wolf وذئب الغابات مفترس جيد التجهيز للغابات الشمالية . وله انياب طويلة حادة تشبه المجرفة لسك الفريسة، واسنان معدة لتمزيق اللحم مع اضراس قوية سميكة لطحن العظام. وبالاضافة الى سرعة انطلاقه ومدى الرؤية الجيد لديه فانه يمتاز بجهاز سمعي عالي الدقة وكذلك جهاز الشم قوي للغاية . وعادة تخرج الذئاب للصيد بمجموعات لا يزيدعددها عن اثني عشر ذئبا . وتملا الذئاب بيئة ملائمة مهمة بالغابات الشمالية: وذلك بقتل الافراد الكبيرة المريضة والضعيفة من مجتمعات الغزلان ، واغنام الجبال ، والكاريبو والموس ، وبذلك فانها تساعد على ابقاء مجتمعات قوية من الحيوانات المذكورة .

الموس (الموظ) ، والغزال ، والايل ، (الكاريبو) وجرذان السمك ، والقندس ، وارنب القطب الثلجي ، والفئران ، والشيهم (النيص) هي امثلة نموذجية لاكلات الاعشاب . والمفترسات الرئيسية لهذه هي الذئب الشجري ، والوشق والثعالب .

وفي هذه المنطقة ، كما في التندرا ، فيض داخل من الطيور المهاجرة قادم للتغذية على الحشرات الصيفية . وعندما تبدأ الحرارة بالانخفاض ، فان معظم الطيور تطير باتجاه الجنوب ثانية فيما عدا السمكن والقرزبيل التي تشارك السنجاب في تكسير البذور المتساقطة من مخاريط الاشجار . كما ان بعض طيور نقار الخشب والقرقف الامريكي تجد ما يكفيها من الحشرات كطعام لتبقى طوال العام .

الغابات المتساقطة الاوراق *Deciduous forest* : توجد هذه المنطقة في كل من نصفي الكرة الارضية وتحتوي انواعا من النباتات والحيوانات اكثر مما في المناطق الحيوية الشمالية . وتقع منطقة الغابات المتساقطة الاوراق في خطوط العرض الوسطى من منطقة المناخ المعتدل ، وبشكل كبير في الولايات المتحدة واسيا الشرقية ، واوروبا الوسطى ويعزى تنوع النباتات والحيوانات الى المناخ الرطب المعتدل ويتراوح سقوط المطر بين ٣٠ — ٦٠ انشا في العام وطبقة التربة العليا تصبح غنية بتحلل الاوراق والمواد العضوية الاخرى .

وتتكيف النباتات المتساقطة الاوراق للظروف غير الملائمة كالطقس البارد او ندرة الماء باسقاط اوراقها . وخلافا لذلك فان الاوراق التي بها معدل اعلى من النشاط الايضي ستتطلب كمية كبيرة من الماء ومن المحتمل انها ستعاني من تدمير اكثر خطورة ينجم عن الطقس البارد . ان اجزاء النبات التي ستظل تمر في تغيرات هدفها انقاص درجة التجمد ومنع الجفاف وهذا يعتبر التهديد الاعظم لبقائها في الشتاء .

والنباتات السائدة في هذه المنطقة الحيوية هي الاشجار المتساقطة العريضة الاوراق . وقد جاءت تسميتها هذه من الكلمة اللاتينية *decidere* التي تعني **يسقط** to fall off ونتيجة للتغير الواسع في خطوط العرض والارتفاع فان هناك احزمة ثلاثة من الاشجار السائدة تسير باتجاه شرقي — غربي في الغابة المتساقطة الاوراق في امريكا : القيقب السكري ويرتبط عادة مع الزان في الشمال والبلوط ويوجد عادة مع الجوزية ويحتل المنطقة الوسطى ،

والصنوبر يختلط بالاخشاب الصلبة ويحتل المنطقة الجنوبية . وبالمقارنة مع منطقة الغابة الصنوبرية ، فضوء الشمس يخترق الاشجار الى ارضية الغابة الصنوبرية سامحا بذلك لطبقة كثيفة من النباتات الصغيرة والاعشاب بالنمو .

ان اعظم تركيز وتنوع للحياة الحيوانية في الغابة المتساقطة الاوراق هو مباشرة تحت الطبقة الارضية حيث الرطوبة والحرارة تقريبا ثابتان فاللافقاريات كالخنافس ، والقواقع ، والعناكب ، والنمل ، والارضة تحتل المنطقة تحت غصن ساقط ويشاركها في ذلك الافاعي والسحالي ايضا . والثدييات في هذه المنطقة هي ايضا — قاطنات للتربة ولكن الفئران ، والزبابة ، والسنجاب الارضي ، والثعالب ، ايضا تحفر في التربة لتجد الغذاء والمأوى بينما يبني



الشكل (٢٩ — ٥) : المناطق الجنوبية العالية من الابلاشين appalachian ومعدل سقوط الامطار هو ٨٠ انشار تقريبا على المناطق العالية الجنوبية من الابلاشين كل سنة . وهذا المطر الغزير يغطي هذه المناطق العالية باغزر وأوفر نمو نباتي من اية غابة متساقطة الاشجار . والاشجار قد تاقلمت الى مناخ ذي رطوبة معتدلة ، كالبلوط oak والجوز walnut الجوزية hickory البتولا birch الزان beech الكستناء chestnut, وهذه تؤلف مجتمعات الذروة بهذه المنطقة وهي تشمل جبال كومبرلاند لغرب فرجينيا ، والجبال الزرقاء في فرجينيا ، جبال تنيسي الدائكةبلون الدخان بشمال كارولينا .

السنجاب اعشاشه ويختفي في قمم الاشجار . واكثر الثدييات الضخمة تعددا في هذه المنطقة هذه الايام هي الغزال ولقد كانت الدببة والاسد الجبلي ايضا مهمة عدديا ،ولكن قبل ان يدمرها الانسان « كمفترسات شريرة ». وهناك ايضا الكثير من الطيور التي تقطن طوال العام كما في الدخلة والحسون وكاسرات الجوز ونقار الخشب ، والبوم ، والغراب،والديك الرومي ، وينضم الى هذه خلال الصيف قانصات الذباب ، والدج ، والدراس ، والطائر الفران وانواع أخرى قادمة من المناخات الادفأ .

المراعي (الاراضي الحشائشية) *Grassland* : تنتشر خلال المناطق المعتدلة والاستوائية لنصفي الكرة الارضية مساحات واسعة مفتوحة من المراعي . وباستثناء مناطق القطب الشمالي والجنوبي فان منطقة المراعي توجد في كل قارة حيث يكون معدل سقوط المطر السنوي ١٠ ــ ٣٠ انشا ولكن معظمها يوجد في اوروبا واسيا وأواسط امريكا الشمالية .

والفصول في منطقة المراعي تمتاز بالتغير في كمية الماء الموجودة وبالتذبذب



الشكل (٢٩ ــ ٦) : المرموط Woodchuck لقد نظم حيوان المرموط نشاطاته مع البرد القارص بهبوطه في الغابات المتساقطة الاوراق وذلك بسباته الشتوي hibernation . ولمنع الموت نتيجة التجمد او المجاعة فان المرموط يعزل نفسه في مكان امين وينام حتى تنخفض درجة حرارته وتصبح مقاربة الى درجة حرارة الجو المحيط به . كذلك تنخفض دقات قلبه ، واستهلاك الاوكسجين ومعدل التمثيل الايضي الى مستويات متدنية جدا .

الحراري . والشتاء هنا كئيب والرياح المستمرة في المنطقة تهب باردة . والطقس الرطب الحار في الربيع وبداية الصيف يؤدي الى انتاج عال للنباتات في التربة السطحية الغنية . وهذه الفترة يتبعها فصل لاذع حارق جاف : والطيور والثدييات الكبيرة التي لاتستطيع الدخول تحت الارض تهاجر هربا من الصيف .

والمروج والسهوب هما نوعان من المراعي المعتدلة ذات غطاء نباتي كان مورقاولكنه الآن قد دمر تماما .

واعشاب المروج اكثر كثافة وعادة تنمو من ٢ ــ ٣ اقدام في الارتفاع ولكن الاعشاب في السهوب الاكثر جفافا تتوزع بكثافة اقل وتنمو الى مابين ٥ ــ ١٠ انشات . وقد احتلت الحشائش في المروج في الولايات المتحدة منطقة تعرف الآن بحزام الحنطة بينما تقع السهوب مجاورة للصحاري وهي اصلا تغطي مايشار اليه الان بالسهول العظمى .

والسفانا هي مراع استوائية وشبه استوائية وقد تحتوي بالاضافة الى ذلك على قليل من الاشجار المتفرقة . والسفانا ، وتكون دائمة طوال العام تقريبا وتخضع للتجمد فقط في مناطق محدودة ، تقع مجاورة للغابات المطرية الاستوائية في امريكا الجنوبية وافريقيا ومناطق اخرى اصغر من عدة قارات . وتضم الحياة الحيوانية في منطقة السفانا الفيلة والجواميس والخنزير الوحشي الافريقي والوعول ، التي تصبح الفريسة للاسود والنمور المخططة والفهود . والضباع والنسور هي من بين الكائنات المغتذية على الجيف في هذه المناطق.

ويتغلب الكثير من انواع النباتات في المراعي على نقص الماء بوجود جذور تمتد في التربة الى ٦ ــ ٨ اقدام . والنباتات في المراعي الاكثر جفافا تميل الى امتصاص اصغر كميات ممكنة من الماء من خلال نظام جذري متشعب .ومثل هذه الحشائش يمكن ان تقطع قريبا من سطح التربة ومع ذلك فهي تستمر في اعطاء سيقان جديدة بالاضافة فهي تستطيع مقاومة نقص الماء بدون معاناة من ضرر زائد لانسجتها لانها تمتلك طبقة سميكة من الكيوتين ويمكنها ان تلف اوراقها للاحتفاظ بالرطوبة في الطقس الجاف ، وحشائش الجاموس ، والقمح، والعكرش ، والحشائش الابرية ، هي امثلة عامة للحشائش .

وتتكيف الحيوانات في منطقة المراعي غالبا للعيش على سطح الارض اكثر من العيش تحتها . وآكلات الاعشاب لها عادة ارجل طويلة وحوافر قرنية تمكنها من الهرب بسرعة من الحرائق او المفترسات والسفر بحثا عن

الغذاء والماء خلال الفصل الجاف . وتلك التي تتغذى من على سطح التربة لها اسنان جيدة لقضم النباتات الكبيرة كما أن لها اجهزة هضمية قوية لهضم هذه المواد .

وكلما انتشر وجود الانسان باتجاه الغرب عبر الولايات المتحدة فان الحياة الحيوانية في المراعي تتغير بشكل واسع . وكثير من انواع الثدييات في المراعي تتجمع معا في قطعان ؛ ويفترض أن ذلك وسيلة للحماية ضدالمفترسات في البيئة التي لا يوجد فيها الا القليل من اماكن للاختباء ولكن هذا يجعلها فريسة سائغة للانسان وأسلحته . فالبايزون ، على سبيل المثال ، كاد ينقرض قبل ان يجاز قانون في منتصف القرن التاسع عشر لحمايته . والوعل المتشعب القرون الممتاز بسرعته الفائقة ، ورؤيته الجيدة ، ونزعته الجماعية ؛ هو متكيف تماما لمنطقة المراعي كما هو الحال الآن .ومن الحيوانات الاخرى التي توجد ايضا ، الوعول ، والحصان البري ، والغزال ، والارانب البرية



الشكل (٢٩ ـ ٧) : حمار الزرد (الوحش) على سفانا افريقيا . وحمار الزرد سريع العدو آكل للعشب ، ومجهز للعدو على السفانا الافريقية . فان له ارجلا طويلة واجسادها جاذا يمكنه من الهروب والهروب من النار أو الحيوانات المفترسة ، وحوافره القرنية متلائمة للسفر على الارض اليابسة والمغبرة بالشمس ، باركة اباه قادرا على قطع مسافات طويلة غالبا ما يحتاجها للبحث عن الغذاء والماء خلال فصل الصيف الجاف .

وكلاب المروج ، والسنجاب الارضي ، والغرمز (سنجاب امريكي) والنيص ، والظربان الامريكي والسنجاب ، والثعالب .

وتقطن منطقة المراعي طيور متعددة . ونظرا لعدم وجود اشجار تطير بينها فقد تحولت الى طيور سريعة الركض ومثال ذلك طائر السماني والطائر الكاتب وراكضات الطريق وقبرة المروج . ولقد تكيفت طيور الريه والاصو ، والنعام جيدا لمنطقة المراعي بالركض اذ انها فقدت تماما القابلية على الطيران .

وتماما كما في جيرانها من الثدييات فان كثيرا من انواع الطيور كالعصافير الوردية ، والطهيوج والنعام تتجمع في قطعان للحماية . وغيرها كما في البوم الحفار ، وتبني اعشاشها تحت الارض .

ولقد برهنت مناطق المراعي في العالم انها جذابة جدا للانسان ليفي باحتياجاته من الطعام ، ولانها تزوده بممرات ارضية واسعة للزراعة ، ولكي يشق الطريق لمزارعه الواسعة النطاق وقد دمر الانسان كثيرا من الحياة النباتية والحيوانية الطبيعية وقام بتدمير الاستقرار البيئي للمنطقة الحيوية .

الصحراء *Desert* : المنطقة الحيوية الصحراوية توجد في المناطق التي ينخفض فيها سقوط المطر وتضم كلا من الصحراء الحارة النموذجية بالاضافة الى الاراضي الصحراوية الباردة حيث يمكن للثلج ان يسقط خلال الشتاء . والصحاري ، توجد اساسا في حزامين واسعين بالقرب من المناطق الاستوائية لداري الجدى والسرطان ، تعرف جيدا بتوزيع الحياة وبانواع الكائنات الموجودة ضمنها . فالتربة في الصحراء خشنة ويتالف قسم منها من دقائق صغيرة تشبه الغبار الذي يطير ، خاصة خلال عواصف الرياح وقسم اخر من الدقائق الاثقل التي تتخلف بعدها .

ومناخ الصحاري التي تميل الى ان تكون على الجوانب الغربية للكتل الارضية مناخ جاف وكمية المطر الساقطة مهما كانت قليلة فانها تفقد بسرعة بسبب معدل التبخر العالي ، او السيول الجارفة على التربة الجافة غير الماصة للماء . ومع ذلك ، فعلى الرغم من الاعتقاد السائد بان الصحاري هي تقريبا بدون حياة فان معظمها تحتوي على كائنات متعددة تكيفت للحياة القاسية في بيئة قليلة الماء . ولاجل الحفاظ على الماء ، فان نباتات الصحاري تكون صغيرة وسميكة وذات طبقة سميكة من الكيوتيكل . ولانقاص التنافس على الماء فانها عادة موزعة بتباعد . فالصبار له اوراق مختزلة وتستخدم سيقانها للقيام

بعملية التمثيل الضوئي . وبعض النباتات لها اوراق تسقط طيلة الفترات الجافة تنمو ثانية بعد المطر ، بينما نباتات أخرى تموت كل اجزائها العليا حتى سطح التربة وتجدد نفسها عن طريق الجذور .

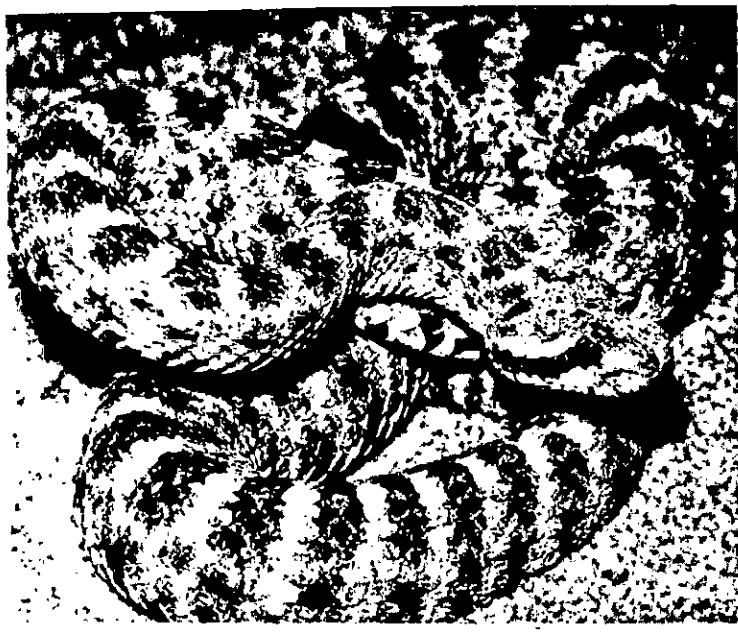
ونتيجة لنقص الماء ، فان نباتات الصحراء تبقى على قيد الحياة اما بأن تصبح مراوغة للجفاف او مقاومة له . فالنباتات **المراوغة للجفاف** Drought evaders هي نباتات حولية تستطيع ان تمر بدورة البذرة الى البذرة بسرعة خلال فترة مطر صحراوي قصيرة . فاولا ، يقوم المطر بغسل **العامل المانع** growth inhibitor (وهو مادة تمنع النمو) من القصرة الى البذرة. ثم تمتص البذرة بعد ذلك الماء ، وتنبثق وتتحول الى خضراء . والنباتات تزهر وتعطي بذورا جديدة ، وكل ذلك في فترة اسابيع قليلة . وبعد ذلك بقليل ، تموت النباتات نظرا لنقص الماء ، وتنتظر بذورها حتى المطر القادم . اما النباتات **المقاومة للجفاف** Drought resistors فهي بالمقابل تتبنى الاستراتيجيات لتقاوم الطقس الحار الجاف . فهي تخزن الماء في جذورها وسيقانها وتستطيع تحديد موقع الماء عميقا تحت التربة وهي ايضا تقلل الحاجة الى الماء باسقاط أوراقها وتقليل حجوم هذه الاوراق مقللة بذلك كمية الماء المفقود بعملية النتح .

وعلى الرغم من ان تكيفات الحيوانات ليست متخصصة كتلك التي في النباتات فان حيوانات الصحراء الناجحة تعلمت ان تعالج المشاكل الناتجة عن المناخ . فللمحافظة على كمية الماء القليلة المتوافرة لهذه الحيوانات وللابتعاد عن الحرارة ، فان معظم حيوانات الصحراء تخرج في الليل عندما يكون الطقس ابرد ، وخلال النهار فان الحشرات تذهب الى الشقوق أو تحفر في التربة الابرد والاكثر رطوبة . والقواقع تقوم بنفس العمل . فهي ايضا تفقد كمية قليلة من الماء في الاخراج لانها تقذف للخارج ببلورات حامض البوليك بدلا من البول السائل المميز لمعظم الثدييات . والثدييات ، كقاعدة تتصرف برداءة في الصحراء . ولكن بعض القوارض،مثلا،جرذان الكنغاروو فأر الجيب تخرج بولا مركزا ، وتماما كالافاعي والحشرات فهي تبقى غير نشطة في الحفر الباردةالرطبة خلال النهار وتصبح نشطة فقط خلال الليل . وحيوانات الصحراء كالجمل ايضا تتطلب قليلا من الماء لكي تبقى حية . وبالاضافة الى ذلك تتكيف للحرارة الزائدة باستخدام الغذاء المخزون في السنام وبذلك ينقص وزنه ويبطيء معدل التنفس . والثدييات في الصحاري الامريكية ، تشمل الارانب ، والظربان

الامريكي ، والثعالب الرمادية ، والغرير ، والوشق ، والغزلان ، والقايوط، وفي استراليا كثير من الثدييات ذوات الجراب ، تكيفت أيضا للحياة الصحراوية.

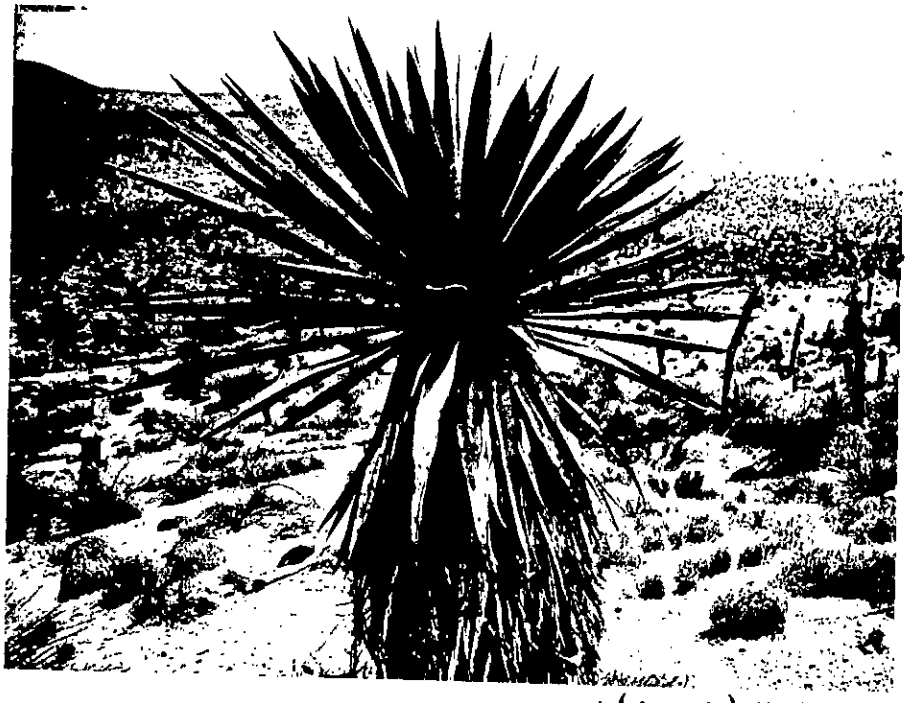
وكما في التندرا فانه في المنطقة الحيوية الصحراوية هناك حاجة للتكاثر الحيواني والنباتي السريع . وعادات التكاثر لدى طيور الصحراء تمثل واحدا من تلك التكيفات لمتطلبات البيئة . ان فترة التزاوج لمعظم طيور المناطق الاستوائية والمعتدلة مرهونة بتغيرات في طول دورة الضوء اليومية ولكن في طيور الصحراء كما هو الحال مع الطيور المفردة المخططة الاسترالية فان الاستفادة من الامطار المفاجئة وغير المتوقعة . والمطر الغزير يسبب بناء الاعشاش خلال ساعات وهذا يتبع عادة بوضع البيض .

منطقة الغابة المطرية الاستوائية *Tropical rain forest* : يشبه البيولوجيون منطقة الغابة المطرية الاستوائية بحديقة او جنة عدن لكونها تشكل العوائل للكائنات الحية . وتشكل منطقة الغابة المطرية الاستوائية مناطق

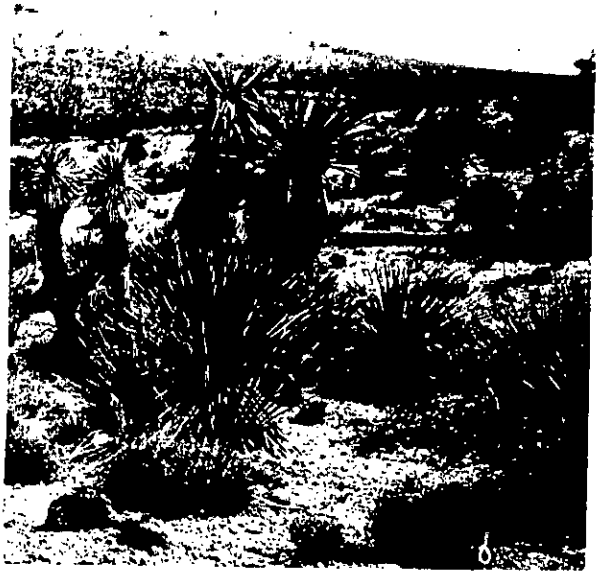


الشكل (٢٩ ــ ٨) : افعى الصوندر Sidewinder (المقرنة وذات الاجراس) موجودة في صحراء موجاف وسونوران واماكن اخرى وقد طورت هذه الافعى ضربا من الحركة الانتقالية ذا فائدة خاصة على رمال الصحراء المتحركة اذ ترفع الافعى راسها وتمده للامام ثم تنزله الى الرمل . وحينما ينزل الراس فان الجسم يتارجح الى الجانب بشكل يشبه حرف بحركة معلقة ثم يهبط امام الراس . وتتقدم الافعى بحركات متتالية وبزوايا قائمة على طريقها وحتى تحمي عينيها من اشعة الشمس والرمال ، فان افعى الصوندر لها قرون هي اجزاء غليظة من الجلد تظل العينين . وتتغذى أفعى الصوندر على السحالي والقوارض الصحراوية .

الارض الواطئة لاواسط امريكا الجنوبية ، وافريقيا ، وشرق الاندين ، واجزاء من جنوبي آسيا . وتتأثر انماط النمو والتكاثر هنا بعوامل تختلف عنها في الغابة



الشكل (٢٩ ــ ٩) :
النبات الصحراوي . المطر قليل في الصحراء . فبالاضافة الى قلة الرطوبة وارتفاع معدل التبخر تحدد كمية ماء المطر التي يمكن استغلالها بواسطة النباتات . ومعظم ماء المطر يجري على سطح ارض صلبة محمرة بأشعة الشمس محولة الى قيعان لجداول مؤقتة ، ومع هذا فان بعض الماء ينفذ الى التربة . وبالاسفل نبات مثل شجيرات الكريوسوت creosote والمسكيت . الشائك mesquite يبلغ ارتفاعها ٦ اقدام ومع ذلك فانها رطبة طوال العام والنباتان الصحراويان المذكوران لهما جذور تصل الى ٣٠ قدما أو أكثر حتى تستطيع امتصاص الماء المتجمع تحت الارض وبعض النباتات الاخرى مثل الصبار cactus طورت جهازا جذريا ضحلا وكثيفا حتى يمتص معظم المطر الساقط المحدود كلما أمكن .



المتساقطة الاوراق . واكثر هذه العوامل اهمية هو معدل سقوط المطر العالي خلال السنة الذي يصل في بعض المناطق من ٤٠٠ ــ ٥٠٠ انش .

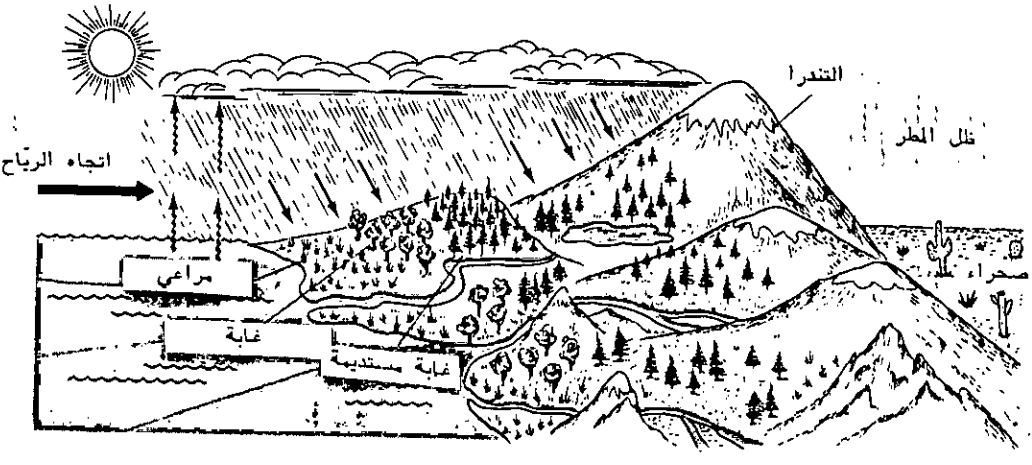
وتماما كما في المناطق القريبة المعتدلة ، فان اشجار الغابة المطريـــــة الاستوائية تفقد معظم او كل اوراقها . ولكن بما ان هذا لايحدث بنفس الطراز الفصلي المنظم الذي يحدث في الاشجار المتساقطة ، فان الغابة المطرية تبقـى خضراء طول العام . وكلما ماتت اوراق النباتات فرادى ، فانها تعوضـــــس حالا باوراق جديدة . وبالاضافة الى امتلاكها لنمو خضري اكثر غنى ورفاهيـــة من باقي المناطق لهذا فان هذه المنطقة تبدي انواعا متعددة مثيرة من الكائنات النباتية . فبالمقارنة مع الغابة المتساقطة الاوراق ، التي تحوي ١٥ ــ ٢٠ نوعا نباتيا ، فان الغابة المطرية الاستوائية قد تحوي ٥٠٠ ــ ٣٠٠٠ نوع من الاشجار بالاضافة الى مئات او حتى الاف من الانواع النباتية الخشبية الاضافيـــة . والنباتات الخشبية المميزة للغابة الاستوائية هي **النباتات المتسلقة** Lianas ذات الاغصان المتداخلة وهذه النباتات المتسلقة قد تطورت بطريقة معينـــة لتنمو على النباتات الاخرى . والنباتات المتسلقة **اي النباتات الهوائيـــــة** epiphytes تمد جذورها نحو الاسفل الى التربة وتعلق بالجذع وفي النهاية تقتل عائلها وبعض منها لا يبدأ حتى من سطح التربة بالطريقة العادية فالتيـــن المتسلق مثلا يبدأ نموه على قمة الشجرة العائل وينمو نحو الاسفل بينما هـو يرسل الى الخارج جذورا جديدة . وعندما تلامس هذه الجذور الارض فـان التين يبدأ بلف نفسه حول جذع الشجرة العائل مسببا موتها السريع .

والحياة في الغابة المطرية الاستوائية بشكل واضح هي اكثر طبقيـــة مما هو الحال في الغابة المعتدلة . اذ يبرز فوق سطح قمة الغابة بحوالي ١٠٠ ــ ٢٠٠ قدم اوراق واغصان واحيانا اشجار عملاقة تدعى **الباسقات** emergents وتحت قممها المضاءة جيدا حيث يحجز معظم الضوء وينخفض معدل النتـــح تنمو ازهار وثمار الغابة . وبالمقارنة مع الغابة المتساقطة الاوراق حيـــث معظم الحياة الثديية موجودة على الارض او تحتها فالحياة الاستوائية مركـــزة في هذه الطبقة العليا . فكثير من الحيوانات كيفت حياتها للعيش في الاشجـــار بتطوير كفوف للقبض ذات وسائد لاصقة واذناب تستعمل للانتقال بين الاشجار، فمثلا من بين ٥٩ نوعا من الثدييات الموجودة في غوايانا ، يوجد حوالي ٣١ نوعا منها شجرية وحوالي٥منها فقط برمائية وثلاث وعشرون هي غالبا قاطنة للأرض.

فالقردة وكثير من الحيوانات تنتقل في قمة الغابة عاليا في مناطق الاغصـــــان المتقاربة على الاثمار والحشرات . ولقد طورت الخفافيش وبعض الثدييات الاخرى ثنيات جلدية لتسمح لها بالتعلق او الطيران . والافاعي تلتف وتتلوى بين الاغصان . كما توجد ايضا في هذه الطبقة الطيور ذات الالوان الزاهيـــة المتو ، والببغاء ــ والصقور ذات الالوان المعتمة والنسور والحدءات .

وفي الطبقة الوسطى من الغابة الاستوائية تتمثل الحياة بنباتات الاوركيد والاشنات والخنشار وبعض النباتات العالقة المتدلية من الاشجار الاصفر ومن النباتات المتشابكة.والملمس الشمعي لأوراق النباتات المتدلية يحاول تقليل النتح. والضوء هنا اكثر خفوتا واللون هنا غالبا ينفع في التغطية اذ ان الصقر والحمام ونقار الخشب والقراز الشبيه بالديك هي اقل تلونا ولمعانا من طيور المنطقـــة العليا (منطقة القمة) .

والطبقة الثالثة او الطبقة الارضية هي اقتم منطقة بين الجميـــع وبسبب غياب الضوء فانها ليست الأجمة التي لايمكن اختراقها كما تصورها لنا افـــلام المغامرات في المناطق الاستوائية بالاحرى ، انها منطقة مفتوحة شديدة الرطوبة لدرجة انها تقطر مطرا باستمرار وشديدة الهدوء لدرجة مضايقة شديدة الوطأة. ويعيش هنا طيور اقل من تلك التي في الطبقة العليا . ومن امثلتها الانواع



الشكل (٢٩ ــ ١٠) : الطبوغرافيا والمناخ . المظاهر الطبوغرافية مثل الجبال لها تاثير كبير على المناخ والبيئة . ونتيجة لصد الرياح فان الجبال تستطيع ان تسبب رطوبة عالية اذ تسقط الامطار على الجهة المقابلة للرياح وتنتج سمات مطرية rain shadows او مناطق صحراوية مع قليـــل من الرطوبة على الجهة التي تهب نحوها الريح . وكثير من سلاسل الجبال يقع قرب حواف القارات وعلى ذلك فعندما تصد سلاسل الجبال الرياح ، فأن الصحاري والاراضي العشبية تتكون في الجـــزء الداخلي من القـــارة .

ذات الالوان المملة القاتمة كطيور الحجل ، التتفلق (طائر مائي) ، التنام ، وطائر النمل .

وتنتشر الحشرات المترممة التي تبحث عن مادة ميتة.وحشرات كالخنافس والنمل هنا هي اطول اجساما من نظيراتها في مناطق مفتوحة وذات فجـوات هوائيـــــة .

وعلى الرغم من ان منطقة الغابة المطرية الاستوائية هي المنطقـــــة الحيوية الاعظم انتاجا فهي لا يسهل زراعتها من قبل الانسـان . فقد قوبلـــت محاولات الانسان لزراعة هذه الاراضي بكوارث . فبعد قليل من السنوات من المحاصيل الجيدة ، غسلت الامطار الطبقة السطحية للتربة واصبحت اما طينية جدا او انها تحولت الى مادة شبه صخرية تعرف باسم **اللطريط** laterite .

الطبوغرافية *Topography* : المميزات السطحية لاية منطقة ، ومن ضمن ذلك تلالها واوديتها وبحيراتها وانهارها ، تعرف **بالطبوغرافيـــة** topography. والتغيرات في الطبوغرافية تسبب تغيرات في المناخ كما توضح لنا ذلك الجبال . فالحرارة التي يعاد اشعاعها من سطح الارض تكون اعظم مايمكن بالانحدار المقابل لخط الاستواء ، واقل ما يمكن بالاتجاه المعاكس . والاشرطة النباتيـــة تعكس الاختلافات الحرارية بين الانحدارين كما تعكس كذلك التغيرات الحرارية على خطوط العرض . فتميل الاشرطة النباتية الى ان تصل اعظم ما يمكن في المنحدرات الجنوبية .

المناطق الحيوية المائية — Water biomes

هناك نوعان اساسيان من المناطق الحيوية المائية ــ المحيطات والميـاه العذبة ــ وكل منها يمكن تقسيمه اكثر .

المحيط *The ocean*: يعرف المصب estuary بانه اي مكان على خـــــط الشاطىء يلتقي فيه الماء العذب بالمالح ويختلطان . فالغرين والمادة العضوية المتحللة بالمترسبات هنا بواسطة الماء العذب الداخل (القادم من اليابسة) يجعل المصبات واحدة من اكثر المناطق المعروفة خصبا . كما ان كثيرا من المـــواد الغذائية تنتج فيها بدءا بالعوالق النباتية المتغذية ذاتيا وبالعوالق الصغيرة . هذه الوفرة من الغذاء تسمح بوجود كمية كبيرة من الاسماك . والبيئة عنـــد

مصبات الانهار بيئة متغيرة لها — درجات واسعة من الملوحة ، الحرارة ، والضغوط الميكانيكية المتمثلة بحركة المد والجزء . ولهذا فاختلاف وكثافة الكائنات الحية يميز المصبات. فالمصب دائما هو بيئة السرطان والمحار المحوري، والبطلينوس ، والمحار ، وثعبان السمك ، والسلاحف والضفادع،ونبات السمار وحشيشة الانقليس وامثالها .

وعند حد الجزر الواطيء تبدأ منطقة بحرية ثانية تدعى عادة **نيريتيك** neritic (**ونيريوس** Nereus) هي آلهة البحر عند قدماء الاغريق) . وتشمل كل الماء فوق حد **الرف القاري** continental shelf — حافة القارة التي تمتد بداخل البحر ، والتي اما ان تميل قليلا الى الاسفل او ان تمتد ٢ — ٣ اميال خارجا ، ثم تنحدر فجأة نحو الاسفل . ان درجات الحرارة المعتدلة في المياه الضحلة الواقعة فوق الرف القاري تجعل المنطقة النيرتيكية واحدة من اكثر المناطق كثافة بالسكان في المحيط . وكل السلسلة الغذائية في المنطقة النيرتيكية — وبالحقيقة فان وفره وتوزيع كل اشكال الحياة المحيطية — يعتمد على مدى وجود **العوالق النباتية** phytoplankton يعني انها يجب ان تبقى بالقرب من سطح المحيط لكي تأخذ كمية مناسبة من الضوء للقيام بعملية التمثيل الضوئي . والعوالق الحيوانية تضاد العوالق النباتية . اذ ان حوالي ٧٠٪ من العوالق الحيوانية هي من الانواع القشرية الصغيرة . ومثل هذه الحيوانات السيالة تفترس اما العوالق النباتية او بعضها بعضا .

والطحالب مثل اعشاب البحر والاشكال الطحلبية الاصغر تشكل معظم النباتات البحرية الموجودة على الرصيف القاري . فطحالب **عشب البحر** kelps الضخمة يمكن ان تمتد جذورها الى القعر لعمق قد يصل الى ٣٥٠ قدما بينما تطفو طحالب اعشاب البحر غالبا بحرية فوق الماء واحد انواع اعشاب البحر المألوفة لكثير من الناس ، السلالة **سارجاس** *Sargassum* التي لها اكياس مستديرة صغيرة تمتلء بالغاز الذي يمكنها من الطفو .

وبالقرب من خط المد والجزر فانه لايمكن التمييز بين اشكال النباتات والحيوانات في منطقتي المصاب والنيرتيك ، ولكن كلما امتدت الاخيرة الى عمق اكبر في الماء ، فانها تصبح بيئة متميزة اكثر . وفي المناطق الحارة ، غالبا ما تضم **الشعاب** reefs وهذه قد تكون بقايا جزر ابتلعها البحر وانشأتها مستعمرات من حيوان المرجان او انها قد تكون مناطق ممتدة شديدة التحدر من المرجان

وحيوانات مماثلة .

ومن الحيوانات التي تكون عادة مجاورة او ملتصقة بالشعاب شقائق البحر ، والاسفنج والبطلينوس وحلزون البحر ، نجمة البحر والروبيان . والمفترسات كسمك القرش وسمك البركوده الكبير ، وسلالات عدة من الاسماك السامة عادة لا تكون بعيدة من الشعاب .

أما أشكال الحياة التي تقطن القعر في المنطقة النيرتيكية ، فتضم البارناكيل ، الثجاجة والاسفلوب والسرطان ودولار الرمل ، وقنافذ البحر . النواعم والحلقيات تحفر في ارضية البحر وتستخدم السيفون او الانابيب لأستخراج الاكسجين والغذاء من الماء . وكلما تقدمنا في العمق ولكن في المياه الضحلة للرصيف القاري وجدنا اسماكا ذات قيمة اقتصادية ، وهذه تضم السمك المفلطح والمنبسط التي تتغذى في القعر ، والتي هي مفترسات للديدان الثاقبة وللسرطانات .

وبالقرب من الارصفة القارية توجد **الشواطئ** ، banks او المناطق الضحلة



الشكل (٢٩ ــ ١١) :
الدياتوم Diatom . يوجد كثير من الدياتومات الطافية قرب سطح المحيط اكثر من اي كائن حي اخر . وهذه الدياتومات تقوم بعملية التمثيل الضوئي ، وتلعب دورا هاما في كثير من الانسجة الغذائية في المحيط . وتمتلىء الجدران بالسليكا مما ينتج عنه غالبا دياتوم لامع باشعة الشمس . وتصنف الدياتومات تبعا لخصائص جدرانها ، والانواع المختلفة من الدياتومات تظهر باشكال ذات اختلافات مميزة .

والتي توجد في الماء من عمق ٢٠ ــ ٣٠ قدما . والعوالق التي تقوم بعمليـــة التمثيل الضوئي والعوالق الحيوانية الموجودة في هذه المنطقة تشكل المصـــدر الاساسي لغذاء مجتمعات كبيرة من الاسماك . وتساهم التيارات المحيطة في مصدر الغذاء هذا ــ فمثلا ان مصادر الغذاء الهائلة في مناطق شواطىء الصيد بالقرب من جزيرة نيوفوندلند تنتج من التقاء تيارين اثنين ، تيار الخليج ، وهـــو تيار دافىء من الماء قادم من الجنوب وتيار لابرادور الابرد من الشمـــال وكل يحمل معه مجموعته الخاصة من الكائنات الحية .

والمياه بمنطقة النيرتيك الاشد ضحالة تعتبر الموطن لانواع عديدة مـــن الاسماك ــ من الاسماك الرنكة **والسمك البحري الملون** robins وهذه بدورها تجلب معها المفترسات من سمك القرش والاسماك الكبيرة المفترسة .

ان الاسماك والسوابح الأخرى nektonic او الحيوانات الحـــرة



الشكل (٢٩ ــ ١٢) : سمكة أبو الشص Angler في البحر العميق . لقد تأقلم السمك مع المنطقة المظلمة ذات التنافس العنيف ، حيث الغذاء شحيح ، ولا بد من وجود اجهزة خاصـــة لازمة لمعرفة وجود الغذاء والتهامه ، وبالاعتماد على طبيعة صوت الاضطراب وجهاز احساس متقدم التطور للضغط يجعل الكثير من السمك قادرة على ابتلاع فرائس أضخم منها .
الحادث ان السمكة تستطيع ان تتبع مصدر الغذاء أو تعدو هاربة من المفترس . والفم الضخـــم ذو الحافة الحادة لاسنان حادة كالشفرة تجعل الكثير من قاطنات أعماق البحار بما فيها سمك الشص قادرة على ابتلاع فرائس أضخم منها .

السباحة توجد خلا لـالمحيط ولكنها توجد بغزارة حيثما يوجد الغذاء والضوء بكمية تسمح للتمثيل الضوئي ان يتم اي عادة بين ١٠٠ ــ ٣٠٠ قدم تحت سطح البحر . وتستخدم الحيوانات الحرة السباحة التي تظهر بالقرب من السطح حركات والوان للتمويه كوسائل تكيفية . فالاسماك غالبا ما يكون لها لون ازرق او اخضر على قمة أجسامها ، يتناسب تماما مع لون سطح الماء ولون فضي او ابيض على بطونها وهذا يجعل هذه الحيوانات غير مرئية لما تحتها من حيوانات . ووجود المثانة الهوائية او طبقات من الدهن في الجسم يساعد الحيوانات التي امتازت بحرية السباحة في المحافظة على العمق المناسب الذي تسبح فيه . والحركات اصبحت سهلة بواسطة الشكل الانسيابي لاجسامها الذي يقلل المقاومة التي تلاقيها من الماء .



الشكل (٢٩ ــ ١٢) : بحيرة قليلة المستوى الغذائي . خلال فصل النمو تقوم الكائنات الحية الموجودة في المنطقة العليا من البحيرة بعملية التمثيل الضوئي لانتاج المواد العضوية . وكثيرا ما تترسب المواد العضوية في المنطقة السفلى أو التحت الضوئية ، اذ انها تتحلل مما يسبب استنفاذ مصدر الاوكسجين . ويمكن تقسيم البحيرات حسب انتاجها بالاعتماد على محتوى الاوكسجين في المنطقة تحت الضوئية الى بحيرة قليلة المستوى الغذائي oligotrophic أو جيدة المستوى الغذائي eutrophic أو سيئة التغذية dystrophic والبحيرة قليلة المستوى الغذائي فيها كميات وافرة من الاوكسجين وقليل من الانتاج اما البحيرة جيدة المستوى الغذائي فانها تحوي افضل انتاج بعكس البحيرة قليلة الانتاج .

وبالاضافة الى الضوء الذي تحتاجه العوالق النباتية فان كل مجتمعات العوالق يجب انتزود بشكل دائم بالمواد الغذائية كالنيتروجين والفسفور . وهذه الاحتياجات تزود جزئيا من البكتيريا غير الهوائية التي تعيش في الترسبات القعرية . ان هذه البكتيريا تطلق دقائق غنية بالمواد الغذائية كما تطلق غازات تحمل الى الاعلى بواسطة التيارات العمودية الدائرية بشكل مستمر . ومن المصادر الأخرى للمواد الغذائية ، الاملاح المحمولة الى المحيط من الانهار ومن مخلفات الشواطىء والطيور البحرية .

أن المنطقة البحرية الرئيسية الثالثة هي (قرار البحر) أو **البحر المفتوح** open sea ان الجزء العلوي من قرار البحر يدعى غالبا **بالطبقة الضوئية الحقيقية** euphotic layer (حرفياً، الطبقة ذات الضوء الجيد) وهي تمتد نحو الاسفل من السطح الى حد اختراق الضوء حيث تتوقف عملية التمثيل الضوئي على عمق يصل ٦٥٠ قدما . اما **الطبقة المظلمة** aphotic layer **عديمة الضوء** lightless فتقع تحت الطبقة الضوئية الحقيقية . وكما هو الحال في المنطقة الضوئية توجد هنا اعداد هائلة من العوالق النباتية والحيوانية عند السطح. ومما يستحق الملاحظة بشكل خاص بين العوالق الحيوانية وجود حيوانات تشبه **الربيان** krill الكبيرة الحجم وهو يعتبر مادة غذائية مهمة جدا لكثير من الاسماك الكبيرة الحجم في البحر المفتوح وكذلك لطيور البحر مثل القطرس .

ان البحر المفتوح الواسع ، كالصحراء ليس خصبا فهو بالمعدل ١/٢٠ من خصوبة منطقة المصبات وهذا يفسر كونه قليل الكثافة السكانية كما يفسر التزايد المستمر المطابق في اختلاف الانواع وهو نتيجة للتنافس المتزايد على الغذاء والمراكز البيئية الملائمة . ومع ازدياد العمق ، فان مميزات هذه المجتمعات تصبح اكثر وضوحا .

ان الكائنات التي تقطن المنطقة غير الضوئية حيث لا تتم عملية التمثيل الضوئي لا تستطيع العيش بدون الحطام العضوي من حيوانات ميتة أو تموت أو اجزاء منها — مما يسقط من الاعلى . ان مصدرا اخر من الغذاء على هذه الاعماق الكبيرة هو مقذوفات الانهار الغنية بالمواد العضوية وهذه قد يقتطع بعضها الوديان العميقة تحت المحيطات من الرف القاري . ان التكيف لندرة الغذاء ولعوامل أخرى ، كالظلمة والضغط في البيئة المعتمة انتجت بعضا من اغرب المخلوقات weirdest-looking على الارض . والحيوانات التي تعيش في

تزار البحر عادة حمراء ، بنية ، سوداءأو فضية الالوان ، وهي الوان لا ترى في هذه البيئة . وسمك أبو الشمس ، والسمك السام ، ليست الا نوعين من الانواع التي تعيش في المنطقة المعتمة التي لها افواه فاغرة ، واسعة — وهي تفضل عادة أن تلتقط فريسة كبيرة الحجم لتشكل لها وجبة تسد رمقها لاطول فترة زمنية ممكنة . والاعضاء المعنية والعيون المتضخمة شائعة الوجود في مثل هذه الاعماق . والاسماك القليلة التي هي عمياء لها جهاز شمي متطور ، كما أن أنواعا اخرى من اسماك المنطقة المعتمة تستخدم أجزاء من جسمها نمت بصورة أطول لتتسلم الاحساسات اللمسية . والانواع المتغذى عليها كالحيوانات المعنية الشبيهة بالربيان — وجدت على أعماق تصل الى ١٥ر٠٠٠ قدم في المنطقة المعتمة، ولكن الكائنات القليلة القادرة على البقاء على هذا العمق تحت سطح المحيط هي جزء من مجتمعات صغيرة موزعة ومجبرة على التكيف للضغوط العالية وللمقدار الصغير من الاكسجين .

بيئات الماء العذب *Fresh water biomes* : يمكن أن تفصل بيئات المياه العذبة الى انواع وهذه قد تكون مياها راكدة او مياها جارية فاصطلاح **البحيرة** lake يستخدم بشكل عام ليصف جسما كبيرا من الماء الراكد الذي له بعض العمق مع امتداد واسع من السطح المائي غير المنقطع . وتقسم البحيرة بشكل نموذجي الى ثلاث او اكثر او اقل من البيئات المتميزة او **المناطق** regions **المنطقة الساحلية** littoral region (وتقارن بالمنطقة النيرتيك في المحيط) وتشكل المياه الاكثر ضحالة والتي خلالها يمر الضوء الى قعر البحيرة . ثم **المنطقة المتعلقة بالحياة بالمياه العذبة** limnetic region (تناظر الطبقة الضوئية الحقيقية في المحيط) وتشكل المياه الاعمق التي قد يخترقها بعض الضوء ولكنه ليس كثيرا . والمياه الاعمق التي لا يخترقها أي ضوء تدعى **بالمنطقة العميقة** profundal region وكالمناطق المناظرة في المحيط فان منطقتي المياه العذبة والعميقة لا يوجد بها كائنات ضخمة كقاطنات دائمة ولكنها تخدم كمخزن مهم للطعام والمواد الغذائية . ومنطقة المياه العذبة مأهولة بشكل رئيسي بطحالب تتغذى ذاتيا وديناتومات تفترسها كائنات حيوانية مجهرية كالعجليات ومزدوجة الارجل .

وكما في المحيطات فان العمق الذي قد يصل اليه الضوء يحدد الى اي عمق تمتد عملية التمثيل الضوئي . والكثافة السكانية دائما أكبر في مناطق تحتلها الكائنات المتغذية ذاتيا ، وهكذا فالمنطقة الساحلية اكثر منطقة تعدادا وتنوعا في

المكان . والحيوانات على سطح البحيرة تشمل الخنافس والخنيتعور ، كما يضع البعوض بيوضه هناك . وتحت سطح الماء مباشرة توجد يرقات البعوض، والحلازين الصغيرة والهيدرا ، وانواع متعددة من ديدان صغيرة . وفي طين القعر الغني بالمواد الغذائية الواقع في المنطقة الساحلية ، يوجد الكثير من جذور النباتات البذرية . وهذه تضم نباتات بأوراق تنشأ فوق سطح التربة كما في نبات السمار ، وذنب القط بل وحتى اعشابا كبيرة واشجارا ، كما ان نباتات كزنابق الماء ذات الاوراق العريضة التي تطفو فوق سطح البحيرة ، ونباتات بأوراق مغمورة تحت الماء يمكن ان توجد في هذه المنطقة . والاوراق تحت الماء هي بصورة نموذجية رفيعة بصورة لا تسمح بايجاد سطح كبير تتم خلاله عملية تبادل ثاني اكسيد الكربون والمواد الغذائية الاخرى خلال الماء .

ومن هذه النباتات الكبيرة الحاملة للبذور ، ينخفض المستوى من النباتات المنتجة (التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي) وحتى الطحالب الخضراء المزرقة التي هي كمثيلتها التي تعيش في المحيط تعتبر الاساس للمجتمعات الحيوانية للمنطقة الحيوية للبحيرة . وتعتبر الطحالب الخضراء المزرقة مسؤولة عن تثبيت النيتروجين الحر الى نترات وهكذا تجعل المركبات النتروجينية الضرورية للحياة جاهزة لكائنات اخرى في البركة . والمشكلة تأتي من أن الطحالب المثبتة للنتروجين لا تعرف متى ستتوقف . فهي تزيد التسميد بالنترات ولهذا فهي تستهلك الاوكسجين مسببة موت الكائنات الاخرى . ان هذا يأتي بصورة خاصة عندما تدخل الملوثات المصنوعة من قبل الانسان (المنظفات الفوسفاتية مثلا) ، عندما تدخل البحيرة معطية الطحالب وفرة من المواد الخام .

ان الطحالب والكائنات المتغذية ذاتيا الصغيرة الاخرى في المنطقة الساحلية تسند مجتمعات العوالق الحيوانية وهذه بدورها تأكلها حيوانات اخرى .والمنطقة الساحلية تسند انواعا من كل الشعب الحيوانية ــ الحشرات في كل مرحلة ومن كل وصف ، والحلازين ، والعلق الطبي ، والديدان ، الافاعي ، السلمندرات ، الضفادع ، والسلاحف والاسماك ابتداء من سمك المنوه الصغيرة وحتى الانواع المفترسة الكبيرة مثل سمك ذئب البحر ، سمك الفرخ الرامح ، سمك الفرخ النهري ، السلور ، سمكة الشمس ، وسمك السلمون المرقط النهري . وغير الاسماك فان معظم الحيوانات الهائمة اما أن تتحرك الى داخل او خارج الماء او ان تقطن الماء فقط خلال مراحل معينة من تطورها. ان هذه

المجموعـــة من الكائنـــــــات التي تعيش في الماء فقط جزءا من حياتها ، تضـــم عقارب الماء ، والخنافس الغواصة ، ومترممات الماء ، وبق الماء العمـــــلاق ، والسلاحف ، والافاعي والضفادع ، والجرذان .

وقعر البركة ينحصر في الاجزاء العميقة جدا من المنطقة القعرية ، وهـــو مستقبل للحطام العضوي الساقط من طبقات السطح للبركة . فبعض الكائنات الحزازيات والاوليات ، والهيدرا ، والطحالب ــ تعلق نفسها الى الصخور او النباتات على قعر البركة . والمجتمع هنا متفرق ومعظم الكائنات التي تعيش هنا هي ميكروسكوبية ــ الاوليات ، مزدوجة الارجل والاستراكود او روبيان وبلح البحر . وتقوم البكتيريا والفطريات بتفتيت الحطام العضوي محولة اياه ثانية الى مواد غذائية تحتاجها النباتات المتغذية ذاتيا . وتوزع هذه المـــــواد الغذائية ثانية بواسطة تيار الماء الدائري .

والجداول التي تعتبر مصدرا صغيرا من مصادر تزويد الماء الى التربـــــة



الشكل (٢٩ ــ ١٤) : جدول حديث سريع الجريان lotic stream . وبما ان هذا الجدول يجري بطريق مستقيم تقريبا فانه يدعى سريع الجريان lotic اما البيولوجيون فيصفونه بانه نهر شاب. وعادة تجري الانهر الشابة منطلقة لاسفل المنحدرات الحادة (شديدة التحدر) مسببة الكثير مـــن التعرية . والنباتات والحيوانات التي تعيش في هذه الجداول لا بد ان تقاوم من اجل البقاء في جرى الماء السريع . وكمثال ، فان الحشرات السوداء غير البالغة وبعض اليرقات الاخرى جهزت بخطاطيـــف لتستعمل كمرساة لها .

تقسم الى **جارية** lotic **وراكدة** lentic أو بطيئة الجريان . فالجداول الصغيرة أو الجارية توجد في المناطق الجبلية حيث الماء يجري بسرعة نحو المنحدر المائل ، حاملا معه الدقائق الصغيرة عالقة ، أو ساحبا معه الدقائق الاكبر حجما على القعر . وكلما ازدادت سرعة الجدول تمكن من تحريك دقائق اثقل وسبب تعرية اكبر اتساعا . أما في الجداول الناضجة والكبيرة ، او الراكدة فالماء ادفأ وهو غائم اكثر ويتألف قعره من طين ورمل مغطى بمادة عضوية متعفنة .

والكائنات التي تعيش في الجداول الجارية عليها ان تكيف نفسها للحركة السريعة للتيارات وتصنع الطحالب جيدا بكونها انزلاقية لا تبذل مقاومة كبيرة للماء . اما الحزازيات وعشب النهر ، وهو نبات بذري ، فانها تعيش في هذه الجداول . وبدلا من الجريان مع الماء فان كثيرا من النباتات والحيوانات يمكنها أن تعلق انفسها الى الصخور . والخنافس البالغة تتعلق بواسطة ارجل مخلبية والذباب الاسود غير الناضج فانه يستخدم الخطاطيف ، أما يرقات الذباب الصغير فان لها ممصات . وحيوانات أخرى غيرها تعيش اما تحت طبقة سميكة كالسجاد من النباتات أو تحت الصخور حيث تحتمي من التيارات .

والبرك Pools في الجداول الجارية ، حيث الماء راكد وعميق بها اسماك الصيد مثل سمك السلمي ، الداس ، السلمون المرقط بالاضافة الى جراد البحر والسلمندرات . واسماك الصيد تتغذى على الحشرات التي تعيش في الماء أو التي تسقط من الاشجار والشجيرات المتدلية فوق الماء . فذبابة مايو والرعاشات والخنافس الدوارة والخيتعور هي من بين الحشرات الموجودة في هذه البرك وحولها .

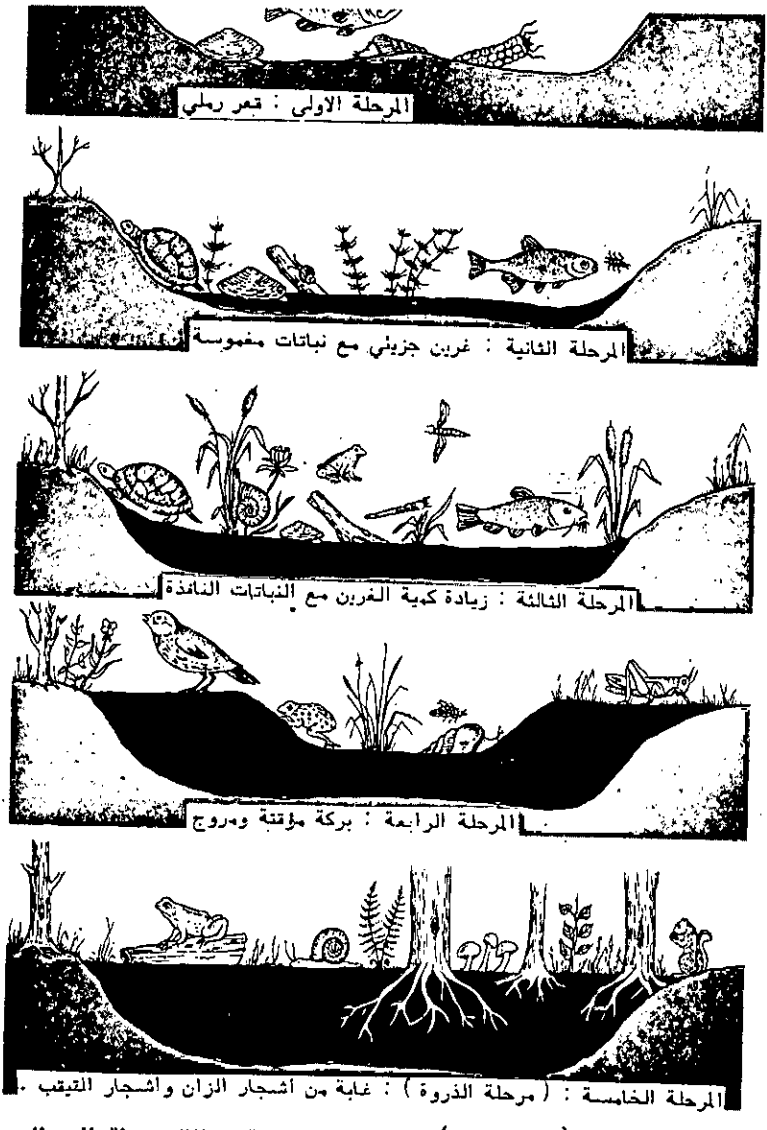
والمادة العضوية على قعر الجداول الراكدة تجتذب الحشرات غير الناضجة . فالبعوض ويرقات بعض الذباب الصغير — وحوريات الرعاش والعوالق تشكل الغذاء لانواع مختلفة من الاسماك المتغذية في القعر ، مثل سمك السلور وسمكة الكارب والسمكة الجاموس . ومن الاسماك الاخرى المنوه ، الطيول ، سمك الكرابي ، وذئب السمك **والعلق** الطبي والحلازين والسلاحف وجرذان المسك والمنك هي حيوانات برمائية مميزة .

التعـــاقب Succession

على الرغم من أن المناطق البيئية الحيوية هي مناطق ثابتة مستقرة نسبيا منتظمة ، فان المجتمعات الحيوية الواقعة ضمنها هي اقل استقرارا من ذلـــك بكثـــير . وبالاحرى فان المجتمعات الحيوية تمر خلال مراحل انتقالية في نموهـــا التطوري من البسيط الى المعقد ، وهو عمليـــــة تعرف **بالتعاقب** succession ويمكن انتاج التعاقب في المجتمعات باحداث تغيرات في البيئة ، كالماء والريـــاح والتربـــــــة ـ او على سطح الارض . وكلا من هـــــذه الانـــواع مـــن التغيرات يتأثر عادة مباشرة بالمجتمع من الكائنات والذي بهذه الصورة يسهم في احداث تعاقب في انفسهم وعندما تمر المجتمعات خلال المراحل التعاقبية، كالتغير من أرض رديئة الى غابة خشبية كبيرة ، فان ملاءمتها كبيئات للحيوانات الاخرى تتغير طبقا لذلك .

وفي كل مرحلة من التعاقب يستبدل مجتمع حيوي واحد في المنطقة بواحـــد اخر . والمجتمعات المتعاقبة كل منها وحدة متكاملة تعمل بنجاح ما دامت قادرة على المقاومة أو التكيف للتغيرات البيئية حولها . وعندما لا تقوى هذه علـــــى مقاومة التغيرات فان المجتمع يستبدل بواحد اخر وهذه بدورها ايضا تستبدل فيما بعد بعملية تستمر الى أن يأتي مجتمع يحافظ على توازن طويل الامد مع البيئة ويستمر في ادامة نفسه . ان هذا المجتمع الثابت نسبيا ذو الطـــــول غير المحدود يدعى **بالمجتمع الذروة** climax community. ومجموع كـــــل المجتمعات المتعاقبة في السلسلة يدعى **بالسير** sere وكل مجتمع بمفرده يشار اليه **بمراحل السيرال** seralstage وعند فهمنا للمناطق الحيوية ، فان من المهم أن نميز أن كلا منها يقطنها مجتمعات ذروة نموذجية محاطة بمجتمعـــات علـــى مراحل مختلفة من التعاقب .

فعندما تهجر قطعة من مزرعة مثلا في كارولينا الشمالية ، فانها تمـــــر بتغيرات تعاقبية سريعة . فخلال عام الهجر (الاهمال)تصبح **حشائش السرطان** crabgrass, هي النبات السائد . وفي السنة الثانية يشارك في السيادة عشب الحصان واحيانا **عشب الرجيد** ragweed وفي السنة الثالثة تجد ان حشائش زهرة



الشكل (٢٩ ــ ١٥) : التعاقب في البركة . خلال مرحلة السيرال scral الرئيسية بالتعاقب في البركة، ويكون قعر البركة رملي وقاحل نسبيا . وكلما مضت السنون ، فالنباتات والحيوانات المتحللة تكون طبقات الدبال التي تزود ارضية ذات نوع من الطحالب تدعى شارا Chara .. وينشأ عن طبقة الشارا مجتمعات جديدة من النباتات والحيوانات تدعى فترة النباتات المغمورة . وباستمرار التحلل تضاف كميات دبال كافية لتزويد النباتات التي تظهر على طول حواف سطح البركة . وتزود هذه النباتات ماوى للحيوانات التي تتنفس بالاوكسجين مما ينتج عنه مرحلة تدعى جماعة النباتات النافذة . وبما ان البركة مستمرة بتجميع الدبال ، فان المستنقع او السبخ يتطور .

وحينما يصل قعر البركة في النهاية الى اعلى من مستوى المياه على حواف البركة فان المرحلة المؤقتة للبركة تكون قد وصلت . وفي هذه المرحلة تجف البحيرة تماما خلال فصل الصيف . وتصل البركة اخيرا الى ما يسمى بمرحلة المروج المنخفضة . وقد تتكون مرحلة الذروة اما من المروج او غابة من اشجار الزان واشجار القيقب maple .

النجمة غزيرة جدا لدرجة أن عشب الحصان لا يمكن ملاحظته بسهولة . ثم يأتي نبات البردى السعادى والذي ينمو الى أن تصبح بادرات الصنوبر ، والتي بدأت بالنمو ، قادرة على أن تحل محله . بعد خمس سنوات تصبح الصنوبريات عادة أطول من نبات البردى ، وبعد ١٥ سنة فانها تشكل حرجا مغلقا .

ولقد أجريت تجارب لاكتشاف السبب الذي من أجله يتخذ التعاقب هذا النموذج ، ووجد أن حشيشة السرطان تقذف العديد من البذور التي بكونها صغيرة وخفيفة تميل الى أن تصل اولا الى حقل مشمس وتنمو بسرعة تنظيمية. وبذور حشيشية الحصان هي ايضا خفيفة وتتوزع بكفاءة ، وهي تفسر ايضالماذا يكاد يسود هذا النبات في العام الثاني . أن تعفن جذور حشيشة الحصان ، على اية حال يمنع النمو المتوالي لبادرات حشيشة الحصان مفسحا المجال أمام نبات زهرة النجمة والذي يتم دورة حياته في جولين . ولكن بادرات زهرة النجمة لا تتحمل الظل والنباتات الطويلة (الآباء) في النهاية تظللها لتخفي وجودها . بالاضافة الى ذلك فان نبات البردى يتنافس مع زهرة النجمة على الماء .

ان التعاقب يحدث لان كل اتاحة لنوع جديد تحور البيئة . فحشيشة الحصان تجعل بيئة الحقل اقل قبولا لحشيشة الحصان بينما نباتات زهرة النجمة الناضجة تظلل بادرات نفس النبات ، ونبات البردى يظلل في النهاية بالصنوبريات . ومعدل انشاء جماعات (مستعمرات) بالبيئة هو أيضا عامل مهم في التعاقب فالنباتات عليها أن تصل الى الحقل في المقام الاول . فكما لاحظنا اعلاه ، نجد أن نبات البردى يمكن أن يسود قبل غيره في الحقل المهجور اذا استطاعت بذوره الوصول أسرع من غيرها . وهذا صحيح ايضا في حالة الصنوبريات التي لها بذور أكبر وأثقل وتتوزع بسرعة اقل من بذور حشيشة السرطان وحشيشة الحصان .

ومجتمعات الصنوبريات ليست ذروة التعاقب على اية حال . فنموها في التربة لسنوات عديدة كثيرة ، يجعل هذه الاخشاب الطرية تزودها بكميات ضخمة من المادة العضوية ، والتي لا تغنيها فقط ولكن تساعدها في الحفاظ على الرطوبة . وان هذه التغيرات المنتجة من قبل الصنوبريات في التربة بالاضافة الى حقيقة أن بادرات الصنوبريات لا تنمو جيدا في الظل العميق المنتج من قبل الاشجار الناضجة ، يساهمان في انحسار مجتمعات الصنوبر . وعلى اية حال فان بادرات البلوط والاخشاب الصلبة تستطيع النمو في هذه المناطق المظللة

بعمق اذ انها تعيش على المادة العضوية والرطوبة التي تنتجها الصنوبريات . ولهذا فمع الوقت تفسح الاخشاب الرخوة الطريق أمام الاخشاب الصلبة . وتستمر غابات الاشجار الصلبة في تبديل نفسها ولهذا فانها تشكل ذروة المجتمعات النباتية .

وعلى الرغم من ان التعاقب يحدث في كل المجتمعات ، فان المجتمع الذروة قد يفشل في أن يتكون بسبب آنية بعض المصادر الحيوية . مثل هذا المصدر قد يستهلك بسرعة من قبل المجتمع الذي يتطور عليه أو حوله . ان الكائنات التي تعتمد عليه اما أن تموت اخيرا أو تتوزع والتعاقب ينتهي بدون انتاج أي مجتمع نسبيا .

في افريقيا مثلا تعاقب من النسور يتغذى على جثث الحيوانات الميتةحديثا. فالانواع الاضخم والاكثر عدائية تظهر اولا لتتغذى على قطع كبيرة من اللحم . ثم تأتي الانواع التي تمزق القطع الاصغر . واخيرا تأتي الانواع التي تنظف الجثة وتجعلها بيضاء وذلك بالتقاطها للقطع الصغيرة من اللحم ، من العظام المفردة . وعندما تصبح الجثة نظيفة تكون الحيوانات كلها قد تفرقت ولهذا فلأن المصدر هنا مؤقت ، فلا يوجد مجتمع ذروة .

ويحدث التعاقب طبعا في **البيئات** المائية العذبة والمالحة . فالبحيرة قد تمر بثلاث مراحل تعاقبية : الصغيرة (**عديدة التغذية** oligotrophic) ، متوسطة العمر (**حقيقة التغذية** eutrophic) ، والهرمة (**ذات التغذية الناقصة أو السيئة** dystrophic) فالبحيرة عديدة التغذية هي بصورة نموذجية بحيرة ذات ماء نظيف صاف وحواف مائلة بعمق على صورة حرف V وذات قعر صخري . ويوجد القليل من الغطاء النباتي اما على الشواطيء او على القعر . والمواد الغذائية المذابة فيها نادرة . ومع مرور الزمن ، فان التعرية المنتجة للغرين ونمو النباتات تحولان هذه البحيرة المعقمة نسبيا الى الحالة الثانية والخفيفة التغذية . هذه المرحلة يمكن ان توصف بأنها ذروة أصل الحياة في البحيرة . والقعر هو رواسب الطين الغنية بالمواد الغذائية . فالمواد الغذائية المذابة والاوكسجين وافرة وتسند مجتمعات مختلفة من الحيوانات والنباتات وبالتدريج. والفضل يعود للتعاقب في الحيوانات والنباتات القاطنة في البحيرة — فان البحيرة قد تسد بالعديد من الكائنات التي تعيش على المادة النباتية والحيوانية المتعفنة الغزيرة . وتصبح البحيرة ذات التغذية السيئة — اي سبخي او مايشبه منطقة

المستنقع (وغالبا يكون الاصل الذي ينحدر منه **الخث** peat bog) . ان وفرة المادة العضوية في البحيرة ذات التغذية السيئة تجعل الماء عالي الحموضة وفقيرا بالاوكسجين ، خالقا بيئة جديدة متخلصة من بعض الانواع ولكنها تقدم فرصا لاستعمارها من قبل انواع اخرى . ان التعاقب من بحيرة صغيرة الى هرمه يحدث عادة على مدة مئات وآلاف السنوات وهو يصعب تعريفه لبركة معينة . ان اجزاء مختلفة من نفس البركة يمكن ان تبدى مميزات عديدة التغذية ، خفيفة التغذية ، او سيئة التغذية ، او قد تبقى البركة في نفس الحالة لآلاف من السنوات . والقوى تدفعها باتجاه الهرم تكون متوازنة بتأثيرات بيئية تميل الى جعلها دائما **شابة** young .

ان ارتفاع او انخفاض الشعاب المرجانية هو مثال على التعاقب في البيئة البحرية ويتقدم التعاقب هنا بخطوات اشد بطءا منه في البحيرة على مدى ملايين السنين .والشعاب تبدأ كمستوطنة من ملايين الكائنات المرجانية الصغيرة (البولب) المتغذية على اللحوم ، والتي تفرز هياكل خارجية من كربونات الكالسيوم . وكلما مات احد هذه الكائنات فان هيكله يتخلف مشكلا في النهاية تركيبا واسعا تكون الطبقة السطحية فيه فقط كائنات حية . ولكن كما هو الحال مع العديد من الانظمة الحية ، فان الشعاب المرجانية الناضجة معرضة للتدمير من قبل قوى تعمل في البيئة الجديدة التي خلقتها . ان الرخويات والديدان البحرية تجد الشعاب بيئة مناسبة تماما ولهذا فان قدرتها على الحفر تضعف كما ان تركيبها يتلف . ان **تاج الاشواك** crown of thorns وهو نجم بحري ضخم يعيش في الشعاب يتغذى على حيوانات المرجان وقد شوهد يدمر مساحة واسعة الشعاب . وحتى الشعاب المرجانية الحية وغير المهددة بخطر خارجي تعتبر في خطر من ان تموت نتيجة لتعاقبها . ان نمو الشعاب مع العصور الجيولوجية قد يصل الى مرحلة يصبح فيها وزنها من الثقل بحيث يؤدي الى غرقها الفعلي واستقرارها بالقعر ، فان الحدود الحيوية الحرجة لدرجات الحرارة والعمق للشعاب يمكن تجاوزها . وانه بدون اضافة شعاب جديدة ، فان المرجان يؤكل تدريجيا بالتعرية وبفعل نشاطات الحيوانات البحرية الاخرى .

ملخص الفصل التاسع والعشرين

يتألف المجتمع الحيوي من اثنين او اكثر من انواع الكائنات الحية تعيش في نفس البيئة وهناك ميكانيكيتان تساعدان في المحافظة على التوازن البيئي في المجتمع الحيوي هما انتاج الانواع اي المعدل الذي به تجمع الانواع المادة العضوية ، والتنوع اي عدد الانواع النباتية والحيوانية المختلفة في المجتمع .

وتتفاعل المجتمعات الحية مع مناطق حياة اوسع تدعى بالمناطق الحيوية وحدود المنطقة الحيوية محددة مناخيا بحيث ان كل منطقة حيوية لها انواع مميزة من النبات والحيوان . وعندما تتفاعل المجتمعات الحيوية في المنطقة الحيوية بعضها مع بعض ، ومع المناخ والطبوغرافيا والوجود الطبيعي فان بعض المجتمعات تعتبر ثابتة نسبيا والبعض الآخر غير مستقرة ، والمناطق الحيوية الست الرئيسية لليابسة هي التندرا ، الغابة الصنوبرية ، الغابة المتساقطة الاوراق ، والأراضي الحشائشية ، الصحاري والغابات المطيرة الاستوائية . اما منطقتا الماء الرئيسية فهما الماء العذب والبحري (المحيطي).

تتميز التندرا بالحرارة المنخفضة والهطول المنخفض . هذه الظروف تعطي التندرا تربة رديئة وفصل نمو متغير . ولقد تكيفت النباتات لهذه الظروف بالنمو على مقربة من الارض الدائمة نسبيا . ولقد تكيفت الحيوانات في

التندرا للمحافظة على الحرارة .

تتميز منطقة الغابة الصنوبرية بالاشجار دائمة الخضرة ، وهي بـــاردة مع هطول مطر معتدل ومع أن اعشابا قليلة او نباتات صغيرة تنمو في هـذه المنطقة الحيوية ، فان الانتاج أعلى مما هو في التندرا .

ان منطقة الغابة المتساقطة الاوراق والتي تتميز بالاشجار التي تستجيب للظروف غير المناسبة باسقاط اوراقها ، هذه المنطقة ذات مناخ رطب ومعتدل. ان الاوراق المتحللة والمادة العضوية الاخرى تنتج تربة سطحية خصبة . وتحت هذه الطبقة السطحية يعيش اعظم تركيز من اشكال الحياة الحيوانيـــــة التي تعيش في الغابة المتساقطة الاوراق . ومنطقة الاراضي الحشائشيـــــة ايضا ذات تربة سطحية غنية ولكن معظم سكانها من الحيوانات مكثت فـــوق الارض . وتقع منطقة الغابة المتساقطة ومنطقة الاراضي الحشائشية الى حـد كبير في المنطقة المعتدلة . ان هذا يعطيها شتاء باردا وصيفا حارا . ومنطقـــة الاراضي الحشائشية التي تقع جزئيا في المنطقة الاستوائية ، لها فصل جـاف طويل . وتتجمع حيوانات منطقة الحشائش في قطعان للحماية وهي متكيفة للترحال في الاراضي المفتوحة المنبسطة في فصل الجفاف .

والصحراء شديدة الجفاف .وتربتها تتكون من دقائق رملية تحملها الرياح. والمواد الاثقل تشكل الرصيف الصحراوي . وتتكيف حيوانات ونباتات الصحراء مع البيئة الجافة . وتشبه التندرا ، اذ ان ظاهرة الصحراء هي الانتـــــاج السريع للحيوانات والنباتات .

والغابات الاستوائية الماطرة هي بعكس البيئات الحية . وذلك ناتج عن سقوط الأمطار الغزيرة خلال العام . وفيها نباتات وافره النمو (خصبـــة) والحيوانات فيها ايضا عديدة التنوع وكثيرة ، ومعظم الحياة النباتية والحيوانية موجودة بالجزء العلوي المضيء او المنفذ للضوء تحت قمم اشجار الغابة ، ولكن البعض قد تأقلم خصيصا مع المناطق السفلى .

ويمكن تقسيم المحيط الى ثلاث مناطق : مصاب الانهار الساحلية ، **المنطقة النيريتكية** neritic zone, ، والبحر المفتوح . ومصاب الانهار مناطق ساحلية حيث يمتزج الماء العذب والمالح . ومصاب الانهار خصبة للغاية وتحوي اعدادا كبيرة من **العوالق التي** تقوم بعملية التمثيل الضوئي، والسمك **والمنطقة النيرتيكية ذات** كثافة سكانية (جماعية) عالية، وتبدأ من الخط المنخفض لمنطقة المد والجزر، وتمتد

خارجا فوق **الرف القاري** continental shelf. . والبحر المفتوح الواسع open sea يمكن تقسيمه الى **الطبقة المضيئة** euphotic **(مع الضـــــوء** with light' وهذه قرب السطح ثم الطبقة الأعمق وهي **عديمة الضوء** aphotic **(بدون ضوء** without light') وبالرغم من وجود اعداد كبيرة من العوالـــق النباتية ذات التمثيل الضوئي قرب السطح ، الا ان **البحر الواسع المفتـــوح** open sea قليل الخصوبة .

وهناك نوعان من البيئات الحية في الماء العذب : المياه الراكدة ، والمياه الجارية . والبحيرة جسم من المياه الراكدة متكونة من ثلاث مناطق : **الساحلية** littoral **والضحلة** shallow water ، والمنطقة الاعمق التي يخترقها الضوء **والمتعلقة بالحياة في المياه العذبة** limnetic . والمنطقة الاخيرة فيها اعـــداد كبيرة من النباتات ذات التمثيل الضوئي ، وهذه الطبقة ذات كثافة وتنـــوع سكاني عاليين من الكائنات الحية . والجدول هو جسم من الماء الجـــاري . فالجداول سريعة **الجريان** Lotic تنساب بسرعة من اعالي المنحدرات او الجبال مسببة التعرية . بينما تنطلق الجداول **الناضجة** Lentic ببطء شديد .

ومع ان البيئات الحية ثابتة نسبيا ، الا ان المجتمعات الحية غالبا ماتكون غير ثابتة . وبالانتقال من بيئة حية بسيطة الى البيئات الاكثر تعقيدا فـــان المجتمعات الحية تتطور خلال **مراحل السيرال** seral stages بعملية **تدعـــى التعاقب** succession . ومجموع كل مراحل التعاقب بالجماعات الحية يدعـــى **سير** sere. . والجماعة الثابتة نسبيا لفترة غير محددة تدعى **بالجماعة الذروة** climax community وكل بيئة حية يسودها جماعات ذات ذروة خاصة .

والجغرافيا الحيوية تبحث في توزيع النباتات والحيوانات بمختلف المناطق الجغرافية في العالم اجمع . والباحثون بعلم الجغرافيا يدرسون انتشـــــار وتكوين المستعمرات من الكائنات الحية : وهذه هي كيفية تنقـــل الكائنـــات الحية من منطقة لاخرى والطرق التي بها استطاعت ان تنظم بقاءها . وهناك ثلاث مناطق جغرافية حيوية : وقارات العالم ــ اوروبا ــ اسيا ــ افريقيا ، امريكا الشمالية استراليا وامريكا الجنوبية .

نظـرة فاحصـة

زراعة المحيط

Farming the Ocean

في حقبتنا التي نستشعر فيها الخوف من الجوع، يعتبر الاقتراح القائل بأنـــه لا تزال توجد مصادر غذاء ضخمة لم تمس ، أمرا يبعث الآمـــال بتحقيق نوع من انقاذ الارض من بني الانسان . وكما تتحدث الاشاعات فـــان مصدر الغذاء هذا ــ هو العوالق الموجودة في المحيط ــ تلك الكمية المتجمعـة الواسعة ، غالبا من الكائنات المكروسكوبية التي تسكن المناطق العليا المضاءة من البحر وتشكل الحلقة الاولى من السلسلة الغذائية للمجتمع البحري .

العوالق النباتية التي تقوم بعملية التمثيـل الضوئي ــ وتوصف احيانـا بانها « عشب البحر » ، لان كثيرا من المخلوقات الاخرى تتغذى عليها ــ هي المنتجة للغذاء ، تنتجه بكفاءة لاتصدق . ولقد قدر ان عملية التمثيل الضوئي في البحر ــ غالبا كلها تنجزها العوالق النباتية ــ تنتج ٢٠ بليون طنا من المادة الحية في السنة . وهذا يساوي ضعفين الى ثلاثة اضعاف ذلك الذي تنتجه نباتات اليابسة مجتمعة .

والحيوانات في العوالق اي العوالق الحيوانية ـ تتغذى على العوالق النباتية . وتبدأ السلسلة الغذائية البحرية النموذجية بمفترس من ذات الارجل المزدوجة ، وهو حيوان قشري يصل حجمه الى حجم حبة الأرز ، فيبتلع الدياتومات المتغذية ذاتيا بمعدل يزيد على ١٠٠٫٠٠٠ في اليوم . وبالمقابل فان سمكة صغيرة مثل الانشوفه تأكل الحيوان القشري الصغير ، ومن ثم يأكل الحبار السمكة ، ويأكل سمك التونه الحبار ، واخيرا يتغذى الانسان على سمك التونة .

واثناء ذلك ، فان موت وتعفن الكائنات المتعاقبة في السلسلة الغذائية يعيد المواد الغذائية ثانية الى النظام لكي تستعملها من جديد اجيال جديدة من الدياتومات في انتاجها للغذاء المزود بطاقة من الشمس . وكبقية جميع السلاسل الغذائية ، فان فعالية تحول الطاقة الغذائية والمواد الغذائية الاخرى منخفضة جدا . فلماذا لا نختزل الخسارة في الغذاء بالاعتماد مباشرة على العوالق النباتية ذاتها ؟

ان بساطة ومنطقية هذه الفكرة جذابة ولكنها خادعة لحد ما . فلا تعتبر العوالق النباتية ملفتة للنظر كغذاء ، كما يظهر لكثير من الناس . واحد الاسباب هو انها تحتوي على نسبة كبيرة من القشرة او المادة الهيكلية التي لايمكن هضمها من قبل الانسان . وكذلك فهي موزعة على كل سطح المحيط . والأمل الافضل لاستخدامها كمصدر غذائي يكمن في زراعتها بدلا من حصاد البحر المفتوح . وحتى لو افترضنا انه يمكن ذلك بصورة منظمة فان العملية ستكون مكلفة وصعبة .

وتبرز العوالق الحيوانية صعوبات معقولة واقل اعاقة كمصدر غذائي يمكن حصاده . كما انها تقدم بعض الميزات . واحدها ان العوالق الحيوانية هي بصورة نموذجية اكبر من العوالق النباتية ، ويمكن جمعها بواسطة شباك دقيقة الثقوب . كما ان كثيرا منها قشريات كما في **مجذافية الارجل** و Euphausids التي يفضل الانسان الكبيرة منها ـ كالروبيان والسرطان ـ وجراد البحر لغذائه منذ وقت طويل . والعوالق القشرية هي الان جزء من وجبات بعض الناس وبصورة خاصة سكان البحر المتوسط والقطب الشمالي . والقشريات ، تحتوي على تركيز عال من البروتين القابل للهضم وهي غنية بالفيتامينات مثل ، أ ، د . بالمجموع فان الانتاج السنوي لمجتمع العوالق

الحيوانية للمحيط يستطيع ان يغذي اضعاف المجتمعات الانسانية الحالية ولفترة زمنية طويلة .

فما الذي يمنع اقامة مصائد رئيسية للعوالق الحيوانية ؟ ان احدى المشاكل انه بينما الكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية في العالم ضخمة جدا ، فان **المحيطات** ocean التي توجد فيها بالغة التعدد . وعلى اية حال : انه في مناطق معينة من المحيط ، وفي بعض الفصول ، توجد تراكيز عظيمة من العوالق الحيوانية ، وبصورة دراماتيكية في البحار القطبية اذ يبدو انها تنجذب بعضها الى بعض هناك بسبب وفرة مواد الغذاء ففي المنطقة القطبية الجنوبية مثلا لفتت الانظار تراكيز الحيوانات القشرية مثل krill (Euphausia Superba) وهو حيوان قشري من euphausid أو ما يسمى بالبروسيان الصغير وبقد وجدت احد الدراسات السوفياتية ان طنا واحدا من krill يعطي لحما للخنازير النامية بمقدار ٧ ــ ٨ اطنان عما تعطيه حبوب الغذاء التقليدية . الفائدة الكامنة لمصادر غذاء الانسان تبدو واضحة . ولكن مزيدا من البحث يجب ان يجري ، فان العلماء يعرفون القليل عن النتائج البيئية في مجتمعات العوالق المحيطية ، بكميات ذات احجام لاستعمال الانسان . ان الحصاد السنوي المخزون من krill الموجود في القطب الجنوبي مثلا قدر بما لايقل عن ٥٠ مليون طن ولكن اذا طورت وسائل التقنية لاستغلال ال krill على نطاق واسع فما هي التأثيرات في الشبكات الغذائية المتداخلة في البحر ــ بادئا مثلا بالحيتان التي اصبحت تعاني من الخطر في الوقت الراهن .

واخيرا فان حصاد العوالق يعتمد على مصدر التزويد الصحي المستمر . ولكن اذا استمررنا في صب الملوثات (الفضلات المنزلية) ماءالمجاري ، والزيوت المستعملة ، والفضلات الاشعاعية ، الى المحيط بمعدلها الحالي فاننا قد نخلق بيئة لاتستطيع العوالق العيش فيها . واذا حدث هذا فان النتائج سوف تكون بالطبع اخطر بكثير من مجرد انقاص المصادر الغذائية الانسانية . ان حرماننا من العوالق ذات التمثيل الضوئي مثلا : ربما جعلنا نجد انفسنا بدون اكسجين .

Fig. 5

الفصـــل الثلاثـــون

المصادر والتلوث

Resources and Pollution

تشكل المركبة الفضائية لرجال الفضاء نظاما بيئيا مصغرا ، يزودهم بكل ما يحتاجون اليه للبقاء في تلك البيئة الغريبة . فهم بمعزل عن تاثير الاشعاعات الفضائية الشديدة ، وكذلك عن فراغ تلك البيئة ، ويحملون معهم الاكسجين، والماء ، والطعام اللازم للاستعمال في رحلاتهم . وتدفئهم أشعة الشمس ، كما تدفيء الارض ، وبالتالي تزودهم بالطاقة من خلال خلايا شمسية وذلك لتسيير المركبة . وباستطاعة رجال الفضاء ان يروا الارض بيئتهم التي نشأوا فيها ، وتظهر لهم الغيوم غلافها الجوي ، ويمكنهم التمييز بين اليابسة والماء ، وكذلك بين المناطق المزروعة والصحاري والمناطق الثلجية . اذا فتحت هؤلاء الرواد توجد الارض ، البيئة الأصيلة ، التي يعتمد الانسان في النهاية على مصادرها .

هذه المصادر تشمل كل ما يريده الانسان وما يحتاج اليه ويحصل الانسان على كثير من حاجاته الاساسية مباشرة من خلال المصادر الطبيعية الموجودة في بيئتنا العادية . فاذا امتنعت عن التنفس لفترة بسيطة فسوف تشعر برغبة

متزايدة للهواء بما يحتويه من اكسجين ضروري . والماء بنقائه يزيل العطش ، والاطعمة المختلفة تزيل الجوع .

ان الارض تزودنا بالحاجات الضرورية والاساسية ولكن (حضـــارة) الانسان وما بها من تكنولوجيا خلقت اشياء اخرى كثيرة . جعلتنا نحتـــاج الى اشياء جديدة من نار للطبخ والتدفئة ، وطاقة للضوء وللصناعة ، والتنقـل من مكان لأخر وادوات واوعية لتجهيز بيوتنا ، ومزارعنا ، ومصانعنا ، وكذلك البشرية تزداد باطراد . ومستويات العيش ازدادت بشدة وبسرعة وكذلـك توقعات الحياة الافضل . فاذا اضفنا نمو المجموعة البشرية الى التكنولوجيـا والى زيادة التوقعات ، فان الطلب على مصادرنا الطبيعية سوف يتضاعـف كثيرا .

استنزاف المصـــادر Resource depletion

الى أية حدود تستطيع المصادر الطبيعية في كوكبنا الاستمرار في التزويد؟ اظهرت بعض المصـــادر مؤخرا اشارات النفاذ ، واظهـــرت مصـــادر أخرى تلوثا لدرجة كبيرة . نحن نحب سياراتنا ولكننا نبغض الدخـــان الذي تنفثه في مدننا ، اننا ندعو الى انشاء الصناعات في قرانا ولكن مخلفاتهـا تفسد الهواء ، وتسمم الانهار والبحيرات . نحن نقدر سهولة حركة المحـرك العصري ، ولكن مما يدعو للقلق ، ما تفعله مخلفات المحرك النفاث في الغلاف الجوي وطبقة الأوزون . ولكن عجبا ، متى سنصل (ام هل وصلنا) الى حـد ان هذا التلوث سيؤثر في المناخ ، محدثا عصرا جليديا جديدا او كارثة لذوبان قمم الثلوج القطبية . ان الزيادة الاجمالية لاستعمال المصادر من اجل تغطيـة حاجات النمو ، احدثت عدة صراعات تتركز حول استنزاف او استنفاذ المصادر والتلوث الناتج عن استعمالها .

السكـــــان Population

ربما يكون النمو السكاني من اهم عوامل استنزاف الموارد الطبيعية.وهذا التفجر السكاني حول الارض يزيد من تزاحم الناس على هذه الموارد التي سوف

الشكل (٣٠ ــ ١) :

الاستعمال النهائي	نسبة الاستعمال الكلي
الاستعمال الصناعي	
استنتاج بخار	١٦ر٤
حرارة مباشرة	١١ر٠
استنتاج كهربائي	٨ر١
وقود كمواد خام	٦ر٥
التحليل الكهربائي	٢ر١
المجموع الكلي	٤٢ر٣
الاستعمال التجاري والمنزلي :	
تدفئة الحيزات	١٧ر٧
تدفئة الماء	٤ر٠
تبريد الهواء	٢ر٩
تثليج	٢ر٣
طبخ	١ر٢
اضاءة ــ آلات بيتية صغيرة	٤ر٩
المجموع الكلي	٣٣ر٠٠
النقل بما فيه الافراد والامتعة :	٢٤ر٧
المجموع العام	١٠٠ر٠٠

الشكل (٣٠ ــ ١) : المصدر الذي اصبح له الامريكيون على نحو مفاجيء ومؤلم ، واعني هو الطاقة . وهذا الجدول يبين نسبة مجموع الطاقة المستعملة في الولايات المتحدة وقد حسبت لكل فئة رئيسية مختلفة .

تنفد قريبا . ولكن هذا القلق ليس له دائما ما يبرره . صحيح انه قد بلغ عدد سكان امريكيا في سنة ١٩٧٠ (٢٠٥) ملايين ثم في سنة ١٩٧٥ وصل العدد الى (٢٢٠) مليون نسمة ولكن قد حدث في سنة ١٩٧٣ ميل غير متوقع نحو عدد النسل وسرعة الاخصاب . فنسبة عدد الاطفال في العائلة الامريكية الواحدة الآن قريبة من الرقم الذي سيفضي في النهاية الى ثبوت عدد السكان ، اذ تحل الاجيال الجديدة محل القديمة . وهكذا يستمر عدد السكان بالازدياد ، ولكن سرعة هذا الازدياد قد قلت في الوقت الحاضر على الاقل .

ويوجد تحليل آخر للنمو السكاني العالمي يميز بين السكان في البلدان المتقدمة وفي البلدان الاقل تقدما فنسبة الوفيات في البلاد المتقدمة اقل منها في

البلاد الاقل تقدما ، نظرا للتقدم الصناعي والطبي . ولكن نسبة المواليد استمرت لفترة بنفس المعدل السابق ، ثم هبطت بالتدريج حتى تتوافق مع معدل الوفيات المتدني . والدول الاقل تقدما شعرت بالتاثير الكامل لهذه الثورة في السنوات الاخيرة . فالبرامج الصحية والطبية قللت من نسبة الوفيات العالية في هذه البلدان ولكن نسبة المواليد مازالت عالية نظرا لسرعة التقدم التكنولوجي، فوصولها لدرجة المساواه بين كل من نسبة الوفيات ونسبة المواليد يمكن ان تستغرق مدة زمنية بين (٣٠ ــ ٥٠) سنة وحينها يكون نمو المجتمع صفرا . وهذا لايعني ان معظم البلدان ليس لديها مشاكل سكانية خطرة ولكنه يشير الى ان حل هذه المشاكل يمكن ان يتم بالوسائل المتوافره .

الغـذاء والمجاعات — Food and famines

يلعب نمو السكان المتزايد دورا في استنزاف الموارد ، وتلويثها ، ولكن هذا هو عامل واحد من عدة عوامل اخرى ولننظر مثلا لتعقيد مشكلة نموذجية واحدة ، المجاعة . خلال سنة ١٩٧٣ انتشرت المجاعة في ستة اقطار (السنغال، وموريتانيا ، ومالي ، وفولتا العليا ، والنيجر ،وتشاد)واقعه على طول حزام يقع جنوب الصحراء الكبرى . وفي تلك السنة توفي حوالي مئة الف شخص وعاش سبعة ملايين على تبرعات اغذية من دول اجنبية .

وفي سنة ١٩٧٤ انتشرت المجاعة مرة اخرى وكانت الزيادة السكانية احد العوامل فنسبة زيادة السكان في تلك البلدان هي (٥ر٢ ٪) سنويا ففي سنة (١٩٧٠) زاد عدد السكان الثلث بينما كانت الزيادة في المواشي ضعف ما كانت في الجيل السابق .

وهناك عامل آخر هو الجفاف الذي بدأ في اواخر الستينات وقد عزا بعض الباحثين سبب ذلك الى تغيير المناخ لامتداد الصحاري جنوبا بمعدل ٣٠ ميلا في السنة . واخرون اضافوا اثر الرعي الزائد اعتقادا منهم بأن هذا الانخفاض في معدل سقوط الامطار لا يتلاءم مع الزيادة الحديثة في المواشي . وقد دعم هذه النظرية اكتشاف شريط اخضر في وسط المنطقة المصابة بالجفاف . وقد سمح لاصحاب المراعي برعي خمس الارض سنويا وذلك لكي تبقى مراعيهم خضراء . ومن جهة اخرى فالرعي الزائد خضع للتغير تبعا

لتغير طرق الترحال والتنقل بين رجال القبائل البدوية . فالحكومات الحديثة منعت حرية الحركة وشجعت الرعاة على الاستيطان . وكذلك شجعت زراعة القطن والفول السوداني فاستنفاذ الموارد في هذه المنطقة الزراعية ربما يكون بتاثير تلك العوامل مجتمعه . وكذلك المجاعة التي انتشرت نتيجة الجفاف الطويل .

وتحصل مجاعات في بلدان غير التي ذكرناها ، وذلك سنويا تقريبا ، منذ الحرب العالمية الثانية . والاسباب مختلفة تشمل نسيجا معقدا من العوامل الفيزيائية والانسانية . فهناك الهزات الارضية في (أمريكا اللاتينية) ، والجراد في (الشرق الاوسط) ، والجفاف والفيضانات وعدم التنظيم في (الهند والباكستان) والفيضانات وسوء التوزيع الزراعي في (الصين) .

المعادن والوقود الخام Minerals and fossil fuels

منذ العصر البرونزي والحديدي ، صنع الانسان ادوات واوعية من المعادن التي جمعها عن سطح الارض استخرجها من باطن الارض . ولكن المعادن توجد في مواقع محددة وعلى الاغلب فانها غير قابلة للتجديد وتهمل بعد الاستعمال الاول . ومع ان بعضها يمكن اعادة تصنيعه الا ان ذلك غالي التكلفة ، من هذه الناحية فالمعادن تختلف عن الارض ، والماء والهواء ، والمصادر التي يمكن تجديدها بعد التنقية والاستخلاص بالطرق المناسبة ، واستخدامها مرة تلو المرة .

ان المدنية الصناعية ارتكزت وبتزايد مستمر على استعمال المعادن الثقيلة، التي توفر القوة اللازمة لبناء الجسور ، والسكك الحديدية،والعمارات الشاهقة وطرق الاتوستراد . وانتشار الصناعة واعداد نتاجها المتعدد الاصناف لم تعمل على استخراج المزيد من هذه المعادن فقط ، بل ادت ايضا الى استهلاك كميات كبيرة من الطاقة ، وذلك لتصنيع هذه المعادن . وهذه الطاقة مشتقة من الوقود الخام كالفحم والغاز الطبيعي والبترول . وهذه المصادر الطبيعية بدأت تتلاشى من الكرة الارضية . فأغنى مناجم الحديد الخام في مينيسوتا المستعمل في الافران ومصانع الفولاذ في بنسلفانيا تستنفد ثم لا بد من استعمال الخامات ذات الدرجات الدنيا بتركيزها اولا قبل استغلالها استغلالا مجديا . والقصدير ، والزنك ، والرصاص ، والنحاس ، استخرجت خاماتها من مكان بعد الاخر والاحتياطي منها اخذ في الهبوط .

وبناء على معدل الاستهلاك المتزايد ، فان نصف خامات الكرة الارضية

الخام الطبيعي	الاحتياطات العالمية المعلومة	النسبة المتوقعة لمعدل النمو بالاستهلاك لكل سنة	معدل الاستهلاك العالمي الحالي	سنة الاستنفاد * معدل النمو بالاستهلاك الحالي	الاحتياطي العالمي المعلوم مضروب بخمسة (١)
المعادن الصناعية					
قصدير	٤٫٣ مليون طن طولي	١٫١	١٧	١٥	٦١
خارصين	١٢٣ مليون طن طولي	٢٫٩	٢٣	١٨	٥٠
رصاص	٩١ مليون طن طولي	٢٫٠	٢٦	٢١	٦٤
نحاس	٣٠٨ مليون طن طولي	٤٫٦	٣٦	٢١	٤٨
تنجستون	١٫٥ مليون طن طولي	٢٫٥	٤٠	٢٨	٧٢
منغنيز	٠٫٨ مليون طن طولي	٢٫٩	٩٧	٤٦	٩٤
الومنيوم	١٧٫١ بليون طن طولي	٦٫٤	١٠٠	٣١	٥٥
نيكل	٠٫٧ بليون طن طولي	٣٫٤	١٥٠	٥٣	٩٦
حديد	١٠٠ بليون طن طولي	١٫٨	٢٤٠	٩٣	١٧٣
كروم	٧٨٫ بليون طن طولي	٢٫٦	٤٢٠	٩٥	١٥٤
المعادن النفيسة					
الذهب	٠٫٠٣٥٣ بليون آونس	٤٫١	١١	٩	٢٩
الفضة	٥٫٥ بليون آونس	٢٫٧	١٦	١٣	٤٢
مجموعة البلاتين	٠٫٠٠٤٢٩ بيلون آونس	٣٫٨	١٣٠	٤٧	٨٥
وقود المستحاثات					
البترول	٤٥٥ بليون برميل	٣٫٩	٣١	٢٠	٥٠
الغاز الطبيعي	١٤٫١ × ١٠ قدم مكعب	٤٫٧	٣٨	٢٢	٤٩
الفحم	٥٠٠٠ بليون طن	٤٫١	٢٣٠٠	١١١	١٥٠

الشكل (٣٠ ــ ٢) : الاحتياطي العالمي للمصادر الطبيعية غير المجددة ، وسنة الاستنفاد لها تبعاً لمعدلات مختلفة من الاستهلاك معتمدة على بيانات ١٩٧٠ .

(١) البيانات مأخوذة من ميدوز وزملائه ، « حدود النمو » ، نيويورك ، الكتب الكونيـــه ١٩٧٢ . البيانات في الاعمدة الاخرى من المكتب الفدرالي للمعادن والمناجم ، حقائق ومشاكل ، واشنطن (د. س.) ١٩٧٠ .

المعدنية الصناعية المذكورة سوف تستنفد خلال خمسين سنة ، وستنفد جميعها في اقل من قرن بما فيها الالمنيوم والنيكل والحديد . اما المعادن الثمينة فانهـا تتناقص بشكل خطير مع ان مجموعة البلاتين لايزال وضعها جيدا .

وان تدفق « ذهب » جديد على وشك ان يبدأ : وذلك لاستخراج المنغنيز من قيعان المحيطات ، فبعض العلماء يعتقدون أن كريات المنغنيز تتكون بفعـل بعض الحيوانات الاولية في الاثار الضئيلة من المعادن الموجودة في مياه البحر. ويعتقد علماء اخرون ان الحيوانات الاولية تعمل على زيادة سرعة الترسيب . وقيمة هذه الكريات تكمن في الكميات الكبيرة من المعادن التي تحويها ، لا مـن المنغنيز وحده بل كذلك من الحديد ، والنيكل ، والكوبالت ، وكميات قليلة مـن معادن اخرى . وهذه الكميات البسيطة يمكن ان تصبح المصدر الرئيسـي لهذه المواد ، لان المصادر الارضية تستنفد باستمرار ، ولكن هذه الكميـات ضئيلة جدا وتنمو بمعدل (١ ــ ١٠٠) ملم في كل مليون سنة . فهي كالوقـود الخام مصدر غير قابل للتجديد ما لم تبتكر وسائل لزيادة معدل سرعة نموها .

واحتياطي البترول المعروف على الكرة الارضية يمكن أن يستمر(١٥ــ٣٠ سنة او ربما (٤٥ ــ ٥٠) سنة اذا اكتشفت كمية تساوي خمسة اضعاف الاحتياطي المعروف . وفي سنة ١٩٧٥ اظهرت الاستطلاعات الجيولوجية فـي الولايات المتحدة أن تقديرات الاحتياطي من البترول لها هو نصف التقديـرات السابقة . لذلك فان الحكومة تحتاج الى عدة شركات قوية من اجل استخدام الفحم بدلا من البترول او الغاز مع أن نوعية ذلك الفحم رديئة وتزيد من تلوث الهواء . ان الفحم اصبح الوسيلة الوحيدة كوقود خام (مع انه غير قابل للتجديد وملوث للجو)وسيبقى ايضا مصدرا بعيد الامد للغاز وقطران الفد ومشتقـات بترولية يمكن اشتقاقها منه .

واستخدام القوة النووية للحصول على الطاقة اللازمة يتوقع ان يزيـد بسرعة في نصف القرن القادم ، فخامات اليورانيوم اللازمة للانشطار النووي كافية على الاقل حتى عام (٢٠٢٠) م .

فاذا تطورت عمليات الاندماج النووي كما يتوقع ذلك كثير من العلمـاء في سنة (٢٠٠٠) فان مياه البحر ستعطي كميات كافية من الوقود الاندماجـي مثل الهيدروجين الثقيل (الديتريوم والتريتيوم) لملايين السنين وبدرجة تلوث قليلة .

اليابســـــة Land

يغطي الماء حوالي (٧٠ ٪)من سطح الارض اما الباقي فهو ارض (يابسة ، وهي مصدر طبيعي اساسي وقابل للتجديد ، فاليابسة بيئتنا الطبيعية ومنها غذاؤنا . وغاباتها ونباتها تساعد على توافر الاكسجين وغيره من العناصر البيئية ، وهي تمدنابقسطمن الحيز الذي نحتاج اليه للاستجمام . وقد يكون مما يثير الدهشة ان نعرف ان في الولايات الثماني والاربعين (عدا هاواي والاسكا)، يستغل لاغراض السكن ما يزيد قليلا عن ١٪ من اليابسة ويستغل للاستجمام والنشاطات الاخرى ٢ ــ ٣ ٪ . اما النسبة الكبيرة فهي ٣٤٪ للرعي و ٣٣٪ للزراعة و ٣٢٪ للحراج والسبعة في المئة الباقية فتشمل الطرق ، المطارات ، والمخازن ، المناطق العسكرية ، الصحارى ، والمستنقعات والصخور العارية والجبال شديدة الانحدار .

فالمدن في الولايات المتحدة لا تشكل اكبر مشكلة بالنسبة لاستعمال الارض ، ولكن هنالك مشاكل اخرى ، فالمراعي عرضة للرعي الجائر . ان البايزون يكاد ينقرض نتيجة زيادة اعداد قطعانه وعدم توافر المراعي لهذه الاعداد الكبيرة . كما سبق أن كاد ينقرض لكثرة اصطياده من قبل المستوطنين الاوائل القادمين من شتى انحاء العالم . اضف الى ذلك ان التربة غير المحمية تتعرض للتآكل بفعل الرياح والماء وهذه مشكلة خطيرة في امريكا منذ أيام « العواصف الغبارية » في الثلاثينات من هذا القرن . ان الرياح التي تهب في فصل الجفاف على الارض الجرداء تحمل بعيدا اطنانا من سطح التربة ، وعندما تتناقص الغابات بسبب النيران أو القطع ، فان الرياح تمر فتحمل معها الاتربة برواسب الجداول والانهار لتنقلها في النهاية الى المحيط . وبالرغم من ان الغابات قابلة للتجدد الا انها تحتاج الى عشرات السنين قبل ان تعود لحالتها الاصلية .

ان التربة بما تحتوية من بقايا عضوية وكائنات حية تشكل مصدرا نفيسا ورقيقا من الممكن ان يستنزف بسهولة اذا استخدم بطريقة غير صحيحة الا ان النيترات والفوسفات تستعمل كسماد لتحل محل العناصر المفقودة في الزراعة المكثفة مثل الدورات النباتية ، لذلك اصبحت غالية الثمن لان بعضا منها

تشتق من البترول وكذلك الري بطريقة غير صحيحة يعمل على زيادة ملوحة وجه التربة مسببا قلة انتاجيتها التي ربماكانت سببا في انحطاط بعض الحضارات القديمة .

الماء Water

الماء مصدر مهم ، ليس فقط لاستعمالنا الخاص ، ولكن ايضا لانه الوسط الذي يعيش فيه الكثير من الكائنات الحية المهمة بالنسبة لنا بصورة مباشرة او غير مباشرة . والماء يتطلب درجة من النقاوة لكل استعمال ويجب ان يتوافر بكمية كافية كلما استعمل . وان انخفاض مستوى الماء الارضي في عدة مناطق



الشكل (٣٠ ـ ٣) : كلما نما المجتمع فان الاراضي القابلةللزراعة تنقص . وأفضل الاراضي الزراعية غالبا ما تجذب المطورين . بالاعلى صورة جوية للارض قرب نيو بورت نيوز ، فرجينا في عام ١٩٣٧ . بالاسفل نفس الصورة عام ١٩٥٣ . الدوائر تبين مناطق مميزة استعملت كدليل.

في الولايات المتحدة يبين ان الماء يستهلك بمعدل اكبر .لذا فان كمية كبيرة من مياه نهر الكولورادو تحول عن مسارها للشرب والري لدرجة أن النهر يجف ويختفي قبل ان يصل مصبه في البحر بمسافة طويلة .

والماء يجدد نفسه اذ يتبخر في الهواء ويعود نقيا بوجه عام على شكل مطر،الا اذا كان الهواء ملوثا بالكبريتات فالمطر يكون حامضا . ولكن حاجتنا الماسة للماء تفرض علينا استعماله عدة مرات في كل دورة ، وفي كل استعمال يصبح اقل نقاوة . فبالاضافة الى الشرب والطبخ والغسيل نستهلك كميات كبيرة لحمل الاوساخ العضوية بالمجاري . وهذا يمكن تنقيته بمعامل التكرير ، ولكن التكلفة عالية ولابد من بناء الكثير والمزيد للتغلب على مشكلات الزيادة في حمل الاوساخ . وتستهلك الصناعة كميات كبيرة من الماء وغالبا ما تعمل على تلويث المصدر . والماء المستعمل لاغراض التبريد يمكن ان يسخن لدرجة كبيرة فيقتل الاسماك والنباتات المائية عندما يعود الى منبعه .والمطهرات الفوسفاتية وكذلك النيترات والفوسفات في الاسمدة تسبب **فقدان القيمة الغذائية** eutrophication **في الانهر والبحيرات** .

الهـــواء Air

من الواضح ان الهواء يكتسب الاكسجين من النباتات الارضية ، وكذلك من النباتات المائية الصغيرة وقد اتت الغازات الاخرى من هيجان البراكين الكبيرة خلال فترة ما قبل التاريخ .فالغلاف الجوي يكاد يكون ثابتا باستثناء نقصان صغير جدا ، وهذا الغلاف يتاثر بالجاذبية الارضية . كما ان الشهب او النيازك تحترق في اعلى الغلاف الجوي فتعطيه غبارا ويأتي المزيد منه من هيجان البراكين ومن الانفجارات النووية والرياح التي تحمل الدقائق المتآكلة عاليا . والغازات الثقيلة مثل ثاني اكسيد الكربون واشعاعات الالات والمواد الكيماوية، والغبار من جميع المصادر ، تبقى في الطبقات الدنيا للغلاف الجوي . وهذا التلوث هو الذي يفسد الهواء ويعمل على استنزافه كمصدر طبيعي .

ذكرنا فيما سبق ان الهيدروكربونات المنطلقة من الطائرات النفاثة والكلورو فلوروميثان المستعملة كطارد للدخان والمثلجات ، من الممكن ان تختزل طبقة الاوزون المحيطة بالكرة الارضية ، وهي التي تحمي الحياة عليها من تأثير

الاشعة الفوق البنفسجية . وهذا احتمال بعيد الامد ولكن ما يقابلنا الان هو تلوث الهواء على سطح الارض وبالقرب من سطحها . فالغازات والدقائق الناتجة عن نشاط الانسان وبخاصة وسائل النقل والصناعة تنتج دخانا كثيفا له تأثير خطير على الصحة العامة ، فاذا لم نتخلص من سوء هذه الملوثات فان الدخان ربما يؤثر بشكل متزايد على الصحة الانسانية فعندما يسافر الشخص عبر الولايات المتحدة فاول ما يدل على وجود مدينة عن قرب هو الضباب الرمادي المسود الذي يلوث الجو امامه .

المناخ Climate

المناخ هو الظواهر البعيدة الامد للطقس وتشمل معدل درجة الحرارة وكميات الترسيب عبر العقود او القرون . والمناخ غير المتقلب نسبيا مفضل بالنسبة لمصادرنا الطبيعية الرئيسية . وقد اثير حديثا سؤال فيما اذا كانت المخلفات الصناعية يمكن ان تؤثر في الغلاف الجوي لدرجة تكفي لتغيير المناخ . والمثال على ذلك زيادة تركيز ثاني اكسيد الكربون في الجو (المشروحة في الفصل السابع والعشرين) ومن ناحية اخرى تبين للعلماء ان هناك تبريدا قليلا في الغلاف الجوي منذ الفترة الحارة التي بلغت ذروتها في الثلاثينات . وهذا يمكن حدوثه نتيجة زيادة الذرات الغبارية في الهواء ، جزئيا من هيجان البراكين ومن تآكل التربة ، وكذلك من دخان المصانع وغير ذلك من التأثيرات الناتجة عن نشاط الانسان ولكن ليس معروفا اذا كان هذا الانخفاض الحراري سيستمر والى متى . ولكن علماء المناخ يرون ان التغيير في المعدل السنوي في الحرارة باقل من درجة واحدة او درجتين يمكن ان يكون كافيا لاحداث تغييرات مناخية من الممكن ان تستمر لقرون ، وربما تؤدي الى عصر جليدي جديد. ولكن فيما اذا كانت تغيرات المناخ يمكن ان تحدث بسبب نشاطات الانسان فان ذلك امر لم يحدد بعد .

التلوث : تدمير المصـــدر Pollution: resource destruction

التلوث بشكل عام هو عملية تكوين مواد او اشكال من الطاقة في بيئة مـــا بشكل اسرع من سرعة التخلص منها او تحليلها او خزنها او اعادة دورتها لذا فانها تصبح ضارة بحياة الكائنات الحية في تلك البيئة . فروث المجاري يمكن ان يستخدم لتسميد الارض ، ولكن كميات كبيرة منها يمكن ان يؤدي الى اصابـــات واوبئة . ولم تكن مشكلة التلوث خطيرة قبل زيادة الكثافة السكانية وبـــــدء الصناعات بانتاج كميات كبيرة من المخلفات فعندما اصبحت هناك اكوام كبيرة من هذه المخلفات المزعجة فان العائلات او القبائل القديمة انتقلت الى اماكن جديدة ولكن المدن لايمكن ان يحدث بها نفس الشيء ، لذلك يجب ان تعالـــج مشكلة التلوث في هذه المدن في مكانها ذاته .

مبيدات الحشرات والاعشاب ...ides and herbicides

ان الحشرات والنباتات المؤذية تقلل من انتاج ال ...ب ، والغذاء وحيوانات المزارع بما يقارب ٣٠ ٪ سنويا . وهناك اكثر من ١٦٠ نوعا مـــن البكتيريا و ٢٥٠ فيروس و ٨٠٠٠ فطر معروفة باحداثها امراضا في النباتات ، لذلك فليس غريبا استعمال المبيدات المختلفة وبشكل واسع .

واول من نبه لخطورة استعمال هذه المبيدات بشكل زائد **راشل كارسون** Rachel Carson في الكتاب *Silent Spring* . لقد تعلمنا الفرق بين **المواد التي يمكن تحليلها بيولوجيا** biodegradable بواسطة الكائنات الحية ثم التخلص منها ، وبين تلك **المواد التي لا يمكن تحليلها** بهذه الطريقة nonbiodegradable مثل ال . د . د . ت ومطهرات مختلفة لايمكن تدميرها وهي اذ تبلغ بكميـــات قليلة تندفع مع سلسلة الغذاء ويزيد تركيزها . ومن اخطر هذه المبيـــــدات الهيدروكربونيات الكلورينية مثل ال . د . د . ت . **الالدرين** ، الديلدريـــــن وثنائيات الفينيل عديدة الكلورين المستعملة في عدة عمليات صناعية ، وال د.د.ت بشكل خاص مادة خطرة وذلك لانها تتحول بواسطة الكائنات الحيـــة الدقيقة في التربة الى ال د.د. اي DDE ، وهي مادة اكثر مقاومة ومتطايرة

ايضا . ولقد اكتشف حديثا أن هذه المبيدات يمكن أن تتحول بواسطة الاشعة الفوق البنفسجية الى ثنائيات الفينيل عديدة الكلورين في الغلاف الجوي .

وال.. د.د .ت سام لعدد من الحشرات بما في ذلك البعوض لذا فانه يستخدم بكميات كبيرة للقضاء على مرض الملاريا ، ولكن البعوض ليس الوحيد الذي يتأثر بال د.د.ت ، فكذلك الطيور ، والاسماك ، وغيرها . ان تأثيره السام يمكن ان يستمر لمدة تتراوح بين (١٠ ــ ٢٠) سنة وذلك لانه يتحلل بشكل بطيء ، ان استعمال ال د.د.ت وغيره من المبيدات التي لا تتحلل بيولوجيا قد انخفض حديثا . ولحسن الحظ فهناك طرق اخرى لمكافحة الحشرات والنباتات الضارة فعزلها يمنع انتشارها . وانواع الاغذية مثل القمح يمكن ان تعامل جينيا لكي تصبح مقاومة للفطريات والحشرات الضارة يمكن مقاومتها وذلك بانتاج نسل عقيم لمنع تكاثرها ، وكذلك الزراعة ، والحصاد في اوقات مناسبة وتنظيم الري .

فضلات الصناعة والنقل Industrial and transportation wastes

ان عمليات انتاج الطاقة وبالتالي استعمالها أو نقلها هو من اسوأ مصادر التلوث وتستهلك الصناعة الجزء الاكبر من الطاقة ويأتي في المرتبة الثانية استعمالها في البيوت والمشاغل ، أما الباقي فيستهلك في نقل الناس وشحن البضائع .

لنبدأ بالفحم أو احتراق البترول فانه يطرح كميات هائلة من الغبار والغازات في الجو . ويقذف ماء مكثفا ساخنا للبحيرات والجداول وتنقية المواد الخام بصهرها تلوث الهواء ، وتترك على الارض اكواما من خبث المعدن المصهور . والماء الجاري فوق خبث المعدن ومن المناجم وخاصة انواع الحفر المفتوحة والقشط ، يلوث الماء . ومصانع التصنيع تساهم في التلوث العام من خلال المواد المستعملة وتحدث كذلك اخطار خاصة على صحة الانسان مثال ذلك، الياف الاسبست المستعملة في العزل وكلوريد الفينيل ومركبات بلاستيكية كثيرة . ومواد كثيرة غير سامة ولكنها بنفس الوقت غير قابلة للتحلل . ان مياهنا الساحلية محملة بكرات بلاستيكية صغيرة ، واشكال اسطوانية ،وكريات من رغوة الستيرين ، وصفائح ، وقطع بلاستيكية وهذه سوف تتراكم بلا حدود

فتغلق البحار وتتداخل في البيئة المائية .

وربع طاقتنا يذهب في السيارات ، والقطارات والشاحنات ، والطائرات التي تحملنا نحن وبضائعنا من مكان لاخر . ومعظم هذه الطاقة مأخوذ من مشتقات البترول التي تحترق في محركات داخلية مطلقة في الهواء مواد سامة مثل اول وثاني اكسيد الكربون ، واكسيدات النيتروجين وهيدروكربونات الرصاص . والمحول المساعد الذي يقلل من هذه الغازات مختلف حوله ، اذ ان البعض يعتقدون ان حامض الكبريتيك الذي يخرجه يمكن اعتباره مادة ملوثة اخرى وغير صحية كتلك المواد التي تقرر منعها .



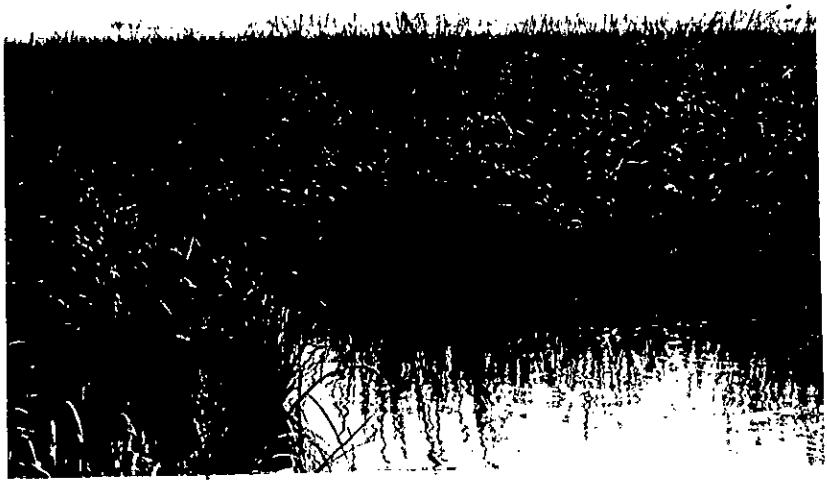
الشكل (٣٠ ـ ٤) :
المياه الملوثة على طول شاطىء بحيرة ميتشغان . والاسماك الميتة في الصورة تظهر ان المشكلة أكثر من انها مشكلة فضلات وبشاعة على السطح : لقد تحطمت بيئة البحيرات .

النفايات المنزليـــــة Domestic wastes

كل بيت في الولايات المتحدة يلقي على الاقل كيسا او برميلا من المهمـلات اسبوعيا مع عدة جالونات من المخلفات السائلة . ولا يمكن حرق المخلفات الصلبة خلف البيت لانها تلوث الهواء . ولاسباب صحية فان المخلفات السائلة فـــي المناطق الآهلة بالسكان يجب ان تجمع في مجار وتصرف بعيدا . ان القـــاء النفايات الصلبة في البحر يؤثر في الحياة البحرية ، ومن الممكن ان يلـــوث الشواطىء . والبديل هو دفن النفايات تحت التراب في امكنة خاصة ، ولكـن هذه الامكنة تمتلىء . ويبرز هنا ارتفاع تكاليف عملية التخلص من النفايات ، ولذلك فان حلولا اخرى يجب أن توجد .

المخلفـات النووية Nuclear wastes

هناك مشكلة اخرى مشابهة ، ولكنها اكثر خطورة وهي التخلص مـــن مخلفات المصانع النووية ومع ان بعضها يمكن ان يستفاد منه ثانية فانَ كثيـرا منها يبقى دون ان يتحلل وهذا يتكون من مواد مشعة جدا وتقدر الفترة اللازمـة لتحلل نصف الكمية بفترة نصف العمر والتي تتراوح ما بين (٧٠٠ ــ ٢٥٠٠٠) سنة . لقد اقترح البعض ان تقذف هذه ــ المخلفات بعيدا في الفضاء او فـي الشمس نفسها ، ولكن هذه العملية عالية التكاليف جدا . وقد اقترح وضعهـا في اوعية اسمنتية او فولاذية ، والقاؤها في البحر ولكن قوبل ذلك بشكوك ، لأن هذه الاوعية معرضة لحدوث شقوق . ويعتقد انه اذا القيت في قاع المحيـط في مواقع هبوط القشرة الارضية ، فان هذه المخلفات ستنتقل سريعـــا الى باطن الارض ، ولكن لايعرف الكثير عن هذه العملية . لذلك فا ن المخطط الاكثر توقعا هو وضع هذه المخلفات في المناجم التي انتهى العمل بها ، ولكن مـرة اخرى يخشى احتمال تكون شقوق في القشرة الارضية ، وفي هذه الاثناء تتجمع المخلفات المشعة بسرعة في ممرات ذات جدران سميكة ، حيث يمكن ملاحظـة اية شقوق فيها واصلاحها بسرعة . والى الان تسرب حوالى (٤٠٠ر٠٠٠) جالون من هذه الصفائح المخزنة .



الشكل (٣٠ ــ ٥) : الانسان صانع المستنقع المالح في خليج تشيزابيك . بالاعلـــى يظهر الزرع الاساسي للمسطحات المدجزرية القاحلة . وبالاسفل المنظر بعد ستة اشهر اخرى.



مشاريع حلول — Approaches to solutions

رأينا كيف ان البيئة التي يشكل الجنس البشري جزءا منها تتأثر بتقدمه السريع نحو موقع السياده ، وقد ادى هذا الى زيادة استنفاد وتلوث المصادر الطبيعية الضرورية لبقاء الانسان .

ماهي الخطوات التي يمكن اتخاذها لوقف هذا البلاء ؟

اعـادة التصنيـع — Recycling

من الطرق للتقليل من استنفاد المصادر الطبيعية معاملة نواتج هـذه المصادر حتى يمكن استعمالها مرة اخرى . ومما يجعل هذه العملية ذات فائدة اقتصادية ارتفاع اسعار المواد الخام ، وقد تطور تكنولوجيا الحصول على هذه المصادر وعلى الطاقة من النفايات الصلبة ، وهذا مما يقلل الحاجة الى حرق هذه النفايات والى اماكن تجميعها ، وهذه المواد تشمل المعادن ، والزجاج ، والاوراق والطعام ،و الخشب والبلاستيك وغير ذلك من المواد . والجـزء العضوي من هذه المواد يمكن استعماله جزئيا للوقود او لتوليد الكهربـاء، وجزئيا للالواح الجدرانية ، والالياف او لطعام الحيوان ، ولتسميد الارض . والجزء الاخر يمكن فصله الى المعادن المختلفة والزجاج وغير ذلك بواسطـة عمليات الطفو والجذب المغناطيسي ، ومن ثم استعمالها مرة اخـرى ، فالسيارات القديمة مثلا يمكن ضغطها لعمل الفولاذ ، وكذلك الاوراق يمكـن جمعها ، وتصنيعها ثانية لانتاج ورق جديد . اما الاخشاب والنشارة فيمكـن معاملتها لانتاج الواح الجدران وانواع عدة من البلاستيك يمكن استعمالهـا مرة ثانية ، وبذلك فقد بدات المصانع بتوفير المواد بواسطة تغيير التخطيـط وتحسين كفاءة التصنيع ، وبذلك ايضا يمكن توفير طاقة .

استصلاح الاراضي — Land reclamation

ان مزيدا من الاساليب المفيدة قد ابتكرت لتجديد الارض غير الصالحة ،

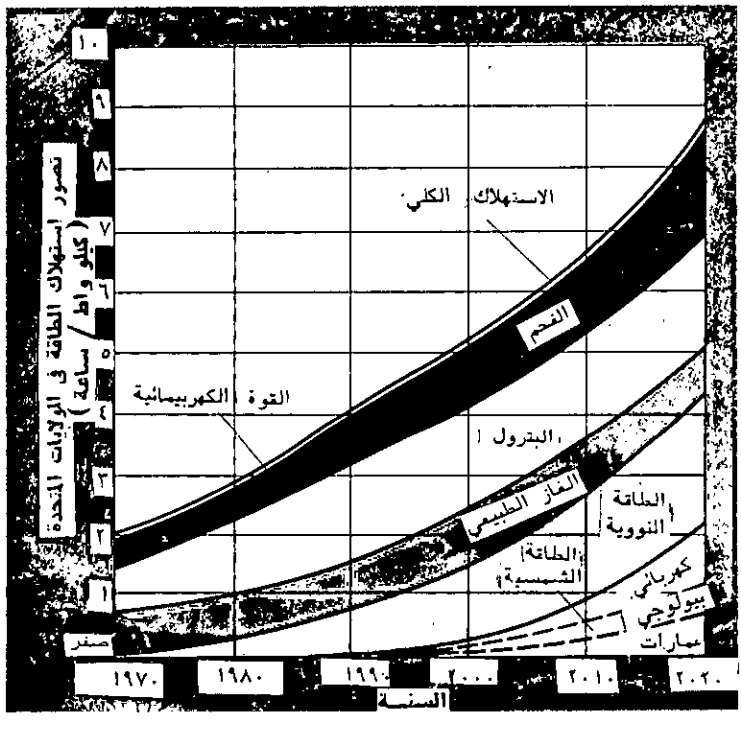
فقطع اشجار الغابات والرعي الجائر منعا عن الاراضي الحكومية ؛ ومنعا ايضا عن معظم الاراضي الخاصة بعد معرفة ضررها . ثم ان الاراضي التي دمرت بفعل عمليات المناجم لا بد من اصلاحها واعادتها الى الوضع الاصلي . وان من العمليات الشائعة الان استعمال الماكينات ، وكذلك حرث الارض المعاكس لاتجاه المياه لمنع تآكل التربة . والطرق الجديدة في الزراعة والتربية ودورة المحاصيل والتسميد والحصاد تساعد كلها في منع استنزاف الارض ، ولقد طورت طرق الري الحديثة ، التي تقوم على ادخال الماء تحت السطح ، وذلك لمنع ملوحة الارض ، وكذلك الاستنزاف ، وهي توفر ايضا الماء الضروري .

ان تدمير مصاب الانهار والمستنقعات المالحة على نطاق واسع يبدو انه آخذ بالتناقص ففي احدى التجارب قام مهندسوا الجيش الامريكي بتغطية ارض تغمرها مياه المد بالطمي والرواسب المتوافرة في الخلجان ، ثم بذروا فيها حشائش من التي تنمو في المياه المالحة ، وبعد سنة تكون مستنقع مالح يمنع انجراف تربة صالحة يعيش عليها احياء تتغذى بها اسماك الخلجان والشواطىء . ولقد زرعت ثلاث من هذه المستنقعات على شاطيء مريلاند الشرقي ويزرع الان مستنقع ماء عذب على نهر كولومبيا في ولاية اوريجون كما يستصلح مستنقع مانجروف في ولاية فلوريدا . ومن الممكن ايضا أن تستصلح الاراضي غير الصالحة او المتآكلة . وذلك بتغطيتها برواسب كتلك التي تتجمع خلف السدود .

مصادر الطاقة الجديدة — New energy sources

ان جهودا تبذل لايجاد مصادر اخرى للطاقة . وبالرغم من أن استخدام الطاقة الشمسية ليست فكرة جديدة ، الا أن الاهتمام بدراسة احتمالاتها يتزايد في هذه الايام . وتبذل جهود جبارة الان في البحث عن ايجاد خلايا شمسية رخيصة التكاليف ، وهذه الخلايا تقوم بتحويل ضوء الشمس الى طاقة كهربائية، ولقد وضع مخطط لجمع الطاقة في اقمار صناعية ضخمة وثابتة ، وارسالها للارض ، وذلك بواسطة الامواج الموجهة ، وهناك طريقة اخرى هي استعمال التمثيل الضوئي في النباتات لانتاج السكر وكربوهيدرات اخرى . وهذه يمكن تخميرها لانتاج الكحولات كمادة بديلة او اضافية للبنزين ، وهناك طريقة اخرى وهي استعمال انظمة الانزيمات لبعض النباتات لانتاج الهيدروجين الجزئي الذي

يمكن أن يحرق لانتاج الطاقة والماء كناتج ثانوي مهم .



الشكل (٣٠ ــ ٦) : تصور مصادر الطاقة الولايات المتحدةالخمسين سنة القادمة تبين المساهمة النسبية من كل مصدر الى المجموع الكلي لتزويد الطاقة .

ملخص الفصل الثلاثين

ان المصادر تؤلف كل ما يحتاجه ويريده الانسان . والمصادر الطبيعية هي تلك الموجودة في بيئتنا العادية . ومما زاد الطلب على المصادر الطبيعية زيادة عدد السكان والتقدم التكنولوجي وهذا ادى الى استنفاد وتلوث بعض المصادر .

وربما يكون النمو السكاني هو العامل الاكثر اهمية في استنفاد هذه المصادر . ومع التقدم في المجالين الصناعي والطبي في القرن الاخير ، فان سنة الوفيات قلت بالرغم من ان نسبة المواليد لم تبدأ بالثبات الا حديثا فقط . أما بالنسبة للدول الاقل تقدما ، فما تزال نسبة المواليد فيها عالية ، ولكن ربما تصل نسبة الزيادة السكانية للصفر في خلال (٣٠ ــ ٥٠) سنة . ان الزيادة السكانية بالاضافة الى عوامل اخرى مثل الكوارث الطبيعية ، والرعي الجائر ، والتغييرات الاجتماعية والسياسية ، من الممكن ان تحدث مجاعات كالتي تحدث في بعض الاماكن كل سنة تقريبا منذ الاربعينات .

ان معظم المعادن غير قابلة للاستعمال ثانية اي انها تهمل بعد الاستعمال الاول بالمقارنة مع المصادر الاخرى القابلة للاستعمال ثانية مثل الارض التي يمكن استصلاحها او الماء والهواء اللذين يمكن تنقيتهما ، ان التقدم الصناعي

بالاضافة الى استهلاكه للمعادن ، فانه ايضا يستهلك كميات كبيرة من الطاقة المشتقة من الوقود الخام كالفحم والغاز الطبيعي والبترول . وعلى المعدل العالي فان نصف الاحتياطي من المعادن الصناعية يمكن أن تنفذ خلال خمسين سنة . ومن الممكن أن تصبح الكريات الصغيرة من المنغنيز المستخرجة من قاع المحيط هي المصدر الرئيسي لهذا المعدن وكذلك الامر بالنسبة للحديد ، والنيكل والكوبالت ومعادن أخرى . ولكن هذه المعادن تتكون ببطء وهي غير قابلة للتجديد ولتلبية الحاجة الى الطاقة فانه من المتوقع أن يزداد استعمال الطاقة النووية بسرعة .

ان اليابسة التي تغطي حوالي ٣٠٪ من سطح الارض يمكن أن تتعرض للرعي الجائر ، وللتآكل بسبب الرياح ، وكذلك لقطع الغابات من أجل تسوية الارض بالنيران ، او من اجل الحصول على الاخشاب . ان عمليات الري غير الملائمة والزراعة المكثفة تقلل من خصوبة التربة مما يؤدي الى ارتفاع سعر النيترات ، والفوسفات المستعملة في الاسمدة الكيماوية لان كثيرا منها مشتقة من البترول .

والماء مصدر هام ليس فقط للانسان وانما ايضا للكائنات الحية المهمة بالنسبة لنا سواء كانت تلك الاهمية مباشرة او غير مباشرة وفي كثير من المناطق في الولايات المتحدة ، يدل نقص مستوى الماء هناك على أن الماء يستعمل بكميات اكبر من تلك التي تعوضها . وهناك عوامل كثيرة تقلل من نقاوة الماء في كل دورة من الاستعمال ، مثل المجاري ، الملوثات الصناعية ، وتسخين الماء الزائد لاستعماله في التبريد ، وكذلك المطهرات الفوسفاتية ، والنيترات والفوسفات من الاسمدة الكيماوية .

والغلاف الجوي العالي يلوث بالغبار الناتج عن النيازك ، والشهب والبراكين ، وكذلك الانفجارات النووية والاجسام المتآكلة . أما الغلاف الجوي السفلي فيحمل غازات ثقيلة مثل ثاني اكسيد الكربون ، ونواتج الآلات ، ومواد كيماوية ، وكثير من الغبار . أما بالنسبة للهيدروكربونات المنطلقة من الطائرات ومادة الكلوروفلوروميثان الموجودة في الدخان الناتج عن حرق الوقود ، ومن الثلاجات فمن الممكن أن تؤدي هذه المواد الى اختزال طبقة الاوزون الارضية التي تحمي الحياة من تأثير الاشعاعات الفوق البنفسجية .

اما مظاهر الطقس ذات المدى الطويل كمعدل درجة الحرارة والترسبات

عبر العقود والقرون فتشكل ما يعرف بالمناخ . ومن الاشياء التي ربما تؤثر على المناخ وتغيره المخلفات الصناعية .

والتلوث هو تجمع اية مواد او اشكال من الطاقة في اية بيئة بنسبة اكبر من نسبة التخلص منها او تحطيمها او خزنها او اعادة تصنيعها ثانية للاستعمال، لذا فانها تصبح ذات اهمية بالنسبة لحياة الكائنات في تلك البيئة . والكثافة السكانية ، والتصنيع ، يساعدان على التلوث ، وعلى وجود كميات كبيرة من النفايات . وبالنسبة للمواد التي يمكن تحليلها بيولوجيا فانها تحطم بواسطة الكائنات الحية ، اما المواد التي لا تحلل بهذه الطريقة مثل الد. د. ت،والمطهرات المختلفة فانها صعبة التحطيم ، وتدخل الى الجسم بكميات قليلة ، وتسير مع سلسلة الغذاء وتتراكم وتصبح اكثر تركيزا .

ومن اسوأ مصادر التلوث انتاج الطاقة او نقلها من مكان لآخر .والصناعة التي تستخدم الكمية الكبرى من الطاقة فانها تخلف الغبار والغازات ، والماء المسخن ، ومخلفات الصهر ، ومواد ضارة بالصحة مثل الياف الاسبست (الحرير الصخري وهو معدن لا يحترق ولا يوصل الحرارة ، ويوجد على شكل الياف تستخدم في انتاج الاقمشة التي لا تحترق) ، وكذلكلوريد الفنيل ، والبلاستيك غير القابل للتحطيم بيولوجيا . اما البترول فيحترق داخل آلات وينتج عن ذلك مواد سامة تملأ الهواء . والنفايات المنزلية هي الاخرى تلوث وتضر الحياة المائية وتملأ كذلك اماكن رمي النفايات . وثمة مشكلة اخرى هي المواد العالية الاشعاع الناتجة من المراكز النووية التي تتجمع بسرعة ، تلك الموادالتي من الصعب التخلص منها ، وذلك لانها تبقى خطيرة لفترة طويلة .

يمكن التقليل من استنزاف المصادر بواسطة اعادة التصنيع . وهناك طرق تكنولوجية ابتدعت من اجل الحصول على المصادر والطاقة من النفايات الصلبة . ويمكن استخدام الارض مرة بعد مرة ، وذلك بمنع قطع الغابات ، والرعي الزائد ، وحرث الارض بعكس انجراف التربة وكذلك باعادة المناجم الى وضعها الاصلي ، بالاضافة الى الطرق الحديثة في الزراعة لمنع استنزاف التربة . ويمكن ايجاد المستنقعات الملحية لمنع تآكل الشواطىء وايجاد بيئة تستطيع ان تتغذى منها اسماك الشواطىء .

يمكن ان تنتج الابحاث خلايا شمسية رخيصة التكاليف ، ويمكن ان تحول الاشعاعات الشمسية الى كهرباء . وكذلك يمكن استخدام النباتات التي تقوم

بعملية التمثيل الضوئي لانتاج كربوهيدرات يمكن تخميرها للحصول على مواد بديلة للبنزين . والنظام الانزيمي في النباتات يمكن استخدامه هو الاخر كمصدر للطاقة ، والماء وذلك لقدرته على انتاج الهيدروجين الجزيئي .

نظـــرة فاحصـــة

مراقبة الارض بواسطة القمر الصناعي

Monitoring the Earth by Satellite

من الظلام اللانهائي للفراغ ، هناك عين الكترونية يقظة تراقب باستمرار قرصا كوكبيا متعدد الالوان يدور على بعد (٥٠٠) ميل منها ، وتلك العـــين متصلة بهذا الكوكب ، وتمرر معلومات من اجهزة مصممة خصيصا لهذا الغرض لتساعد الباحثين في المراقبة وفهم احوال الكوكب وغلافه الجوي والتنبؤ بها . وهذا الكوكب هو الارض واما العين الالكترونية فهي جزء من نظام ناسا NASA والمعروف بالرمز ERTS ويعني القمر الصناعي لتكنولوجية مصادر الارض الطبيعية Earth Resources Technology Satellite .

منذ البداية في الخمسينات توسعت هذه الاجهزة التي تقوم برصد العالم الخارجي ، فالمهتمون بجغرافية المحيطات وكذلك المهتمون بأنواع البيئة والمصادر والتنبؤات الجوية وجدوا أن معلومات هذه الاقمار ذات فائدة كبيرة لبرامجهم ، ومن ضمنها توقعات حالة الجو ومراقبة التلوث وكذلك تنشيط وتوسيـــــع الاتصالات العالمية . وبالاضافة الى ذلك فاقمار تكنولوجيا مصـــــادر الارض

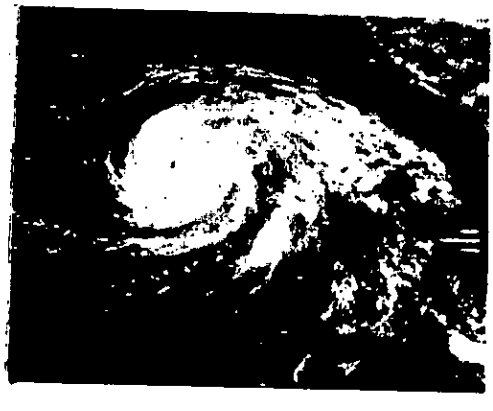
ERTS اضافت الى كل ذلك امكانية عمل الخرائط عن سطح الارض توقعا للكشف عن المصادر ، وكذلك تقوم بحساب كميات المحاصيل التالفة بفعل الحشرات او الامراض ، وتقوم ايضا بتقدير المحصول وانواع الشجر ، والكثافات ، والانتاج المتوقع وتوقعات الزلازل الارضية ، وكذلك تحديد مواقع جماعات الاسماك . وهذا القمر ERTS يدور حول الكرة الارضية مرة كل (١٨) يوما ، ويوجد بداخله نظام خاص يصور الارض باستمرار . وهو يتضمن جهاز ابصار معقد يحتوي على (٣) كاميرات تلفزيونية كل واحدة منها حساسة لجزء مختلف من الطيف المرئي بالاضافة الى جهاز خاص يعمل في مناطق محددة من الطيف المرئي ، وكذلك بالقرب من المنطقة تحت الحمراء . والنظر الى الارض من خلال الاجهزة التي تعمل من خلال الاشعة تحت الحمراء يشبه النظر من خلال العدسات السحرية . فكل شيء يتوهج حسب تركيبه الكيماوي وحرارته ، فمثلا المحاصيل المختلفة اعطت ظلالا والوانا مختلفة اعتمادا على مرحلة نموها ، وكذلك امكن التمييز بين الماء البارد والدافيء .

ومنذ اطلاق هذا القمر ERTS (١٩٧٢) ، فلقد زود العلماء بمعلومات ...ية . وباستخدام الكمبيوتر لتخطيط مسار هذا القمر ، اصبح العلماء قادرين على تمييز الخارطة ، وتقدير درجة صحة او مرض المحاصيل ـ اضافة الى جميع اشكال التربة ـ في عدد من مناطق ولاية تكساس ، وهناك عدد اخر يدرسون الصور تحت الحمراء عن تكاثر الرز في اوقات مختلفة وتحت ظروف مختلفة في اماكن عدة من العالم ، وقد وضعت طريقة لنشر كميات الرز على مستوى عالمي واذا وسع على مستوى المحاصيل الغذائية ، فانه من الممكن ان يؤدي الى ايجاد مصادر غذائية عالمية .

وثمة تطبيقات اخرى لهذه الاقمار في منع فقدان المحاصيل ،والغابات. على سبيل المثال : لقد اظهرت هذه الاقمار وجود ديدان القطن في حقول معينة للقطن في كاليفورنيا ، وذلك قبل ان ترى تلك الديدان على الارض ، تلك الديدان التي كانت قد اهلكت اجزاء كثيرة من المحصول ، هذا الغزو يمكن السيطرة عليه في الحال وذلك لانه اكتشف في وقت مبكر . وهناك الحشرات التي تهاجم الغابات والمزارع اكتشفت بطريقة مماثلة اضافة الى ان هذه الوسيلة الحديثة تعطي املا في امكانية منع حرائق الغابات ، لانها تمكن العلماء من التمييز بين المزروعات الحية والميتة . وبما ان احتراق المزروعات الميتة هو بداية تسبب حرائق



بالاشعة الحمراء ماخوذة بالقمر الصناعي ـ
ا ـ من ارتفاع (٩٠٠) ميل وتبين الجزء الجنوبي
ت المتحدة وجزءا من امريكا الوسطى . المناطق الباردة
تظهر فاتحه والدافئة تظهر غامقة . والخط الفاصل
ا من قمة فلوريدا ويمتد اتجاه الشمال على جانب
الشرقي للولايات المتحدة هو خط الخليج . وبالتمييز
الدافئة والباردة ، فان الرؤيا بالاشعة تحت الحمراء
لى تحديد المناطق الغنية بالاسماك . وفي هذه
ان المياه الدافئة حول شبه جزيرة فلوريدا هي مكان
سماك الصغيرة والصدفية .



منظر ماخوذ بواسطة القمر الصناعي للاعصار جنجر ، صور على مسافة ٦٩٠ ميلا . وقد صور في تموز ١٩٧١ بواسطة قمر الارصاد الجوية نيمبوس Nimbus ، والصورة تظهر بوضوح عين ، مركز العاصفة .



هذه طبعة سالبة تعكس الاضواء والظلال لصورة ماخوذة
الصناعي اذ تبين مركبا يلقي بالفضلات الصناعية
سية في المحيط الاطلسي خارج مرفا نيويورك . والخط
. المتعرج بالوسط هو الفضلات الحامضية ، اما اللطخات
اء الاخرى فتبين اختلافات بدرجة حرارة الماء . وتظهر
لونج في اعلى الصورة وجزء من نيوجرسي يظهر في الجزء
، الشمالي من الصورة .

الغابات ، لذا فمعرفة درجة حيوية هذه المزروعات يساعد في اخذ الاحتياطات اللازمة .

ويؤمل أن هذه المعلومات ستساعد الجيولوجيين في تعيين مواقع المصادر وبسبب هذه الصفات مثل الشقوق او الاصداع ـ الاماكن الكامنة لترسبات ضخمة من المعادن والوقود الخام ـ فانها تظهر بشكل واضح على الصور .فمثلا لقد تم تعيين مواقع في الاسكا من المحتمل ان تحتوي على البترول والمعادن المترسبة .

ويستطيع القمر أيضا أن يساعد في رصد تلوث البيئة فيمكن تخطيط البيئة لاظهار الدخان المنطلق من المداخن فوق مساحات واسعة ، مثل الولايات كلها . اضافة الى ذلك فان رسامي الخرائط يستطيعون الان استعمال المعلومات المتوافرة من هذا النظام لرسم خرائط لمساحات واسعة ، كانت قبل ذلك متعذرة واكثر من ذلك اهمية هو رسم الخرائط في ساعات بدلا من اشهر او سنين .

ولكن من الاشياء غير المرغوب فيها في هذه التكنولوجيا احتمال استغلال الدول المتقدمة لتلك الاقل تقدما والغنية بالموارد الطبيعية ، وذلك بارسال تلك الاقمار القادرة على تحديد المواقع الكامنة لتلك الموارد . فهناك خوف من أن تستعمل الكتل الدولية هذه المعلومات ، وتتحرك لتلك المواقع ، وتقوم باستغلالها قبل أن تكتشفها الدول التي تمتلكها . ولكن ناسا NASA جعلت هذا الخوف غير قائم فهي تبعث بهذه المعلومات مباشرة الى اية دولة يكتشف فيها مصادر موجودة بواسطة الاقمار الصناعية .

وربما يكون هناك نتائج لم تكتشف بعد لهذه الاداة الحديثة وذلك لاننا لا نعرف تطبيقاتها الكاملة ولكن يستطيع المرء أن يؤكد ان اثرها الفعلي سيكون من أجل فهم افضل للفراغ المحيط بالارض وكيف يؤثر على الانسان ويتأثر به .

COLOS

الفصـــل الحادي والثلاثون

الزراعـــة

بناء على الاكتشافات الجديثة للمتحجرات التي عثر عليها **ريتشارد ليكـــي** Richard Leakey في شرق افريقيا ، فقد ظهر الانسان البدائي على سطـــح الكرة الارضية منذ ما يقرب من ٢ر٦ مليون سنة ، وهي فترة حديثة من ناحيـــة جيولوجية . عاش الانسان المعاصر على سطح الارض منـــذ ٣٥ر٠٠٠ الى ٤٠ر٠٠٠ سنة . وطوال وجود الانسان فان كمية الطعام المتوافرة ما زالتتحدد عدد السكان . لقد عاش الانسان مئات الالوف من السنين عيشة مفترسيحصل على غذائه بطرق بدائية ، وخلال هذه الفترة ، فان حجم المجتمعات البشريـــة كباقي الحيوانات المفترسة ، بقي محدودا ، لان ظروف البقاء والحياة كانـــت صعبة للغاية . ولان الانسان عاش على الطعام البري فان عدد السكان على وجه الارض لم يزد على عشرة ملايين نسمة . وهو عدد يقل عن عدد ســـكان لندن او اوهايو او افغانستان حاليا . وبطريقة ما وقبل حوالي ١٢ر٠٠٠ سنة، استطاع الانسان ان يدجن الحيوانات ويربي النباتات وبدأ ينتقل من حياة الصيد

الى حياة الزراعة .

وبعبارة بسيطة جدا ، فان الزراعة صنع انساني يحدث تغيرا في الانظمة الطبيعية يؤدي الى اتساع مصادره الغذائية الحيوانية والنباتية . اي ان حياة الترحل التي عاشها الصيادون تغيرت بشكل جذري عندما زاولوا الزراعة ، وعندما تعلموا كيف يوفرون الظروف اللازمة لاحتياجات الانسان . ومن المحتمل أن المزارعين الاوائل قد استخدموا مقادير ضئيلة من المحاصيل والحيوانات التي كانت تعيش في البراري والتي كانت مصدرا لطعامهم وكسائهم . ومع توفير الرعاية والحماية اللازمة من المنافسين الاعداء فان الانسان قد غير من حياة النبات والحيوان على سطح الارض . وكان طبيعيا أن يسود النوع البشري على الارض في النهاية لانه تعلم كيف يشكل ويصوغ وينقل معظم الاشياء الحية وغير الحية بتفهم كبير بحيث أن آثار هذا العمل انعكست على الالوف من الاجيال القادمة .

وبزيادة فعالية الادوات المستخدمة في الزراعة ، زادت طاقة الكرة الارضية على الانتاج وعليه اتيح لعدد سكان الارض أن يزداد وبحدوث ذلك زادت الحاجة الى مزيد من الغذاء .

أصل الزراعة : The origins of agriculture

مع أن اصل الزراعة ما يزال لغزا يكتنفه الغموض ولم يحل ، فان بعض الدلائل الاولية في غرب اسيا تشير الى التغيير الجذري الذي حصل بالنسبة لمركز الانسان ، فمن صياد وجامع طعام متنقل الى راعي قطيع ومزارع في الجبال العليا المحاذية لوادي دجلة والفرات . كان المناخ ملائما جدا ، والمطر متوافرا شتاء وربيعا يعيد الحياة الى الاعشاب التي هلكت من جفاف الصيف . فنمت اصناف برية من القمح والشعير والبازيلاء والعدس ، كما ترعرعت الاغنام والماعز والخنازير والابقار والحمير والوعول والغزلان والخيول والكلاب .

وفي حوالي ١٠.٠٠٠ قبل الميلاد ، قامت مجموعات الصيادين والمجموعات التي تعيش في التلال حول الهلال الخصيب بترك كهوفها الى مخيمات شبه دائمة . وفي بعض الاماكن ، الى مواقع دائمة او قرى صيد . وكان الناس الذين يعيشون في مثل هذه الاماكن لا يزالون يعتمدون في الحصول على الغذاء على

الصيد . ولكن وجد علماء الاثار المنجل (وهو اقدم الادوات البسيطة التي استخدمت في الزراعة) والمهاريس ، بالاضافة الى اعداد من عظام الحيوانات المدجنة والمستانسة مثل الاغنام والماعز والابقار والخيول اكثر مما اكتشف في اماكن اقدم من هذه ــ فأقام هذا الدليل على ان الغذاء كان يجمع بكثرة ومن المحتمل انه كان يقوى ويحسن عن طريق عمل تجارب التدجين . وتدل الاثار الاخرى على ان الحيوانات قد استانست قبل النباتات وأن الاغنام كانت من اوائل الحيوانات التي دجنت . ومن المحتمل ان القمح والشعير كانا من أوائل النباتات التي زرعت مع أن البازيلاء والعدس قد استانست ايضا في وقت مبكر .

انتشار الزراعة : The spread of agriculture

انتشرت المعلومات الزراعيه بسرعة فوق الكرة الارضية ، فقد انتقلت شرقا عبر اسيا ، وجنوبا الى منطقة دجلة والفرات وعلى نهر النيل الى افريقيا ثم شمالا وغربا الى اوروبا عن طريق حوض نهر الدانوب وسواحل البحر الابيض المتوسط . وفي حوالي ٣٠٠٠ قبل الميلاد كان القرويون قد استوطنوا في جميع السهول الواقعة جنوب الجبال الاسكندنافية واستقروا فيها . وقد قاموا بزراعة أصناف مختلفة من المحاصيل ، وتربية الحيوانات وبقطع الغابات باستخدام فؤوس حجرية .

ويظهر ان الزراعة نشأت بشكل مستقل في الامريكيتين ، وان مراكز نشوئها كانت في المرتفعات ، وفي حوض نهر الامازون ، وفي وسط اميركا ، ويعتقد بعض المختصين بأن الزراعة دخلت اميركا من بلاد اخرى عن طريق الهجرة من خلال مضيق بهرنج أو من خلال الرحلات عبر المحيط الهادىء ومع هذا فانه من المعروف ان الفاصوليا واليقطين (القرع) تزرع منذ حوالي ٩٠٠٠ سنة في العالم الجديد . ومن المرجح ان الزراعة نشأت بشكل مستقل في جنوب شرق اسيا قبل حوالي ١٢٫٠٠٠ سنة تقريبا وان تايلاند هي المركز . ولكن هل نشأت الزراعة في الصين بشكل مستقل أو من خلال المناطق المجاورة ؟ يبقى هذا سؤالا مفتوحا .

وعند حلول الثورة الصناعية ، كانت الزراعة قد عمت جميع بقاع الارض

ومن قبل ذلك بكثير لم يعد الصيد طريقة رئيسية للحصول على الغذاء . واليوم يعيش اقل من ١٪ من سكان الارض معتمدين على الصيد كطريقة للحصول على الغذاء .

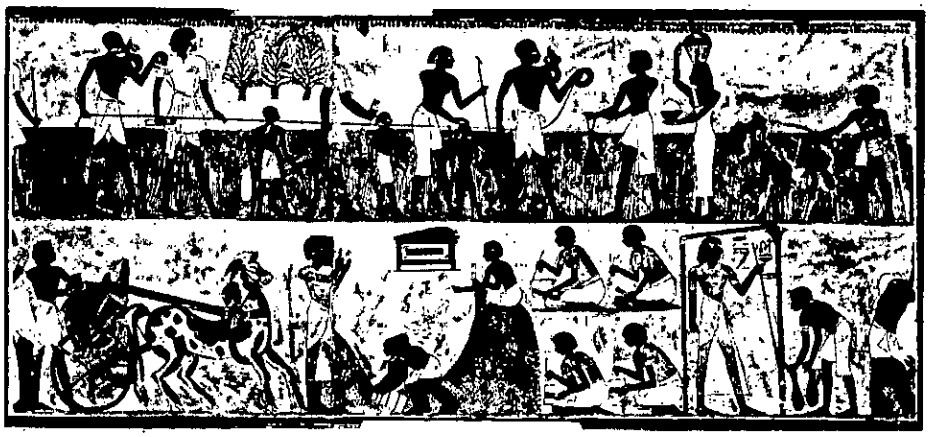
المراحل الاولى في تطوير الزراعة : The early development of agriculture

لقد اعتمد الانسان في جمع الغذاء في الفترات الاولى من حياته وقبل ان يستخدم البذور للزراعة ، على محاصيل الحبوب البرية التي كان يحصدها ويخزن بذورها . وهذا في حد ذاته تحول عن طرق التنقل التقليدية . وقد تعلم الانسان أن يزيد من نمو النباتات وذلك بالتخلص من الاعشاب والنباتات الضارة. وتدل التجارب الحديثة التي اجريت على أحد أصناف القمح البري في منطقة جنوب شرق آسيا ان باستطاعة الرجل الواحد باستخدام المنجل الحجري أن يجمع ما معدله ٤ أرطال انجليزية من الحبوب في ساعة واحدة . وتدرس هذه الكمية باستخدام وعاء خشبي الى ٢ رطل انجليزي من البذور الصافية. وقد تدرأن عائلة من عائلات ما قبل التاريخ كانت تستطيع أن تحضر حوالي طن من بذور الحبوب الصافية في فترة ثلاثة أسابيع في موسم عادي تكفيهم مؤونة عام كامل .

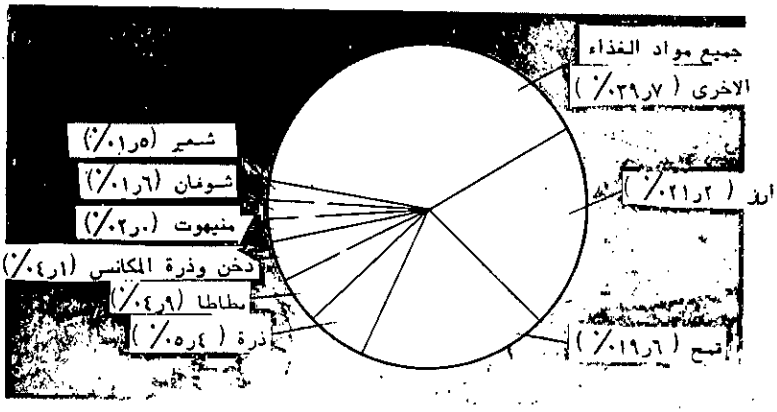
ان سنابل الحبوب البرية تتفتح عند النضج . ولذلك فان سنابل القمح تصبح هشة سهلة الانكسار وتتساقط البذور منها مما يؤدي الى انتشارها . ولكن بعض هذه المحاصيل البرية تحمل جينات متنحية ولذلك تكون سنابلها صلبة فتبقى البذور متجمعة فيها ولا تتناثر . وقد استخدم المنجل المصنوع من الصوان في حصد هذه النباتات مما يدل على أن بذورها قد استخدمت للزراعة .

ولا أحد يدري كيف استطاع الانسان ان يروض ويدجن حيوانات الاكل فربما قدمت بعض الحيوانات الكاملة النمو تبحث عن الغذاء عند الانسان ، وهذا ادى الى ترويضها وتكاثرها . او ربما استطاع الصيادون صيد الخراف وصغار الحيوانات وعادوا بها الى منازلهم وبعد ذلك العجول وصغار الخيل (المهور) ودجنت أو حفظت لتستغل طعما لصيد غيرها من الحيوانات في المستقبل .ولعل هذه الحيوانات بدأت في التكاثر حتى شكلت نواة لقطيع كبير . ومن خلال انتقاء اكثر الحيوانات تأقلما وذات الصفات الجيدة فان الانسان استطاع ان يشكل قطعانا كبيرة .

وبمرور الزمن استصلحت وزرعت بلايين الفدادين من الغابات والمراعي ، فقد زرعت الارض التي ترعى فيها الحيوانات البرية ببذور القمح والشعير والجاودار والشوفان والرز والدخن ـ وكلها لها بذور كبيرة يستهلكها الانسان بسهولة ـ واليوم تغطي المحاصيل حوالي ٣ بلايين فدان أي حوالي ١٠٪ من



الشكل (٢١ ـ ١) : يعود تاريخ هذه الصورة والتي موضوعها الحصاد الى ١٤١٥ قبل الميلاد . فحتى في هذا الوقت المبكر ، كانت الزراعة المصرية متقدمة جدا وذات اسس . فالرجال في قمة الصور الذين يمسكون بالحبال يبدو وكانهم يمسحون الارض . وربما كان الشخص الموجود في اسفل اليسار للصورة يقوم بنقل الحبوب الى القربة حيث تحصى وتقاس بواسطة الاشخاص الموجودين في المنتصف . والى يمين هؤلاء تجري عمليات وزن وتصنيف الحبوب .



الشكل (٢١ ـ ٢) : مصادر العالم من الاغذية التي تزودنا بالطاقة .

مساحة سطح الارض . وتزرع الحبوب في حوالي ثلثي هذه المساحة . وتغطي المساحة المزروعة قمحا حوالي ٦٠٠ مليون فدان اي مساحة تعادل كل مساحة الولايات المتحدة التي تقع شرق نهر المسيسبي أو حوالي مليون ميل مربع .

وازدادت الدواجن والمواشي والدواب باعداد تتناسب مع زيادة حجم سكان الارض ، واليوم تحتوي مزارع الكرة الارضية على ٣ر٥ بليون حيوان تشكل الابقار حوالي ثلثها تقريبا ، والابقار هي اول ما استأنس في غرب اسيا ، فحلت محل البيزون في شمال أمريكا (وكان عددها يتراوح بين ٣٠ ــ ٤٠ مليون راس) كما حلت محل غزال الرنة في أوروبا وحلت محل الكنغارو في استراليا ، وهي الان تتنافس على المراعي مع حمار الوحش والغزال البري ومع الحيوانات ذوات الحوافر الاخرى في شرقي افريقيا ، وتنمو بسرعة في سهل البامباس في الارجنتين ، وتغطي وديان الانهار في اسيا .

ان النباتات والحيوانات التي استأنست اولا لا تزال هي السائدة في اصناف الغذاء الاخرى ، فالقمح والشعير والرز والذرة والبطاطا ما زالت تملأ الحقول في عالمي الانسان القديم والجديد وستبقى من محاصيل الانتاج الرئيسي لديه. وباستثناء الطماطم والقهوة قلما قام الانسان باستئناس نباتات غذاء جديدة خلال الالفي سنة الماضية ، انه يعيش على انواع قليلة من حوالي ٥٠٠ر٠٠٠ الى ١ر٠٠٠ر٠٠٠ نوع من النباتات الموجودة على هذا الكوكب (الارض) . وينطبق ذلك على الحيوانات الاولى التي استأنسها الانسان لغرض الطعام ــ فالاغنام والماعز والابقار والخنازير ــ لا تزال من المصادر الغذائية الحيوانية الرئيسية للانسان .

التكنولوجيا والزراعة : Technology and agriculture

ان تاريخ الانسان في البحث عن الغذاء بعد اختراع الزراعة مربوط بتقدم التكنولوجيا التي ساعدت الانسان على تطوير المصادر الطبيعية للارض وبالتالي قدرة الارض على الغذاء واستيعاب السكان .

وهناك خمس نواح تكنولوجية ذات اهمية كبيرة وهي :

١ ــ اكتشاف الري .

٢ ــ تسخير (استخدام الحيوانات والآلات في العمليات الزراعية) .

٣ ــ تبادل المحاصيل بين العالم الجديد والعالم القديم .

٤ ــ معرفة واستخدام المواد الكيماوية الزراعية كالاسمدة .

٥ ــ التقدم الذي احرز في الوراثة وخصوصا وراثة النبات .

الـــري : Irrigation

الري هو العملية التي تلت استئناس الانسان للنبات ، ولها تأثير رئيسي فعال على الوظائف الطبيعية للمحيط البيئي الارضي .

اكتشف المزارعون الاوائل انهم يستطيعون تعويض كميات الامطـــار الطبيعية المحدودة وذلك بسحب الماء في قنوات ثم توزيعه على النباتات . وقد استخدمت الزراعة التي تعتمد على الري قبل ٦ الاف سنة على الاقل في وادي دجلة والفرات وربما على طول نهر النيل ايضا ، وتعتبر التربة في هذين المكانين خفيفة وخصبة ، ولكنها بحاجة الى ماء . وكان الري مساعدا في زيادة انتـــاج الارض ومرتبطا الى حد كبير بنشوء الحضارات حول الانهار .

ان توزيع الامطار فوق سطح الارض غير منتظم ، ولقد افاد الري فـــي تسهيل زراعة مساحات واسعة من الاراضي غير المستفاد منها ، او القليلة الانتاج . اما العامل المحدد لانتاج الغذاء فهو امكانية استصلاح هذه الاراضي بغض النظر عن نوعها . وهنا يلعب الري دورا مهما في زيادة سعة الاراضي لانتاج الغذاء . بالاضافة الى ذلك فقد ساعد الري هذه الايام على تحســـين وزيادة الانتاج الزراعي للاراضي المزروعة .

ولقد شاهد القرن العشرون ثورة واسعة في مساحة الاراضي المروية ، وذلك استجابة للحاجة الملحة للغذاء . ولقد تضاعفت مساحة الاراضي المزروعة حوالي اربع مرات ، فزادت من ١٠٠ مليون فدان الى ٤٠٠ مليون فدان في الفترة ما بين ١٩٠٠ و ١٩٦٥ ، وخلال هذه الفترة زاد عدد سكان العالم من ٤ر١ بليون الى ٥ر٣ بليون نسمة . ومعظم الاراضي المروية موجودة في آسيا حيثكرست لزراعة الرز ، وفي الصين ، حيث يتركز معظم سكان العالم ، زادت المساحات المروية حوالي ١٠٠ مليون فدان في الخمسينات .

المياه الجوفية (الابار) وضخها *Tubewells and pumps* : هناك طريقـــة



الشـكل (٢١ ـ ٢) : لقد تحسنت كثيرا طرق الـري عما كانت عليه عند انشائهـا قبل ستة الاف سنة خلت . ان العمل الشاق للمزارعـين الاوائل واستخدام قنـوات الصرف مكن المحاصيل من النمو على السفوح معطيـا تاثيرا استصلاحيا ولا يزال هـذا يستخدم اليوم في مثل هكـذا التضاريس وبالمقابل فان هناك طرق جديدة للري في مناطـق خاصة كما في جنـوب غربي الولايات المتحدة . اذ يمكـن ملاحظة الارض المبسطـة واستخدام الادوات المتقدمـة تكنولوجيا .



مطورة تستخدم للري في البلدان الفقيرة وبشكل خاص في اسيا ، ففي المدة الاخيرة انتشر تركيب واستخدام انظمة للري للمزارع ذات الملكية الفردية بحفر آبار ثم تركيب مضخات عليها تعمل بالديزل او الكهرباء لتضخ الماء الى الحقول والمزارع وقد ازدادت هذه الطريقة بشكل ملحوظ . ولقد ركبت مئات الالاف من المضخات على آبار في سهول الهندوس وحول نهر الجانج في الهند والباكستان حيث تكون المياه الجوفية وافرة او حيث تزداد في فترات موسمية فصلية أوحيث تكون المياه قريبة من السطح ، هذه المشاريع الخاصة لا توفر الماء فقط وانما تمكن المزارع من التحكم في كميات الماء المستخدمة وأوقات ضخها الى المحاصيل .

الانظمة النهرية *River systems* : تعتبر الانهار من مصادر الري الرئيسية . في القرن العشرين بدأ الانسان يتدخل في الدورة المائية وقد أدى ذلك الى زيادة انظمة الري على الانهار مثل سد أسوان في مصر ومشروع نهر الفولتا في غانا ومشروع نهر كولورادو في أميركا ومشاريع أخرى كبيرة في اسيا قد غيرت البيئة المحيطة بشكل ملموس . وهناك أماكن ما تزال مستعصية وصعبة التطوير كأنهار الميكونغ والكونغو والامازون .

ان الماء له اهمية كبرى في عالم اليوم ، وحق المطالبة بالماء الحلو للاغراض الزراعية اكثر اهمية من حق المطالبة به للاغراض الصناعية والمنزلية . وبزيادة الضغط السكاني في العقود القليلة الماضية فان المنافسة والمنازعات حول مصادر الماء زادت بين الدول والافراد . ان توافر الماء وتحسين طرق استخدامه اصبحت من الامور المهمة في تحديد كمية الغذاء المتوافرة للبشرية . ولذلك فان الماء يعتبر اكثر اهمية من الارض في تقييد وتحديد انتاج الغذاء .

استخدام الطاقة : Harnessing energy

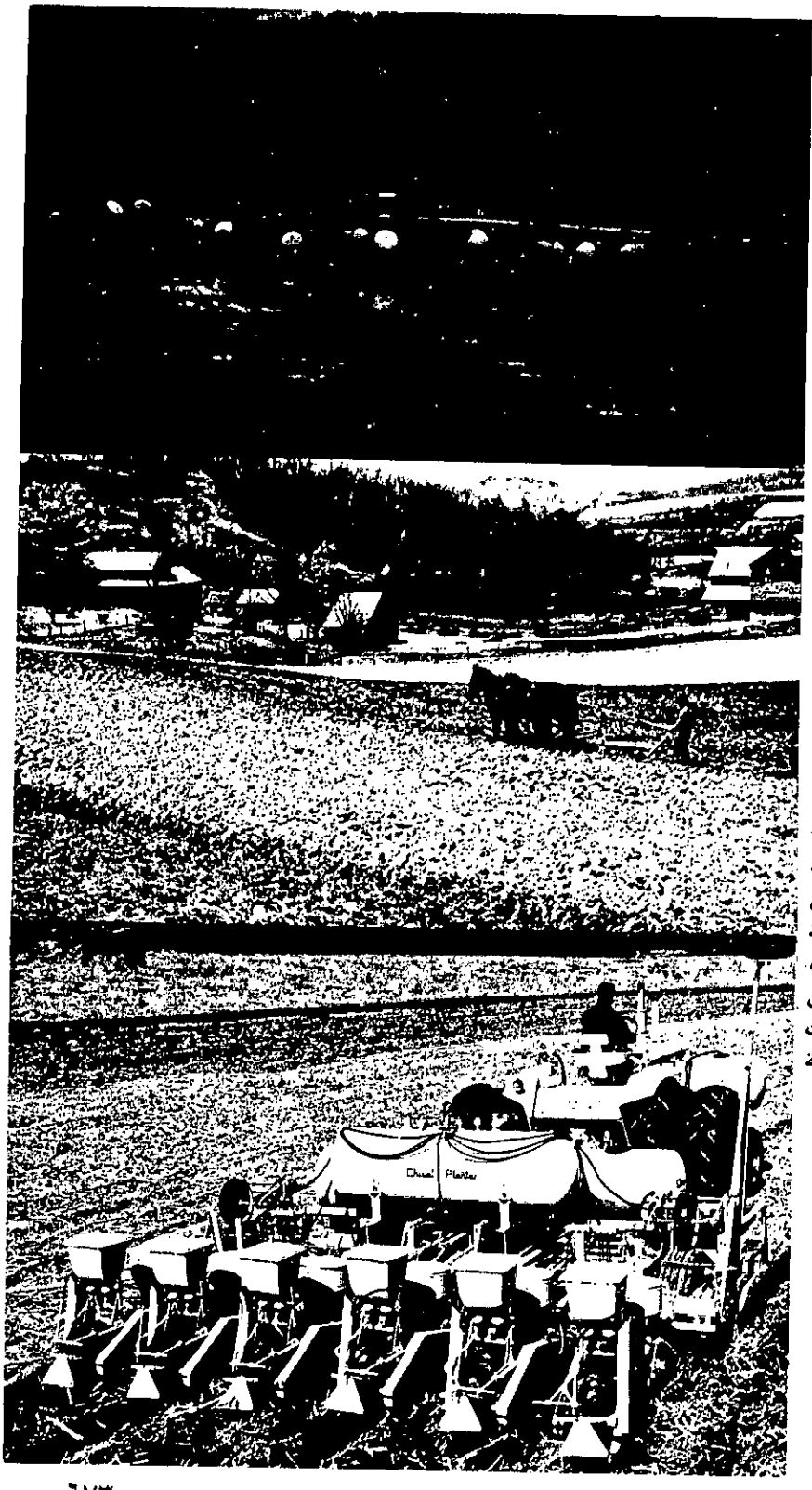
ان كمية الصيد وعمليات جمع الغذاء المختلفة للانسان الاول كانت تحددها قدرته العضلية ، حتى بعد تطوير وانتشار الزراعة ، مرت فترات طويلة قبل ان يطور الانسان طرقا لزيادة قدرته وبالتالي زيادة مصادر الطاقة . وبالمعنى الزراعي فان اهم مصدرين لتطوير وانتشار استخدام الطاقة كانا استخدام قوة الحيوانات والآلات .

قـوة الحيوانـات *Draft animals* : بعد فترة طويلة من تعلم الـري وقبل ٣٠٠٠ ق. م. اعتمد المزارعون في منطقة الشرق الاوسط على الحيوانات في حراثة الارض ، وبهذه الطريقة فان كثيرا من النباتات الصعبـة الهضـم كالاعشاب والبرسيم والفصة والقش والتبن قد حولت الى صورة اخرى مـن الطاقة يستفاد منها .

ان استخدام طاقة الحيوان ادت الى زيادة فعالية العمال ، فحوالي ١٠٪ من السكان تم تحررهم من العمل في الاراضي ، واليوم فان حوالي نصف مساحة الاراضي التي تزرع محاصيل لا تزال تحرث باستخدام الحيوانات بما فيها الابقار والجاموس والثيران والخيل والجمال . ولقد استخدمت هذه الحيوانات كالثيران والجمال في أغراض اخرى غير الحراثة مثل درس الحبوب وادارة النواعـير لرفع الماء اللازم للري وبشكل خاص في اسيا وافريقيا . ومنذ أن بدأ الانسـان باستخدام الطاقة الحيوانية الى أن استخدم طاقة البترول ظل الهواء والماء هما مصادر الطاقة الاخرى الوحيدة التي استخدمها الانسان في الزراعة . ولقـد استخدما في الزراعة على نطاق ضيق ، وكانت استعمالاتهما لاعمال خارج الحقل كالدراسة وتوزيع ماء الري في مناطق جغرافية معينة .

الطاقة الميكانيكية *Mechanical Power* : بعد حوالي ٥٠٠٠ سنة مـن استخدام الطاقة الحيوانية تم اكتشاف وتطوير آلة الاحتراق الداخلي ، ان هـذا الاختراع فسح المجال أمام المزارعين لحراثة مساحات شاسعة من الاراضي . وقد وصلت الى مرحلة أن الاقلية اصبحت تطعم الاكثرية ، ان حرق الوقـود الحجري مكن الانسان من استعمال منتجات عملية التمثيل الضوئي الحديثـة فالشوفان والذرة والقش تزرع كاعلاف . وباستخدام التركتور بدل الحصان في الولايات المتحدة مثلا ، تم تحرير حوالي ٧٠ مليون فدان من الاراضي التي كانت تستخدم وتستغل لاطعام الخيول . اما في العالم أجمع فان المساحات الشاسعة من الاراضي التي حررت نتيجة لاستخدام التركتور بدل الخيول وحيوانات الحراثة الاخرى تبلغ ربع بليون فدان أو حوالي ١/١٢ من الثلاثة بلايين فدان من الاراضي الزراعية . ولطاقة الفحم والبترول فوائد اخرى : فهي قابلة للتحول ، والتخزين ، ويمكن استخدامها في العمليات الزراعية المختلفة .

ولقد اتاح استخدام الطاقتين الحيوانية والميكانيكية امكانية توسيع انتاج الكرة الارضية وذلك بزيادة المساحات المزروعة . ففي العالم الجديد ، مثلا ،



الشكل (٣١ ــ ٤) :
في هذا التسلسل من الصور يتضح التطور الذي طرأ على استخدام الطاقة . إن طريقة العامل المحني الظهر في فلاحة الارض مرهونة بمدى قوة عضلاته . إن العامل المحني الظهر قد اخلى الطريق لقوة الحيوانات وأخيرا الى القوة الميكانيكية ، وهدف هذه جميعا هو زيادة كمية الطاقة المتوفرة للانسان . إن فعالية القوة الميكانيكية تتكشف بحقيقة أن هذه الالة المصورة هنا تمكن رجلا واحدا من أن يحرث ويعزق ويزرع في عملية واحدة .

فان الهنود الاصليين قد اقتصروا زراعتهم الى حد كبير على الاراضي الخصبة، ذات التربة الخفيفة الطينية وذلك حول مصبات الانهار وضفافها ، فافاد ادخال القوة الحيوانية والمحراث الحديدي الى أوروبا في استصلاح كثير من الاراضي الوعرة وغير المزروعة بسابقا الموجودة في السهول لزراعة المحاصيل . وقبل ذلك بوقت كبير استخدمت في شمال أوروبا القوة الحيوانية مع تحسينات كبيرة فيها ، في تقسيم الاراضي الى وحدات زراعية أمكن بعد ذلك استصلاحها وزراعتها .

وبالاضافة الى الحراثة الجيدة ، فان الطاقة الميكانيكية تزيد من انتاج الاراضي الزراعية بطرق مختلفة . فهي تتيح تحضير الارض بصورة افضل لعملية البذار ، واختيار افضل وقت لزراعة البذار ، وحصدها ودرسها ،وتجعل من المتيسر استعمال المبيدات الحشرية بشكل انسب وتزيد من فرص تنويع المحاصيل المزروعة بشكل خاص في توفير مياه الري وتقصير دورة المحصول .

ان الزراعة هي أكبر مصدر استهلاكي للطاقة في كلا المجتمعين الزراعي والصناعي ، وخاصة بعد أن طورت الزراعة بحيث اصبحت كل عملياتها تستخدم فيها الآلات ، ان مقدار ما يصرف على الفدان الواحد من الطاقة هو أكبر من الطاقة الناتجة من محصول هذا الفدان ، وعندما تصبح مصادر الوقود نادرة فسيعود الانسان الى الطرق التقليدية في الزراعة وهي استخدام الطاقة البشرية وطاقة الحيوانات الاليفة . او ربما استطاع الانسان أن يطور مصادر جديدة للطاقة مثل الطاقة النووية او الطاقة الشمسية .

تبادل الغذاء بين العالمين القديم والجديد :

Old and new world food exchange

ان اسم كولومبوس لا يرتبط عادة بالتقدم الواسع الذي طرأ على زيادة انتاج المواد الغذائية ، ولكن اسهامه في ذلك كان عظيما وذلك أنه عندما ربط بين الزراعة في العالمين القديم والجديد في القرن الخامس عشر ، زاد من حركة تبادل المحاصيل الزراعية بين اجزاء مختلفة من العالم وساعد ذلك في زيادة السعة الانتاجية للارض مما ساعد في زيادة سرعة نمو سكان القارات . والى حد كبير ، فان هذه الزيادة نشأت من أن المحاصيل المصدرة وجدت مناخا وبيئة

مناسبين لنموها اكثر من الموجود في بيئتها الاصلية .

ان المثال الكلاسيكي على هذا هو ادخال البطاطا من امريكا الجنوبية الى الصين وشمال اوروبا حيث زاد انتشارها واصبحت محصولا غذائيا رئيسيا. وان الايرلنديين يعطون مثالا واضحا على هذا . فقد تبنى الايرلنديون زراعة البطاطا كمصدر للغذاء ضد هجمات الانجليز الذين كانوا يحرقون المحاصيل الايرلندية . لقد زاد عدد السكان الايرلنديون بسرعة كبيرة على مدى عقود قليلة وذلك لتوافر مصدر غذاء دائم وهوالبطاطا ، ولقد انخفضت سرعة نمو السكان عندما دمر محصول البطاطا بسبب آفة زراعية .

والذرة كانت من المحاصيل غير المعروفة في العالم القديم قبل اكتشاف كولومبوس للعالم الجديد ، وهي الان تزرع في كل قارة ، وتستخدم كطعام للحيوانات على نطاق واسع ، وهي تشكل احد محاصيل الحبوب الرئيسية الثلاثة . وزيت فول الصويا يشكل احدى السلع الانتاجية في الولايات المتحدة وقد دخل الى الولايات المتحدة من الصين قبل عدة عقود من الزمان.وحبوب الذرة الحمراء (ذرة المكانس) دخلت الى الولايات المتحدة من افريقيا مع العبيد الاوائل وكانت تستعمل كغذاء يخزن في السفن الناقلة للعبيد . وهي تعتبر ثاني اكثر محاصيل الحبوب انتشارا في أميركا وتعتبر الولايات المتحدة البلد الاول في انتاجها وتصديرها للخارج . وفي الاتحاد السوفييتي فان المصدر الاساسي للزيوت هو نبات عباد الشمس ، وهو محصول استأنسه المستوطنون الاوائل من الهنود وزرعوه في السهول على ضفاف الانهر . والمطاط وهو المحصول الذي يستخدم في صناعة الاطارات ، كان مقتصرا وجوده على حوض نهر الامازون وتنتج آسيا اليوم حوالي ٩٠٪ من المطاط الطبيعي في العالم .

ان تبادل المحاصيل بين العالمين الجديد والقديم كان يتم في كلا الاتجاهين . ولكن هذا لم يحدث للمواشي والدواب . لقد استقبل العالم الجديد من العالم القديم كل انواع الدواب والمواشي والدواجن ما عدا الديك الرومي والبط المسكوبي والخنازير الغينية واللاما والالبكا . وفي هذه الايام فان المواشي والدواب الامريكية تباع في كل العالم كحيوانات للتزاوج . ونتيجة للتقدم في علم الوراثة والتزاوج فان امريكا اصبحت في مقدمة الدول العالمية في انتاج اصناف جيدة من الابقار والدواجن .

المواد الكيماوية الزراعيـــة Agricultural chemicals

ان تطوير المواد الكيماوية الزراعية اعطى الانسان وسائل قوية للتعامل مع النظام البيئي للاحياء وزيادة طاقته الانتاجية الغذائية . اننا نستعمل الان مئات الانواع من المركبات الكيماوية للتحكم في الاوبئة التي تصيب المحاصيل وكذلك استعمال الاسمدة لتسميد التربة . والعالم الذي قام بوضع الخطوط الاولى لتطوير الاسمدة الكيماوية في القرن التاسع عشر هو جوستوس فون ليبيغ ، عالم كيماوي الماني ، وقد دعي بأبي كيمياء التربة ،فلقد حدد المواد الغذائية الاساسية اللازمة للنبات وبشكل خاص ــ النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وبين انه يمكن جعل التربة خصبة وذلك باضافة هذه المواد في كميات مناسبة .

في زمن فون ليبيغ ، كانت مصادر الارض في معظم اجزاء العالم ماتزال تتيح فرصا كافية لحراثة مزيد من الاراضي لمواجهة الحاجة المتزايدة لانتاج الغذاء ، فحتى انهيار معظم الحدود في القرن العشرين لم ينتشر استعمال الاسمدة الكيماوية ، ولكن منذ الحرب العالمية الثانية ، فان استهلاك الاسمدة ، باستثناء الصين ، قد ارتفع اكثر من خمسة اضعاف . وفي بداية السبعينات كان مزارعو العالم يستخدمون حوالي ٧٠ مليون طن متري من اسمدة النباتات لثلاثة بلايين فدان من الاراضي المزروعة ، اي حوالي ٤٧ باوند لكل فدان .

واستخدام الاسمدة يختلف اختلافا كبيرا من بلد الى اخر ومن منطقة الى اخرى . فهو يستعمل بكميات كبيرة في المناطق المأهولة بالسكان والبلاد الصناعية التي تقع في مناطق معدل المطر فيها عال والمناطق المعتدلة ، اما في الدول الفقيرة فان استخدام الاسمدة نادرا ما يحدث . فاليابان وبلاد اخرى تقوم بزيادة المناطق المزروعة وتستعمل الاسمدة الكيماوية بنسبة تصل الى ٣٠٠ باوند / فدان / سنة ، فاذا اوقف استعمال الاسمدة الكيماوية في هذه البلاد فان خصوبة التربة ستهبط بسرعة كبيرة ، مقلصة انتاج الغذاء الى حوالي النصف ، واذا اوقف استعمال الاسمدة الكيماوية في جميع مناطق العالم فان انتاج الغذاء سيهبط بمقدار الربع .

وتاريخيا فان نباتات القرنيات كالبرسيم كانت تستخدم في الدورات الزراعية لاعادة النيتروجين الى التربة او زيادة مخزونها منه ، ولكن استخدام النيتروجين العادي في صناعة الاسمدة النيتروجينية قد قلل من تكلفة الاسمدة النيتروجينية مثل سلفات الامونيا ونترات الامونيا ، وجعل لاستعمال مثل هذه الاسمدة فائدة اقتصادية أكبر من زراعة البرسيم والالفالفا وفول الصويا .

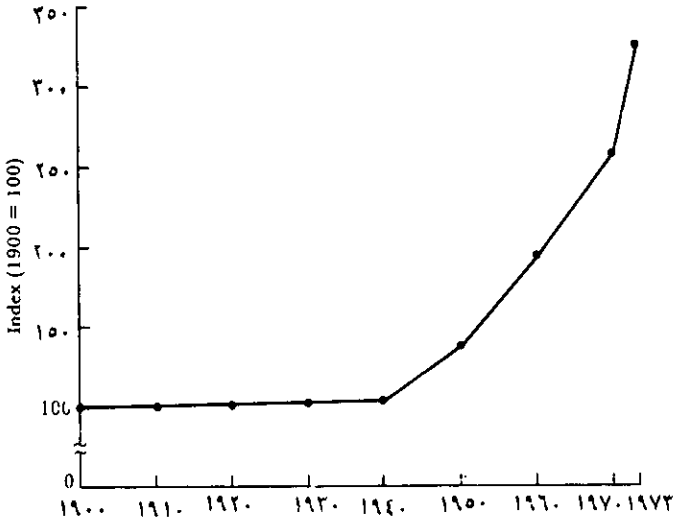
الوراثـــــــة : Genetics

ان العمل الذي قام به مندل وغيره من علماء الوراثة فسح المجال أمام تزاوج النباتات ليصبح فرعا يدعى بالهندسة الزراعية . وذلك بتحسين الدورات الطبيعية للانواع المستانسة . ولقد تعلم البيولوجيون كيف يختارون ، ويصنفون، ويدمجون الانواع المستانسة للحصول على اعداد كبيرة من الصفات الوراثيـــة الجديدة . فانتجوا النباتات الطويلة والقصيرة والاكثر تأثرا بالاســمـــــــدة والاكثر مقاومة للامراض والاكثر تاقلما مع البرودة . وكذلك فقد طرأ تغير كبير على نوع ومقدار البروتين وصفات الطبخ لكثير من النباتات .

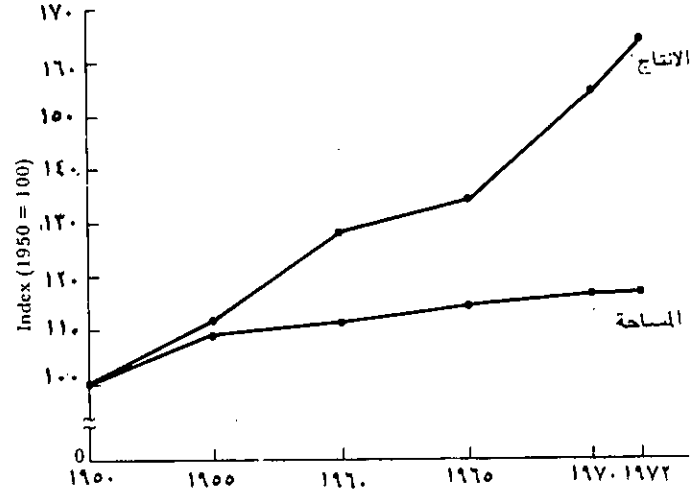
ان التقدم العلمي الذي فسح المجال على نطاق واسع لاستعمال الاسمدة الكيماوية والكيماويات الزراعية الاخرى ، والتحسينات الضخمة في النبـــات واستعمال البترول للاعمال الزراعية قد بدأ في القرن التاسع عشر . ولكـــن سنرى بالتفصيل ان استخدام ذلك على نطاق تجاري لم يتم الا في القـــرن العشرين .

الثورة الزراعية الجديدة : The new agricultural revolution

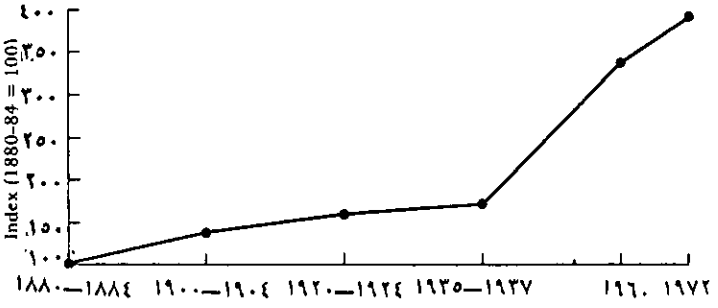
خلال معظم العشرة او الاثني عشر الف سنة الماضية التي زاول الانسان فيها الزراعة ، جاءت زيادة الانتاج الزراعي كنتيجة لزيادة مساحة الاراضـــي المزروعة ، وخلال القرون ، وكنتيجة لتنقل الانسان من واد الى آخر ومـــن قارة الى اخرى ، والزيادة التي حصلت في عدد السكان فان مزيدا من الاراضي قد جهزت للزراعة . وعلى مر العصور فان زيادة انتاج الفدان الواحد علـــى سطح الكرة الارضية كان يصعب ملاحظتها خلال جيل واحد . وفـــي خـــلال



الشكل (٣١ ــ ٥) : انتاج الولايات المتحدة من الذرة في الفترة ما بين ١٩٠٠ و ١٩٧٣ .



الشكل (٣١ ــ ٦) : انتاج العالم من الحبوب وعلاقته بالمساحة ، بين ١٩٠٠ و ١٩٧٢ لاحظ أن مساحة الأرض المزروعة لم تتغير بينما ازدادالانتاج



الشكل (٣١ ــ ٧) : انتاج اليابان من الرز في الفترة ما بين ١٨٨٠ و ١٩٧٢ .

حقب التاريخ فان زيادة كبيرة في انتاج الفدان الواحد على سطح الكرة الارضية كان يصعب ملاحظتها خلال جيل واحد . ولكن في خلال القرن العشرين فقط وعندما اختفت معظم الحدود فان كثيرا من البلدان استطاعت تحقيق زيادة كبيرة في انتاج الفدان الواحد ، حتى وقد بلغت الذروة التي تعتبر كنقطة انعطاف وفي منتصف هذا القرن ومنذ الخمسينات صارت الزيادة التي تحدث في الانتاج تاتي نتيجة لتحسين الكمية التي يعطيها الفدان وليس نتيجة لزيادة الارض المزروعة . وفي الوقت الحاضر نجد ان حوالي ٤/٥ الزيادة الحولية تأتي كنتيجة لتحسين الكمية التي يعطيها الفدان .

زيادة انتاج الارض : Increasing the productivity of land

ان الحصول على انتاج عال ملموس من الفدان الواحد ، جاء نتيجة لاستعمال وتطوير البذور المحسنة والاسمدة الكيماوية واستخدام الالات واستعمال وسائل ري متطورة وناجحة . وكما ساعدت جميع هذه الاشياء في زيادة الانتاج فان وراثة النبات واستخدام الاسمدة الكيماوية لعبا دورا مهما في هذه العملية .

ان الحصول على انتاج على مستوى عال ــ وذلك انتقال من حالة السكون والثبات الى حالة من التغير السريع ــ هو عملية صعبة للغاية وتحتاج الى تخلص سريع من استخدام وسائل الزراعة التقليدية ، وحوالي نهاية القرن كانت اولى الدول التي استطاعت الوصول الى حالة من الثبات هي : اليابان وعدد من دول اوروبا الغربية ذات الكثافة السكانية العالية كالنرويج والدانمارك، وربما كانت اليابان هي الاولى في ذلك ، ففي نهاية القرن التاسع عشر كان هذا البلد المجزأ جغرافيا المكتظ بالسكان قد اضطر الى الانتقال للبحر للحصول على مصادره البروتينية ولاستعمال اراضيه المحدودة في الحصول على الاغذية النشوية وخاصة الرز ليجد الاغذية المزودة للطاقة ، وخلال الزراعة المكثفة والسريعة بدأ منتوج اليابان يرتفع وما زال يرتفع خلال العقود السبعة التالية .

ان المهارة في استخدام الاسمدة الكيماوية بغزارة كانت العامل الرئيسي

في زيادة انتاج الرز ، ولقد استعملت الاسمدة مع وسائل اخرى لضمان فعاليتها. ولقد قام اليابانيون بتحسين وسائل الري وتطويرها فأقاموا وسائل التصريف واماكن تجميع المياه ، مما زاد من ري المساحات المزروعة ، وحاولوا ايجاد اصناف جديدة من الرز تستجيب استجابة اكبر للاسمدة .

وعند حوالي منتصف القرن ، قامت مجموعة اخرى من الدول ، بما فيها الولايات المتحدة وبريطانيا ، بزيادة انتاجها زيادة كبيرة . كانت هذه الدول متقدمة اقتصاديا ومنها ما لديه وفرة في المساحات المزروعة اذا قورنت بعدد السكان ، او ما كانت سياساته القومية متميزة ضد الزراعة في محاولات لتطوير الصناعة .

ورغم التحويل العالمي في اواسط هذا القرن ، فقد اتضح ان الدول المتقدمة تملك التكنولوجيا الزراعية الحديثة بينما تقوم الدول الفقيرة بالزراعة وتصدير محاصيلها لهذه الدول المتقدمة . وقد كان هذا انذارا مريعا لانه في العقود التي تبعت الحرب العالمية الثانية ، بدأت القوى المالثوسية (قوى تحديد النسل) نشاطها في البلاد الفقيرة ، حيث بلغ معدل النمو السكاني ذروته بانتشار التكنولوجيا الطبية الحديثة وتكنولوجيا النظافة .

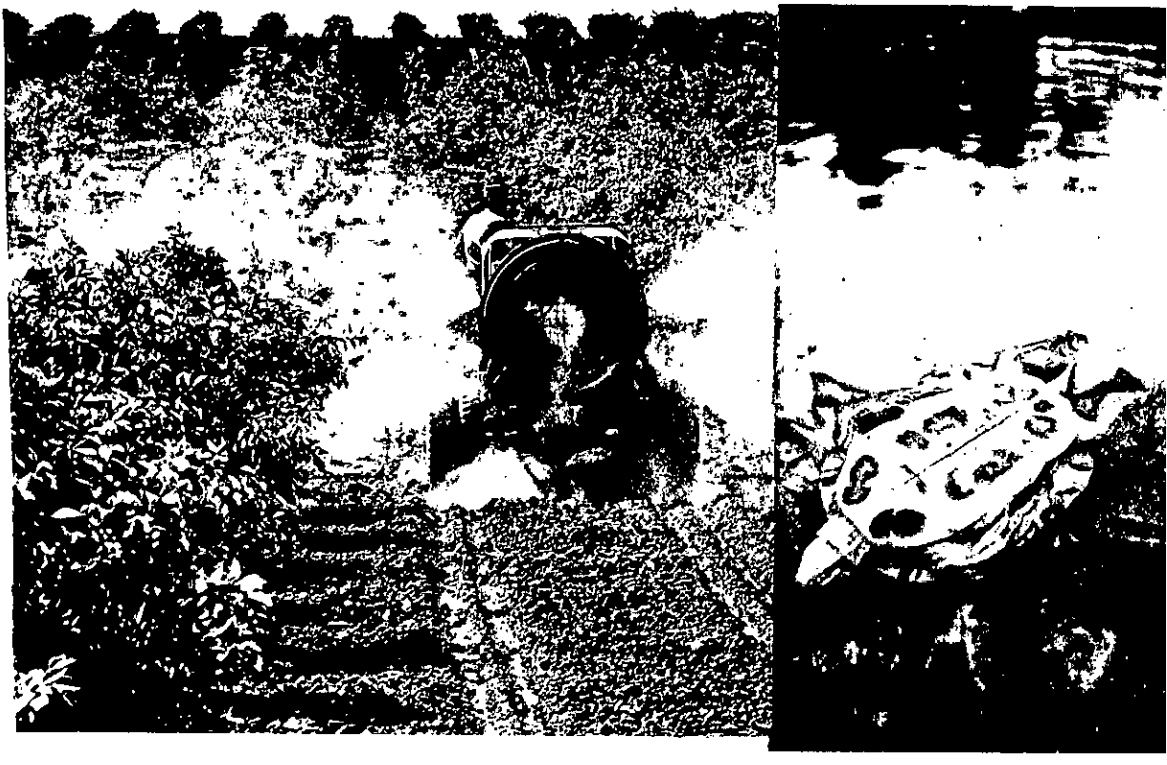
التحكم في الافات الزراعية : Controlling pests

منذ ان بدأت كتابة التاريخ ، ظلت الافات الزراعية مشكلة رئيسية في الزراعة ، ففي العهد القديم وعلى ورق البردى عند قدماء المصريين وفي اساطير الحضارات المندثرة ذكر وافر بان المحاصيل المحلية قد تعرضت لتدمير كامل بسبب انواع مختلفة من الافات الحشرية . ولقد استنبط العلم الحديث وسائل متعددة للقضاء على الافات الضارة ، وقد ساعدت معظمها على القضاء على المشاكل الفورية التي سببتها مثل هذه الافات . وبعضها ساهمت في زيادة حجم الانتاج الغذائي بشكل هائل ولكن بعض هذه الوسائل قد نتج عنها مشاكل مهمة اخرى اكثر خطرا ، مما يدعو العلماء للبحث عن حلول وطرق اخرى اكثر امانا من الاولى واكثر فاعلية .

المواد الكيماوية *Chemicals* : تقوم المبيدات الكيميائية الحشرية في العصر

الحديث مقام الوسائل التقليدية للمحافظة على الانواع المستانسة ، فقد انتشرت بشكل واسع خاصة بعد الحرب العالمية الثانية الكيماويات التي تقاوم الامراض، والاعشاب والحشرات وبعض الافات . فالمبيدات الكيماوية الحشرية لهـــا اثرها الكبير على كمية ونوع الغذاء المتوافر . الا ان دورها في ذلك لايزال من الصعب تقديره بالدقة ، لقد اثبتت الدراسات التي اجريت في امريكا وبلاد اخرى ان لهذه المواد الكيماوية تأثيرا كبيرا على الانتاج ولكن هذا التأثير يختلـــف حسب نوع المحصول وموقعه . ،

والمواد الكيماوية القديمة البسيطة كالزرنيخ ومركبات الرصاص والزئبق



الشكل (٣١ ــ ٨) مبيدات الافات الحشرية : رش الحمضيات وبعض النتائج غير المرغوب فيها . ان السيطرة على الافات التي تهاجم المحاصيـل والحيوانات الداجنة لهو ذو أهمية عظمى لمصادر غذاء الانساء ، وخاصـــة على ضوء الزيادة السكانية الحديثة وما يرافقها من اخطار مجاعة جماعية . ان التاثير الضار لمبيدات الافات على النباتات وعلى الحيوانات ، مع ذلك ، يحتل المقام الاول لدى علماء البيئة .

والنحاس ما تزال تستعمل منذ حوالي قرن . ولكن مع تخليق وتحضير المركبات الهيدروكربونية الهالوجينية في العشرين او الثلاثين سنة الماضية (مثل DDT) فان افاقا جديدة ونتائج مذهلة قد تم الوصول اليها .

ان الذي يميز DDT وغيره من المركبات الهيدروكربونية المهلجنة هو فاعليتها وبقاء تأثيرها فترة طويلة . فهذه المادة لا تتحطم ولا تتحلل بسهولة تحت تأثير الطبيعة . وسميتها عالية جدا وتأثيرها ابعد من القضاء على الافات . وهي متحركة وقوية وتنتقل في التيارات الهوائية والمائية ، وهي رخيصة التكلفة . ان الاثار البعيدة لتراكم هذه المادة في المحيط البيئي الحيوي غير معروفة تماما ، ولكن المؤكد ان استخدام DDT وغيره من المواد الهيدروكربونية المهلجنة له تأثير على حياة الحيوانات ومنها الانسان .

لذا نشأت حاجة ملحة الى بديل لهذه المركبات في مكافحة الحشرات وقد تم اكتشاف وتطوير مجموعة من المركبات . ومن هذه المركبات الاخيرة تحضير مركبات لها تأثير على جزء محدد من النبات او نوع معين من الحيوانات دون التأثير على الاجزاء او الانواع الاخرى فمثلا هناك انواع لها تأثير على الحشرات والامراض ، والاعشاب والبحث متواصل لاكتشاف مركبات يمكن تحللها وتحطمها بسرعة في الطبيعة .

الطرق البديلة *Alternative controls* : بدأ العلماء بالبحث عن بدائل ناجحة للمواد الكيماوية التي تقضي على الافات الزراعية ومن ضمن هذه الطرق الناجحة تعقيم الذكور باستعمال الاشعاع النووي ، ففي الستينات طبقت هذه الطريقة على ذكور screwworm fly ، وهي آفة تتطفل على الابقار، فتناقص عددها في بعض المناطق في الولايات المتحدة حتى بقي منها مالا يكاد يذكر . وقد كلف هذا المشروع الولايات المتحدة عام ١٩٧٣ حوالي عشرة ملايين دولار ويعادل تقريبا ١٥/١ من الخسارة التي كان يسببها الذباب سنويا . وهناك خطط لاستعمال هذه الطريقة على انواع اخرى من الذباب .

ان انتاج اصناف مضادة للافات الزراعية وسيلة اخرى للتحكم ولقد تم انتاج حوالي ٢٢ صنفا من القمح مقاومة **لذبابة الهسي** Hessian fly ففي المناطق التي استعملت فيها الاصناف المقاومة اصبحت ذبابة الهسي لا تسبب اية مشاكل . ولقد انتجت اصناف مقاومة لدودة الذرة (الثقابة) وحشرة الذرة (ماصة الاكواز) ولقد قامت الولايات المتحدة باستيراد اصناف من الذرة

مقاومة لبعض الافات الزراعية لحل مشكلة عام ١٩٧٠ وهي تلف محصـــول الذرة الناتجة عنا لاصابة بنوع جديد من الفطر . والعمل جار على انتاج اصناف من الفاالفا مقاومة لجنادب الاوراق والمن .

وهناك طريقة اخرى للتحكم وهي ايجاد واستخدام طفيليات حشريـــة تضع بيوضها في بيوت الافات الحشرية وتتراوح من مخلوقات تشبه الدبابـــير حتى المخلوقات البكتيرية والفيروسية . ومع ان هذه الطريقة لها تاريـــخ طويل فان نجاحها محدود ولكن عندما تستخدم هذه مع اصناف مقاومة للمرض فان فاعليتها تكون اكبر .

والبحوث تجري على استخدام الهرمونات النباتية لمقاومة الاعشـــاب وهي تعرف بانها نباتات في المكان الخاطيء . ويحاول العلماء عزل واكتشاف الهرمون الذي يسبب النمو . وعندئذ فان تطبيقه يتم بجعل النبات ينمو ويموت سريعا وهذا ناتج عن عدم تنظيم او تحطيم الشيفرة الوراثية .

وهناك اهتمام متزايد بالبحوث التي تعمل على ايجاد وسائـــل للقضاء على الافات الزراعية ، بتحليل النظام البيئي الحيوي بحيث يمكن معرفـــة محتوياته ودراستها ، بما في ذلك ديناميكية الافات الزراعية وعلاقة المفترس والمفترس وعوامل اخرى . ان الطريقة المتكاملة تركز على استعمال مزيج من وسائل ضبط الآفات والاوبئة ليتم ضبط النظام ، مع الاستفادة الى ابعد حـــد من الافات والاوبئـــة .

التزاوج المنتقى والوارثـــة : Selective breeding and genetics

خلال تغيير الدورات الطبيعية لانواع الحيوانات او النباتات الموروثـــة من النشوء الطبيعي فان العلماء استطاعوا ان يبدلوا التركيب الجيني لهـــذه الانواع وذلك بزيادة انتاجها وبالتالي زيادة المصادر الغذائية للانسان . ولقـــد قاموا بتغيير بعض الخصائص لانتاج اصناف مناسبة لاغراض غذائية معينة .

وحتى قبل « مندل » كان المزارعون يحسنون من الصفات الوراثية لبعض الانواع المستانسة ، وقد تم تحسينها عن طريق التزاوج واختيار افضلها عبر العصور مثل نبات الذرة المطور الذي حسنه هنود العالم الجديد . فلقد قام الهنود الاميركيون بتحسين اكواز الذرة التي تحتوي على ثمانية صفوف كل واحد

يحوي من ٤٠ الى ٥٠ حبة ذرة الى اكواز ذرة عالية الانتاج يصل طولها ٥ــ٦ بوصات وفيها ١٧ صفا وحب ذرة اكثر . ومن احد انواع الذرة المحلية طور الهنود اصنافا تستطيع ان تعيش وتتأقلم مع انواع مختلفة من التربة والمناخ والبيئة في شمال وجنوب امريكا . ولقد اتاحت الاكتشافات الجينية تقدما واسعا لتجارب التزاوج ، وادت الى نتائج مدهشة في الانتاج والتكيف للانـــــواع المحسنة في خلال فترة قصيرة . وهجين الذرة هو مثال على ذلك . ومثـال اخر هو صنف الذرة ذو الفصل القصير الذي امتدت زراعته في شمال الولايات المتحدة مسافة ٥٠٠ ميـــل .

ومن خلال التقدم الذي أحرز في التزاوج والتعليف،زادايضاانتاج الحيوانات الاليفة زيادة كبيرة . ان الاجداد الاولى لدجاجنا الحالي من المحتمل انها لـــم تضع الا ١٥ بيضة في السنة لاغراض التكاثر . ومع مرور الزمن ، فقد جرت محاولات لزيادة عدد البيض التي تضعها الدجاجة بوضع دجاج اصطناعي داخل الاعشاش ، لتشجيع الدجاجة على البيض في العش وكملاطفة الدجاج لانتاج عدد من البيض اكثر من العدد العادي ، واليوم فان غريزة البيض في العشـــ تم تحسينها في انحاء مختلفة من العالم . فالدجاجة الاميركية تضع حوالـــي ٢٢٠ بيضة سنويا . والرقم في ازدياد . وهناك نوع من الدجاج اليابانـــي المحسن يحمل الرقم القياسي اذ وضع ٣٦٥ بيضة سنويا ، وبالمثل فـــان البقر المحسن يعطي ٩٠٠٠ باوند من الحليب سنويا ، او حوالي ١٥ ضعف ما كانت اجدادها الاولى تعطي .

وقد استطاع علماء النبات تسجيل حدث تاريخي عن طريق ايجاد اصناف من القمح والرز المحسنة تستطيع العيش في المناطق الاستوائيـــة وشبـه الاستوائية ، فان اصناف الحبوب التقليدية هي نتاج الاف السنين من الانتخاب الطبيعي . والاصناف التي تستطيع البقاء والعيش هي التي تستطيع ان تنافس النباتات الاخرى على الضوء وتستطيع أن تتحمل الامطار الاستوائية الكثيفـة والفيضانات . والنتيجة هي وجود اصناف طويلة ورفيعة تحتفظ بأكوازها فـوق الماء وتحت اشعة الشمس . ان هذه الاصناف التقليدية لا تستجيب بشكـــل كبير للاسمدة الكيماوية . وعندما تسمد بشكل وافر فان رؤوسها تصبـــح ثقيلة وتحنى سنابلها الى اسفل قبل نضجها ، فتسبب خسارة فادحة للمحصول .

ان المفتاح لانتاج اصناف محسنة ذات انتاج عال من الحبوب هو مـدى

فعلى سبيل المثال تفقد الاملاح المعدنية والفيتامينات الذائبة في الماء عند طبخ الطعام بكميات كبيرة من الماء ثم التخلص من ماء الطبخ . وتتأثر كثير من الفيتامينات بالعوامل الفيزيائية والكيميائية كالحرارة والتعرض فترة طويلة للضوء .

اذا استثنينا الاختلافات في حجم الجسم والتعود الطويل على كمية قليلة من الاطعمة ، فجميع الناس لهم احتياجات متشابهة من الغذاء . ولكن خطة المجموعات الغذائية الاربع الاساسية لاعداد كبيرة من الناس في العالم ليست عملية لان بعض الاطعمة غير متوافرة أو غير مقبولة تقليديا. وكثير من الحكومات لا توصي بمثل هذه الخطة .

التعرفة الغذائية : Nutritional labeling

لقد تم وضع برنامج لزيادة المجموعات الغذائية الاربع الاساسية ابتداء من شهر تموز عام ١٩٧٥ على يد دائرة الادوية والاطعمة FDA في الولايات المتحدة لتزويد المستهلكين بالمعلومات المستحقة عن المغذيات في كثير من الاطعمة التي يشترونها . وقد حلت الانصبة اليومية الموصى بها والصادرة عن دائرة الادوية والاطعمة الاميركية محل الحد الادنى للاحتياجات اليومية المذكورة سابقا، وهي تستند الى الانصبة اليومية الموصى بها والصادرة عن المجلس الوطني للبحوث ولكنها تختلف عنها لانها تستعمل عموما الانصبة الكبرى الموجودة في جدول المجلس الوطني للبحوث والخاصة بالذكور وغير الحوامل وغير المرضعات.

وبناء على هذا البرنامج الجديد ، يتوافر للمستهلكين معلومات محددة عن المواد المغذية اكثر من قبل . ولكن للحصول على اكبر الفوائد يجب اتباع مزيد من التربية الغذائية ، فمثلا ، يجب ان تتجنب الامهات التفكير في ان طفلا عمره ست سنوات يستطيع الحصول على نسبة اعلى من المواد الغذائية لكل وجبة كما هو مكتوب عليها لا سيما وان الانصبة اليومية الموصى بها الاميركية تضع قيما اعلى من التي يحتاج اليها في تلك السن .

وكذلك يجب على الرجل البالغ ان يعرف ان المكتوب على الوجبة من الحديد يزيد عن إحتياجاته بحوالي ٨٠ ٪ وعلى الشباب ان يعرفوا بانهم يحتاجون الى كميات من الكالسيوم اكثر من تلك المذكورة في النصب اليومية الموصى بها . وفي مثل هذه الحالات فان المكتوب ليس هو المطلوب بالضبط . بالاضافة

ثالثا : يجب معاملة الاغذية بحيث تبقى فيها المغذيات دون تغيير اذ يؤدي التخزين والتحضير غير المناسب الى تخفيض القيمة الغذائية للطعام .

مجموعة الطعام	اقل عدد من الوجبات المقترح تقديمها	الكمية المثالية للتقديم
اللحوم		
اللحم ، الدواجن ، السمك ، البيض ، البقوليات الجافة ، المكسرات	٢ (أو ما مجموعه ٤ أونس من اللحم أو ما يكافئها) .	٢ أونس من اللحم ، دجاجة ، سمكة ، بيضتان فنجان من البقوليات الجافة المطبوخة ، أربع ملاعق زبده
الحليب ومشتقاته		
بدون زبده ، القشدة ، قشدة الجبنة	الاطفال ٣ — ٤ الكبار ٢	فنجان من الحليب (بدون أو مع زبده) ½ ١ أونس من الجبنة الصلبة ½ ١ أونس من الجبنة البلدية ، فنجانان من البوظة .
الخضروات والفواكه		
أ — خضراء داكنة أو صفراء فاتحة ب — نسبة عالية من حامض الاسكوربيك ج — أي شيء عدا ، (أ) ، (ب) .	٤ كل يوم واحدة أو وحدة جيدة واثنتان معتدلتان بحيث يصل المجموع اربعة في اليوم .	عصير نصف فنجان مطبوخ . نصف فنجان اخضر من ثلثين الى فنجان كله فنجان متوسط
حبوب غنية أو كاملة مع خبز	٤	قطعة من الخبز ، قطعة متوسطة من الكيك ، نصف كوب من الحبوب المطبوخة ، ارز معكرونة ، سباغيتي الخ ..

الشكل (٣٢ — ٧) : دليل اختيار الاغذية المقترح .

دليل الغـــــذاء : Food selection guides

لانه من الصعوبة استخدام جدول ادارة الاغذية والعقاقير كدليل لقائمة الطعام فقد وضعت دائرة الزراعة في الولايات المتحدة دليلا غذائيا مبسطا ، ويطلق عليه اسم **خطة المجموعات الغذائية الاربع الاساسية** Basic Four Food Group Plan يجمع هذا الدليل بين الاغذية المتشابهة بالقيمة الغذائية . فتناول العدد والكميات الموصى بها في الدليل من المجموعات الاربع يضمن حصول الفرد عادة على ال RDA لجميع المغذيات ما عدا تلك الخاصة بالحديد والسعرات . وكذلك الاغذية التي لم تذكر في ال RDA فانها تذكر في الدليل مرارا .

(ان نصيب الجسم من الحديد ، وخاصة لدى المراة في فترة الانجاب يكون عاليا ولذلك فانه من الصعب سد الاحتياجات من الطعام العادي) وتنطبق الخطة على جميع الناس الاصحاء فوق سن السابعة ولكن مع بعض التعديلات يمكن تطبيقها على الاطفال .

ويوصى بتناول « الاغذية الاضافية » بكميات معتدلة ، لان الكميات الصغيرة من المجموعات الاربع لا توفر سعرات كافية لمعظم الناس . ان كميات قيمة من المواد المغذية الاساسية يتم تزويدها من قبل الاغذية الاضافية . فمثلا فيتامين ا في الزبدة وفي السمن الدسم ، واليود في املاح اليود وفيتامين ه والاحماض الدهنية التي هي دون الاشباع في الزيوت النباتية وفي صلصات السلطة . ويهتم المتخصصون بالتغذية ايضا بالقيمة الاجتماعية والنفسية لهذه الاطعمة .

استخدام خطة غذائية مختارة : يتوقف نجاح الخطة الغذائية المختارة على عدة عوامل :

اولا : يختلف الافراد في الاشياء التي يحبونها والتي لا يحبونها وفي الدخل ، والوقت المتوافر . فاية خطة غذائية يجب ان تشمل هذه الفروق والاحتياجات .

ثانيا : عدم تطابق القيم الغذائية للاطعمة في المجموعة الواحدة فالاختيارات المتباينة هي الافضل .

المادة	الكمية	المادة	الكمية
فيتامين أ	٥٠٠٠ وحدة دولية	فيتامين ب٦	٢ ملغرام
فيتامين ج	٦٠ ملغرام	فولاكين	٠ر٤ ملغرام
ثيامين	١ر٥ ملغرام	فيتامين ب١٢	٦ ميكروغرام
رايبوفلافين	١ر٧ ملغرام	فسفور	١٠٠٠ ملغرام
نياسين	٢٠ ملغرام	يود	١٥٠ ميكروغرام
كالسيوم	١٠٠٠ ملغرام	مغنيسيوم	٤٠٠ ملغرام
حديد	١٨ ملغرام	خارصين	١٥ ملغرام
فيتامين د	٤٠٠ وحدة دولية	نحاس	٢ ملغرام
فيتامين هـ	٣٠ وحدة دولية	بيوتين	٠ر٣ ملغرام
		حامض البانتونيك	١٠ ملغرام

الشكل (٣٢ ــ ٦) : النسب اليومية الموصى بها من الولايات المتحدة

اولا : تاخذ هذه التوصيات بعين الاعتبار كمية السعرات وبعض ، وليس كل ، المغذيات الاساسية للانسان من كلا الجنسين ومختلف الاعمار وخلال فترات الحمل والرضاعة .

ثانيا : تحتوي انصبة المغذيات المسموح بها كميات تضمن الوصول الى الحدود المامونة التي تقع خلف معدلات الاحتياجات المطلوبة . الا انه قد تم وضع انصبة السعرات حسب معدل الاحتياجات المقدر لان زيادة السعرات يؤدي الى البدانة عند كثير من الناس .

ثالثا : تم وضع جدول الانصبة بناء على افضل الدلائل المتوافرة ولقد تم تنقيحها مع تقدم علم التغذية ولا شك انه سيتم تنقيحها مستقبلا .

واخيرا : يجب ان لا يتم الخلط بين هذه التوصيات وبين الحد الادنى للاحتياجات اليومية RDA التي تم وضعها على يد ادارة الاغذية والعقاقير لهذا يفرض القانون على المؤسسات الصناعية للغذاء والدواء مراعاتها وكتابتها على منتجاتها .

فهناك بعض التغييرات الجينية التي لها تأثير حاد على الاحتياجات من المغذيات والمثال على ذلك الاخطاء الوراثية في التمثيل الغذائي في المواليد **كالفينيل كيتون يوريا** PKU ، ففي هذا المرض يفضي نقص في انزيم معين الى تحويل الحامض الاميني **الفينيل آلانين** phenylalanine الى **فينيل كيتون** phenylketones وهي مركبات شديدة السمية للجهاز العصبي ، يؤدي هذا المرض في المولود او الطفل غير المعالج الى تخلف عقلي لا رجعي (دائم) ولكن غذاء يحتوي على كميات بسيطة من الفينيل الانين يؤدي الى نمو عادي.

والمثال عن الاختلاف الناشيء من البيئة للاحتياجات من المغذيات ما يلاحظ عندما يحدث نقص في التعرض لاشعة الشمس مما يؤدي الى نقصان في تكوين فيتامين « د » داخل الجسم .

وعندما يحتاج الكائن الحي الى التغيير ، فلا بد أن يحدث تغيير في المغذيات المتناولة . فمثلا يحدث عند الحيوان الذي تزال منه بالتجربة غدد الادرينال نقص في الهرمون الستيرويدي الادرينالي الدوستيرون ويفقد كميات كبيرة من الصوديوم في البول . ولسد هذه الحاجة الملحة فانه يفضل أن يشرب ماء مالحا بدلا من الماء الحلو .

ويجب أن تحصل الحيوانات على كميات من السعرات تتلاءم وحاجتها . ومعظمها يظهر نموا جسميا ووزنا طبيعيا رغم اختلاف احتياجاتها للطاقة ويعود ذلك للنمو ، والتكاثر وانتاج الحليب واختلاف مستويات النشاط الجسمي ،ولكن هذا التنظيم الحيوي غير كامل ، خاصة في الانسان ، اذ تؤدي العوامل السيكولوجية والفسيولوجية الى زيادة او قلة الغذاء المتناول عن الحد الطبيعي مسببة اختلافات في وزن الجسم عن الوزن الطبيعي .

النسب الغذائية اليومية الموصى بها : Recommended daily dietary allowances

ان وضع مقاييس لكمية المغذيات المتناولة والطاقة أمر صعب . فبينما يجب وضع التوصيات للسكان ، نجد أن كل شخص في المجتمع له او لها احتياجات خاصة به او بها ان ما يستخدم حاليا في الولايات المتحدة من انصبة من كميات الغذاء الموصى بها يوميا RDA قد وضعها مجلس البحث الوطني ، وهناك اربع نقاط حول هذه الانصبة يجب أن تبقى في الذهن :

ما قد يصل الى ثلث الطاقة اللازمة للتمثيل الغذائي القاعدي الا ان التفكير له تأثير بسيط على احتياجات الجهاز العصبي المركزي من الطاقة . ان احتياج الجسم من الطاقة الاضافية لساعة من الدراسة المركزة عن المعدل العـــادي لساعة من القراءة العابرة تعادل كمية الطاقة الموجودة في نصف حبة فـــول سوداني .

ميزان الطاقـــــة Energy balance

يسمى الفرق بين كمية الطاقة الداخلة للجسم وكمية الطاقة الخارجة منه ميزان الطاقة . فاذا زاد الداخل عن الخارج ، فان المحصلة ميزان طاقـــة موجب . واذا قل الداخل عن الخارج كان الميزان سالبا .

ان ميزان الطاقة يجب أن يخـــــزن . والشكل الرئيسى للتخزين فـــــي معظم الحيوانات يكون على شكل دهن . وبالرغم من أن المصطلحين « الدهن » و « الوزن » يستخدمان كمترادفين فانهما ليسا شيئا واحدا . ففي الانسان ، تسمى الزيادة في الدهن سمنة ، بينما تسمى الزيادة في وزن الجسم عن الحد الطبيعي بدانة . وقد يكون كثير من الناس ذوي العضلات ثقيلي الـــــوزن بسبب العضلات الكبيرة وليس بسبب وجود دهن زائد . انه من الممكـــــن ان يخسر الجسم عدة ارطال من وزنه خلال ساعات نتيجة للتمارين الشاقة وفي الغالب يكون معظم هذا الذي يفقد من الوزن سائلا على شكل عرق وهو يعوض مباشرة بتناول السوائل العادية .

ويمثل الرطل الانجليزي الواحد من دهن الجسم حوالي ٣٥٠٠ كليـــــو سعر ، ولهذا فان تناول ٣٥٠٠ كيلو سعر اضافي يؤدي الى كسب رطل من النسيج الدهني ، وان نقص ٣٥٠٠ كيلو سعر يؤدي الى خسارة رطـــــل انجليزي من الوزن .

مقاييس المواد المغذية والسعرات المتناولة : Standards for nutrient and calorie intake

يحتاج افراد النوع الواحد الى كميات مختلفة من المواد المغذيـــــــة والسعرات ، ويعود هذا الاختلاف الى عاملين هما : الاختلاف الجيني والبيئة،

اي خلال قيامه باعماله اليومية الطبيعية او المعدل الادنى لفترات الراحة الليلية والنهارية في ظروف حرارية مناسبة . ان لهذا التمثيل الغذائي في حالة الراحة مركبتين : اثر ديناميكي خاص ومعدل تمثيل غذائي قاعدي .

الاثر الديناميكي الخاص فهو استهلاك الطاقة في عملية الهضم والامتصاص والمغذيات الداخلة في التمثيل الغذائي ، فعلى الجسم ان يستهلك طاقة الاثر الديناميكي الخاص حتى يحصل على طاقته من الغذاء . وتعادل طاقة الاثر الديناميكي الخاص عادة ٦ ٪ الى ١٠ ٪ من الطاقة الكلية المستهلكة.

واما التمثيل الغذائي القاعدي فهو الطاقة المستهلكة للقيام بالعمليات الحيوية : كحركة الاعضاء والخاصة الاسموزية والتخليق وما الى ذلك . وهو يقاس على درجة حرارة مريحة بعد ان يمنع الشخص من تناول الغذاء لمدة ١٤ ساعة لتستبعد طاقة الاثر الديناميكي الخاص وتأثيرات الحرارة والبرودة . وهناك تقدير تقريبي لمعدل ما يحتاجه الفرد من الطاقة للتمثيل الغذائي القاعدي لعمليات البناء والهدم داخل الجسم وهو يعادل كيلو كالوري واحدا لكل كيلو غرام من وزن الجسم في الساعة .

النشاط *Physical activity* : الطريقة الثانية لاستهلاك الطاقة تأتي من القيام بالنشاط الجسمي ، فبينما يستهلك الرجل الذي يعمل كاتبا من ٢٨٠٠ كيلو سعر الى ٣٠٠٠ كيلو سعر في اليوم ، فان الحطاب يستهلك ضعف هذه الكمية .

ان كثيرا من الناس يعتقدون انهم ينفقون كميات كبيرة من الطاقة في نشاطاتهم التي تتطلب الجلوس كالدراسة وذلك بسبب الاعياء الذي يحصل لهم . ان الجهاز العصبي المركزي يتميز باستمرارية نشاطه مستخدما

الجلوس	١٠٠
المشي ببطء	٢٠٠
المشي بسرعة	٦٠٠
السباحة الترفيهية	٤٠٠—٧٠٠
الركض	٧٠٠
السباق القصير السريع	١١٥٠

الشكل (٣٢ ــ ٥) : كيلو سعر / الساعة .

عندما ينزع الهيدروجين من اغذية الطاقة ويتفاعل مع الاكسجين . وفي بعض حيوانات الصحراء فان الماء الذي يحصل عليه من الاكسدة هو الجزء الرئيسي لتزويد الحيوان بكل ما يحتاج اليه من الماء .

وفي الظروف العادية يؤدي العطش الى شرب كميات من الماء كافية او زائدة عن احتياجات الجسم . ولكن هذه الاحتياجات تختلف باختلاف النشاط الطبيعي ودرجة الحرارة والرطوبة وعدد الجزيئات (معظمها صوديوم ويوريا) التي تفرزها الكلى .

الطاقة : Energy

تدعى القدرة على انجاز العمل أو الشغل بالطاقة . تعيش الكائنات الحية بتحويل الطاقة من شكل الى آخر . وتبدأ هذه العملية عندما تحول النباتات الطاقة الضوئية في عملية التمثيل الضوئي الى طاقة كيماوية ، فتدخل الملكة الحيوانية عندما تأكل الحيوانات تلك النباتات . وتستخدم الحيوانات هذه الطاقة الكيماوية في تكوين مواد كيماوية اخرى .

كما تحولها الى طاقة كهربائية وحركية وحرارية .

السعر هو وحدة قياس الطاقة ويعرف بانه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء المقطر من ١٤٫٥ م — ١٥٫٥ م . ويقيس علماء التغذية الطاقة بالكيلو كالوري (١٠٠٠ سعر) .

استهلاك الطاقة: Human energy expenditure

لقد تم دراسة استهلاك الطاقة عند الانسان لاول مرة بطريقة القياس الحراري المباشر . فيتم وضع الاشخاص في غرف كبيرة معزولة ، وتقاس كمية الحرارة المستهلكة خلال النشاطات المختلفة . وتبين النتائج ان الحرارة الكلية المستهلكة تساوي القيمة الحرارية للغذاء المأكول مطروحا منه الحرارة الضائعة مع افرازات الجسم .

عمليات التمثيل الغذائي في حالة الراحة *Resting metabolism* : يستهلك الانسان الطاقة بطريقتين رئيسيتين . احداهما بالتمثيل الغذائي في حالة الراحة

ثانيا : ان نقص اليود هو السبب الوحيد المعروف بدليل قاطع للتخلف العقلي في الانسان . وعلى اساس دراسات علم الاوبئة ، فان نقص بعض المواد الغذائية الاخرى وخاصة البروتين قد اقترحت دون اثبات كمسبب للتخلف والتاخر في النمو . ويسبب النقص الشديد في اليود عند الاجنة والاطفال الرضع تشوه الجسد وقصر القامة والبلاهة ، واذا لم تعالج هذه الحالات في وقت مبكر فان لها تاثيرا سلبيا على الجهاز العصبي المركزي وتسبب التخلف العقلي .

والشائع بشكل اوسع من قصر القامة والبلاهة امراض اقل خطرا سببها نقص في اليود وهي اوبئة الجحوظي تضخم **الغدد الدرقية** goiter **والخزب** (او جفاف الجلد myxedema) وتصيب هذه الامراض الكبار كما تصيب الصغار . الا ان اعراض الاصابة الناتجة عن نقص اليود قد تم تقليصها وتقليلها باستخدام املاح اليود .

الماء : Water

باستثناء الاكسجين فان الماء هو اكثر المواد ضرورة للانسان ، ويحتاج اليه الانسان بكميات كبيرة . ويستخدمه الجسم لتفاعلاته الحيوية ، وكمادة تركيبية ، وكمذيب وكمادة للنقل والتحميل ، وكمادة مخففة للاحتكاك وفي تنظيم درجة الحرارة . ان حوالي ٦٠ ٪ من وزن الانسان ماء ، وفقدان خمس هذه الكمية يؤدي الى اضرار سيئة بالجسم . ويستطيع الانسان ان يعيش اياما قليلة بدون ماء .

وقد يحتوي الماء على بعض المعادن الذائبة ذات الاهمية بالاضافة لما يتناوله الانسان منها ، سواء كانت موجودة بشكل طبيعي ام مضافة الى الماء. ومن الامثلة المهمة الكلور الذي ان وجد بنسبة واحد في المليون يكون ذا فاعلية في تخفيض الاصابة بتلف الاسنان .

ان مصادر الماء الرئيسية هي الاغذية التي تحتوي على الماء ــ الماء النقي والقهوة والشاي والحليب والعصير وغيرها ، كذلك تحتوي الوجبات اليومية على حوالي ٥٠٠ ــ ١٠٠٠ ملليتر من الماء في اليوم تأتي من اللحوم والخضراوات والفواكه واطعمة جافة اخرى ، بالاضافة الى ان الجسم ينتج يوميا ٢٥٠ ملليتر من الماء

الامعاء التي تدعى **بالمخاطية** mucosa .

الوظيفة أدوار تركيبية :	أمثلة على المعادن اللازمة
تركيب العظام والاسنان	كالسيوم وفوسفات ومغنيسيوم وصوديوم وفلورايد
تركيب الجزيئات العضوية	فوسفات (من الدهون المفسفرة والاحماض النووية ووحدات الاحماض النووية والبروتينات المفسفرة والحديد والنحاس (في السيتوكروم اوكسديز) الزنك (في الكربوكسي ببتيديز والكاربونيك الهيدريزوالد يهيد روجينزات المختلفة) والموليبد ينوم (في كزانتين اوكسيديز) .
أدوار تنظيمية : الميزان الحامضي ــ القاعدي	كلورايد وفوسفات وكبريت (تخفض رقم الحموضة) كالسيوم ومغنيسيوم وبوتاسيوم وصوديوم (تزيد رقم الحموضة (.
تنظيم الضغط الاسموزي	صوديوم وبوتاسيوم وكلورايد .
نقل موجات الاهتياج عبر الاعصاب	كالسيوم ومغنيسيوم وبوتاسيوم وصوديوم .
تنشيط الانزيمات	مغنيسيوم (نقل مجموعة الفوسفات) ومماس ومغنيسيوم ومنغنيز وخارصيه (نقل مجموعة الاسيل).

الشكل (٣٢ ــ ٤) : بعض وظائف المعادن في فسيولوجية الانسان

واليود له ميزات فريدة كمادة يحتاجها الجسم وذلك لسببين وكلاهما يعود الى وظيفته الوحيدة كجزء من هرمون الغدة الدرقية . اولا : لانه المادة الوحيدة التي اذا كانت التربة تعاني من نقص في وجوده فيها فان هذا النقص ينتقل الى الناس الذين يعتمدون في غذائهم على النباتات المزروعة في تلك التربة . وبما ان النباتات ليس لها غدد درقية فانها لا تحتاج الى اليود كما تحتاج الى العناصر الاخرى . ولذلك فانها تنمو بشكل طبيعي في الاراضي التي لا تحتوي على اليود . ويأكل الناس هذه النباتات فيعانون من النقص .

اعراض نقص ناتجة عن عدم تناول تلك العناصر لان الاغذية مهما نقيت هي والماء فلا بد أن تحتوي على الكميات المطلوبة من هذه العناصر .

ويكون الكالسيوم حوالي ٢ ٪ من وزن جسم الانسان ، ويوجد في العظام والاسنان وحوالي ١ ٪ من الكالسيوم موزع في الانسجة الطرية والسوائل الموجودة في الجسم .

ويعود السبب الاولي لحدوث نقص الكالسيوم الى ان توزيع الكالسيوم الاطعمة محدود فالحليب ومشتقاته هي الاطعمة الوحيدة في الغرب الغنية بالكالسيوم . وهناك كميات كبيرة من الكالسيوم في مصادر اخرى مثل (القريدس) والبيض والبركولي (قنبيط)واللفت kale ويحتاج الانسان الى هذه الاطعمة لاحتوائها على الكالسيوم . ويحوي الكوب الواحد من الحليب حوالي (٣٠٠ ملليغرام)من الكالسيوم لذلك فعلى الاشخاص الذين لا يتناولون الحليب تناول الاطعمة التي تحتوي على الكالسيوم .

أما الحديد فيوجد بكميات قليلة في الجسم ، ويشكل ٠٠٥ر٠٪ من وزن جسم الرجل وحوالي ٠٣٥ر٠ ٪ من وزن جسم المراة . فجزء منه مخزون في الكبد والطحال ونخاع العظام . اما غير المخزون فمعظمه في كرات الدم الحمراء كجزء من الهيموجلوبين ويوجد معظم الباقي في مايوجلوبين العضلات وكذلك في الانزيمات التي توجد في كل الخلايا .

ونقص الحديد شائع في المواليد وصغار الاطفال من كلا الجنسين ، وفي المراة في فترة الحمل . ان السبب الاساسي للانيميا (فقر الدم) في المواليد والاطفال في البلاد المتطورة (المتقدمة) هو استهلاك الحليب بكميات كبيرة لانه لا يوجد غذاء متكامل بمفرده ، فالحليب مثلا لا يعتبر مصدرا للحديد لانه يحتوي على الحديد بكميات قليلة جدا . وتصاب النساء بفقر الدم اكثر من الرجال لان النساء يفقدن دما في الدورة الشهرية ، فمتوسط ما تفقده المراة في كل دورة بين ١٠ الى ٣٠ ملليغرام من الحديد او من ٣ر٠ الى ١ ملليغرام يوميا ويفقد الرجال الحديد في حالات النزف او عندما يتبرعون بالدم .

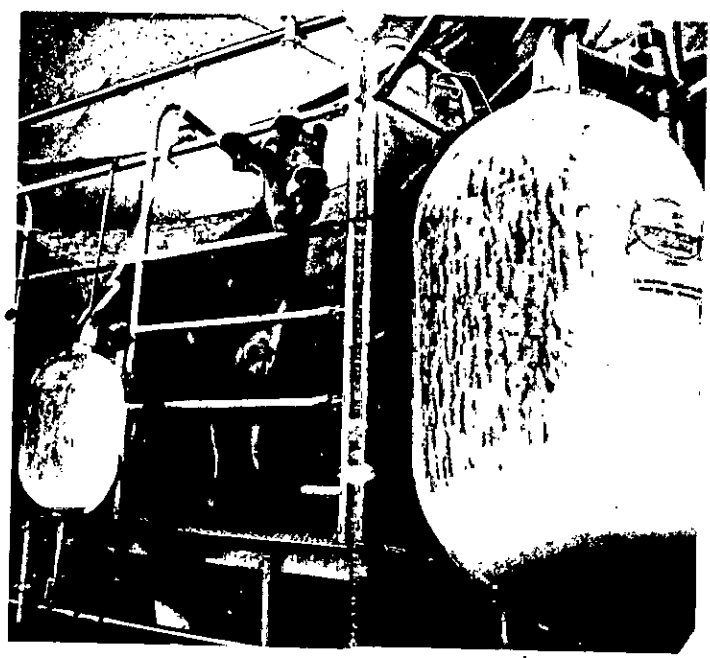
ويوجد الحديد بكميات قليلة ولكنها نافعة في معظم الاغذية باستثناء الحليب ومشتقاته والاطعمة المكررة والمصنعة . ان اغنى الاغذية بالحديد هو الكبد ويمتص الجسم من الحديد الذي يتناوله الفرد حوالي ٥ ٪ الى ١٥ ٪ فقط ، لكن فاعلية الامتصاص تزداد مع الحاجة ، وتنظم بشكل كبير بواسطة خلايا

الخنزير والكلى هما المصدران الحيوانيان للثيامين ، وكذلك فان نخالة القمح وفول الصويا والعدس والفاصولياء الجافة وجميع الحبوب مصادر لهذا الفيتامين .

المعادن : Minerals

تعمل المعادن على تطوير الجسم على المحافظة على تركيبه وتدخل في تنظيم النشاطات الفسيولوجية له . وقد تم كشف وجود بعض المعادن في جسم الانسان بكميات قليلة جدا ولا تعرف اهميتها للجسم حتى الان .

اعراض نقص المعادن عامة *Common deficiencies* : يحتاج الانسان الى الكالسيوم والحديد واليود بشكل اساسي في غذائه . ولا يعني ذلك ان العناصر الاخرى ليست بذات اهمية ولكن غذاء الإنسان يحتوي عادة على الكميات المطلوبة من هذه العناصر ولا يمكن حتى في حيوانات المختبر احداث



الشكل (٣٢ ــ ٣) لقد حول بانعوا الحليب عملية الحلب الى نموذج من الفعالية . ففي اجهزة الحلب المصورة هنا ، توضع الابقار على رصيف يدور ببطء وتوصل الى آلات حالبة اوتوماتيكية . ان هذا يمكن شخصا واحدا من حلب ١٢٠ بقرة في ساعتين فقط .

ويمكن ان يحدث نتيجة لتناول وجبات نباتية فقط . لان الفيتامين يوجد في الاغذية ذات المصدر الحيواني . وكذلك ان نقص فيتامينات اخرى معينة من اغذيـــة الانسان يسبب مشكلة صحية عامة .

ان النقص في فيتامين « أ » هو المشكلة الرئيسية في العالم ، لانه لايوجد مخلقا الا في الاغذية الحيوانية مثل الكبد والكلى . وتوجد مادة الكاروتين فـي النباتات الخضراء الداكنة والنباتات الصفراء والتي يمكن ان تتحول الى فيتامين « أ » في الجسم .

ويستطيع الجسم تكوين فيتامين « د » وذلك عندما يتعرض الجلد الـى الاشعة الفوق البنفسجية ، فاذا لم يكن هذا المصدر كافيا (ويمكن حدوث ذلك لا سيما عند الصغار) فانه يمكن الحصول عليه من الحليب المضاف اليه فيتامين د او من زيت كبد السمك ، او تناوله على صورة حبوب الفيتامينات ، لانـــه لا يوجد غذاء عام غني بطبيعته بهذا الفيتامين .

، وتعتبر بعض الفواكة ، وبشكل رئيسي الحمضيات والخضروات مثـــل الفلفل الحلو والحار والبندورة اغنى مصادر حامض الاسكوربيك (فيتامين جـ) . اما الحبوب واللحوم والحليب فانها لا تحتوي على حامض الاسكوربيك .

ان مرض البلاجرا هو المرض الوحيد من امراض نقص الفيتامينات الذي انتشر مرة في الولايات المتحدة كوباء . وهو ينتج عن نقص النياسين (حامض النيكوتين أو نيكوتيناميد أو فيتامين ب٣) . والاضطرابات العقلية هي أحـــد اعراضه (وقد ادى ذلك الى الاعتقاد الخاطيء بان الفيتامينات تستطيع معالجة جميع الامراض العقلية) . ان اغنى الاغذية بالنياسين المخلق هي الكبد والكلى والنخالة والخميرة . كما يوجد النياسين في العضلات والسمك والبيض واطعمة اخرى . ويمكن ان يحضر الجسم كميات قليلة منه من الحامض الامينـــي تريبتوفان tryptophan .

وكما هو الحال في معظم فيتامين ب المركب فان الرايبوفلانين (فيتامين ب ٢) منتشر بكميات قليلة في معظم الاطعمة . فالكبد والحليب وخميرة الجعة هـــي مصادر جيدة لهذا الفيتامين . وكذلك أوراق الخضراوات المطبوخة .

ويؤدي النقص في فيتامين الثيامين (فيتامين ب ١) الى الاصابة بمرضـــ البري برى . وتكثر الاصابة في المناطق التي يتم تناول الرز المقشور اذ لا تشمل حبوب الرز القشرة الغنية بهذا الفيتامين والتي تفقد في عملية الطحن . ولحم

الفيتامين	الوظائف المهمة	أعراض النقص
فيتامين أ	يحافظ على عمل وتناسق الانسجة الابيثلية ، الرؤية في الضوء الضعيف	جفاف العين ، العتا الليلي ، تدرن النسيج الابثيلي ، نمو غير طبيعي للعظام والاسنان .
فيتامين ب ٦	التمثيل الغذائي للاحماض الامينية ، نقل مجاميع الامونيا، نزع ثاني اكسيد الكربون . التغيرات الجانبية للمركبات .	جدة الطبع ، التشنجات ، التهاب الجلد والاغشية .
فيتامين ب ١٢	تكوين مجاميع الميثيل من وحدات تحتوي على ذرة كربون ، التمثيل الغذائي للخلايا العصبية ، نضوج كرات الدم الحمراء .	فقر الدم الخبيث ، وذلك بسبب نقصان عامل جوهري داخلي ، انحلال عصبي .
فيتامين د	امتصاص الكالسيوم والفسفور والاستفادة منها .	الكساح (عند الاطفال) ، لين العظام (عند الكبار) ، تلين وتشوه العظام ، الكزاز وتشنج العضلات .
فيتامين هـ	عامل مضاد للاكسدة ، يمنع تخلل حامض الاسكوربيك وفيتامين أ والاحماض الدهنية غير المشبعة .	نقصه غير شائع بين الناس تفجر كرات الدم الحمراء ، ومرض فقر الدم .
فيتامين ك	تكوين البروثروجين والعوامل الاخرى التي تساعد في التجلط .	بطء تخثر الدم ، مرض النزيف لدى المولود الجديد .

الشكل (٣٢ ــ ٢) : الفيتامينات الضرورية للانسان .

الفيتامين	الوظائف المهمة	اعراض النقص
حامض الاسكوربيك (فيتامين ج)	تصنيع الكولاجين، امتصاص الحديد	**الاسقربوط ، عدم التئام الجروح ، النزيف الجلدي ، نزيف اللثة ، ضعف جذر الاوعية الدموية .**
بيوتين	دمج جزيئات ثاني اكسيد الكربون في جزيئات اكبر	النقص نادر في الانسان ، التهاب الجلد ، فقر الدم (الانيميا) ، فقدان القابلية للاكل .
كولين	يعطي مجاميع الميثيل ، يدخل في تركيب الفوسفوليبيدات والاسيتيل كولين .	لم يشاهد نقصه على الانسان.
فولاسين	تصنيع مجاميع الميثيل ، نقل وحدات ذات ذرة كربون واحدة.	الانيميا الخبيثة ، عادة خلال الحمل .
ثياسين (فيتامين ب٣)	نقل الهيدروجين والالكترونات من المواد المغذية الغنية بالطاقة .	البلاجرا ، التهاب الجلد ، الاسهال ، الجنون (مرض عقلي) .
حامض البانتوثين	يدخل في تركيب مرافق الانزيم ـ ا	نقصه نادرا ما عدا اقترانه بنقص فيتامين ب المركب .
رايبوفلافين (فيتامين ب٢)	نقل الهيدروجين والالكترونات من المواد المغذية الغنية بالطاقة ، ازالة مجموعة الامين من الحوامض الامينية .	التهاب الجلد القرمزي ، الخوف من الضوء ، طقطقة الاسنان عند زوايا الفم ، تقرح اللسان.
ثيامين (فيتامين ب١)	نقل وحدات ذرات كربونتين ، نزع ثاني اكسيد الكربون وخاصة من المواد المتوسطة وخاصة في التمثيل الغذائي .	البرى برى ، فقدان القابلية للاكل ، حدة الطبع ، التهاب الاعصاب ، تحلل العضلات ، تعب القلب .

الفيتامينـــــات : Vitamins

توجد مواد عضوية يحتاج اليها الجسم بكميات قليلة . وقد سميـــت فيتامينات على اساس وظائفها الفسيولوجية المتشابهة . اذ تدعى المـــادة فيتامينا فقط بالنسبة للكائن الذي يكون بحاجة اليها.فيعتبر حامض الاسكوربيك مثلا فيتامينا للانسان ورئيسياتخرى والخنزير الغيني وبطواط الفاكهـــة والبلبل . اما الكائنات الحية الاخرى فيظهر انها تقوم بتصنيع كميات كافية منه من الجلوكوز . وكثير من الفيتامينات الضرورية للانسان والحيوانات الاخرى تدعم نمو انواع مختلفة من البكتيريا ، والفطريات والخميرة .

ومع ان الفيتامينات مركبات عضوية فانها لا تتأكسد لتعطي الطاقة . ان وظائف بعض الفيتامينات معروفة بالتفصيل .

قد يكون للفيتامينـــات دور كاجزاء من واحـــد أو أكثـــر مـــن مرافقـات الانزيمات او في نشاطاتها او في المسبب الكيمـــو حيـــــوي للضرر الذي يحدث عند نقص احد الفيتامينات . وفي حـــالات اخـرى ، فان النقص في الفيتامين يؤدي الى مرض ، ولكن الاسس الكيماوية الحيوية لهـذا المرض غير معروفة . وفي حالات اخرى ايضا ، فان اعراض النقص ونتائجـه غير معروفة لان الفيتامين واسع الانتشار ونقصه في اي غذاء يؤدي الى ظهور امراض نقص مضاعفـــة .

نعرف في الوقت الحاضر ان الفيتامينات التي تعتبر اساسيـة للانسان هي اربعة تذوب في الدهن (ا ، د ، و ، هـ ، ك) وعشرة تذوب في الماء ، وتصنف الاخيرة بمجموعة كفيتامينات « ب المركب » زائدا حامض الاسكورييك.

التوزيع والنقص *Distribution and deficiency* ان بعض الفيتامينات تنتشر بشكل واسع في الاطعمة ، او يحتاج اليها الجسم بكميات قليلة مما يؤدي الى عدم حدوث نقص فيها — او حدوثه في ظروف غير عادية فقط فنقص البيوتـين مثلا ، يحدث عندما يتناول الانسان كميات كبيرة من بياض البيض الطازج(ان بياض البيض يحتوي على نوع من البروتين يدعى الافيدين ، وهذا يرتبط مع البيوتين فيمنع امتصاصه) ونقص فيتامين هـ او ك غير عادي الا عند عدم امتصاص الدهون ، اما نقص فيتامين ب١٢ فيسبب الانيميا الخبيثة (فقر الدم الخبيث) ،

فان طعم السكر يجعل كثيرا من الاطعمة اكثر استساغة .

والكميات الضئيلة من النشويات التي لا تمتص في الامعاء الدقيقة مهمة أيضا ، اذ انها مصدر طاقة للكائنات الحية التي تعيش في الامعاء الغليظة . وتستطيع هذه الكائنات تخليق فيتامين البيوتين وفيتامين كَ ، ومركبات اخرى نافعة للعائل .

الدهون : Fats

تختلف الدهون عن النشويات في ان نسبة الهيدروجين فيها الى الاكسجين اعلى بكثير والدهن المثالي ، او الجلسيرايدات الثلاثية تحتوي على ثلاثة احماض دهنية مرتبطة مع الجليسرول . وقد تكون الاحماض الدهنية مشبعة بالهيدروجين (لا تحتوي على روابط ثنائية بين ذرات الكربون) ، او غير مشبعة (تحتوي على رابطة ثنائية واحدة) او **عديمة الاشباع** polyunsaturated (تحتوي على رابطتين أو أكثر من الروابط الثنائية) .

ان الدهون المستخلصة من النباتات هي غالبا زيوت (سائل في درجات الحرارة العادية) . وهي تحتوي على نسبة عالية من الاحماض الدهنية عديمة الاشباع (يستثنى زيت جوز الهند اذ انه يحتوي على قليل من الاحماض الدهنية العديمة الاشباع) .والدهون الماخوذة من المصادر الحيوانية تكون صلبة عادة في درجات الحرارة العادية ، اذ تحتوي على نسبة عالية من الاحماض الدهنية المشبعة . (ولكن هناك استثناءات . فدهون الاسماك مثلا يحتوي على قليل من الاحماض الدهنية المشبعة) .

ويبدو أن التنوع الكبير في كميات الدهن المتناولة يتفق مع الصحة العادية . ففي محتويات الغذاء في وجبات الشرقيين يعطي الدهن ١٠ ٪ تقريبا من مجموع السعرات المتناولة . بينما هو يعطي في الولايات المتحدة حوالي ٤٠٪ اما العلاقة بين تناول كميات كبيرة من الدهون المشبعة ومرض تصلب الشرايين فلا تزال مثارا للجدل والمناقشة .

نقص البروتين *Protein deficiency* : الكواشيوركور . ذلك المرض الناشيء عن نقص كبير في البروتين ، هو احد الامراض الغذائية الرئيسية في العالم . وهو يعكس بوضوح وظائف الاحماض الامينية والبروتينات . ان توقف النمو وضمور الانسجة في الاشخاص المصابين به يعطي صورة واضحة لاهمية البروتين كمكون اساسي للخلايا . ومرض الاستسقاء ينتج عن وجود كميات غير كافية من البروتين في البلازما للقيام بتنظيم الضغط الاسموزي للسوائل داخل الجسم .

ومرض نزع الخضب الطبيعي من الشعر او الجلد ينتج عن نقص الحامض الاميني فينيل الآنين ، الذي يكون الميلانين . ومرض الانيميا (فقر الدم) ينتج عن نقص الاحماض الامينية اللازمة لتكوين الهيموجلوبين . والقابلية الشديدة للعدوى ، التي يستسلم المصابون بمرض كواشيوركور في النهاية لها ، تتسبب جزئيا عن نقص الاحماض الامينية اللازمة لتكوين المضادات الحيوية .

النشويات : Carbohydrates

النشويات من اكثر المواد العضوية توافرا على الارض ، فهي منتشرة بشكل كبير في المملكة النباتية ، حيث يتم تحضيرها بعملية التمثيل الضوئي . ويختلف استعمالها كمصادر طاقة للانسان ، فهي تزود الاسكيمو باقل من ١٠ ٪ من حاجته للطاقة ، وتزود الامريكي العادي بحوالي ٥٠ ٪ وتزود الناس الذين يعتمدون في وجباتهم الغذائية الاساسية على النشويات كالرز بحوالي ٨٠ ٪ او اكثر ومن النشويات الكثيرة المتوافرة هنالك جزء صغير هو الموجود في الطعام .

النشويات ليست اساسية في وجبات طعام الانسان ، الا انها بالغة الاهمية وذلك لاسباب متعددة . فهي ارخص مصادر الطاقة المعروفة لان انتاج الارض منها عال ولانها تقاوم الفساد . وهي تؤدي الى ما يعرف بالخزن الاحتياطي للبروتين . فاذا وجدت في الطعام كميات كبيرة من النشويات فان البروتينات لا تستخدم كمصدر رئيسي للطاقة بل تستخدم النشويات لذلك ويوفر البروتين للوظائف الفريدة التي يقوم بها البروتين فقط . والنشويات تساعد على الاستفادة من الدهون في دورة التمثيل الغذائي الخاصة باكسدة الاحماض الدهنية . واخيرا

وتعني « المادة الاولية » ، تدل على اهميتها .

البروتينات الكاملة وغير الكاملة *Complete and incomplete proteins* :

ان بعضا من حوالي العشرين حامضا امينيا الموجودة في الغذاء البروتيني اساسية للانسان البالغ الذي لا يستطيع تخليقها حيويا بكميات كافية وهي : ايزوليوسين وليوسين وليسين وميثايونين وفينيل الانين وثريونين وتريتوفان وفالين ، بالاضافة الى حامض أميني تاسع يسمى هستدين وهو اساسي للاطفال الرضع .

تحتوي البروتينات الكاملة على جميع الاحماض الامينية الاساسية بكميات كافية للحياة والنمو . وتفتقر البروتينات غير الكاملة الى واحد او اكثر من الاحماض الامينية الاساسية .

تحتوي الاطعمة البروتينية الحيوانية المصدر عموما على بروتينات كاملة ،بينما تعتبر البروتينات ذات المصدر النباتي بروتينات غير كاملة .

وهناك حالات خاصة لا تنطبق عليها هذه القاعدة ، ومع هذا فان البروتين الموجود في الجوز (المكسرات) وفي بذور القرنيات يحتوي على كميات كبيرة من الاحماض الامينية الاساسية لدرجةأن هذه الاطعمة تعتبر الاطعمة البديلةللحم. ومن الناحية الاخرى فلا يعتبر كل بروتين موجود في الحيوان بروتينا كاملا . فالكولاجين وهو صدر الجيلاتين ، يفتقر الى عدد من الاحماض الامينية الاساسية . وتحتوي اطعمة مثل الحليب واللحم والبيض على مزيج من البروتينات المختلفة ، ومعظمها بروتينات كاملة تزود بمجموعها كميات وافرة من الاحماض الامينية الاساسية .

الاحتياجات من البروتينات *Protein requirements* : ان مقدار ما يحتاجه الانسان من البروتين يختلف باختلاف الميزان النيتروجيني للجسم . فالنيتروجين يتناوله الانسان في الطعام ، (غالبا على شكل بروتين) ويفرزه في البراز والبول . والفرق بين كمية النيتروجين الداخلة والكمية الخارجة من الجسم يمكن ان يكون موجبا (دلالة على محصلة امتصاص الجسم للبروتين) او صفرا، او سالبا (عندما تكون المحصلة خسارة الجسم للبروتين) .

والتمرين له تأثير بسيط على الميزان النيتروجيني ، وبالتالي على احتياجات الجسم من البروتين . اما المصادر الاخرى غير البروتينية فتزود الجسم عادة بالطاقة اللازمة لتقبض العضلات .

وظائف المواد المغذية : Functions of nutrients

تتطلب الحياة طاقة مفيدة ذات استهلاك منظم ومستمر . وتفي المـــواد المغذية بهذا الطلب باتباع ثلاثة اتجاهات . فهي تزود الكائنات الحية بالمواد الاساسية لبنائها . وهي تزود المواد التي يمكن اكسدتها للحصول على الطاقة. وهي تلعب ادوارا مهمة في عمليات البناء والهدم في الجسم .

التركيب الطبيعي *Physical structure* : ان اي كائن حي يحتاج الـــى تركيب طبيعي منظم (خلية واحدة او اكثر) . فالمواد المغذية تزود الخلية بالمواد اللازمة لهذا التركيب الخلوي ، ويعتبر الماء والبروتين ، والمعادن أهم هـــذه المواد ، لانها تدخل في تركيب جزء كبير من الكتلة الكلية للكائن الحي . لكن قـد لا تكون لكمية المادة المغذية اية علاقة بأهميتها الحيوية . فمع أن معظم الخلايا تحتوي فقط على كميات صغيرة من النشويات والدهون والفيتامينات الا أن هذه المواد هي مكونات حيوية مهمة في تركيب الخلية .

التأكســـد *Oxidation* : قد تكون بعض الكائنات الحية ذاتية التغذية فتحصل على غذائها من المواد غير العضوية كما تعمل النباتات في عملية التمثيل الضوئي ، وبعض الكائنات الحية تحتاج الى مواد عضوية تتأكسد فتعطيهـــا الطاقة اللازمة . ومعظم هذه المواد المغذية المزودة للطاقة هي نشويات ودهون وبروتينات . وهنالك مركبات أخرى ايضا تزود بالطاقة .

التمثيـــل الغـــذائي *Metabolism* : تحافظ المواد المغذية ايضا علـــى توافر تمثيل غذائي مستمر ومنظم . وبذا تلعب معظم هذه المواد دورها فـــي النشاطات الحاسمة للانزيمات ومرافقاتها والاحماض النووية والهرموناتوالمواد المضادة الحيوية والهيموجلوبين ومواد اخرى ، بالاضافة الى أن الفيتامينـــات والمعادن تؤثر على التمثيل الغذائي وذلك بمساعدة التفاعلات المنتجة للطاقة .

البروتينـــات Proteins

اذا نظرت الى الحيوان ــ فان معظم ما تشاهده ــ من شعر أو فـــرو وجلد ، واظافر او مخالب ، قشور او ريش ، هو بروتين . ان كلمة « بروتين »

المواد المغذيـــة Nutrients

المادة المغذية هي المادة النقية التي تستخلص من الغذاء ويستعملها الكائن الحي لتساعده على البقاء . ومعظم المواد المغذية تصنف (بالنسبة لتركيبهـــا الكيماوي) الى بروتينات او نشويات او دهون او فيتامينات او املاح معدنية او ماء . والاصناف الاربعة الاولى هي مواد عضوية ، والصنفان المتبقيان هما مواد غير عضوية . ان جزيء الفيتامين هو مادة عضوية سواء وجد في حبـــة البركولي (قنبيطة) او صنع في احد مختبرات شركات الادوية . وبالمثل : فالحديد معدن سواء استخلص من الارض او من الكبد .

المواد المغذية الاساسية وغير الاساسية : Essential and nonessential nutrients

يمكن تقسيم المواد المغذية من ناحية غذائية او كيماوية حيوية الى نوعين: اساسية وغير اساسية . وهذا التمييز يعتمد على ما اذا كان يجب الحصول او عدم الحصول على المادة المغذية من البيئة . فالجلوكوز مثلا ليس اساسيا في غذاء الانسان لان من الممكن تكوينه داخل الجسم من الاحماض الامينية والجزء الجليسرولي من الدهون .

وتختلف المواد الغذائية الاساسية باختلاف نوع الكائن الحي ، لان هناك جينات مختلفة تنتج طرزا مختلفة من الانزيمات وبالتالي امكانيات تخليـــــق حيوي مختلفة . ان المواد المغذية الاساسية للانسان هي : الماء واحماض امينية معينة وعلى الاقل واحد من الاحماض الدهنية غير المشبعة والفيتامينات والمعادن (حيث ان المعادن هي عناصر لذلك لا يمكن تخليقها من مواد اخرى في اي نظام حيوي معروف ، وعليه فان اي معدن يستفيد منه الكائن الحي يعتبر مادة مغذية اساسية) .

الطعام : هو اية مادة غذائية ــ حيوانية او نباتية ــ يستطيع الكائن الحي تناولها، ان هذا التعريف يأخذ بالحسبان اتجاهات المستهلك والكميات التي يتناولها من المادة. فالضفدع ، مثلا يمكن أن يهلك جوعا مع وجود حشرات ميتة ، ولكنه يتغذى عليها عندما تكون حية . وفي الفلبين . فان كثيرا من الناس يفضلون تناول اجنة الصيصان الحية على تناول البيض الطازج . ولا يقبلون على تناول جبنة الروكفور لانها تحتوي على عفن يعطيها نكهة حادة . وكذلك فان كثيرا منهم يتناولون الفواكه التي تعتبر المبايض الناضجة للنباتات البذرية ولكنهم لا يقبلون تناول مبايض الحيوانات .

وباستثناء بعض المواد التي تنقى قبل الاستعمال (كالسكر ، والزيوت النباتية ودقيق الذرة ، والجيلاتين) ، فان الطعام مزيج معقد من مواد غذائية واخرى غير غذائية ، ولذلك فانه من الخطأ القول أن البطاطا هي مادة نشوية وان اللحم هو مادة بروتينية .

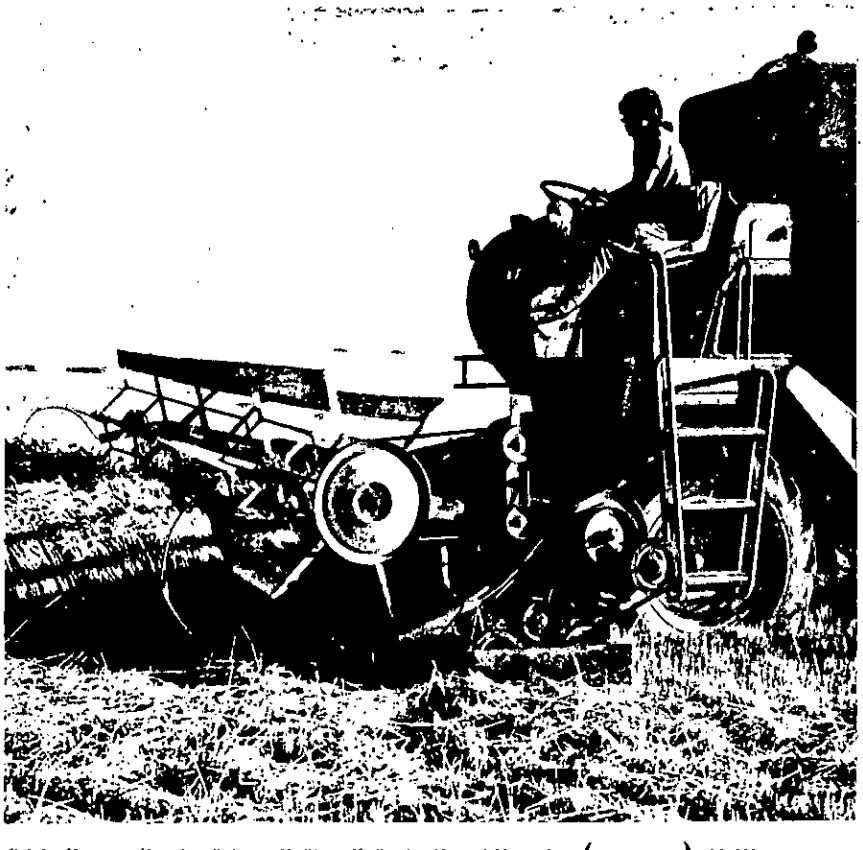
ان المكون الاساسي لمعظم الاغذية هو الماء ، وبعض انواع الطعام الصلبة كالبندورة تحتوي على ماء أكثر من الموجود في طعام سائل كالحليب . والمكون الاساسي الذي يأتي في المرتبة الثانية هو النشويات أو الدهون أو البروتين ولكن الطعام لا يصنف احيانا حسب المكون الاساسي السائد فيه ، فمثلا لانه من الصعب عموما الحصول على البروتين بكميات كافية في الطعام ، هذا بالمقارنة بالدهون والنشويات ، فاننا نصنف بعض الاغذية على انها اغذية بروتينية رغم أن معظمها دهون (كالجبن الاصفر ، والمكسرات ، وصفار البيض) أو معظمها نشويات (كالحليب والفاصولياء) لان نسبة البروتين فيها عالية نسبيا .

ان كمية الفيتامين المحتواة في الغذاء لا تتعدى جزءا صغيرا من ١٪ من وزن الغذاء . وكذلك فان كمية الاملاح المعدنية قليلة جدا . ومع ذلك فقد تكون هذه الكميات ذات اهمية كبرى لعمليات البناء والهدم التي يقوم بها الكائن الحي ، ولتغذية الكائن الحي الذي يتناولها . ان برتقالة تزن ١٨٠ غم تحتوي ما بين ٦٥ و ٧٠ ملليغم من حامض الاسكوربيك (فيتامين ج) ــ اي اقل من ٠,٠٤٪ من الوزن . لكن هذا التركيز يعتبر عاليا جدا بالمقارنة بما في معظم الاغذية ، لذلك فان البرتقال يعتبر من المصادر الغنية بحامض الاسكوربيك .

كميات كبيرة من الطعام ليست ضمانا كافيا لتوافر الصحة الغذائية .

وعلى نطاق عالمي ، فان البلاد المتقدمة (المتطورة) اخذت تجابه مشاكل اقتصادية وسياسية واخلاقية تقتضي اطعام ملايين الجائعين في المناطق الاخرى . ان انتشار المجاعة والتفجر السكاني وتأثيرها على توفير الغذاء تتطلب حلا آنيا عاجلا وحلولا وقائية مستقبلة.

يدرس علم التغذية العلاقة بين الكائن الحي وغذائه . ما هو الطعام الذي يحتاج اليه الكائن الحي ليبقى حيا ؟ كيف يستهلك الطعام ؟ ان تغذية الانسان تتميز بتعقيدها اكثر من تغذية غيره من الكائنات الحية ، فالغذاء له في حياتنا تأثير اجتماعي وحضاري واقتصادي كبير وسيركز هذا الفصل على العمليات الكيماوية والحيوية في تغذية الانسان ، وعندما يستطيع الانسان فهم هذه العمليات فان باستطاعته حل مشكلاته الغذائية .



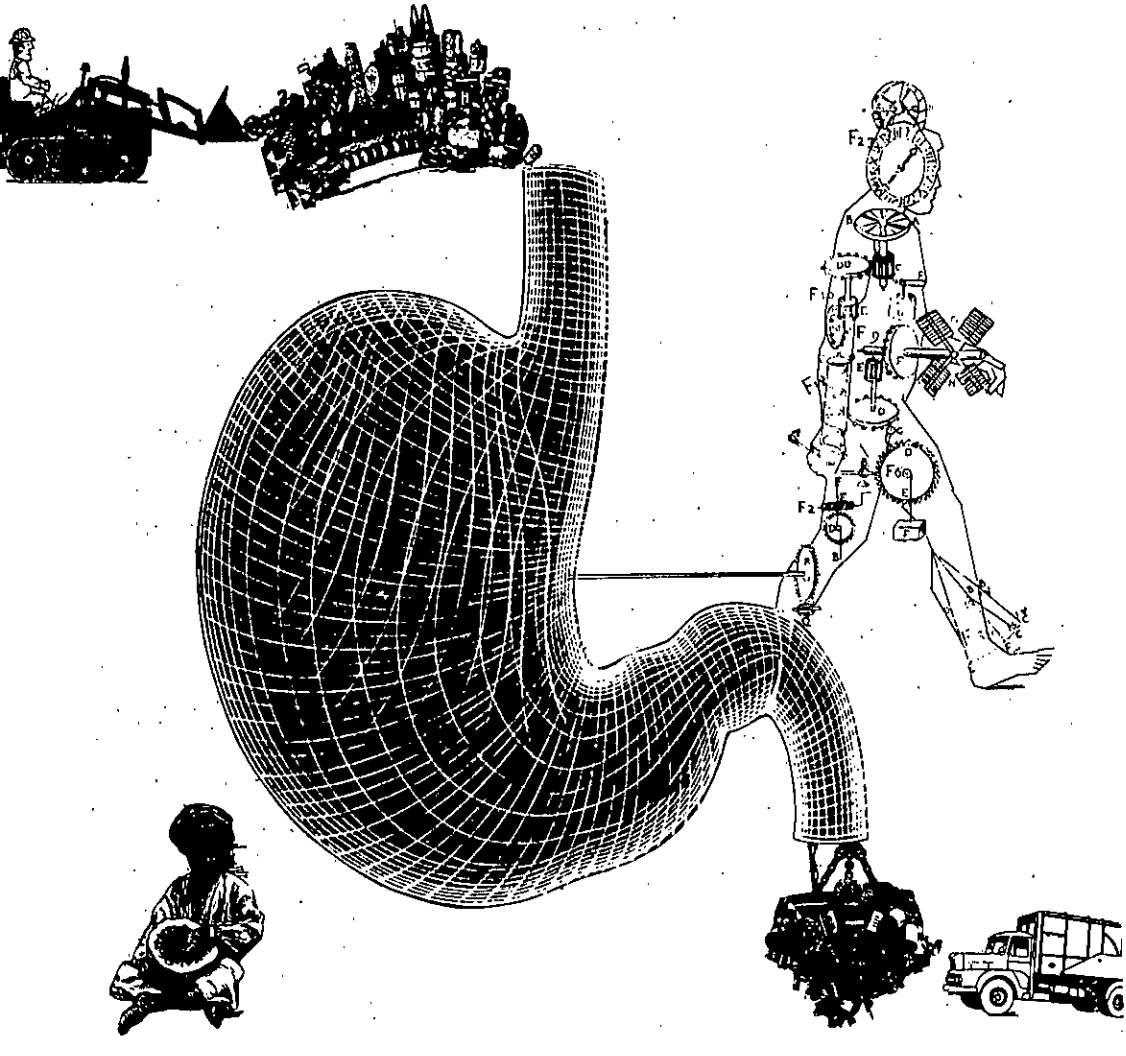
الشكل (٣٢ ــ ١) : ادت الطرق الزراعية الحديثة الى زيادة توفير الحبوب السنبلية ولكن المعاملات الصناعية المركزة التي تمر فيها الحبوب قبل وصولها لمائدة المستهلك تؤدي الى فقد جزء كبير من القيمة الغذائية فيها .

الفصـــل الثاني والثلاثون

التغذيـــة

Nutrition

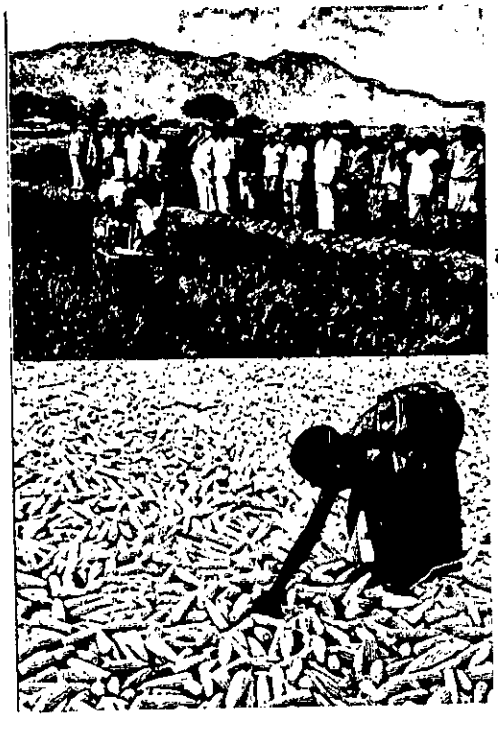
في خلال العقد الماضي ، ظهر اهتمام غامر بالطعام والغذاء . وقام اعضاء من مجلس الشيوخ في الولايات المتحدة برحلات داخل بلدهم ليشاهدوا مـــدى تاثير سوء التغذية على الفقراء . وقامت الجامعات بدراسة كل مظهر مـــن المظاهر الغذائية الامريكية ابتداء من الوجبات الغذائية الخفيفة الى الثقيلة التي تقدم لاطفال المدارس وحتى الكميات المتبقية من الطعام في النفايات المحلية ، وبدأ نقاش مفتوح في جميع اجهزة الاعلام المكتوبة والمسموعة والمرئية بين علماء التغذية على اختلاف آرائهم والمؤلفين المهتمين باصول التغذيـــــة . وقد زاد الاهتمام بالبيئة المحيطة ومشاكل التلوث نتيجة لاستخدام الاسمدة الكيماوية ، والمبيدات والآفات الزراعية والمواد التي تضاف لمساعدة النبات على النمـــــو وانتاج الغذاء . وقد بدأت البحوث الطبية في اكتشاف العلاقة بين انواع الغذاء وبعض الامراض كامراض القلب . وقد اكدت مثل هذه النشاطات على ان توافر



حتما ان لم يصحبها ــ ثورة اخرى ــ وهي ثورة تحديد السكان ، ولكن الثورة الخضراء استطاعت القضاء بشكل مؤقت على المجاعات في بعض البلدان . انها تزودنا بفترة راحة نستطيع فيها العمل على تقليص نسبة نمو السكان ، ونفكر بطرق يمكن التغلب بها على المشكلات التي خلقها الانسان نتيجة لتدخله بالنظام البيئي الطبيعي .

مساحات كبيرة من المحاصيل بنوع واحد له نفس الخواص) تخلق اهدافـــا سهلة لانواع جديدة من الامراض غير المعروفة . فاذا زرع صنف واحد من القمح في منطقة واسعة فان نوعا جديدا من مرض الصدأ (مرض يصيب شتـــى اجزاء النبات) قد يدمر كل المحصول . وكذلك فان الاصناف الجديدة تحتـــاج الى كميات كبيرة من الاسمدة والمبيدات الحشرية ووسيلة ري فعالة وكل هذه الامور ذات تكلفة عالية . ثم ان الثورة الخضراء ليست ظاهرة عالمية في جميـــع الدول الفقيرة ، اذ انها محصورة بشكل كبير في القمح الرز . ففي اميركـــا اللاتينية والصحاري الافريقية ، توقفت الى حد ما بسبب اجراءات تملك الاراضي . وكذلك فان انظمة التسويق غير الكافية يمكن ان تتدخل في هذا في كثير من البلدان . وفي بعض المناطق يهدد فائض الانتاج المحلي باغراق الاسواق القائمة بمشاكل التخزين والتصدير والتصنيف والشحن ــ ان توزيـــع الحبوب المحسنة بالتساوي وبطرق لا تؤدي الى اثارة المشاكل بين الفئات المختلفة من الناس مشكلة اخرى .

لا توفر البذور المحسنة حلا جذريا للمشكلة العالمية للغذاء والسكان ، لان التغلب على الجوع هو طرف واحد من المعادلة ، ان الثورة الخضراء ستفشـــل



شكل ٣ : تستدعي تنمية سلالات جديـــدة استخداما اكبر للتكنولوجيا . في الصورة يراقب مزارعو الرز الهنود تجربة لطرق الرش . وفي اسفل الصورة يبدو التقاط محصول الهود ــ سلالة جديدة من الذرة في جنوب الهند .

وتقليل الحساسية لطول النهار وتقليص الفترة اللازمة للنضج فان هنـــاك انواعاعديدة يمكن زراعتها على مدار السنة ، منتجة اثنين او ثلاثة او حتى اربعة من المحاصيل من نفس الحبوب او من مختلف تركيباتها .

ورغم هذا التقدم الفريد من نوعه ، فان هناك حدودا كثيرة لمقدرات الثورة الخضراء ، فلقد لقيت معوقات في بعض المناطق وذلك بسبب الجفـــــاف او الفيضانات او العقبات الاخرى ، بالاضافة انى ان الزراعة الواحدة (زراعة



شكل ١ ــ مزارع من شمال الهند مع محصـــول الناضج من القمح المعجزة .

شكل ٢ : الدكتور نورمان بورلاغ في الحقل في مركز تحسين القمح والذرة العالمي بالمكسيك .



ان الثورة الخضراء هي اختصار لتعبير يطلق على ادخال وسرعة انتشار اصناف جديدة عالية الانتاج من الرز والقمح . هذه الاصناف المحسنة من البذور ، التي تعتبر اروع تقدم في التقنية الزراعية في هذا العصر ، قد استخدمت في كثير من البلدان النامية منذ ظهورها في الستينات ، وهي ليست فقط افضل من الاصناف البلدية ، بل ان انتاجها مضاعف ايضا . ان البذور الجديدة حسنت بطريقة تمكنها من الاستفادة من الظروف الاستوائية وشبه الاستوائية، التي تعتبر غنية بمصادر الطاقة الشمسية . وان احد المهندسين الزراعيين رواد الثورة الخضراء ، نورمان بورلاغ ، قد حصل على جائزة نوبل عام ١٩٧٠ لتخليقه فصائل جديدة من القمح .

وانتشرت الانواع المحسنة بشكل سريع لقدرتها العالية على الانتاج، وفي نهاية الستينات كانت الزيادة في انتاج الحبوب بدرجة لم يسبق لها مثيل . ولقد زاد انتاج الباكستان من القمح حوالي ٦٠ ٪ في الفترة ما بين ١٩٦٧ و ١٩٦٩ ، وزادت الهند انتاجها من القمح حوالي النصف في الفترة ما بين ١٩٦٥ الى ١٩٦٩ ، ولقد انهى الفلبينيون اكثر من نصف قرن من الاعتماد على الرز المستورد ، ولكن الفلبين احتاجت الى مساعدات غذائية جديدة في بداية السبعينات وذلك بسبب الفوضى الاهلية ، وقد استفاد عدد اخر من البلدان الاسيوية من هذا الاكتشاف كتركيا ، وبورما وماليزيا واندونيسيا وايران وافغانستان ، ويمكن زيادة الانتاج بشكل افضل وذلك بزيادة المساحات المزروعة او بتوفير الاسمدة اللازمة او بتبني انواع عالية الانتاج .

ومن بين التطورات الحديثة المثيرة تصنيع الانسان لنوع من الحبوب يسمى تريتيكم Triticum وهو هجين من القمح والجاودار يجمع الانتاج العالي للقمح مع قوة نمو الجاودار . وقد حث هذا التطور على عمل تزاوج بين انواع اخرى من النباتات بما فيها الشوفان والشعير والنجيل والبازيلاء وفول الصويا . وحلم كثير من المهندسين الزراعيين الان هو انتاج قمح له خواص البقوليات من حيث وجود عقد جذرية تحتوي على البكتيريا المثبتة للنيتروجين ، ان هذا الهجين الذي يحتوي على نسبة عالية من البروتين يكون سمادا ذاتيا لنفسه ، وبذا يوفر مادة غالية الثمن على ميزانية المزارع .

بالاضافة الى ذلك ، يمكن مضاعفة المحاصيل في المناطق الاستوائية ، ويعود ذلك للصفات الوراثية الكثيرة التي تتمتع بها هذه الاصناف الجديدة ،

نظـرة فاحصـة

الثورة الخضراء

في كثير من انحاء العالم ، يعتبر الجوع حقيقة من حقائق الحياة ، وقـد جاء في احصائية حديثة لمؤتمر الغذاء العالمي ان هناك حوالي ٧٠٠ مليون انسان في العالم يعانون من الجوع . ويظهر ان الاسوا سيأتي في المستقبل . ويعتقد خبراء السكان انه اذا استمر سكان العالم في التزايد بنفس النسبة الحالية وهي ٢٪ في السنة فان عدد سكان العالم سيصبح ٦ر٤ بليون نسمة، أي أن عدد سكان العالم سيتضاعف ، حوالي سنة ٢٠٠٠ فلا بد من تضاعف انتاج الغذاء ليكفي هذا العدد من الناس . وهناك حل مطروح لسد النقص تجنبا لحدوث المجاعات في الدول الفقيرة وهو تصدير اطنان كثيرة من الحبوب من البلاد التي يوجد عندها فائض في الانتاج الى البلاد المحتاجة . وهناك خطة اكثر واقعية طويلة الامد تتضمن اجراء بحوث زراعية تقوم على استخدام اصناف جديدة من البذور والاسمدة مع طرق ري متطورة لمساعدة الدول الفقيرة في توفير غذائها. ان هذه العوامل الثلاثة تقع في صميم ظاهرة تدعى بالثورة الخضراء .

قام العالم الالماني جوستوس فون ليبغ بتحديد المواد الغذائية اللازمة لنمو النبات وبالتحديد النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . وتستخدم الاسمدة اليوم خاصة في المناطق المأهولة بالسكان وفي البلاد الصناعية ذات كميات الامطار العالية مثل اليابان . حيث يمكن مضاعفة انتاج الغذاء . والاسمدة النيتروجينية المحضرة ذات تكاليف منخفضة وتعتبر بديلة للطريقة التقليدية في تتبع الدورة الزراعية ، وبذلك تتيح المجال امام مساحات اكبر للزراعة .

ومنذ عام ١٩٥٠ فان الزيادة في الانتاج الغذائي العالمي جاءت نتيجة لزيادة انتاج الارض وليس نتيجة لزيادة المساحات المزروعة . وقد انتشر استعمال المواد الكيماوية للقضاء على الامراض ، والنباتات والافات الضارة . ومع هذا فان المواد الكيماوية المحضرة كمبيدات الحشرات المصنوعة من المواد الهيدروكربونية المهلجنة (منها DDT) خلقت مشاكل وذلك لسميتها العالية ، وانتشارها ، وعدم تحطمها وتحللها . ان البدائل لهذه المواد مازالت قيد الدراسة والبحث بما في ذلك البحث عن مواد كيماوية يمكن تحللها مع الزمن . ومن الطرق غير الكيماوية التي يجري استعمالها تعقيم ذكور الافات الزراعية وتحسين نباتات مقاومة للاوبئة والافات واستعمال الطفيليات الحشرية واستعمال الهرمونات للقضاء على الاعشاب الضارة . والهرمونات هي مجموعة انظمة تركز على تحليل داخلي للوسط البيئي الحيوي .

وقد مكن علم الوراثة الذي بدأ باعمال « مندل » علماء سلالات الحيوان والنبات من معرفة دورة الحياة الطبيعية للانواع المستأنسة والاليفة . فالمزارعون الاوائل ، مثل الهنود الذين يقطنون شمال أميركا والذين كانوا يزرعون الذرة قاموا باختيار الفصائل الجيدة والمناسبة ، واليوم استطاع علماء السلالات والتزاوج من زيادة انتاج الحيوانات (مثلا : تحسين سلالات الدجاج التي تضع البيض) وقد قاموا باكتشاف وخلق اصناف من الرز والقمح ذات انتاج عال ، وتتاثر بالاسمدة وغير فصلية وتنضج مبكرا وقد قاموا بتطوير ذرة تحتوي على بروتين عال . وقد ادت التجارب الاخيرة الى خلق نوع جديد من النبات هو هجين محسن وذلك بعملية دمج خلوي مباشر .

١ ــ الـــــــري .
٢ ــ تسخير القوة الحيوانية والآلية .
٣ ــ تبادل المحاصيل بين العالمين القديم والجديد .
٤ ــ المواد الكيماوية الزراعيـــــــة .
٥ ــ المعرفة الوراثيـــــة .

ان طريقة الري بتغيير اتجاه تدفق ماء الانهار او الجداول نحو الحقول هو اسلوب معروف منذ حوالي ٦٠٠٠ سنة في وادي دجلة والفرات وربما على طول نهر النيل . والري يزيد من مساحة الاراضي القابلة للزراعة ، وقـــد استخدم لتطوير الزراعة وزيادة الانتاج في الاراضي المزروعة.ومعظم المساحات المروية تقع الان في اسيا لزراعة ونمو الرز . والاساليب الحديثة المستعملة في الري تستخدم فيها المياه الجوفية التي يضخ منها الماء الموجود تحت اسفل الارض بواسطة انابيب ومضخات ، وكذلك المشاريع الكبرى التي تقام على الانهـــر كسد اسوان في مصر .

وقد تقدمت الزراعة كثيرا عندما تعلم الانسان زيادة قوته الفعلية وبذلك زاد من مصادر الطاقة الكلية ،فمنذ حوالي ٣٠٠٠ ق.م. قام المزارعون في منطقة الشرق الاوسط بترويض الحيوانات لتساعدهم في حراثة الارض ، واليـــوم تستخدم الحيوانات في حوالي نصف الاراضي المزروعة في العالم ، للحراثة والفلاحة ، مثل الابقار ، والجاموس والثيران والخيول والجمال . ان اختراع آلة الاحتراق الداخلي اوجد التراكتور والآلات الاخرى للقيام بالعمل ، متيحـــة بذلك اعداداجيدا للتربة لاستقبال البذار في الوقت المناسب للزراعة والحصاد والدراسة وطرق اخرى لزيادة الانتاج .

وبعد رحلات كولومبس اتصلت الزراعة في العالمين القديم والجديـــد ولقد ساعد تبادل المحاصيل على انتشار مصادر توفير الغذاء ، مثل ادخال البطاطا من جنوب افريقيا الى الصين وشمال اوروبا ، والذرة من الامريكيتين، وهي تعتبر احد محاصيل الحبوب الرئيسية الثلاث . ولقد اخذ العالم الجديـد معظم محاصيله المحلية من العالم القديم ، والان يزود البلاد الاخرى بسلالات محسنة من الحيوانات .

ان المئات من المركبات الكيماوية تستعمل في الزراعة الحديثة للقضاء على الافات والاوبئة ولتسميد التربة . وقد تم تطويرها في القرن التاسع عشر ، عندما

ملخص الفصل الحادي والثلاثين

ان الزراعة هي تدخل الانسان لتغيير النظام الطبيعي لزيادة انتاج مصادر الغذاء النباتية والحيوانية الموجودة . ولقد دلت الدلائل الاولى على ان الانسان انتقل من الصيد وجمع الغذاء الى الرعي ثم الى الزراعة وذلك منذ ١٠٫٠٠٠ قبل الميلاد في الهلال الخصيب اي المرتفعات التي تحيط بنهري دجلة والفرات . ولقد تم استئناس بعض انواع من الحيوانات والنباتات عن طريق التجربة ، وفي حوالي ٣٠٠٠ ق.م. انتشرت الزراعة في كل السهول الواقعة في جنوب الجبال الاسكندنافية .

وفي العالم الجديد ، فان الفاصولياء والقرع (اليقطين) كانت تزرع قبل حوالي ٩٠٠٠ سنة . ولقد ظهرت الزراعة بشكل مستقل في مناطق جنوب شرق اسيا وحول تايلاند وقد طبقت في الصين .

ولقد استقر الناس على الزراعة بعد ان بدأوا بحصاد الحبوب البرية ، ثم خزن الحبوب ، واقتناء قطيع من الحيوانات البرية . واليوم فان المحاصيل تغطي حوالي ١٠ ٪ من مساحة الكرة الارضية ويزيد عدد الحيوانات على ٣٫٥ مليون .

ان هناك خمسة عوامل تكنولوجية مهمة ساهمت في تطور الزراعة وهي :

انتاجا عاليا وتتأقلم مع الفيضانات . والجهود تستمر لانتاج وتطوير اصناف من الذرة تعطي انتاجا اكبر وكذلك من ذرة المكانس والدخن ، البطاطا والقرنيات ولانتاج اصناف مقاومة للمرض من جميع هذه النباتات .

ولقد تم اخيرا تحسين سلالة احد انواع الذرة بحيث يحتوي على كمية جيدة من البروتين . ان البروتين في الذرة التقليدية فيه نقص في الاحماض الامينية الاساسية مثل تريبتوفان واللايسين . وفي عام ١٩٦٣ وفي جامعة بوردووتم اكتشاف جين غني باللايسين داخل البلازما وقد فتح ذلك بابا لمعالجة سوء التغذية الناتجة عن البروتين ، وخاصة في المناطق التي يعتمد سكانها في غذائهم على الذرة مثل امريكا اللاتينية والصحاري الافريقية . وقد لاحظ العلماء في معهد روكفلر للبحوث في كولومبيا مدى اهمية هذا الاكتشاف لكولومبيا ، حيث تعتبر الذرة هي الغذاء الاساسي للسكان وحيث سوء التغذية الناتجة عن البروتين منتشرة بين السكان فحصلوا على عينة من البذور ، واستطاع العلماء تطوير اصناف على مستوى تجاري تحتوي على نسبة عاليةمن اللايسين، ثم استغل هذا الاكتشاف عام ١٩٦٩ . وقد ادى هذا الاكتشاف الوراثي الى

تعديل في النظام البيئي الحيوي ، اذ حيث تستعمل الاصناف الجديدة كاصناف محلية لغذاء الحيوانات ، فان الاغذية البروتينية الاخرى الغالية يمكن توفيرها مما يقلل الضغط على المصادر البروتينية الاخرى .

وفي عام ١٩٧٢ قام الباحثون في علم الاحياء في مختبرات بروك هافن بالاعلان عن خلقهم لهجين من النبات ، يختلف في تهجينه عن الطرق والوسائل التي استخدمها الانسان سابقا ، وذلك بتجاوز الجهاز التناسلي للنبات . فلقد قام العلماء بجمع خلايا مختلفة من آباء مختلفين ، والحصول بالاندماج الخلوي على صنف هجين محسن من هذه النباتات ، انه من المبكر الحكم على هذا الاكتشاف ، الا ان الطريقة الجديدة تحمل بشائر التغلب على الافات الزراعية والامراض والجفاف وبشائر احتوائها على البروتين بنسبة عالية مع السرعة الكبيرة التي يتم الحصول فيها على الهجين الجديد .

مخزونات واسعة جمعت من انحاء مختلفة من العالم ، ان اساس البحث قد زود مراكز البحوث العلمية بمعلومات جديدة في الوراثة والتزاوج (التلقيح) . ففي المراكز المحلية ، فان محسني النباتات يقومون بتصنيف وتهذيب الاصناف الاولية لتناسب بشكل خاص ظروف النمو المحلية والاذواق المختلفة . ثم يتم استيراد اصناف اخرى وتهجينها ليتم خلق اصناف جديدة تحمل الصفات المطلوبة . ويحاول علماء تحسين السلالات انتاج اصناف من القمح تستطيع ان تعطي نتاجا عاليا في المناطق ذات الامطار القليلة وكذلك اصناف من الرز تعطي



الشكل (٣١ ــ ١٠) : تشكل سلالات القمح والرز ذات الانتاج العالي الجديدة ، والمنماة على اراض تجريبية كما في الصورة ، تشكل طريقة مهمة وعملية للانسان لمعالجة مشاكل زيادة السكان وسوء التغذية والمجاعة . ان القمح في هذه الصورة له سيقان قصيرة صلبة تمكن النبات من حمل وزن الانتاج الاغزر على أية حال ، فانه بالرغم من الامال بان الارض ستزود بالغذاء كل سكانها يوما ما ، فان نقص الاسمدة والجفاف قد اعاقت الانطلاقة السريعة لما يسمى بالثورة الخضراء ودفعت تحقيق اهدافها بعيدا في المستقبل اكثر مما كان متوقعا لها اصلا .

تأثرها بالاسمدة . فالنباتات المحسنة من القمح والرز تنتج نباتات ذات سيقان قصيرة وصلبة بحيث تستطيع تحمل ثقل السنابل . لان الاصناف القديمة ذات السيقان الطويلة كانت تمتص ٤٠ باوند من النيتروجين لكل فدان ثم تنحني لثقل حملها . ان الاصناف الجديدة القصيرة تتناول ثلاثة اضعاف هذه الكمية من السماد .

وهذه الاصناف الجديدة ، تستعمل السماد بفاعلية اكثر ولذلك فان مستوى معينا من الانتاج يمكن الوصول اليه باستخدام كميات اقل من السماد. بالاضافة الى ان النباتات الجديدة تستفيد من الماء والارض والحراثة اكثر من غيرها . وهي ليست فصلية بمعنى انها لا تتأثر بالفترة الضوئية ، وهذا يمكن المزارعين من زراعتها في اكثر من فصل بالسنة بدل الزراعة في فصل واحد ، وكثير من هذه الاصناف تنضج مبكرة ، فصنف IR-8 اكثر الاصناف انتاجا للرز يمكن حصاده خلال اربعة اشهر اما الاصناف المحلية فتحتاج من ٥ الى ٦ شهور حتى يحين حصادها .

ان هذه الاصناف من القمح والرز قد حسنت في مراكز علمية خاصة ، من



الشكل (٣١ ــ ٩) : لقد ازدادت انتاجية الحيوانات المدجنة بالتقدم العلمي . ومن الامثلة النموذجية على ذلك عملية وضع البيض بصورة انتاج جماعي .

اللازمة لاحـــداث اثر ومقـدار ذلك الاثر المحدث . **فحامض اللسيرجيـــك دائيلاميد** lysergic acid diethylamide (LSD) هو مركب له قدرة احداثيـة عالية نسبيا لانه يمكن احداث حالة نفسية خاصة به باعطاء جرعة صغـــيرة تصل الى ٧٠ ميكروغم أو ميكروغم واحد لكل ١ كغم من وزن الجسم (تحـدد جرعات العقاقير عادة بنسبة العقار لوزن جسم الكائن) والقدرة الاحداثيـة هي مفهوم نسبي . فان LSD يعتبر أكثر قدرة احداثية اذا قورن **بالميسكالين** mescaline وهو مادة تسبب الهذيان (الهلوسة) ايضا اذ تحدث هذه الحالة النفسية اذا وصلت الجرعة الى ٧٠٠ ميليغم لكل كغم . ويعنى هذا ان **الميسكالين** هو اقل في قدرته الاحداثية بمقدار ١/١٠٫٠٠٠ من LSD .

امـا القدرة الاحداثية اذن الا تحديد للكمية الضرورية لاحداث اثر ما وهي بهذا مختلفة عن **الفعالية** Efficacy فالفعالية هي مقياس لمدى ما يقوم به العقار من وظيفة علاجية . فالكحول هو عقار ذو قدرة احداثية قليلة نسبيا ولكـن استعماله في كثير من المجتمعات كمادة مهدئة للقلق ومضادة للتسمم دليـل على فاعليتـــــه .

العلاقـة بين الزمن والاثر Time-effect relationship

لا يختلف عمل العقار تبعا للجرعة التي يؤخذ بها فحسب وانما حسب الزمن الذي يمكث فيه في مركز معين ايضا . فبعض العقاقير قادرة على العمل بسرعة وقت اخذها لانها تصل الى المستقبلات التي تعمل عليها بسرعة ، وهنالك بعض العقاقير الاخرى التي تحتاج الـى وقت اطول حتى تظهر اثارها. وزيادة على ذلك تستطيع العقاقير المختلفة احداث الاثار المترتبة عليها فـــي أوقات مختلفة بعد أخذها . فلو اخذنا عقارا معينا واعطيناه عن طريق معـين (كالفم او عن طريق الحقن ... الخ)وبشكل جرعة معينة (كحبة او كبسولة او سائل ... الخ) فانه يمكن تبيان **العلاقة بين الزمن ومجرى عمـــــل** time-course of action هذا العقار بشكل متميز على المنحنى المبين للعلاقة بين الزمن والاثر.

ويوضح الشكل ٣٣ ــ ٥ العلاقة بين الزمن والاثر لتدخين **الماروانـــا** marijuana حيث تقيس اثر هذا التدخين على سرعة النبض علـــى مدى فترة

شراب الكحول ذاته لاعتقاده ان ذلك سيساعده اكثر على ازالة القلق واجراء حساباته وبهذا تتحدد نقطة ج على المنحنى . ولكن للاسف ينعس ذلك الرجل ويخطىء في حساباته الامر الذي يزيد من قلقه فيقرر في الليلة الرابعة ان يأخذ اربع كؤوس من البراندي (نقطة د) فيذهب للنوم مباشرة بعد الانتهاء من شربها . ويوضح الشكل ٣٣ ــ ٤ اثار الجرعات المختلفة للكحول على ذلك الشخص . فلو تفحص مثل هذا الرجل المنحنى لاستنتج أن شرب كأسين سيكون كافيا لتقليل قلقه ولكن شرب اكثر من ذلك سيمنعه من العمل بشكل فعال .

متغيرات العلاقة بين الجرعة والاثر *Dose-effect variables*

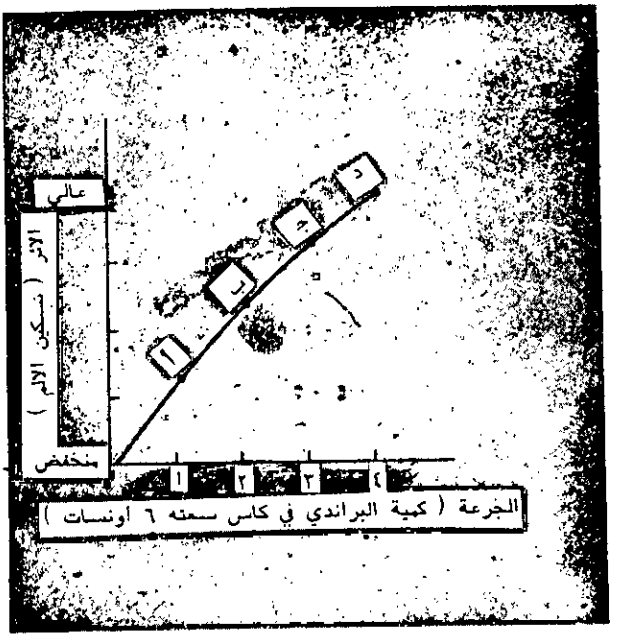
ان هذه الدراسة المتعلقة بالرجل وضريبة دخله وسلوكه عند شرب الكحول لم تضبط بالدقة اللازمة فالاثر الناتج عن كل جرعة اخذها لا تعتمد على حجم الجرعة وخصائص العقار فقط وانما على طبيعة النظام البيولوجي كذلك فلو ان الرجل اكل وجبة ثقيلة من الطعام قبل تناوله بعض هذه الجرعات دون غيرها لما كان هناك تجانس في العلاقات بين الجرع واثارها . وقد نحصل على منحنى مختلف لشخص اخر يتعرض لنفس ظروف هذه الدراسة (كامرأة نحيفة وزنها ٩٨ باوند او شخص مدمن على الشرب) . هذا بالاضافة الى ان الاثار المشار اليها بالنعاس والقلق هي اثار يصعب تحديدها كميا . لهذا السبب يفضل علماء العقاقير القيام بتجارب تحت ظروف ضبط دقيقة ، وبالنظر الى اثار يمكن تحديدها بدقة . فمثلا يمكن رسم منحنى العلاقة بين الجرعة والاثر لمادة **الكافين** caffeine **باستخدام اختبار مقنن** standardized test **لليقظة** كتقدير عدد الاخطاء الحاصلة في مسائل حسابية محددة .

ان اكثر الامثلة الموضحة للعلاقة بين الجرعة والاثر هي تلك التي تتم بطرق تجريبية مثل وضع قطعة من نسيج حيواني في محلول يحتوي على العقار. فان مثل هذه التجارب لا تخضع لاي من المتغيرات كالاختلافات في سرعة امتصاص العقار في النظم الحية او القياسات الشخصية للاثار . **ولكن بغض** النظر عن ذلك فهناك حقول من الدراسات على العقارات التي تؤثر في العمليات العقلية كما في علم العقاقير النفسي تستوجب من المتخصص ان يعمل في مسائل تقدير اثار حالات الدوار او القلق .

القدرة الاحدائية potency : تحدد القدرة الاحدائية العلاقة بين الجرعة

الجرعة المعطاة والاثر المقاس وحالة النظام البيولوجي قيد الدراسة بالاضافة الى الخواص الكيميائية العقارية للعقار نفسه .

ويمكن توضيح مفهوم العلاقة بين الجرعة والاثر الذي تحدثه بمثال بسيط . افترض ان رجلا امريكيا يريد حساب ضريبة دخله الامر الذي يجعله قلق البال الى حد كبير . وهب ان الوقت متاخر ليلا وانه قرر ان يأخذ كاسا من البراندي . فانه يمكن اعتبار هذه الكأس احدى النقاط على منحنى العلاقة بين الجرعة والاثر الناتج عنها بالنسبة للكحول (النقطة ا على الشكل ٣٣ ــ ٤) . وبعد تناول الكأس ما يزال هذا الرجل يحس بقلق زائد يمنعه من حساب ضريبة دخله فيذهب لمشاهدة فيلم سينمائي . وفي الليلة التالية يحاول الرجل مرة ثانية القيام بحساباته ويحاول ازالة قلقه باحتساء كاسين من البراندي هذه المرة ، وبهذا تتحدد نقطة ب على المنحنى ذاته الان . ويقوم بجزء من حساباته تلك الليلة وفي الليلة الثالثة يقرر ذلك الرجل احتساء ثلاث كؤوس من



الشكل (٣٣ ــ ٤) : منحنى العلاقة بين الجرعة والاثر . يمكن قياس اثار عقار ما حسب مقدار الجرعة المعطاة . ويبين هذا المنحنى الاثار المعروفة الناتجة عن تعاطي الكحول تبعا لجرعات مقدرة . فكلما زاد الشخص من الجرعة التي يتناولها فانه يصل الى الاثر المرغوب فيه وهو الاستراحة من القلق الذي ينتابه . ولكن عند زيادة الجرعة بدرجة كبيرة (النقطتين جـ ، د) يتغير تاثير العقار فيؤدي الى النعاس ثم النوم .

Alexander Fleming's باكتشافه **البنسلين** penicillin عام ١٩٢٠ . الا ان التجارب الاولى على العلاج عن طريق المضادات الحيوية في الانسان لم تبدأ قبل اربعينيات القرن العشرين .

تجد عقاقير العلاجات الكيميائية مستقبلاتها داخل اماكن خاصة للكائن المهاجم فقد حدد **جيمس بارك** James Park **وجاك سترومنجر** Jack L. Strominger في عام ١٩٥٧ مركز عمل البنسلين اذ كتبا مايلي (تعود خاصية القتل الانتخابية للبنسلين لترتيب حيوي غير موجود في الخلايا الحيوانية ولكنه مرتبط بعملية تكوين الجدار الخلوي) . ويعمل البنسلين على منع تكوين هذا الجدار الخلوي . وتعمل العقاقير المضادة للبكتيريا (**المضادات الحيوية** antibiotics بطرق مختلفة .فيوصف البنسلين مثلا بانه **عقار قاتل للبكتيريا** bacteriocidal drug بمعنى انه يقتل جميع انواع البكتيريا التي تتأثر به وهناك عقاقير اخرى **مسكنة للبكتيريا** bacterio static drugs اي انها تمنع تكاثر انواع معينة للبكتيريا معتمدة بذلك على وسائل الدفاع الطبيعية للجسم لتقضي على الانواع الباقية الاخرى . **والتتراسيكلين** Tetracycline هو مثال للعقار المسكن للبكتيريا .

ولكل عقار مضاد للبكتيريا طيف خاص به وهو مجموعة من البكتيريا تتأثر به فيقوم العقار ذو الطيف الواسع **كالسلفانيلاميد** sulfanilamide بمهاجمة مجموعة كبيرة من البكتيريا . ومثل هذه الخاصة تفيد الطبيب عندما لا يكون متأكدا من نوع البكتيريا المسبب للمرض الذي يعالجه . وقد يكون لمثل هذا العقار اثار سيئة اذ يقتل بعض انواع البكتيريا التي تعيش معيشة طبيعية في امعاء جسم الانسان ، والحقيقة ان هذا هو السبب في كثير من حالات الاسهال الناتجة عن تناول المضادات الحيوية ذات الطيف الواسع .

العلاقة بين حجم الجرعة واثرها Dose-effect relationship

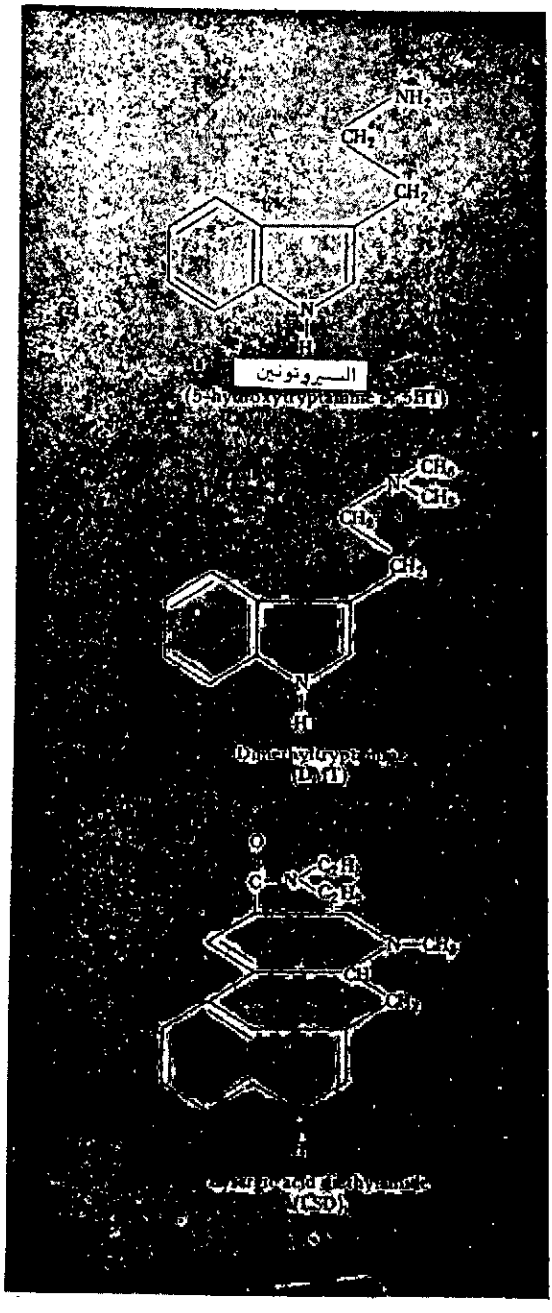
يختلف اثر العقار حسب حجم الجرعة المعطاة . وتحدد العلاقة بحجم الجرعة والاثر الناتج عنها على شكل منحنى يدعى **منحنى العلاقة بين حجم الجرعة والاثر** dose-effect curve . ولما كان يمكن لعقار واحد ان يكون له اكثر من اثر واحد فانه قد يحتاج الى منحنيات مختلفة عديدة لتوضيح الاثار المختلفة لعقار معين على الجهاز الواحد . وتختلف منحنيات العلاقة بين الجرعة والاثر حسب حجم

عقار اخر عن طريق عدم السماح له باشغال سطح المستقبل كاملا . وقد ظن بعضهم ان مثل هذه الطريقة الاخيرة قد تفسر اثار العقاقير مثل **النالوكسون** naloxone وهو مركب يستخدم لمنع تاثير **المخدرات** narcotics فالنالوكسون ليس بمادة مخدرة بحد ذاته اذ انه لا يريح من الالم ولا يسبب النوم ولكنه يمنع المخدرات **كالهيروين** heroin من احداث اي تأثير .

ويدرس علماء العقاقير التراكيب الجزيئية للعقاقير والعلاقة بين كل تركيب والتأثير البيولوجي في محاولة لتحديد اماكن المستقبلات الخاصة بالعقاقير المختلفة وتسمى هذه العلاقة **بالعلاقة بين التركيب والنشاط** structure-activity relationship والفائدة من ذلك يمكن ان نلاحظها مثلا في العلاقات بين تراكيب بعض المركبات التي تؤثر في بعض العمليات الخاصة بالدماغ . فمواد **الداي ميثيلتربتامين** Dimethyltryptamine (DMT) **وحامض الليسيرجيك دايثيلاميد** lysergic acid diethylamide (LSD) **هي عقاقير ذات تاثيرات هذيانية** hallucinogenic فان كلا منها قد استعمل تجريبيا لاحداث **حالات نفسية كيميائية** chemical psychoses **والسيروتونن** Serotonin او **خماسي هيدروكسي تربتامين** 5-hydroxytrypta mine (5HT) هو هرمون **وموصل عصبي** neurotrans mitter موجود طبيعيا في جسم الانسان . وان توضيحا شكليا للصيغ التركيبية لهذه المركبات الثلاثة يظهر اوجه تشابه كثيرة . ومثل هذا التشابه التركيبي هو احد الطرق التي ياخذها علماء العقاقير محاولين تحديد المستقبلات الخاصة بالعقاقير التي تحدث امراضا نفسية كيميائية .

العقاقير والكائنات المهاجمة *Drugs versus invaders* : توجد مجموعة مهمة من العقاقير لاتؤثر في الجسم ذاته وانما في الكائنات التي تهاجم الجسم كالبكتيريا والفطريات والفيروسات والخلايا السرطانية وتدعى هذه العقاقير **بالعلاجات الكيميائية** chemotherapeutic agents ويتركز عملها على التأثير في الكائن المهاجم وتتجنب قدر الامكان خلايا العائل نتيجة لوجود اختلافات بيوكيميائية بين العائل والكائنات التي تهاجمه . كان **بول ايرلخ** Paul Ehrlich في عام ١٩٠٦ يعمل على الاصباغ المخلقة كيميائيا التي كانت تأخذها بعض الخلايا دون غيرها ، واقترح ان بعض المواد قد تكون قاتلة لخلايا بكتيرية خاصة تهاجم الجسم . وقد شجع هذه الفكرة **الكسندر فلمنج**

المستقبل كليا بجزيء عقار ما فان الرابطة الكيميائية الوظيفية الناتجة تكون قوية، الامر الذي يؤدي الى قيام العقار بعمله . ومن ناحية اخرى اذا شغلت مساحة صغيرة من سطح المستقبل فقط بواسطة جزيء عقار فانه من الممكن ان لا يكون لهذا العقار اي عمل خاص به على المستقبل . ولكنه من الممكن عندئذ أن يمنع أثر **العمليات الجراحية .**



الشكل (٣٢ ــ ٢) : التراكيب الكيميائية لمواد 5 HT, DMT, LSD . **وتوضح الاشكال اوجه التشابه في التراكيب الكيميائية للهرمون الطبيعي سيروتونين** serotonin **والعقاقير الهذيانية** hallucinogens **والعامل المشترك بينها هو نواة الاندول** indole nucleus **(الموضحة بخطوط سميكة) وسلسلتا الكربون المنتهية بالنيتروجين . وقد افترض نتيجة لهذا التشابه التركيبي ان** DMT **و** LSD **تؤدي فعلها بالعمل على هذه المستقبلات التي يؤثر فيها السيروتونين في الحالات الطبيعية .**

وبهذا وجد برنارد المكان الذي يعمل فيه الكيوراري ولكنه لم يتعرف على الطريقة التي يعمل بها هذا العقار . وجاء **لانجلي** J. N. Langley بعد ذلك ليتابع تحليلات برنارد ودراسته وقد وجد انه عند قطع العصب الموصل للعضلة فان باستطاعته ان يستثير هذه العضلة للانقباض بواسطة عقار **النيكوتين** nicotine ثم استعمل الكيوراري لشل هذه العضلة نفسها . ووجد انه يمكن للعضلة المخدرة بواسطة الكيوراري ان تستثار بصدمات كهربائية بعد ذلك واستنتج لانجلي من هذه التجربة ان النيوكوتين والكيوراري يعملان على تركيب معين لا علاقة له بأي من العضلة القادرة على الانقباض أو بالعصب . ولم يكن ممكنا عندئذ تحديد هذا التركيب التشريحي الذي تؤثر عليه هذه العقارات بالمجهر . وقد افترض بعد ذلك ان مثل هذه الاماكن هي تراكيب خاصة يمكن تسميتها **المستقبلات** receptors .

المستقبلات *Receptors* : بينما تحتاج بعض العقارات كالحبة الخاصة باضطرابات المعدة التي ذكرناها سابقا الى ان تصل الى عضو معين حتى تستطيع ان تؤدي وظيفتها فان معظم العقارات لابد وان تصل الى مركز عمل اكثر تحديدا وتخصصا الا وهو **المستقبل** receptor وتوجد المستقبلات اما على خلايا منفردة او في داخلها . والمستقبل هو جزيء كبير معقد او مجموعة من الجزيئات تكون عند اتحادها مع جزيء لعقار معين رابطة كيميائية وظيفية خاصة . ومع ان مثل هذا التركيب ضروري لتفسير كيفية عمل العقارات الا انه ما زال مفهوما افتراضيا . والجدير بالذكر انه لم يكتشف بعد فيما اذا كان هناك تجانس بين تراكيب المستقبلات او فيما اذا كانت هناك اشكال مختلفة لها . ولكن يعتقد انه عند اتحاد العقار بمستقبله فان ذلك يتم بما يشبه نظام المفتاح والقفل. (ان هذا النظام شبيه بالنظام الذي يعتقد ان الانزيمات تعمل على هيئته) .

عندما ترتب النماذج الجزيئية للعقاقير التي لها آثار متشابهة في اشكال متوافقة يظهر لنا تشابه بين اشكالها الجزيئية . وفي بعض الاحيان يتيح هذا التشابه لعلماء العقاقير ان يكونوا نموذجا نظريا لسطح المستقبل ثم تتيح هذه النماذج لعلماء العقاقير التجريبيين وللكيميائيين ان يصمموا عقاقير جديدة وان يتعرفوا على آثار المواد التي تكتشف حديثا .

ربما تعود الخاصة الاساسية لطريقة عمل العقار للكيفية التي يتراكب فيها جزيء العقار مع سطح المستقبل . فمثلا يفترض انه عندما يشغل سطح

كهربائي في عضلة ساق الضفدعة مباشرة فان هذه العضلة تنقبض . نستنتج من هذا انه لا أثر للعقار على قدرة العضلة على الانقباض.ثم عرض برنارد التيار الكهربائي على العصب الموصل للعضلة ووجد ان العضلة لم تنقبض مما يشير الى ان الكيوراري قد عمل سد الاتصال بين العصب والعضلة . فهل من الممكن ان يكون عمل الكيوراري عن طريق التأثير على جميع الاعصاب والدماغ ؟

بعد ذلك وضع برنارد رباطا حول احدى ارجل الضفدعة في المكان الواقع تحت العصب الذي يؤدي الى العضلة . وبهذه الطريقة يمكن للدم الحامل للعقار أن يصل الى الاعصاب المؤدية لتلك الرجل وليس للعضلات . وعند وضع الكيوراري تحت الجلد هذه المرة شلت الضفدعة جميعها عدا الرجل التي اوقف فيها مرور الدم . ثم قرص برنارد الرجل التي وضع بها السم فانقبضت الرجل المربوطة وبهذا فقد اوضح ان الاعصاب مازالت قادرة على نقل السيالات العصبية بعد حقن الكيوراري ولكن هذا العقار قد منع نقل السيالات العصبية في مركز الاتصال بين العصب والعضلة . وبهذا فقد حددت هذه التجارب بنجاح مركز عمل هذا العقار الذي كان غير معروف سابقا . ويستخدم المخدرون الكيوراري والعقارات المشابهة له الان لاحداث استرخاء كامل للعضلات اثناء



الشكل (٣٣ ــ ٢) : تجربة برنارد . يري هذا الشكل المأخوذ من كتاب كلود برنارد Claude Bernard الطريقة التي حدد فيها برنارد مركز عمل عقار الكيوراري curare في الضفدعة . فعندما يوضع الكيوراري في كيس ليمفاوي ظهري (١) ينتشر هذا العقار في الجهاز الدموي للضفدعة . وقد منع الكيوراري من الوصول الى الرجل اليسرى بواسطة رباط خاص (ب) منع وصول الدم الى عضلة الرجل ولكن يمكن للدم أن يصل الى الاعصاب التي تؤثر في هذه العضلة . وقد ادى ذلك الى شلل في جسم الضفدعة جميعه عدا الرجل اليسرى . وعندما لسعت الرجل اليسرى التي لم يصل لها الكيوراري فانسحبت . وبهذا فقد اثبت برنارد انه يمكن للاعصاب أن تنقل السيالات العصبية رغم وجود الكيوراري وان الكيوراري يؤثر على عملية انتقال السيالات العصبية على المراكز الواقعة بين العصب والعضلة التي يؤدي اليها ذلك العصب .

وقد تكون الطريقة التي يعمل بها عقار ما في بعض الاحيان بسيطة خاضعة لقوانين طبيعية ، فمثلا بسبب مساج عضلة مؤلمة في ساق لاعب تنس اثارة في انسجة هذه العضلة تساعد على زيادة مرور الدم فيها فيخف الالم. الا ان معظم العقاقير تعمل على تغيير التفاعلات الفسيولوجية بطريقة اكثر تعقيدا .

ولا يمكن للعقار ان يؤدي الغرض الذي اعطى من اجله الا عندما يصل الى **مركز عمله** site of action وهو مكان معين في الجسم . وقد يكون مركز العمل قريبا من مكان اعطاء العقار فمثلا يؤثر المخدر الموضعي على الاعصاب الموجودة قريبا من المكان الذي وضع عليه او حقن فيه المخدر . وفي بعض الاحيان لا بد من انتقال العقار مسافة بعيدة للوصول الى مركز عمله ، فمثلا تعمل مواد الكحول والكافين على مراكز معينة في الدماغ . ويمكن ان يكون مركز العمل في جزء واحد من اجزاءالجسم كما هو الحال عند بلع حبة من الحبوب الخاصة بعسر الهضم ، اذ تصل هذه الحبة الى المعدة وتعادل الحامض المعدي. كما انه من الممكن ان يكون مركز عمل العقار منتشرا في انحاء كثيرة من الجسم فمثلا تعطى العقارات الخاصة بتليين **العضلات الملساء** smooth-muscle لتتمركز في نوع معين من انسجة الجسم المنتشرة في انحائه المختلفة .

تحديد مركز العمل *Determining site of action* : ان من الحقول الهامة للبحث في علم العقارات الحديث هو ذلك الذي يبذل فيه مجهود كبير لتحديد مراكز عمل العقارات المختلفة بدقة . فلا يكفي مثلا ان تعرف ان عقارا معينا يسبب الشلل وانما يريد علماء العقاقير معرفة مركز عمل العقار بالضبط حتى يتمكنوا من ان يفحصوا عن قرب الطرق التي يعمل بها ذلك العقار .

في مثال تقليدي على التجريب في مجال العلوم العقارية استطاع العالم الفسيولوجي الفرنسي **كلود برنارد** Claude Bernard في منتصف القرن التاسع عشر ان يحدد مركز العمل والى حد ما طريقة العمل لمادة **الكيوراري** curare وهو احد مكونات السموم المستخدمة في السهام التي يستعملها هنود امريكا الجنوبية .

لقد كان معروفا من قبل أنه ليس لهذا السم الفعال اي اثر في الحيوانات اذا اعطى عن طريق الفم . فيبدو ان هذا العقار لا يمتص من خلال جدار المعدة او الامعاء وقد وجد برنارد الذي كان يقوم بتجاربه على الضفادع انه عند وضع جرعة من الكيوراري تحت الجلد فان الحيوان يشل .ولكن عند احداث تيار

ضمن مجال هذا العلم ومباشرة نظرة بعض المجتمعات لبعض العقاقير من حيث كونها مفيدة او ضارة . الا ان لاساسيات هذا العلم اهمية لكل من طلبة العلوم ولاي شخص يرغب في فهم وتقييم المستلزمات الاجتماعية لاستعمال العقاقير .

اساسيات فعل العقار Principles of drug action

يطلق على اثر العقار على الكائن الحي اسم **فعل العقار** pharmacological action او مفعوله **فعل الباربتيورات** barbiturate مثلا هو حفز الانسان الى النعاس وفعل المضادات الحيوية هو خفض الحمى والاعراض المرضية الاخرى . وللعقاقير اثار لا علاقة لها بالاغراض التي اخذت من اجلها الا وهي **الاثار الجانبية** side effects. ولكن هذا التمييز هو في الحقيقة لغوي بحت فجميع افعال العقاقير تخضع لقوانين خاصة سواء كانت اساسية ام ثانوية .



الشكل (٣٢ ــ ١) : نباتات المراوانا . ان عملية ضبط المجتمع الكلي للعقاقير امر مستحيل وخصوصا في حالات بعض العقاقير كالمراوانا التي تنمو بريا في مناطق كثيرة في الولايات المتحدة والتي يمكن زراعتها وتنميتها بسهولة ايضا .

مشروعة كاقراص النوم والويسكي . واخيرا ، هناك اتجاهات اجتماعيـــة وسياسية وقانونية وطبية متضاربة حول بعض العقاقير ادت الى احداث نوع من الاضطراب بحيث اصبح كثير من الناس لا يعرفون ماهية العقار في حقيقتها .

تخيل ان هناك طبقا عليه مجموعة من المواد وانه يوجد على كل مادة بطاقة تشير الى نوعها ، فهناك الهيروين والالكا ــ سيلزر وتنباك الغليـــون وفنجان قهوة وقرص بنسلين واخر ادرينالين وزجاجة جن وزجاجة اكسجين وانبوبة صمغ الطائرات وقرص مهدىء وقرص من السكر . فاذا طلبنا تقسيم هذه الاشياء الى ماهو عقار منها وما ليس بعقار وجدنا ان الناس يختلفـــون في اجاباتهم . فقد يعتبر بعضهم ان العقاقير منها كل مادة طبية ذكرت في القائمة، كما قد يعتبر البعض ان المواد التي يحصل عليها بطريقة غير مشروعة او عن طريق وصفة طبية هي العقاقير . وقد يختار البعض المواد التي تتميز بخطورتها ويضعها ضمن قائمة منفصلة للعقاقير . كما قد يطلق بعضهم اسم العقار على هذه الانواع الثلاثة مجتمعة .

قد يهتم المتخصصون في علم العقاقير بقيمة المادة الطبية وبمشروعيتهـــا واخطار استعمالها ولكنهم لا يستخدمون هذه المفاهيم كخصائص لتحديد العقار. فالعقار حسب تعريفهم هو المادة التي تسبب عند اخذها تغييرا بيولوجيا في احد اجهزة الانسان او الحيوان . فالادرينالين مثلا هو هرمون طبيعي موجود في كثير من الحيوانات ولهذا فهو لايعتبر عقارا تحت هذه الظروف ، ولكن عند اعطاء الادرينالين **لمريض بالربو** asthmatic فانه يعتبر عندئذ عقارا . ونحن نتنفس الاكسجين الذي حولنا دائما ولكن عند اعطاء الاوكسجين لمريض يحتاج اليه فانه عقار . ولهذا فان اصطلاح « **عقار** » drug يشير الى تأثير المادة على نظام حي وليس الى اية خاصة معينة للمادةولا يعنى هذا التعريف عن طريق اثر المادة انه يمكن تحديد ما اذا كانت المادة عقارا ام غير عقار حسب الدافـــع الذي يدفع مستعمل العقار الى استخدامه . فالجن ، او في الحقيقة الكحـــول الاثيلي في الجن هو عقار سواء شرب منه كاس واحد او شرب منه كميـــات كثيرة او استخدم لاغراض طبية ولكن لا يعتبر الكحول الايثيلي عقارا اذا استعمل لازالة بقعة من على قماش بدلة مثلا .

يدرس علم العقاقير تأثير العقاقير على النظم البيولوجية . لهذا فهـــو يتعلق بحقول الكيمياء والنبات ووظائف الاعضاء والمرض وغيرها . ولا يدخـــل

الفصـــل الثالث والثلاثون

علم العقاقير

Pharmacology

منذ فجر التاريخ وربما قبل ذلك بكثير جعل الناس يدخلون مواد كيميائية في اجسامهم بطرق شتى ولاغراض مختلفة منها منع وعلاج الامراض ، والمتعة النفسية والجسمانية ، ومنها دوافع دينية وروحية . فهناك علاجات عشبية ومواد مضافة للسموم واشياء يقدر الناس قيمتها حتى في ابسط انـــــواع المجتمعات . فالجديد بالنسبة لمجتمعنا التقني الحديث ليس استعمال هذه المواد وازدياد شيوع زراعتها وانما ازدياد اعدادها وتعقدمستلزماتاستعمالها.

يقوم العلماء بتخليق كثير من المركبات المعقدة كل عام . ويحدد نظـــام حكومي معقد مدى سلامة هذه المركبات واي منها تصنع وبأية كميات ولمـــن تباع هذه الكميات واي منها يحظر صنعها او بيعها كليا . ولكن هناك نظـام توزيع يوازي في دقته ومدى تعقيدة النظام الحكومي يحرك هذه العقاقير مـــن الصانع للمستهلك . كما تحرك السوق السوداء تجارة بعض العقاقير المحظورة كالهيروين والماروانا وبعض العقاقير المسروقة او المصنوعة بطريقة غيـــر



الصوديوم MSG وهيدركسي كولوين البيوتيليتد BHT تعتبر خطرة اذا تم تناولها بكميات اكبر من اللازم ، بالاضافة الى ان هناك مواد محضرة لم يعرف تأثيرها بعد او انه لم يزل مثار نقاش ، ولكنها موجودة باستمرار في معظم الاطعمة الموجودة في البقالات الحديثة . ومن بين هذه المواد نيتريت الصوديوم (المواد المحافظة التي تعطي اللحم لونه الاحمر) وجاليت البروبيل (مادة حافظة تستخدم في حفظ الحبوب والبطاطا، وهيدروكسي انيزول البيوتليتيد BHA التي تستخدم كمادة حافظة في السمنة والزبدة والاطعمة الاخرى .

من الذي يقرر سلامة استخدام المواد الكيماوية وكيف يتم اختبارها ؟ في الولايات المتحدة الامريكية يكون السماح باستخدام المادة المضافة بقرار من هيئة الادوية والاطعمة FDA ، وهذه تتطلب من المصنعين اثبات ان هذه المادة الكيماوية غير مضرة بالصحة . ولدى هذه الهيئة قائمة باسماء حوالي ٦٨٧ مادة مضافة يمكن استخدامها بامان GRAS ولكن معظم هذه المواد لم يتم فحصها بدقة او بتمعن لانها تستعمل منذ سنين بدون ضرر ظاهري منها على الصحة ، فالاعتماد على هذه القائمة اذن هو موضع شك . ففي عام ١٩٦٩ مثلا ، تبين ان مادتين صناعيتين تستخدمان للتحلية موجودتين في هذه القائمة وهما سايكلاميت وسكارين ، لهما تاثير بصحة الانسان .

لقد وجد ان السايكلاميت يشجع الاصابة بسرطان المثانة في الفئران . والدور السرطاني المحتمل للسكارين ، الذي لا يزال موجودا في السوق ، موضوع فحص وبحث علمي في الوقت الحاضر .

كيف يمكن تجنب حدوث مثل هذه الاخطاء في المستقبل ؟ لقد تم اقتراح عدد من الحلول ، افضلها الذي يقترح اختبار جميع المواد التي على قائمة الهيئة واجراء تجربات دورية على جميع المواد المضافة للاستفادة من اجهزة التحليل الكيماوية المتطورة . وعدم استعمال عدد جديد من المواد المضافة الا اذا ثبتت فائدتها اكثر من المواد الكيماوية الموجودة الان والتي تقوم بنفس الوظيفة .

الميونيز ومثل اطعمة زيتية اخرى لمنع التزنخ ، وتساعد المواد المتبته مثل الكراجينان (طحلب بحري) على سرعة ذوبان الاطعمة التي تجفف مثل الحليب . وتحسن مواد كيماوية اخرى كثيرة من صفات الطعام . فالمضادات الحيوية تقضي على كائنات التعفن في الاسماك والدواجن ، والمواد المجففة تضاف الى الحلويات لتمتص الرطوبة الزائدة ولتبقيها طازجة والمواد المضادة تستعمل في الخبز لتمنع تجمع الملح وبيكربونات الصوديوم .

ومع هذا فان بعض المواد المضافة كالمواد الملونة لا تحتوي على اية فائدة غذائية او عملية . انها تضاف لتحسين المظهر وللمساعدة على زيادة المبيعات . وهناك مواد كيماوية قد تم اثبات ضررها للجسم اذا استخدمت لفترة طويلة . فالاجين مثلا استخدم لمدة تزيد عن ٢٥ عاما لتبييض الطحين قبل ان يكتشف انه يتفاعل مع المواد الكيماوية الطبيعية الاخرى الموجودة في الخبز منتجا سما يسبب التشنج ، وبالمثل فان الكومارين قد استعمل لاكثر من ٧٥ عاما في عطر الفانيلا ثم وجد انه يسبب تلفا في كبد الكلاب ، وهناك ظواهر تدل على ان بعض المواد الصناعية الملونة والمنكهة في بعض الاطعمة لها علاقة باصابة الاطفال بمرض **الشلل** hyperkinesis هو خلل يؤدي الى جعل المصاب نشيطا بدون نظام وغير قادر على التركيز . ان مواد كيماوية اخرى مثل جلوتامات احادى



شكل ٢ : ١٠٠ علبة معلبات (آندي وارهول ، ١٩٦٢ ، معرف مجموعة البرانت كنواس ، بفالو ، نيويورك) .

خمسة ارطال انجليزية من المستحلبات ومواد الموازنة والوقاية ونكهة التلوين. وفي هذه الايام لدينا اكثر من ٢٥٠٠ مادة صناعية تضاف الى الاغذية ابتداء من الغذاء العقلي وحتى زبدة الفول السوداني . بعض هذه المواد يتراكم داخل الجسم لمدة ايام او شهور او حتى سنوات . وبعضها قد يسبب تاثيرات هي تحت الدراسه الان . ان الاسئلة التي تتسابق الى ذهن كل فرد مهتم هي : ما مدى حاجتنا لهذه المواد المضافة وما مدى الخطر من تناولها ؟

لاشك في ان كثيرا من المواد المضافة لازمة للجسم ومامونة التناول ايضا . وكثير منها مايزال يستعمل منذ قرون ، مثل الملح والفلفل ومسحوق العجين والخل وبهارات اخرى كثيرة مفيدة لحفظ الطعام او لتحسين نكهته . ويشير عالم الاحياء الدقيقة مايكل جاكوبسون في كتابه « المختار من الطعام » الى ان المواد المضافة قد ادت الى تنويع كبير في اصناف الطعام وبالاخص الاطعمة الجاهزة مثل تسخين وجبات العشاء المجمدة وتناولها امام التلفزيون ومسحوق تحضير الكعك الجاهز ومسحوق العصير والشوربة . ومنافع المواد المضافة عديدة ، ففي الخبز مثلا تمنع المستحلبات تغيير الطعم وتطيل من مدة بقاء الخبز طازجا وتمنع المواد الحافظة نمو العفن . وتضاف المواد المضادة للاكسدة مثل باثيلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك EDTA التي تضاف الى صلصة



شكل ١ : الهمبرغر المملق (كليس أولدنبرغ ، ١٩٦٢ . معرض مجموعة الفنون بأوتاريو) .

نظـرة فاحصـة

مدى فائدة المواد المضافة للطعام ؟

How Beneficial are Food Additives?

ان العبارة المكتوبة على علبة عصير برتقال مثلج تعطي المستهلك المجتهد فكرة على ان المواد الاساسية التي يحتويها هذا العصير هي :
حامض الليمونيك وفوسفات ثلاثي البوتاسيوم والصوديوم وكاربوكسي مثيل سيلولوز وسترات البوتاسيوم وحامض الاسكوربيك وفوسفات ثلاثي الكالسيوم ومواد منكهة طبيعية وصناعية واكسيد المغنيسيوم ومواد ملونة صناعية وجلوكوبال النحاس والنياسين وحامض البانتوثنيك والبالمبيتيت وهيدروكلوريد الثيامين وحامض الفوليك والرايبوفلافين .

فما هي المواد الكيماوية في هذه القائمة المخيفة ؟ ما هي القيمة الغذائية التي تعطيها للغذاء ؟ قليل من الفيتامينات ولكن الغالبية مواد مضافة ، وهي عديمة القيمة الغذائية تضاف بكميات قليلة خلال عملية الصناعة لتحسين النكهة والمظهر والقالب والتخزين ان كل امريكي يستهلك سنويا من ثلاثة الى

ان مقاييس السعرات الحرارية المأخوذة وبعض المواد المغذية قد وضعت في الانصبة الغذائية اليومية الموصى بها من قبل المجلس الوطني للبحوث . وظهرت المقاييس الغذائية المختارة في دليل لدائرة الزراعة في الولايات المتحدة ، يحوي المجموعات الاربع الاساسية للاغذية . وقد تم تصنيف المجموعات بها على اساس التشابه في القيمة الغذائية . تزود ادارة الادوية والغذاء في الولايات المتحدة المستهلكين بالمعلومات الغذائية وذلك بتنظيم التعرفة الغذائية وهي مبنية على ما اوصت به الانصبة الغذائية اليومية الموصى بها في الولايات المتحدة .

ان الجوع هو الرغبة الشديدة للغذاء مصحوبة بعدم الراحة او حتى بالالم . اما سوء التغذية ، فهو الصحة العليلة بسبب التغذية الخاطئة ويشمل على التغذية الزائدة والتغذية الناقصة ايضا . وينتج النقص الاولي عن عدم تناول الشخص كميات كافية من المغذيات اللازمة لاحتياجه الطبيعي . تستخدم طرق تحليل الدم او البول ، وقياس مستوى النشاط الانزيمي وعمليات التمثيل الغذائي والتحليل الطبي للكشف عن نقص التغذية .

تعتبر ضرورية للانسان . ان نقصان فيتامينات أ ، د،ج والنياسين والرايبوفلافين والثيامين يؤدي الى تعرض الجسم الى مشاكل صحية .

اما المعادن فهي تساعد الجسم على المحافظة على تركيبه وتقوم بتنظيم النشاطات الفسيولوجية . وهناك نقص في الكالسيوم والحديد واليود عادة في اغذية الانسان .

وباستثناء الاكسجين ، فان الماء هو اهم المواد اللازمة ويحتاج اليه الجسم بكميات وافرة . فهو يقوم بالتفاعلات الحيوية ويدخل في تركيب الجسم وكمادة مذيبة وكناقل وكمنظم لدرجة حرارة الجسم ، ويمكن ان يحتوي ايضا على المعادن . ويمكن الحصول على الماء من الاطعمة السائلة والجافة وكذلك ينتج في الجسم عندما يزال الهيدروجين من الاطعمة المزودة بالطاقة ويتفاعل مع الاكسجين .

ان الطاقة هي القدرة على انجاز العمل او احداث تغيير ما . وتبقى الكائنات الحية حية نتيجة لتحويلها الطاقة من شكل الى اخر . وتقاس الطاقة بالسعرات . والسعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء المقطر من ١٤ر٥ درجة مئوية — ١٥ر٥ درجة مئوية ، ويستخدم علماء التغذية الكيلوسعر وهو يساوي ١٠٠٠ سعر .

ان احدى طرق استهلاك الطاقة تتأتى خلال عمليات التمثيل الغذائي في حالة الراحة ولها مكونان اثنان : **التأثير الديناميكي الخاص** Specific Dynamic Effect (SDE) وهو استهلاك الطاقة في الهضم والامتصاص والتمثيل الغذائي للمواد المغذية ، ثم التمثيل الغذائي القاعدي وهو استهلاك الطاقة في العمليات الحيوية لحركة العضو . وهناك طريقة اخرى لاستهلاك الطاقة وذلك بممارسة النشاط الجسمي .

ويدعى الفرق بين الطاقة الماخوذة والطاقة الناتجة بميزان الطاقة . يخزن ميزان الطاقة الموجب على شكل دهون في الجسم . وفي الانسان ،تدعى الدهون الزائدة في الجسم بالبدانة وهي ليست زيادة الوزن ويمثل كل رطل انجليزي من الدهون حوالي ٣٥٠٠ كيلو سعر وتسبب الاختلافات الجينية والبيئة اختلافا بين الافراد في ما يحتاجونه من مواد مغذية وسعرات حرارية . وتؤدي التغيرات كالنمو الى تغير في مستوى النشاط . وكذلك تسبب العوامل الفسيولوجية اختلافا في احتياجات الشخص نفسه من المواد المغذية .

تعتمد عليها الحياة ، تقوم المواد المغذية بوظيفتها باتباع ثلاث طرق ، الاولى : انها توفر المواد اللازمة لتركيب الخلية . ثانيا بعضها ـ وتدعى المواد المغذية المزودة للطاقة ، مثل النشويات والدهون والبروتينات ـ تكون مصدرا للمادة العضوية التي تعطى بتأكسدها الطاقة . وثالثا : تحافظ وتنظم المواد المغذية عمليات التمثيل الغذائي ، وذلك عن طريق دورها الاساسي في نشاط الانزيمات، والانزيمات المساعدة والهرمونات ومواد اخرى .

يعني المصطلح « بروتين » المادة الاولية . وتحتوي البروتينات الكاملة على جميع الاحماض الامينية التي يحتاجها الانسان لحياته ولنموه. اما البروتينات غير الكاملة فانها تفتقر الى واحد او اكثر من هذه الاحماض الامينية . وتكون البروتينات الحيوانية دائما كاملة اما البروتينات ذات المصدر النباتي فهي غير كاملة . وتختلف كمية البروتين التي يحتاجها الانسان باختلاف الميزان النيتروجيني للجسم . ويؤدي نقص البروتين الى الكواشيو ركور ، احد الامراض الغذائية العالمية .

والنشويات : هي من اكثر المواد العضوية توافرا على الارض . وليس منها ما هو اساسي لتغذية الانسان ، ولكن قيمتها تكمن في انها مصدر اقتصادي للطاقة ، وبالتالي توفر البروتين كمصدر للوظائف التي تقتصر على البروتين فقط ، وكذلك تساعد في الاستفادة من الدهون ، وكمادة مستساغة للاكل .

وتختلف الدهون عن النشويات في انها تحتوي على نسبة اكبر من الهيدروجين الى الاكسجين . ان الاحماض الدهنية في دهن مثالي يمكن ان تكون مشبعة بالهيدروجين او غير مشبعة ، او دون التشبع . وتكون الدهون النباتية على شكل زيت مع وجود نسبة عالية من الاحماض الدهنية دون التشبع . اما الدهون الحيوانية فهي صلبة مع وجود نسبة عالية من الاحماض الدهنية المشبعة .

والفيتامينات هي مواد عضوية يحتاج اليها الجسم مع الغذاء بكميات قليلة. وتقوم بعض الفيتامينات بوظيفة الانزيمات المساعدة اوتساعد في نشاط الانزيمات المساعدة ، او في العمليات الكيماوية الحيوية التي تتعذر بنقصان الفيتامين . اما الوظائف الاخرى للفيتامينات فهي غير معروفة تماما . وتذوب اربعة فيتامينات مختلفة في الدهون هي (أ ، د ، هـ ، ك) وتذوب عشرة في الماء (تسعة تسمى مجموعة فيتامين ب بالاضافة الى فيتامين جـ (حامض الاسكوربيك)وكلها

ملخص الفصل الثاني والثلاثين

يدرس علم التغذية العلاقة بين الكائن الحي وغذائه . والطعام هو اية مادة غذائية يقبلها الكائن الحي ويتمكن من تناولها . انها في العادة خليط معقد يحتوي على مواد غير غذائية ايضا . والماء المكون الاساسي لمعظم الاطعمة ، وتأتي النشويات في المرتبة الثانية من حيث التكوين ثم الدهون والبروتين . ولا يتم دائما تصنيف الطعام حسب مكوناته الاساسية فمثلا تصنف كثير من الاطعمة التي تتكون في الغالب من الدهن أو النشويات على اساس انها بروتينات لانها تحتوي على نسبة عالية من البروتين مقارنة مع اطعمة اخرى ، والاطعمة تحتوي على كميات قليلة من الفيتامينات والمعادن ، والمادة المغذية هي مادة نقية تستخلص من الطعام ويستخدمها الكائن الحي لتساعده على الحياة . وتحوي المواد المغذية العضوية البروتين والنشويات والدهون والفيتامينات . وتحوي المواد المغذية غير العضوية (المعدنية) الماء والمعادن . وبعض المواد المغذية تدعى بالمواد الاساسية ، لانه لا يمكن تكوينها بكميات كافية من قبل الكائن الحي ويجب أن يحصل عليها من البيئة . وبالنسبة للانسان ، فان المواد المغذية الاساسية هي الماء وبعض الاحماض الامينية وعلى الاقل حامض دهني دون الاشباع والفيتامينات والمعادن .

وللمحافظة على استهلاك الطاقة الكيماوية النافعة المنظمة المستمرة التي

مستويات المغذيات في سوائل الجسم .

ويمكن الكشف عن قياس مستويات الانزيمات ونواتج عمليات بناء وهدم المغذيات في مراحل متاخرة من النقص . ولكن لهذه الطريقة نفس عيوب الطريقة الأولى . واخيرا قد تكشف التحاليل الطبية اعراض النقص الغذائي . ولان الطبيب الخبير يفحص عددا كبيرا من الناس في فترة قصيرة فان هذه الطريقة تستخدم في اماكن تنتشر فيها امراض نقص التغذية على صورة وباء ، وتقل قيمة هذه الطريقة في اماكن اخرى حيث تظهر الحالات المرضية المتسببة عن النقص على مراحل اخف وطأة وعندما تكون الدلائل والاعراض غالبا غير محددة .وعلى العموم تشمل هذه الدلائل والاعراض الخلفة (فقدان الشهية للطعام) وحدة الطبع والتخلف في النمو واللامبالاة والطفح الجلدي ، وصفات اخرى ناشئة عن اسباب اخرى كثيرة .

الاعتقادات الخاطئة عن التغذية : ان كثيرا من العبارات المستعملة الان كحقائق حول التغذية مبنية على الدراسات الغذائية وحدها . فالوجبات الغذائية توصف بانها فقيرة « او غير كافية »اذا فشلت في تزويد ثلثي واحد او اكثر من الانصبة اليومية الموصى بها . ولكن حتى الان لم تلحظ ظواهر سوء التغذية في عدد كبير من الناس تعتبر اغذيتهم غير مثالية بالنسبة للانصبة اليومية الموصى بها العالية . ثم اننا نجد سببا للقلق من اجل عدم التمييز بين المبيدات الحشرية والاسمدة الكيماوية ومن اجل المواد المضافة للاغذية بدون فحصها الا اننا نعلم انه لم يثبت بعد ان الاطعمة الطبيعية افضل من غيرها . لا تزال هناك حاجة لكثير من البحوث على التغذية وعلى نظام الغذاء الامريكي .



الشكل (٢٢ ــ ٩) : على الرغم من ان مسالة التغذية الصحيحة هي مسالة لا نقاش فيها لدى البعض ، الا انها غالبا مسالة حياة او موت . ان الطفل المصور وهو ضحية للمجاعـــــة في اثيوبيا ، هو واحد من الاف من بني الانسان الذين يموتون كل سنة من سوء التغذيـــــة الشديدة .

الى ان بعض الاطعمة الاساسية غير مذكورة في قائمة التعريف بمحتويات الوجبة ان التعرفة الغذائية رغم انها نافعة فهي لا تحل مشاكل اختلال التوازن الغذائي في المجتمع الاميركي .

حجم الوجبة
الوجبات في كل عبوة
السعرات الحرارية المحتواة في كل وجبة
المحتوى البروتيني في كل وجبة
المحتوى الذهني في كل وجبة
النسبة المئوية للبروتينات والفيتامينات والاملاح في كل وجبة

الشكل (٣٢ ـ ٨): اللوائح المقترحة والموصى بها من قبل ادارة الاغذية والادوية في الولايات المتحدة الاميركية.

الوضع الغذائي : Nutritional status

الجوع هو الحاجة الملحة الى الطعام ، مصحوبة بالشعور الذي يتراوح بين عدم الراحة والالم الفعلي . وسوء التغذية هي حالة ضعف الصحة الناتج عن التغذية الخاطئة وهي تشمل التغذية الزائدة والتغذية الناقصة ، وسوء التغذية الشائع في البلاد المتطورة ، هو البدانة والتسمم من الفيتامينات الزائدة. لكن التغذيةالناقصة اكثر شيوعا وقساوة على النطاق العالمي .

ينتج **النقص الاولي** primary deficiency عن تناول كميات من الغذاء دون المعدل الطبيعي ، ولا يمكن قياس الكميات غير الكافية على اساس النصاب الموصى به ، اذ ان هذه النصب اعلى من الحد الادنى لاحتياج الفرد العادي . اذ يتغذى كثير من الناس بشكل جيد رغم انهم يحصلون على قيم اقل من التي وضعتها الانصبة اليومية الموصى بها .

كيفية الكشف عن النقص الغذائي : يمكن الكشف عن نقص كمية الغذاء في الانسجة بتحليل الدم والبول . وتمكن هذه الطرق من كشف النقص في مراحل مبكرة ، وقبل ان تحدث الاضرار الكيماوية الحيوية والتشريحية (ص ٧٥٣) الا ان هذه التحاليل باهظة التكاليف ، ولا يتفق جميع الخبراء على كفاية وعدم كفاية

امونيا وميثان وهيدروجين وضغط جوي مشابه للضغط الجوي في الارض .

ولا يعرف الا القليل عن يورانيوس ونبتون واقل من ذلك عن بلوتو .واجواء هذه الكواكب الخارجية قد تحتوي على أمونيا وميثان . وكلما بعدت الكواكب عن الشمس قلت درجات حرارة سطوحها كما تلاحظ من الارض.يبعد يورانيوس عن الارض بمقدار مرتين من بعد زحل عن الارض ، ونبتون ثلاث مرات ، وبلوتو خمس مرات .

ورحلات الفضاء الى هذه الكواكب يجب أن تقاس بالسنين الضوئيةوسوف تسبب مشاكل ابعد مدى من التكنولوجيا الحاضرة لدينا .

ويظن ان الجزيئات العضوية قد خلقت في كل الكون في بيئات غير كوكبية كالنيازك والمذنبات والفراغ بين الكوكبي . وحزام استيرويد الموجود بين المريخ والمشتري ، يحتوي على مادة تشبه الصخور باعداد كبيرة واحجام مختلفة . والاستيرويدات غير مؤكدة الاصل تصطدم عادة بعضها ببعض وتتحطم الى اجزاء تدعى نيازك عندما تسقط على الارض . وهناك نوعان من النيازك : الحديدية والحجرية . وقد اهتم العلماء بالنيازك الحجرية المسماة كورايتس والتي تحتوي على انواع عدة من المواد العضوية وعلى خليط غير عادي من الاحماض الامينية .

وعندما يصطدم النيزك باشعاع شمسي قد تتكون الجزيئات العضوية . ووجود الجزيئات المتعادلة والشديدة التفاعل في رؤوس واذناب المذنبات قد تعطينا معلومات عن المراحل المبكرة في تطور الارض .

ومعظم الفراغ بين الكوكبي (المنطقة بين الكواكب والنجوم) فارغ ما عدا كثافة قليلة من ذرات الهيدروجين . ولكن هنالك ايضا مناطق معروفة كغيوم غبار تحتوي على كثافات عالية من الهيدروجين ودقائق غبار تحدث على سطوحها تفاعلات تعطي جزيئات عضوية معقدة .

والبيولوجيا الخارجية تزود الانسان بثروة من الفرص — لمعرفة مكانه في الكون وعملية التطور ، وحتى جوهر الحياة ذاتها . وباستمرار الدراسة قد يكون من المعقول للانسان — في زمن ما — أن يزور كواكب أخرى وحتى أن يكون مستعمرات في بيئات كواكب أخرى بالاضافة الى الارض .

مسؤولة عن درجات حرارة السطح العالية ، ووجود الاحماض مثل حامض الكلوردريك وحامض الكبريتيك يجعل الجو قابلا للتفجر وعالي الحرارة والمكان الافضل للحياة على الزهرة قد يكون ما بين السطح الحار وقمة طبقة الغيوم الباردة التي درجة حرارتها قد تنخفض الى — ٥٢ م .

وبسبب تفاوت درجات الحرارة ما بين ١٠٠ م و —١٤٤ م وبسبب تعرضه للاشعاعات الكونية العالية فان القمر لا يبدو مكانا مناسبا للحياة . ورغم الدلائل على وجود جو أو ماء حار لمدة طويلة ، فدراسة القمر قد تعطي العلماء ادلة بالنسبة لاصل النظام الشمسي والحياة على الارض .

وعلى وجه العموم ، فان المريخ ابرد بكثير من الارض . الا انه ، كنتيجة لندرة جوه ، فان تباين درجات الحرارة فوق المريخ اكثر بكثير من تلك التي على الارض . والمريخ يستقبل جرعة قوية من الاشعاعات مقارنة بالارض وذلك لانه يفتقد الاكسجين وبالتالي طبقة الاوزون . ان اكتشاف هيئة الشكل العام لسطح المريخ بما في ذلك الجبال والوديان اضفت اهمية على النظرية القائلة ان المريخ قد يكون احتوى على الماء . ووجود الماء قد يجعل المريخ قادرا على اعانة الحياة. وهذه فرضية سوف تمتحن بآلات تجارب على سفينة الفضاء فايكنج .

ان المشتري وهو الاكبر من الكواكب جميعا مجتمعة يؤلف مع اقماره الثلاثة عشر نظاما شمسيا مصغرا ، انه مصدر رئيسي لاصدار الطاقة لنفسه والمنطقة الخارجية من النظام الشمسي . وتتفاوت درجات حرارته من —٩٣ م تقريبا على قمم الغيوم الى ١١٠٩٣ م في باطنه الهائج الحار . وليس للمشتري حد فاصل ما بين السوائل والغازات والمواد الصلبة . ومجاله المغناطيسي اكبر واحزمته الاشعاعية اكثف بكثير مما كان يعتقد . ويشبه جوه المؤلف من هيدروجين وماء وميثان وامونيا ما كان موجودا على جو الارض البدائي . ولو توافرت له الطاقة ودرجات الحرارة المناسبة فان الجزيئات العضوية قد تتكون فوق المشتري . وتحليل جو المشتري قد يعطي اثباتا مباشرا للاحداث السابقة لتكون الحياة على الارض .

ورغم ان زحل اصغر حجما من المشتري الا انه يشبهه في جوه الذي يحتوي على هيدروجين وميثان .

ودرجات الحرارة على قمم غيوم زحل هي تقريبا ٣٨ م ابرد من مثيلاتها في المشتري . ويبدو تيتان اكبر اقمار زحل مكانا مناسبا للحياة لان جوه يتكون من

ملخص الفصل الرابع والثلاثين

البيولوجيا الخارجية هي البحث عن حياة خارج الارض . وبالاشتراك مع البيولوجيا التقليدية بالاساليب والطرق العلمية ، فان البيولوجيا الخارجية تدرس الظروف لكواكب اخرى واقمار اخرى في نظامنا الشمسي لايجاد ما اذا كانت تساند الحياة اولا . ووجه اخر للبيولوجيا الخارجية هو البحث عن حضارات غير ارضية ذكية ومتقدمة . واصل وتطور الحياة على الارض تجعل من المحتمل أن الحياة خارج الارض ، اذا وجدت ، ستكون على شكل كائنات دقيقة .

وعطارد التي تصطدم بصورة مستمرة بكميات هائلة من الاشعاعات الكونية الشمسية مكان غير محتمل لوجود الحياة . فدرجة حرارة سطحه قد تتراوح ما بين ٤٢٧ م خلال النهار الى ٢١ م خلال الليل . وفي جوه الرقيق اكتشف العلماء الهيدروجين والهيليوم والارجون . وقمرنا ، يحتوي سطح عطارد على فوهات براكين ووديان وجبال .

مرورا بالكوكب الاقرب الى الارض ، فان للزهرة طبقة غيمية سميكة تحبس الحرارة في الجو مسببة بذلك درجات حرارة سطح عالية تتراوح بين ٣١٥ م الى ٤٨٢ م . ونسبة ثاني اكسيد الكربون العالية في الجو قد تكون

الانسان كمخلوق من خارج الارض : Man as an extraterrestrial creature

في اللحظة التي وصل فيها الانسان الى تقاطع طريق في علاقته مع كوكبه الخاص ، بدأ بتطوير التكنولوجيا لتركه وليتحرك الى عوالم اخرى . الا انه حتى ولولا لسبب آخر سوى الذهاب هناك والمشاهدة ، فان الانسان سوف يزور على وجه الاحتمال كواكب اخرى ، وكما حصل في القطب الجنوبي المعادي سيضع قواعد دائمة ، اما على سطح الكواكب او في مدار مراقبة قريب . وفي هذه المراكز الخارجية الكوكبية ، فانه من الممكن معرفة حقائق تساعد الانسان على التحكم بمصير كوكبه . فمثلا ، للمريخ عواصف غبار متكررة ، وتأخذ العاصفة أسابيع لتخرج من الجو ، وخلال هذا الوقت ، فان درجة حرارة المريخ ومناخه يتغيران كثيرا . وبدراسة عواصف الغبار المريخية ، قد يتمكن العلماء من زيادة المعرفة عن الطقس والمناخ وتأثير التكوين الجوي على الارض .

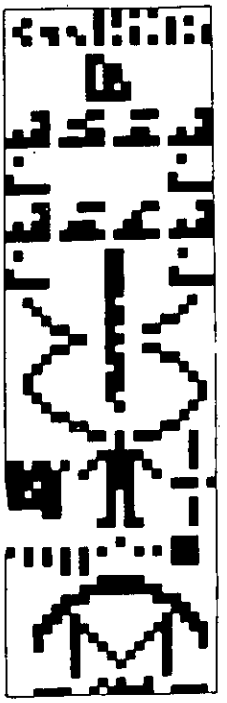
وبالتدريج ، عندما تفقد مخاطر الحياة في بيئة معادية رتبها وتصبح من مخاطر كل يوم ، فان الانسان قد يبدأ بالتفكير في العيش خارج الارض . وكما فعل المستوطنون من بني البشر دائما ، فان هؤلاء المستعمرين الاوائل يريدون ان يكونوا بيئتهم الجديدة في ظل صورة بيئتهم القديمة . وستوجد وسائل كثيرة لتدبير ذلك . واذا رغب الكائن الانساني الدائر حول الزهرة في أقمار للمراقبة تحويل هذا الكوكب لبيئة اكثر صداقة ، فانه قد يجرب خطة ذكية كما اقترح ساجان في « الاتصالات الكونية » . اقترح ساجان انه عند زرع غيوم الزهرة ببعض الطحالب ، فان الجو الثقيل من ثاني اكسيد الكربون يمكن أن يكسر الى كربون واكسجين . والنتيجة هي أن الضغط الكلي سوف ينخفض وبذلك ينخفض امتصاص الاشعة تحت الحمراء الجوية ، فيقل بذلك أثر « المنزل الزجاجي » وتنخفض درجات الحرارة .

ليس جميع العلماء متفائلين أو متحمسين مثل ساجان بالنسبة لموضوع مستقبل الانسان في الفضاء . فيظن البعض أن بريق البيولوجيا الخارجية ورحلات الفضاء تميل لان تصرف التفكير عن المشاكل الحقيقية التي يجب أن يتصدى لها وتحل فوق كوكبنا الام . وقد استجاب عالم البيولوجيا الشهير ، جورج والد ، لتنبؤات ساجان بالنسبة لمستعمرات انسانية خارج الارض فوق القمر والكواكب

على كوكبنا لا بد أن تعمل على هذه المواد الحية . فاذا كانت سلسلة التفاصيل والاشكال التطورية مختلفة — يصبح الذكاء أمرا مسلما به . فظهور حياة ذكية بالنسبة لبعض علماء البيولوجيا الخارجية معقول جدا لدرجة أن مجرة درب التبانة تقيس ١٠٠٫٠٠٠ سنة ضوئية عرضا و ٢٥٠٠٠ سنة ضوئية سمكا ، لا بد — كما يزعمون — أن تحوي على مئات الالوف من الحضارات الذكية .

ومعظم علماء النجوم يتفقون على أنه ستكون ضربة حظ قوية لو تمت الاجابة عن أية رسالة أرسلت من الارض خلال حياة أي انسان حي الان . (وهذا يعني وجود حضارة ذكية أخرى على قرب شديد منا ، بعدها حوالي ٥٠ سنة ضوئية عن الارض .) وأقوى الاحتمالات هو أن العلماء أولا سيلتقطون رسالة مرسلة عبر الفضاء — اذا كانوا حكماء كفاية لحل رموزها .

ورغم المحاولات بالاتصالات الراديوية ، فان كل العلماء تقريبا يرفضون فكرة أن الارض قد زارتها كائنات من خارج الارض يركبون « صحونا طائرة » ، حتى أكثر علماء البيولوجيا تخيلا مثل **ساجان** وافق على فرضية الاجسام الطائرة الغريبة Unidentified Flying Objects (UFO) بأن أعطى لذلك أهمية كالاعتقاد بأن بابا نويل ووعله يقومان بزيارة بيوت جميع الاولاد والبنات الصغار في ليلة عيد الميلاد .



الشكل (٣٤ — ١١) : هذا التبصير للرسالة الراديوية التي ارسلت بواسطة تلسكوب اريكيبو كان الهدف منه ان نعلم اي كائن ذكي خارج الارض عن بعض خصائص الحياة المهمة على الارض . في القمة يوجد توضيح لنظام الاعداد المزدوجة المستعملة في الرسالة . توجد أسفلها خمسة ارقام وهي ١ و ٦ و ٧ و ٨ و ١٥ — والتي ترمز للعدد الذري لكل من الهيدروجين والكربون والنيتروجين والاكسجين والفوسفور بالتتابع . والجزء الاخر من الرسالة يبين تركيب مجموعة الفوسفات والرايبوز اللااوكسجيني والثايمين والادنين والجوانين والسيتوسين والتي هي المكونات النباتية للمادة الوراثية DNA والذي تركيبه الثلاثي مبينا كذلك . وتحت هذا التركيب يوجد رسم للانسان وعلى يمينه خط مبينا طوله — خمسة اقدام و ٩¼ بوصة والى اليسار يوجد رقم ٤ بلايين وهو الحجم التقريبي لتعداد سكان الارض . تحت الانسان يوجد رسم للنظام الشمسي حيث الشمس الى اليمين .وتحت النظام الشمسي وتحت الكوكب الثالث يوجد صورة للتلسكوب ،وتحت هذا يوجد حجم اكبر تلسكوب ارضي وذلك الذي بواسطته ارسلت الرسالة . أرسلت الرسالة بمعدل عشرة حروف في الثانية ، فاخذت كل الرسالة ١٦٩ ثانية . وبعد انتهاء الارسال بخمس ساعات وعشرين دقيقة ، خرجت الرسالة من النظام الشمسي مارة بجميع الكواكب .

وعد البيولوجيا الخارجية : The promise of exobiology

ان اكتشاف الحياة في مكان آخر سوف يخلق ثورة في علم الاحياء ، ولن يعود العلماء محصورين بدراسة الحياة على كوكب صغير واحد فجميع الاشكال المختلفة للحياة على الارض هي في الاساس واحدة . وجميع نظم الحياة تستعمل الحوامض النووية لنقل وخزن المعلومات الوراثية . وجميعها تستعمل البروتينات كعوامل مساعدة للتفاعلات الكيميائية وترشدها في المسالك المناسبة . وكلها تستعمل ثلاثي فوسفات الادينوسين كمصدر الطاقة الاساسي لجميع الخلايا . وبسبب وجود هذا التشابه ، فانه لا مهرب من الاستنتاج أن كل الحياة على الارض تطورت من مصدر واحد وهو مقدرة بعض انواع المركبات المعقدة غير الحية للمحافظة على الحياة ومضاعفة ذاتها .

لا يعرف علماء الاحياء بداية الحياة ولا نهايتها ولا حدودها . وحتى لا يعرفون اذا هم اكتشفوا « الحياة هناك » هل بامكانهم التعرف عليها كما هي . ولكنهم متلهفون للفرصة حتى يحاولوا ، لانه ما من مجازفة اخرى تعطي الانسان املا كهذا ليعرف اخيرا من وما هو ، واين يقف في الكون ، وما هو جوهر الحياة ذاتها — وما اذا كانت قائمة على مبدأ واحد او عدة مبادىء .

الحيـاة الذكيـة خارج الارض : Intelligent extraterrestrial life

يستطيع علماء البيولوجيا الخارجية بناء حالة مقنعة لوجود حياة ذكية في الكون — فمن وجهة نظر البعض ، تصل الاحتمالات حدا لا يمكن رفضه .ويجادل البعض بأن نفترض ان الارض هي الكوكب الوحيد في الكون الذي ظهرت عليه كائنات ذكية مثلنا هو اقصى انواع الاتانية . ففي مجرة درب التبانة — وهي واحد من ١٠٠ بليون مجرة في الكون ، يوجد ٢٥٠ بليون نجم . والاحتمال في ان بعض هذه النجوم لها انظمة كوكبية تشابه نظام شمسنا كبير جدا . وبما ان العناصر الكيميائية ، والتي صنعت منها الحياة على الارض موزعة الى حد ما بالتساوي في مجرتنا فانه محتمل ايضا ان هذه العناصر تتحد على كوكب اخر لعمل نظام حي اخر . وبالتالي فشيء شبيه للعمليات التي انتجت كائنات ذكية

و NH_2 و OH و CO وتبقى هذه الجزيئات شديدة التفاعل بدون أن تتفاعل لأن كثافتها منخفضة لدرجة أن الاصطدامات والتفاعلات مع الجزيئات الاخرى نادرة .

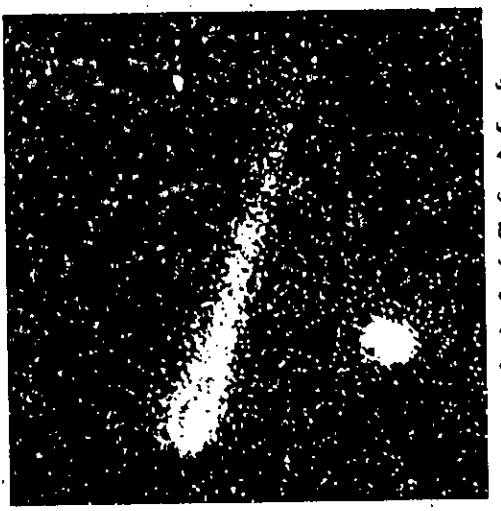
وحسب احدى النظريات ، تتكون المذنبات من المادة التي صنع منها النظام الشمسي أصلا . وتقول نظرية اخرى أن المذنبات هي طريقة لدفن المواد العضوية من الفضاء مباشرة في جو كوكب حديث العمر ، والجزيئات الموجودة في المذنبات تشبه تلك التي يعتقد معظم العلماء انها كانت موجودة على الارض قبل بداية الحياة . ولهذا فان جزيئات كهذه ربما اشتركت في المراحل الاولى في تطور الجزيئات المعقدة التي تطورت بالتدريج للانماط الحية الاولى على الارض .

الفضاء بين الكوكبي — Interstellar space

أصبح علم الفضاء الراديوي في السنوات الحديثة وسيلة جديدة وفعالة لدراسة التركيب الكيميائي للكون . فبواسطة التلسكوب الراديوي يمكن اكتشاف وتعريف جزيئات الفضاء المنتشرة متباعدة بين النجوم . يمتلىء هذا الفضاء أو المنطقة الواسعة الفارغة ما بين النجوم والكواكب بذرات الهيدروجين بنسبة معدلها أقل من ذرة لكل سم^3 .

غير أن الفضاء بين الكوكبي يحتوي على مناطق من غيوم الهيدروجين كثافتها ١٠ الى ١٠٠ مرة اكثر بالاضافة الى دقائق غبار توفر سطوحا تحدث عليها التفاعلات والتجمعات الكيماوية . وعلى أي حال ، فقد تبين لعلماء الفضاء أن سحب الغبار تحوي جزيئات معقدة نسبيا ، ومن بين هذه الجزيئات الامونيا والسيانيد وكحول الايثل . ويبدو أن الفورمالدهايد الذي يشارك عادة في تكوين كثير من المركبات العضوية المعقدة هو أحد الجزيئات الاكثر انتشارا . ووجود الجزيئات العضوية الكبيرة تدعم النظرية القائلة بأن التطور الكيميائي هو كوني .

وفينولات وسكريات واحماض امينية وبورفيرينات وبيورينات وبيريميدينات . لنأخذ مثلا مشهورا وهو نيزك اورجويل الذي سقط في جنوب فرنسا عـــام ١٨٦٤ واصبح من اكثر الصخور التي درست في تاريخ العلم . والتحاليـــل المتكررة بينت ان هذا النيزك يحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية بما في ذلك احماض امينية عدة . وبالرغم من ان هذه الاحماض الامينية كانت غريبـــة وغير ارضية المزج ، الا ان المواد العضوية هذه احتوت على بيورينات وادرينين وجوانين وهي مكونات مهمة للمادة الوراثية (DNA و RNA) لكـــل الكائنات الحية على الارض . وقد استبعد التلوث الارضي كتفسير لوجـــود احماض امينية معينة في الكوندرايتس الكربونية كنيزك اورجويل . وكبديـــل تم استنتاج ان المواد العضوية في هذه النيازك هي محلية ومن اصل خـــارج الارضـــــس .



الشكل (٣٤ ــ ١٠) : المذنب كوهوتك يظهر في صورة اخذت من فوق جـــو الارض بواسطة كميرات فوق سكاي لاب ٤ . تمرؤيته عام ١٩٧٤ سبب خيبة امل للمشاهدين علـى الارض ، ان الاشعاعات الشمسية والريـــح الشمسية تسبب تبخر الغازات ، بما في ذلـك الهيدروجين وربما الاكسجين وتلحق بالمذنـــب معطية الذيل . وقد اكتشفت مركبات عضويـة بسيطة في كوهوتك وهذا قد يشير الى ان المذنب له كيمياء تشبه كيمياء الفضاء بين الكوكبي .

المذنبـــــات Comets

عندما تصدم المذنب اشعاعات شمسية ذات اطوال امواج معينة تتكون على الاغلب جزيئات عضوية وقد بين تحليل الطيف الضوئي ان المذنبات تتكون رئيسيا من الميثان والامونيا وثلج مائي بالاضافة الى مركبات دخيلة مثـــل حامض الميثيل سيانك وحامض الهيدروسيانك . ورؤوس واذناب المذنبـــات تحتوي كذلك على جزيئات متعادلة ومشحونة لكل C_2 و C_3 و CN و NH

الحياة فوق اجسام غير كوكبية : Life on nonplanetary objects

توجد شواهد متزايدة على أن هناك عملية تطور كيميائي مستمرة في الكون . اي أن مركبات عضوية أكثر تعقيدا هي في تطور مستمر من الذرات والجزيئات الابسط . ومن المعتقد أن تطورا كيمائيا كهذا يجب أن يسبق التطور البيولوجي الاكثر تعقيدا في الحياة على الارض . وحتى الان لا يعرف العلماء اذا كانت الحياة موجودة دائما وفي كل وقت في الكون ولكنها تفتقد لمجموعة الظروف المناسبة ، ولنقل ، على كوكب صغير السن ــ لتعبر الخط بين اللاحياة والحياة . والذي يعرفونه أن خلق الجزيئات العضوية تبدو القاعدة ، وليست الاستثناء في الكون .

النيـــازك : Meteorites

ما بين المريخ والمشتري يقع حزام استيرويد وهو سرب من دقائق تبدو كالصخور تدور حول الشمس . ويظن العلماء أن الاستيرويدات هي بقايا كوكب متحطم والاخرون يعتقدون أنه من قطع كوكب فشلت في أن تندمج عند بداية النظام الشمسي .

والكتل الكبيرة والصغيرة في حزام الأستيرويد تصطدم بعضها ببعض ، وتتحطم الى قطع صغيرة وتخرج من مدارها . وهذه القطع من الاستيرويدات هي النيازك . وفي بعض الأحيان يسقط هذا النيزك على الارض ، معطيا العلماء الفرصة لدراسة وتحليل المادة من خارج الارض كيميائيا . ولسوء الحظ ، فان جميع النيازك تتلوث بالمواد العضوية الارضية الى حد ما ، وهذا لا يمكن تحاشيه عند سقوط النيازك خلال جو الارض وعندما ترتطم بالارض وبالتالي عند مسك ومعالجة هذه المواد .

ويمكن تقسيم النيازك الى نوعين ، حديدية وحجرية . والنيازك الحجرية تدعى ايضا كوندرايتس ويحتوي بعضها على كميات كبيرة من المواد العضوية. وهذه الكوندرايتس الكربونية اثارت اهتماما خاصا لانها تحتوي على انواع كثيرة من المواد العضوية بما في ذلك الهيدروكربون واكسيد الكاربوكسيل

وبالاضافة الى التحقق من تكوين وتركيب جو زحل ، فان بيونير ١١ سوف تبحث عن ادلة لوجود مجال مغناطيسي وأحزمة اشعاع حول الكوكب . ومسار طيران سفينة الفضاء المقرر ستأخذه بين حلقات زحل الثلاث الداخلية وبين الكوكب ، متيحة بذلك تحليلا عن قرب وفي الموقع لتركيبهما .

وبعد ذلك تتجه السفينة الفضائية في رحلة نحو تيتان وهو متسوط بالحجم بين قمرنا وبين قمري المشتري الاكبرين . ويعتقد أن جو تيتان مكون من أمونيا وميثان وهيدروجين — ومن المحتمل انه أكثر ثباتا من أي قمر لكوكب آخر ولـه ضغط جوي مساو تقريبا لضغط جو الارض ، وكل هذه شجعت النظـرة لتيتان كنقطة للحياة . وقد برمج لبيونير ١١ الاقتراب على بعد ١٢،٠٠٠ ميل من تيتان عام ١٩٧٩ .

يورانيوس ونبتون وبلوتو : Uranus, Neptune, and Pluto

زحل هو الابعد من « الكواكب التقليدية » — هذه التي عرفت منذ القدم لانه يمكن رؤيتها بالعين المجردة ليلا في السموات . والاقرب الى اللاشيء ما هو معروف عن يورانيوس ونبتون ، وأقل عن بلوتو . فيحتمل وجود الامونيا والميثان في جو هذه الكواكب . وتبدأ درجات حرارتها بالانخفاض على الاقـل فوق السطوح المرئية من الارض ، كلما بعدت عن الشمس . وبينما اكـد ساجان وآخرون باستمرار أن درجات حرارة الجو العلوي لا تخبر شيئا عـن الظروف الموجودة أسفله ، فان التحقيقات في هذه الكواكب البعيدة تفرض ، على الاقل في هذا التاريخ ، مشاكل عملية معينة .

يورانيوس أبعد عن الارض من زحل بمرتين ، ونبتون أكثر بثلاث مـرات وبلوتو أكثر بخمس مرات بعدا عن الارض . وحتى بأسرع السفن الفضائيـة الموجودة هذه الايام ، فان الرحلات لهذه الكواكب يجب ان تقاس بالعقـود وليس بالسنين . وفضلا عن ذلك فان سفينة فضائية كتلك ستسبح الى ابعد من النقطة التي عندها يمكن تحويل الضوء الشمسي الى الكهرباء اللازمة لتحريك اجهزة رحلة السفينة الفضائية ، واجهزة المشاهدة والاتصال . ورغم أن وسائل حل هذه المشاكل قد درست الا أن حلول المشاكل الاتية ليست بالصورة .

لقد تم التحقق من وجود غازي الميثان والامونيا في الحدود الصلبة الخارجية لجو المشتري قبل البيونير ١٠ و ١١ بأربعين عاما ، وفي عام ١٩٦٤ ثبت وجود الهيدروجين الجوي ، الذي كان يشك بوجوده . وبعد ذلك بعشر سنوات لاحظ العلماء الدارسون للمشتري بواسطة تلسكوبات تحت الحمراء الحمولة هوائيا وجود الماء تحت اغطية من السحب .

وجو كهذا — يحتوي على امونيا وميثان وغاز الهيدروجين وماء — يشابه لحد كبير الجو الذي يعتقد العلماء أن الحياة على الارض بدأت بل قبل بضع بلايين من السنين . وفي تجارب ميلر — يوري ، تكونت أربعة احماض امينية من خليط من الامونيا والميثان والماء بعد اعطائها شحنة كهربائية . فهذه النتائج . مكونات جو المشتري ومشابهته لما يعتقد أنه جو الارض القديم ، توحي بأن المشتري قد يكون مختبرا كيميائيا عظيما ، مزودا بالحرارة من الداخل وعواصف كهربائية في جوه . ففي هذا المختبر قد تتخمر الجزيئات العضوية من الجزيئات غير العضوية ، ومن الممكن أن الحياة البدائية هي في عملية تطور على المشتري .

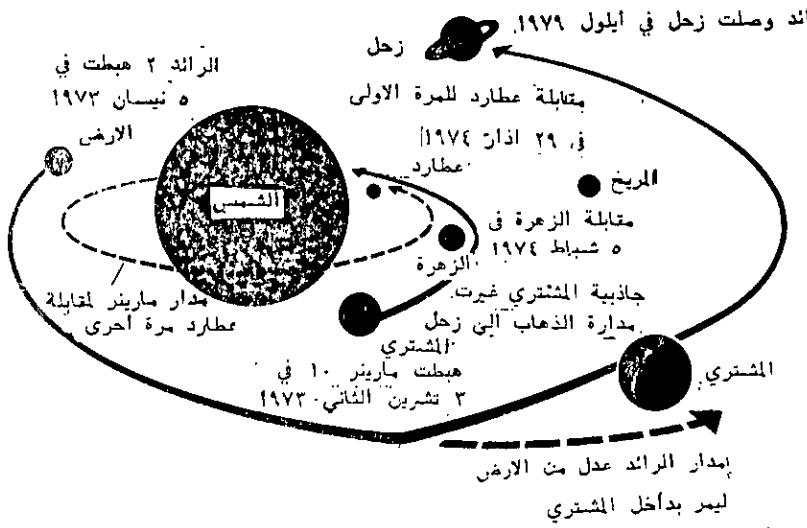
وبالنسبة للاشكال الاكثر تقدما من الحياة — فان درجة حرارة المشتري تبدأ بالزيادة من أقل من — ٩٣ م في قمم السحب الى مايقارب ٩٣ر١١ م في باطن الكوكب . وما بين هذين الطرفين ، قد تكون الظروف الجوية مناسبة حتى لمخلوقات ارضية .

زحل : Saturn

بعد أن مرت بيونير ١١ في نهاية عام ١٩٧٤ بالمشتري ، قذفت السفينة الفضائية بالجاذبية الهائلة باتجاه زحل وهو الثاني حجما في كواكب المجموعة الشمسية . وبعد خمس سنوات بدأت مسارا دائريا داخل حلقات زحل ، وبعد ذلك ستواجه عن قرب أكبر اقمار زحل وهو تيتان ، وبعدها بكثير يتم خروجها من النظام الشمسي .

ويعتقد ان جو زحل مشابه جدا لجو المشتري ، رغم وجود فرق بين تركيب غيوم الكوكبين . ودرجات الحرارة في اعلى طبقات غيوم زحل هي تقريبا ٣٨ م وهي اقل منها في اعلى غيوم المشتري بسبب بعد زحل الاكبر عن الشمس

وربما يكون اغرب ما اكتشف ان المشتري ، تحت جوه الغازي ، هو كليا كوكب مائي بدون سطح صلب تقريبا . وفي الحقيقة ، بدون سطوح فارقة بين الغازات والسوائل والاجسام الصلبة . وبالاضافة الى ذلك ، فقد بينت السفينتان الفضائيتان أن باطن المشتري اكثر سخونة وهيجانا ، ومجاله المغناطيسي أكثر ، وأحزمته الاشعاعية اكثر قوة مما كان متوقعا في السابق .

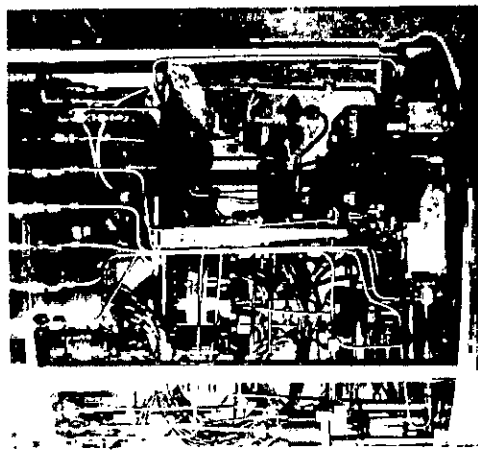


الشكل (٣٤ ــ ٨) : باستخدام قوة جذب الزهرة للبقاء في المدار ، اخذت مارينر ١٠ صورا قريبة وعلى بعد ٤٦٠ ميل لعطارد عام ١٩٧٤ . ومدار سفينة الفضاء اخذتها اقرب لعطارد عام ١٩٧٥ . خلال هذا الوقت فحصت بيونير ١١ وصورت بيئة المشتري عام ١٩٧٤ . وبعدها وبمساعدة جذبية الكوكب الكبيرة استدارت المركبة نحو زحل ومن المتوقع ان تصله عام ١٩٧٩ .



الشكل (٣٤ ــ ٩) : في مركز الصورة المأخوذة بواسطة بيونير ١١ توجد بقعة المشتري الحمراء الكبيرة والتي لم يعرف سببها لوقت طويل . وتبدو هذه النقطة الغامضة الان مركزا لعاصفة قوية ــ اعصار كان دائرا لمئات السنين ــ تغطي منطقة اتساعها ٢٠,٠٠٠ ميل عرضا وترتفع خمسة اميال فوق غيوم الامونيا المجاورة . يحتاج العلماء لمعرفة المزيد عن كيمياء المشتري العضوية وعن احواله الجوية قبل التقرير فيما اذا كانت التوشحات من المادة الحمراء الموجودة في مكان اخر على الكوكب تحتوي على جزيئات عضوية ، ويمكن أن تتكون هذه في طبقة الغيوم السفلية ، والتي هي زرقاء اللون وواضحة في الصورة فوق خط الاستواء .

تموز ١٩٧٦ بعد رحلة احدى عشر شهرا . والثانية ، بعد خمسين يوما . وكل من السفينتين صممتا لتنفيذ تجارب عدة ومختلفة للبحث عن الحياة لمرة او اكثر .



الشكل (٣٤ ــ ٧) : آلة فيكنـــج البيولوجية ، موجودة في وعاء حجمه قدم مكعب كل من الثلاث مختبرات البيولوجية على ظهـر سفينة الفضاء فيكنج مجهزة بحيث تحلل تربـة المريخ لايجاد مدلولات على الحياة ــ بالتحديد نشاط حيوي ميكروبي . وتجارب فايكنج الاخرى ستحلل التركيب الكيميائي لتربة المريخ وجوه لقياس ضغطه الجوي وضغط السطح . اذا تبين وجود كميات كبيرة من الغاز الخامل كيميائيـا (الاوريجون) فهناك سبب للظن ان جو المريخ قد كان يوما اكثف ، وان الكوكب قد كان يحتوي على بيئة مناسبة اكثر للحياة من البيئـــة الحالية .

المشتـــري : Jupiter

باستثناء الشمس ذاتها ، فان المشتري هو اكبر جسم في النظام الشمسي، وله اكثر من ضعف كتلة جميع الكواكب الاخرى مجتمعة . له كتلة تساوي ٣٠٠ × كتلة الارض وحجم يعادل ١٠٠٠ × حجم الارض وهاتان الصفتان تدلان على أن كثافة أقل من كثافة كوكبنا . والمشتري بذاته يعتبر مركزا لنظـــام شمسي مصغر . ويدور حول الكوكب ١٣ قمرا واثنان منهما ــ جانيمير وكاليستو لهما قطر أكبر من قطر عطارد . واثنان آخران آيوو يوروبا لهما نفس حجم القمر تقريبا . ولتوسيع التشبيه « بنظام شمسي صغير » فان بيونير اكتشفت أن المشتري ، وليس الشمس ، يبدو هو المصدر الاساسي لاشعاعات الدقائق ذات الطاقة العالية في هذه المنطقة من الفراغ .

في كانون الاول عام ١٩٧٣ ، كانت بيونير ١٠ اول سفينة فضاء تحصـــل على مراقبة في الموقع للمشتري ، اذ اصبحت على قرابة ٨١٠٠٠ ميل مـــن الكوكب . وبعد ذلك بعام ، اقتربت بيونير ١١ لبعد ٢٦٦٠٠ ميل عن الكوكب . وارسلت هاتان المركبتان بالراديو بيانات غيرت ووسعت المعلومات عن الصورة التي كانت ماخوذة عن المشتري والتي جمعت على مدى بسنوات نتيجـــة المشاهدات التلسكوبية .

تتدفق الان على سطح الكوكب . والاشعة فوق البنفسجية ــ القاتلة في بعض اطوال امواجها لكثير من انواع الحياة على الارض ــ تحجبها طبقة الاوزون عن الوصول الى الارض ، وهو شكل من الاكسجين . ولكن بما ان جو المريخ يفتقد الى الاكسجين،فلن يكون له طبقة اوزون ولهذا فان الاشعة فوق البنفسجية تضرب السطح بكل قوتها .

ويبدو أن بعض الكائنات تستطيع أن تعيش تحت هذه الظروف . فقد وضع علماء الارض بعض الميكروبات في أوعية « معقمة » لبيئة المريخ ، ووضعت أوعية المريخ « هذه تحت الضوء فوق البنفسجي وعرضت لدورات تجمد وذوبان . فالعديد من الكائنات استمر بالحياة . وعندما اضيف الماء الى الأوعية ، نمت الكائنات وتكاثرت واستمرت بالحياة . وتجارب كهذه توضح أنه حتى بعض كائنات الارض قد تعيش تحت ظروف المريخ ، ولا نستهين عن ذكر انواع الحياة الاصلية الخاصة بالمريخ .

بدت الظروف مواتية بما فيه الكفاية عام ١٩٧٥ للولايات المتحدة لارسال سفينتين فضائيتين معقدتين وثمينتين تدعيان فيكنج الى المريخ. وهدفهما الرئيسي هو العثور على الحياة . وفيكنج الأولى مبرمجة للوصول الى المريخ في



الشكل (٣٤ ــ ٦) : ان صورة « مجرى النهر » فوق المريخ والتي اخذت بواسطة مارينر ٩ تشير بشدة الى أن نوعا من السائل ، ربما الماء ، قد تدفق على سطح الكوكب . هذه النظرية تدعمها حقيقة أن معظم قنوات المريخ موجودة بجانب خط الاستواء حيث تبقى درجة الحرارة في النهار أعلى من درجة حرارة تجمد الماء . ان الانجراف بسبب تدفق الماء يفسر وجود القنوات العميقة . اذا احتوى المريخ على ماء في وقت ما ، فمن المحتمل أن الماء ما يزال مخزونا على الكوكب ، ربما في قلنسوات الثلج القطبية .

ثاني اكسيد الكربون من نسبة صغيرة من غاز خامل يحتمل انه النيتروجين . والضغط الجوي فوق المريخ أقل من جزء من خمسين من الضغط الجوي فوق الارض . وبسبب ندرة الجو ، فللمريخ تباين أعظم في درجات الحرارة اليومية بالقياس للأرض . وتبلغ أعلى درجة ما بعد الظهر عند خط استواء المريخ ٢٤م. وبعد غروب الشمس تهبط درجة الحرارة هناك حتى ــ ٢٤ م قبل الفجر . وعند القطبين ، تقارب درجات الحرارة ــ ٩٣ م . فمن الممكن انه لا توجد منطقة على المريخ تبقى باستمرار فوق درجة التجمد خلال دورة الليل والنهار في مدى ٢٤ ساعة . وليس من المعروف لأي مدى يعمل اثر البيت الزجاجي ــ الذي يسببه جو ثاني اكسيد الكربون ــ على تحسين درجات حرارة الكوكب .

ويعني الغياب ، المؤكد تقريبا ، للمجال المغناطيسي حول المريخ انه ليس لديه الدرع الواقي ضد الرياح الشمسية ، وان الكوكب لا يحتوي على أحزمة اشعاعية كأحزمة فان الين الارضية التي تلتقط وتحتفظ بالاشعاعات الكونية القادمة اليه . ولهذا ، فان سطح المريخ قد يكون معرضا لتدفق من الاشعاعات الكونية مئة مرة اكثر من تلك التي تصل سطح الارض ، وهذه حقيقة حياتية يرفضها اي كائن محتمل في المريخ .

وشكل المريخ الخارجي قد كشف عنه بوضوح وببعض التفصيل بواسطة مارينر ٩ ، التي وضعت في المدار حول الكوكب عام ١٩٧١ وارسلت آلاف الصور نحو الارض . والمنظر العام مليء بمفاجئات مذهلة : جبال هائلة وفوهة بركان ذات قطر ٣٠٠ ميل ، واخدود مريخي عظيم ٣ مرات أعمق وعشر مرات أطول من اخدود الارض . وهذا المظهر ، بالاضافة الى مظاهر عديدة اخرى تشابه لحد كبير نظام الانهار وجريان الماء فوق الارض . وهذه بينة تشير بقوة الى ان المريخ كان فيه ماء جار ، رغم عدم وجوده الان ، وان الانجراف المائي الذي وقع في الماضي يفسر تفسيرا جليا ما كان يراه العلماء .

وقد افترض بعض العلماء أن المريخ خضع لاتجاهات سخونة وبرودة في دورة مدتها ٥٠٫٠٠٠ سنة ، وحسب هذه النظرية ، فالمريخ الان في قبضة زمن جليدي مع انه في وقت ما من الماضي ، كان له بيئة رحيمة كبيئة الارض . فاذا وجدت كائنات حية على المريخ في ذلك الوقت فانها تكون قد تكيفت للعيش في الظروف الاكثر عداوة من هذا الوقت الحاضر . وربما انها تستمر كأبواغ في سبات مع بعض انواع تكيفات للحماية ضد البرد والاشعة فوق البنفسجيه التي

كونه ملائما للحياة . والقمر الذي ليس له ماء جار أو جو لمدة طويلة ، على الاطلاق ، قد يكون مفتاح فهم أصل وتطور النظام الشمسي . وكما شاهد الدكتور الكسندر جورشتين في مؤسسة الاتحاد السوفيتي لأبحاث الفضاء في « العالم الجديد » عام ١٩٧٤ : لم يخضع القمر لنفس الانجراف كالارض ، فعلماء الجيولوجيا قلما يجدون صخورا على الارض اقدم من ٦٠٠ مليون سنة ، بينما العينات الصخرية القمرية اعطت معلومات عن حوادث حصلت في النظـــام الشمسي قبل ٣٠٠٠ الى ٤٠٠٠ مليون سنة.» ان فهما اوضح للخطوات الاولى في النظام الشمسي ، ستكون نتيجته أن يعطي علماء البيولوجيا الخارجية ادلة قيمة عن الظروف التي بدأت تحتها الحياة على الارض.

المريـــــــخ : Mars

ان المريخ ابعد عن الشمس مرة ونصف مرة من الارض ، وقطره اكبر بقليل من نصف قطر كوكبنا . يوم المريخ ــ الوقت اللازم ليدور المريخ حول نفسه مرة ــ يساوي ٢٤ ساعة و ٣٧ دقيقة ، تقريبا نفس يوم الارض . وسنة المريخ ــ الوقت الذي يستغرقه ليدور حول محور الشمس دورة واحدة ــ هي ٦٨٧ يوما ارضيا ، وللمريخ قمران صغيران قطراهما خمسة وخمسة عشر ميلا : ديموس وفوبوس .

ومشاهدات التلسكوب ومجسات الفضاء تبين ثلاث مناطق عامة علـــى سطح المريخ : القلنسوة القطبية (التي كان يظن مرة انها ماء متجمد) ومناطق حمراء ظن انها صحار من صخور ورمل وتراب ، تغطي اكثر من ٦٠ ٪ من سطح الكوكب ، ومناطق رمادية مخضرة . وتغيرات دورية في حجم ولون المناطق الرمادية المخضرة توائق التقلص والتمدد في القلنسوة القطبية التي ليســت مكونة من جليد بل من « جليد جاف » ــ ثاني أكسيد الكربون المتجمد . وتبقى طبيعة المناطق الرمادية المخضرة لغزا ، بالرغم من أن هناك تأملات بانهـــا قد تكون ترسبات معدنية في السطح يتغير لونها حسب الحرارة والظروف الجوية.

ودرجات الحرارة على المريخ اقل مما هي على الارض . وهذا ليس فقط لأن المريخ ابعد عن الشمس من الارض فيستقبل طاقة اشعاعية اقل من الارض، بل كذلك لأن جوه أرق بكثير من جو الارض . وجو المريخ يبدو مكونا كليا من

ذات درجة الحرارة اقل من ٥٢ م تحت الصفر . غير أن الزهرة تفتقد لمجال مغناطيسي ولهذا فعلى الكائنات في جوها العلوي ان تحتمل مستوى عاليا من الاشعاعات الكونية واصطدامات برياح شمسية وسيل ذي طاقة عالية من الدقائق المشحونة من الشمس .



الشكل (٣٤ ـ ٥) :
تم تصوير طبقة الغيم على الزهرة والتي تتكون من ثاني اكسيدالكربون وبقايا احماض محرقة باستعمال الاشعة فوق البنفسجية على بعد ٣٫٦٠٠ ميل بواسطة كاميرات التلفزيون على ظهر مارينر ١٠عندما مرت بجانب الزهرة في طريقها الى عطارد عام ١٩٧٤ .

القمـــــــر : The moon

وجه القمر مشوه ومثقب وملىء بحفر كفوهات البراكين ناتجة عن آلاف الاجسام القادمة من الجو مابين الكواكب التي ضربت به منذ بلايين السنين . ومن الاكيد تقريبا انه ليس للقمر جو رغم أن احدى التجارب على الاقل افترضت وجود أثر قليل جدا لجو القمر . وحتى الان لا يوجد على القمر ماء او رياح ملحوظة وليس هنالك من دليل على وجود انجراف مائي او ريحي في الماضي .

تتراوح درجة الحرارة على القمر بين ١٠٠ م ـ ١٤٤ م . وهذه الدرجات المتباعدة مع غياب جو للقمر وجرعته الكبيرة من الاشعاعات الكونية جعلت احتمال وجود بيولوجية قمرية غير معقول . غير أن هذه الظروف لم تكن دوما كذلك . فمن المحتمل انه كان للقمر قديما حافظ وأن يكون هناك جزيئات عضوية مدفونة في سطح القمر .

ان دراسة القمر ذات معنى لعلماء البيولوجيا الخارجية ، رغم عدم احتمال



الشكل (٣٤ ــ ٤) : صور ماخوذة بواسطة مارينر ١٠ تبين ان سطح عطارد مشوه ومثقب كقمرنا .

الزهـــرة : Venus

كان هذا الكوكب المجس الكوكبي المبكر والمحبب وذلك لانه أقرب الى الارض من غيره من الكواكب . اولسبب آخر للاهتمام المبكر كان مرتبطا بحجمه وكثافته ، فالزهرة تبدو مشابهة كثيرا للارض ، لكن المجسات الاميركيـــــة والروسية خلال سنوات ١٩٦٠ و ١٩٧٠ . قضت على هذه الفكر .

ففي عام ١٩٧٤ وصلت سفينتا فضاء روسيتان من سلسلة فيرنيرا الى سطح الزهرة وارسلت معلومات لاقل من ساعة قبل ان تتوقف عن الارسال : وسبب وقوف الارسال كان الحرارة المرتفعة جدا لسطح الزهرة والواقع بيـــن ٣١٥ م و ٤٨٢ م وهذه الدرجات العالية تبدو ناتجة عن جو الزهرة الذي يتكون كلية من ثاني اكسيد الكربون . هذا الجو (وهو ٩٠ مرة اكثر كثافة من جـــــو الارض) ، خلق اثر بيتزجاجي قوي مانعا لخروج الاشعاعات فوق الحمراء ، محولا سطح الزهرة كليا الى طنجرة ضغط . فحامض الكلوردريك ، والكبريتيك وحوامض أخرى تم اكتشافها في الجو جعلته محرقا جدا وحارا وصعب الاحتمال .

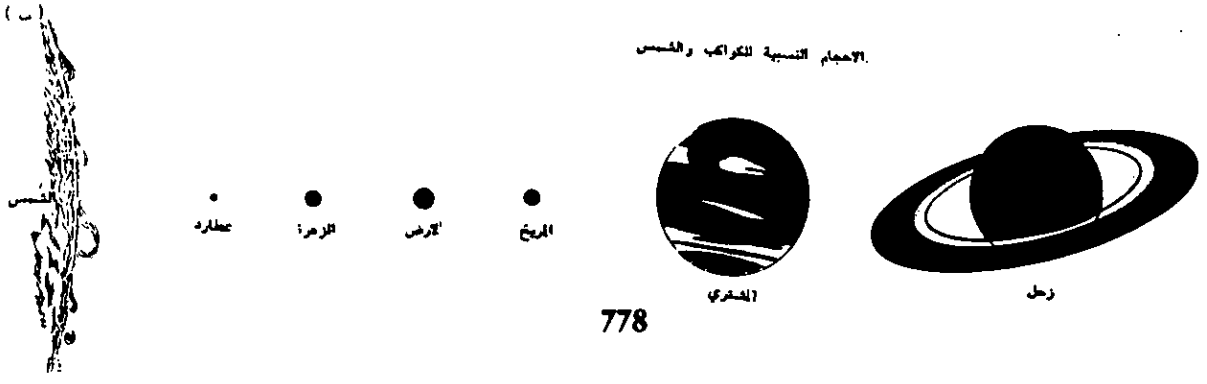
فمن المحتمل أن المكان الانسب ، اذا وجد على الاطلاق ، على سطح الزهـــرة لتحيا الكائنات فيه هو مكان بين السطح الحار والمرتفعات الغائمة الباردة جدا

من ٧٠٠ ميل في آذار عام ١٩٧٤ . فاجهزة مارينر ١٠ هذه وجدت جوا رقيقا جدا ، فقط ١/١٠٠ من كثافة جو الارض . وهو من غاز الهيدروجين والهيليوم والارجون ـــ دون أي اثر لغاز ثاني اكسيد الكربون . وبدون ثاني اكسيد الكربون ، لن يكون هناك تاثير « كبيت زجاجي » . ووجود مجال مغناطيسي ضعيف جدا حول عطارد (كما اكتشف بواسطة مارينر ١٠ ويعادل ١/١٠٠٠ من

المجال المغناطيسي الارضي) قد يخدم لمنع بعض ، وليس الكثير من الاشعاعات القادمة . ويعجب العلماء من اصل غازات جو عطارد الظاهرة وكيف أن كوكبا ذا جاذبية ضعيفة يستطيع ان يحمل أي جو على الاطلاق .

والمنظر العام لعطارد يشبه ذلك الذي لقمرنا ، فهو مليء بفوهات البراكين الكبيرة والصغيرة ، ومقطع بسلاسل جبلية وبوديان عميقة ، حتى ولو ان درجات حرارة سطح عطارد في بعض الاحيان لطيفة ، كما يظن الروس فان جو الكوكب اللطيف واستدامه المستمر بالطاقة الشمسية والكونية تجعل امكانية الحياة هناك بعيدة ، وهذا ادى الى انواع اخرى من الابحاث .





عطـــــارد : ercury

عطارد اقرب للشمس من الارض بثلاث مرات ويستقبل عطارد كمية هـ
من الاشعاعات الشمسية من جميع أطوال الامواج . يدور الكوكب ببطء شـ
حول محوره مرة في مايقرب من ٥٩ يوما أرضيا . ودرجة حرارة النهار هنـ
تد تصل الى ٤٢٧ م . ويختلف العلماء حول درجة حرارة ليله . فقد قال عل
الفضاء الراديوي الروس ان درجة حرارة الغرفة في الجانب المظلم من الكو
هي ٢١ م . ومن التفسيرات المعقولة لدرجات الحرارة العالية هذه ان عط
له جو من غاز ثاني أكسيد الكربون كطبقة رقيقة جدا ولكنها كثيفة . وقد اقت
ان هذه الطبقة تعمل « كبيت زجاجي » ، تحجب الاشعاعات تحت الحمراء مـ
العودة الى الجو من سطح الكوكب ، ولهذا تحفظ الجزء المظلم من الكوكـ
دافئا . واستنتاجات الروس الاولية تم تحديها بواسطة سفينة الفضـــــ
الامريكية مارينر ١٠ ، التي اتمت اول دوران لها حول عطارد على مسافة





الشكل (٢٤ ــ ٣) : الاحجام النسبية للكواكب وابعادها عن الشمس .

فبينما تكـــون تكون حيـــاة الفـــرد رقيقـــة وعابرة ، فان الحيـــاة في المعنى الواسع ليست كذلـــك . لقـــد بـــدات على ارض ممانعـــة وبرهنت انهـــا قاسية ومتكيفة حتى اليـــوم الحاضر ولا يبـــدو من المنطقي الافتراض ان « الحياة في مكان آخر » ستكون أقل خشونة وتكيفا . ومـــع بدء عقد الثمانينات ، فان كل هذه الاستنتاجات والتأملات التي اعطتها رحلات مجسات البحث عن الحياة في الفضاء بعض الحقائق ، تجعل اكتشاف حياة خارج الارض اكثر واكثر احتمالا . غير أن الكثير من الناس ما زالوا يجدون انه من الصعب تصديق وجود كائنات أخرى في الكون . ويجد علماء البيولوجيـــا الخارجية انه من الصعب تصديق العكس .

الحياة خارج الأرض على الكواكب : Extraterrestrial life on the planets

ليس بالضرورة أن يكون نظامنا الشمسي افضل مكان في الكون لعلمـــاء البيولوجيا الخارجية للبحث عن الحياة خارج الارض . ولكنه من الواضح انـــه الانسب . فمنذ عقد الستينات بدأ التقدم في علم الفلك الراديوي وتكنولوجيـــا سفن الفضاء يعطي للعلماء ثروة من المعلومات الجديدة عن كثير من الكواكب . وبعض هذه البيانات يشير الى وجود أحوال بيئية تستطيع تدعيم بعض الكائنات المشابهة لتلك التي على الارض .

الكوكب	معدل القطر (بالاف الاميال)	معدل البعد عن الشمس (بملايين الاميال)
عطارد	٣ر٠	٣٦
الزهرة	٧ر٣	٦٧
الارض (القمر)	٧ر٩ (٢ر٢)	٩٣ (كما هو للارض)
المريخ	٤ر٢	١٤١
المشتري	٨٩	٤٨٣
زحل	٧٦	٨٨٦
أورانوس	٣٠	١٧٨٣
نبتون	٢٨	٢ر٧٩٤
بلوتو	٣ر٧	٣ر٦٧٦

الشكل (٣٤ ــ ٢) : حجم الكواكب وابعادها عن الشمس .

ويبدو من غير المعقول أن هذه الرسائل الخطية ستقرأ ، اذ ان بيونير ١٠ ستأخذ تقريبا عشرة بلايين سنة لتصل الى أقرب نجم في مسارها ، ، وقد يحتوي أولا يحتوي هذا النجم على كواكب ، وبالرغم من أن فترة حياة قطعة الذهب والالمنيوم طويلة جدا تقارب مئات الملايين من السنين ، الا انها ليست طويلة بما فيه الكفاية .

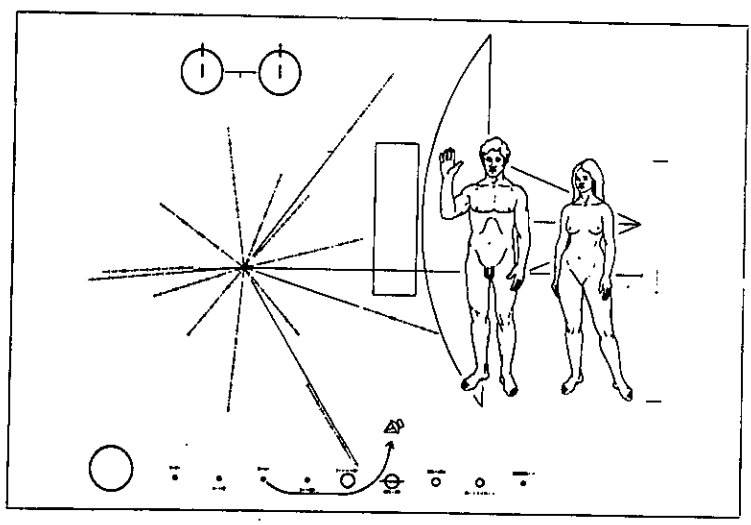
وهذه الخطوات المتجمعة الأولى في البحث عن حضارات متقدمة خارج الارض هي موضوع واحد . والبحث عن حياة خارج الارض — أينوعمن الكائنات الحية — هو موضوع آخر . والمشاكل — مرة اخرى — هي اين تبحث وعلى ماذا تبحث . ويتفق علماء البيولوجيا الخارجية عامة على انه اذا وجدت الحياة خارج الارض ، فانها ستوجد أولا على شكل كائنات دقيقة على بعض الكواكب. هذا التأمل يعتمد على ما هو معروف عن نشأة وتطور الحياة على الارض — بتشبيه مهزوز ولكنه افضل المتوفر .

ويفضل علماء البيولوجيا الخارجية الكواكب كهدف لان الارض — وهي كوكب — هي البيئة الوحيدة المعروفة التي تساند الحياة . وعليه ، فكلما كانت البيئة خارج الارض أقرب الى بيئة الارض ، أصبح احتمال احتوائها على الحياة اكثر . ولهذا السبب اهتم علم البيولوجيا الخارجية في سنوات ١٩٧٠ بالبيانات العديدة المتزايدة حول الاحوال الفيزيائية لأقمار وكواكب النظام الشمسي الآخر . وفي نهاية هذا العقد سيكون المريخ والزهرة والمشتري ، وعطارد وزحل والعديد من أقمار هذه الكواكب وأقمارنا نحن ، قد بحثت عن قرب أو قد هبطت عليها مجسات الفضاء الامريكية والسوفييتية .

ان استراتيجية البحث عن بيئات مناسبة للحياة رغم وجود مجسات الفضاء المتزايدة للبحث بدقة وذكاء ، أصبحت معقدة بسبب التأكد المطلق بأن البيئات خارج الارض ، كبيئة الارض ، قد تغيرت ثم تغيرت مرة اخرى منذ بضع بلايين السنين منذ تكون النظام الشمسي . واذا كان كوكب أو احد اقماره غير مرحب بالحياة في الحاضر ، فان هذا لا يعني أنه كان أو سيبقى هكذا دائما . وهناك أيضا احتمال تكيف الحياة هناك لأحوال بيئية قد تكون عدائية للحياة على الارض في الوقت الحاضر .

في الحقيقة ، بدأت الحياة في ظروف قد تمحو معظم ، أو جميع ، الأجناس الحية على الارض تعيش تحت ظروف لا تصدق . فبينما تكون حياة الفرد رقيقة

علم الفلك والراديو اكثر من تلك التي عن طريق سفينة الفضاء بيونير . لقد كانت المهمة الرئيسية لسفينتي الفضاء الاميركيتين للاستطلاع على كوكب المشتري بطيران عن قرب ، وهما اول سفن فضائية تقوم بهذا العمل . وبعد الانتهاء من هذه المهمة في كانون الأول من عام ١٩٧٣ ، اتجهت بيونير ١٠ في مسار سيجعلها ، في سنة ٢٠٢٥ تقريبا ، أول مشروع مصنوع بيد انسان يترك النظام الشمسي . وقد ركب فوق البيونير ١٠ (وكذلك فوق بيونير ١١) قطعة من الذهب والالمنيوم عرضها ٦ انش وطولها ١٠ انش تبين ذكرا وانثى انسانيان وتعطى معلومات عن الكيمياء الحيوية الاساسية للحياة على الارض ، وتفيد من اية نقطة وفي اي وقت أرسلت السفينة الفضائية . لذلك ، حملت بيونير ١٠ اول رسالة مكتوبة وموجهة من علماء حديثين الى حضارات فرضية متقدمة « هناك ».



الشكل (٢٤ ــ ١) في اطار من الالمنيوم تبلغ مساحته ٢ × ٩ انشات موجود على ظهر بيونير ١٠ التي تسارعت بواسطة جاذبية المشتري خارجة من النظام الشمسي وعبر الفراغ ما بين الكواكب الى مقربة من نجوم أوروس وأوراون . والاطار ، كما هو مبين ، مزركش برموز الارض والرجل والمراة ويمثل محاولة للاتصال مع حضارة ذكية خارج الارض في حال وجودها . في اعلى الاطار ، يوجد تمثيل للانتقال في دوران بروتون والكترون ذرة الهيدروجين التي تصاحب الارسالات الراديوية وفي المركز الى اليسار يوجد تخطيط شعاعي مبينا ارقاما ثنائية يمكن ان تمثل الوقت او الزمن . وفي الاسفل خارطة لنظامنا الشمسي تدل المشاهد المفروض أن بيونير ١٠ قادمة من الارض وعن رحلتها الى المشتري. وفي الجهة اليمنى يوجد ذكر وانثى من بني البشر واقفان أمام سفينتهم الفضائية المرسومة .

الموضوع ــ « الحياة هناك » ما زال الواجب أن تكتشف ، وأن تدرس . أن البيولوجيا الخارجية لم تكن دراسة ، وانما كانت بحثا عن دراسة . وقد كانت الطريقة واسلوب البحث فقطهما اللذان اهلا البيولوجيا الخارجيةلان تعد محاولة علمية .

وكانت نقطة البداية الاساسية لساجان وغيره من علماء البيولوجيا الخارجية هي هذه : بدات الحياة وازدهرت على الارض وهيّ ذرة في هذا الكون لا اهمية لها . « اهل من الممكن » ، سأل ساجان « انه في درب التبانة المؤلف من ٢٥٠ بليون نجم فيكون مؤلف من ١٠٠ تريليون مجرة ان شمسنا هي النجم الوحيد الذي به كوكب ماهول ؟ » الم يكن من المعقول اكثر ان نفترض ان الحياة حصلت في مكان آخر ؟ اذا كان رد عالم عن السؤال الاخير « نعم » ــ او حتى كان هناك شك معقول بجواب « لا » ــ فعندما يصبح البحث عن الحياة خارج الارض تحديا لا يقاوم . ومثل ساجان ، قال كثير من العلماء . « علينا أن نبحث وعلينا أن نعرف » .

ولكن نبحث عن ماذا ؟ ان قصص الاساطير العلمية المحترمة تؤيد عادة فكرة وجود مخلوقات حساسة خارج الارض ، لها ذكاء وشجاعة تكنولوجية تتطور او هي معادلة او متفوقة على الامكانيات الحالية للبشر . فيوم القيامة بناء على هذه الفكرة يكون عند التقاء حضارتين ذكيتين مما يؤدي الى دمار احداهما او كليهما .) ان احتمال وجود حضارات ذكية في مكان آخر في الكون الواسع بعيدا عن الارض ، اخذه عدد من العلماء مأخذ الجدية والاهتمام وفي الحقيقة تمت ، وستتم ، محاولات للاتصال بالحضارات غير الأرضية .

وحتى عام ١٩٧٥ ، تم مسح ما يزيد عن ٣٠٠ نجم تقريبا بواسطة التلسكوب الراديوى للكشف عن اشارات محتملة مرسلة باتجاه الأرض . ففي احدى المحاولات الحديثة التي أجريت في تشرين الثاني عام ١٩٧٤ ، استعمل الاتنين ذو الصحن الكبير لتلسكوب اريكبو الراديوي الضخم في بورتوريكو لبث رسالة يؤمل ان تكون كونية باتجاه مجموعة من النجوم تدعى ميسير ١٣ على حافة المجرة . وعلى الجنس البشري أن ينتظر بعض الوقت لمعرفة نتيجة هذه التجربة ــ على الاقل ٤٨٠٠٠ سنة لان رحلة شعاع اريكبو في اتجاه واحد تحتاج الى ٢٤٠٠٠ سنة لتصل الى ميسير ١٣ .

ان الاعلان لحضارات أخرى « باننا هنا » لها فرص للنجاح عن طريق

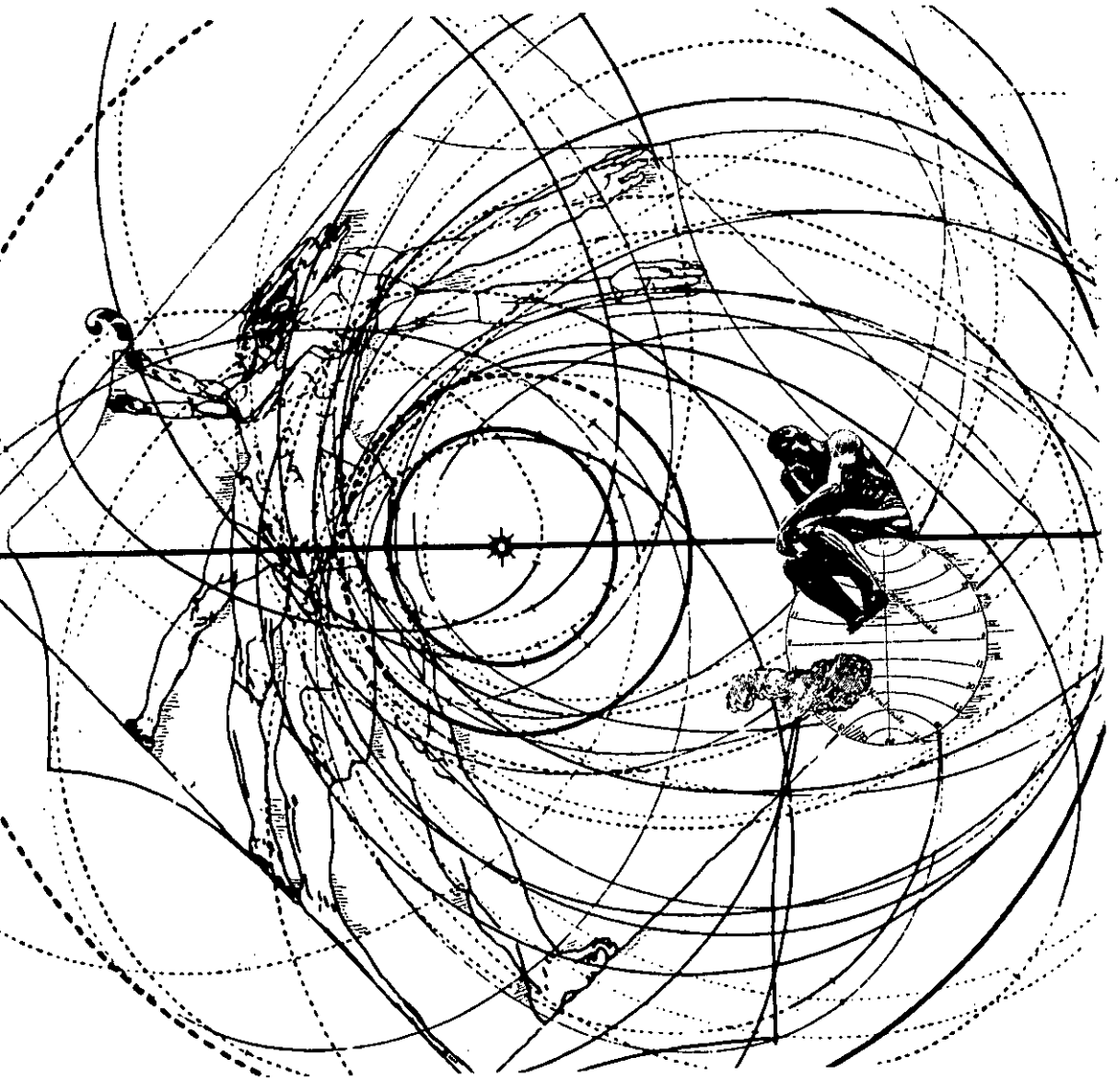
الفصـــل الرابع والثلاثون

البيولوجيا الخارجية

Exobiology

ناقش كارل ساجان في كتابه « عوالم أخرى » ، المنشور عام ١٩٧٥ ، بحثنا على التحقق فيما اذا كانت الكواكب والاقمار في النظام الشمسي مناسبة كبيئات لحياة خارج الارض . وقد وصف ساجان « خطواتنا الأولية في الفضاء « بأنها مترددة » ولكنها تلهم بعوالم اخرى اكثر غرابة واكثر متعة .. ممـــــا تخيله مؤلفو القصص الاكثر غرابة . واختراع مركبات الفضاء غير المأهولـــة والتلسكوبات الراديوية اضاف شعورا بالمسؤولية نحو البحث عن الحيـــــاة خارج الارض كما وصفها ساجان عندما كتب « ساكون خجولا جدا من حضارتي اذا أدرنا ظهرنا للكون خصوصا بما بين يدينا من امكانيات .

لقد كان فلكي جامعة كورنيل دائما ناطقا باسم البيولوجيا الخارجية وقد عرفها بأنها «دراسة الحياة في اماكن اخرى.» ومن وجهة نظر البيولوجيا التقليدية ،كانت هذه دراسة غريبة بالتأكيد :فهي بدون مادة موضوعية وبيانات مناسبة ومؤكدة ونتائج ايجابية ـــ هي فقط تأملات ومطابقات وتعميم استكمالي ونماذج نظرية . فمادة



الشبيهة بالافيون كالمورفين (الجدير بالذكر أن النالوكسون يستخدم الان لعلاج حالات أخذ جرعات كبيرة من الهيروين) . ولما عكس النالوكسون الاثار المسكنة للتأثير الكهربائي الى درجة كبيرة استنتج الباحثون أن مادة مخدرة شبيهة بالمورفين كانت قد انتجت في الدماغ نتيجة للتأثير الكهربائي عليه . وقد اعطت دراسات أخرى أجريت على الناس الذين يتعرضون الى عمليات **غرز الدبابيس** acupuncture دليلا مساندا يؤيد ما سبق ، فقد وجد انه يمكن للنالوكسون في بعض الاحيان أن يعكس الاثر التسكيني الناتج عن غرز الدبابيس .

ولكن ماهي طبيعة هذه المادة الكيميائية الشبيهة بالمورفين ؟ لقد وجد ان هذه المادة هي مركب بسيط مكون من خمسة مجموعات ببتيدية وان هذه السلسلة الببتيدية هي جزء من جزيئات اكثر تعقيدا موجودة في الدماغ . وقد اطلق على هذه المادة اسماء كثيرة ولكن لما كانت هذه هي مادة جديدة فسيبقى اسمها النهائي متروكا للزمن للاتفاق عليه .

ورب سائل يقول : ما أهمية هذا الاكتشاف ؟ ان العلم بانتاج الجسم لمادة ما تعمل بطريقة شبيهة بالمورفين وان مستقبلات هذه المادة موجودة في كثير من الحيوانات ادت بالباحثين الى استنتاج انه يمكن تكوين عقاقير جديدة مسكنة لا تؤدي الى حالات الادمان ، وانه يمكن فهم الكيفية التي يتعامل فيها الجسم مع الالم .

ولكن اذا كان الجسم يصنع مادة كيميائية تسبب تسكين الالم واذا كانت المستقبلات المسكنة موجودة فيه فرُبَّ سائل يقول : ما هي نواحي الاهمية الاخرى لهذه المادة الشبيهة بالافيون وتلك المستقبلات ؟

في منتصف السبعينات وجدت أدلة جديدة تساعد على الاجابة عن هـذا السؤال . فقد عرض الباحثون منطقة معينة من مادة الدماغ السنجابية في احد الجرذان لمؤثر كهربائي لانتاج حالة تسكين الالم هذه . ثم حقنوا الحيـوان بالنالوكسون وهو مخدر مضاد يوقف الاثار التسكينية للالم الناجمة عن المواد



نظـرة فاحصـة

هل يصنع الجسم بنفسه ما يوقف الالم ؟

Does the body make its own pain killer?

يلاحظ كثير من الناس الذين يصابون بجروح نتيجة تعرضهـــــم لبعض الحوادث انهم يحسون بقليل من الالم أو لا يحسون بألم مطلقا وقت حصـــول الحادثة . وقد يظل مثل هؤلاء الناس لا يشعرون بالالم لعدة ساعات بعـــد الحادثة . ولم يعرف تفسير لمثل هذه الظاهرة الا حديثا . فقد ادت البحـــوث المتعلقة بالاعصاب والعقاقير الى ابراز دلائل تشير الى أن جسم الانسان ينتـج مادة كيميائية تعمل كمخدر لقتل الالم وقت تعرضه لجروح او اجهاد .

وتبرز الطريقة التي وجدت فيها هذه المادة الكيميائية العمل الاستقصائي الذي يميز الاكتشافات العملية . فمنذ اوائل سبعينات هذا القرن كان معروفا أن التأثير الكهربائي على مناطق معينة في المخ له اثار مسكنة في بعض الثدييات كالجرذان والقطط والانسان . ويبدو أن تسكين الالم هذا ينتج بشكل جزئي من أثر مادة معينة تنطلق في الدماغ . وتتحد هذه المادة مع مستقبلات معينة فـــي الدماغ تدعى المستقبلات المسكنة .

التفاعلات بين العقار وعقار اخر مضاد له يعاكس احدهما اثار الاخر .

وتحمل العقاقير المنشطة نفسيا اخطار الاعتماد أو الادمان ، مع أن هـذه الاخطار تختلف حسب نوع العقار وتوقعات متعاطيها وظروف التعـــاطي . والاعتماد على العقار حالة من الاعتماد الجسماني او النفسي على العقار بعد تعاطيها بشكل دوري او مستمر . ومن مميزات الاعتماد الجسماني حالة التحمل (وهي الحاجة الى جرعات أكبر فأكبر لاحداث نفس الاثر على مدى فترة زمنية واحدة) واعراض الفقدان (التي تختلف باختلاف العقار والشخص المتعاطـي له) وتمكن ظاهرة التحمل التقاطعي أحد العقاقير من منع حـــدوث اعراض الفقدان الناجمة عن عقار إخر . وتحصل حالة الاعتماد النفسي عندما يحتاج الى العقار للحفاظ على الحالة الطبيعية للانسان .

وتركز الاتجاهات الحالية المتعلقة بتعود تعاطي العقاقير على الوقايـة والعلاج الذي يعتمد على المداواة والاصلاح . ويساعد الحصول على معلومات دقيقة عن العقاقير على الاقلال من اخطار الاعتماد عليها . وكذلك يساهم تعاطي عقاقير ذات قدرة احداثية قليلة نسبيا حسب قواعد ذاتية ولاغراض ايجابيـة على الاقلال من اخطار الاعتماد على العقاقير . ويساعد على ذلك ايضا معرفة الاشخاص بأن تغيير الحالات الشعورية مميزات خاصة بانسان وليس بالعقاقير ذاتها .

وتختلف علاجات حالات الاعتماد على العقاقير في الهدف والطريقة.وتشمل هذه العلاجات الاستشفاء لضبط اعراض فقدان العقار والاصـــلاح النفسي والاجتماعي وطرق عقاقيرية .

ومن البرامج العلاجية تكوين مجتمعات تجمع متعاطي العقاقير . كما أن منها ما يعتمد على تقديم نصائح وتوصيات للمرضى بطريقة غير رسمية . وقد لا تقدم هذه المجتمعات اية عقاقير للمرضى أو قد تعطي المريض أحد العقاقـير التي يمكن ضبطها كالميثادون . وقد زادت هذه البرامج العلاجية حديثا مـن مجالات عملها لتشمل علاج المشاكل الناجمة عن تعاطي العقاقير المختلفـــة لا المخدرات والكحول فقط .

في تجاربه الى أن مركز عمل هذه المادة لم يكن في العضلة نفسها ولا في العصب نفسه وانما في مستقبل خاص بينهما .

ان مفهوم المستقبلات أمر فرضي ولكنه ضروري لفهم كيفية عمل العقاقير. والمستقبلات هي جزيئات أو مجاميع جزيئية معقدة موجودة على السطح الخارجي أو الداخلي للخلايا المفردة . ويكون كل نوع من اشكال المستقبلات رابطة فسيوكيميائية مميزة مع جزيئات عقار معين . ودراسة العلاقات بين التركيب والوظيفة التي تؤديها العقاقير قد تعطي معلومات عن مراكز وتراكيب المستقبلات الخاصة بهذه العقاقير .

تعمل العقاقير الكيميائية العلاجية للقضاء على الكائنات التي تهاجم الجسم من بكتيريا وفطريات وفيروسات وخلايا سرطانية وتجد هذه العقاقير مستقبلاتها في أجسام هذه الكائنات . وتمثل العقاقير المضادة للبكتيريا او المضادات الحيوية احدى هذه العقاقير العلاجية . فقد تكون بعضها قاتلة للبكتيريا فتقتل جميع البكتيريا التي تتأثر بها ، كما ان بعضها مسكن للبكتيريا ويمنعها من التكاثر . ولكل مضاد حيوي طيف أو مجال يعمل ضمنه ويمثل ذلك جميع انواع البكتيريا المتأثرة به .

ويختلف اثر العقار حسب الكمية التي يعطى بها وتمثل العلاقة بين الجرعة والاثر بمنحنى خاص بذلك . ويتحدد شكل هذا المنحنى بعوامل اربعة : حجم الجرعة والاثر الذي يقاس به وحالة النظام البيولوجي والخواص العقاقيرية للعقار . والقدرة الاحداثية للعقار هي العلاقة بين الجرعة اللازمة لاحداث اثر معين وحجم ذلك الاثر أما الفاعلية فتقيس مدى الفعل العلاجي الذي يقوم به العقار .

يختلف عمل العقار بمرور الزمن الذي يمضي بعد دخوله للجسم . وتضم المتغيرات التي تؤثر على منحنى العلاقة بين الزمن والاثر طريق الحصول على العقار وهيئة الجرعة والكيفية التي تنتقل بها العقاقير والتي تمثل وتخرج عن طريقها هذه العقاقير .

وقد يتفاعل عقاران موجودان في الجسم في ان واحد بشكل اجمالي اي باضافة اثارهما بعضها لبعض أو قد يتفاعلان بطريقة تعاونية حيث يغير احد العقارين الطريقة التي يوزع أو يمثل أو يخرج فيها الجسم العقار الثاني الامر الذي يؤدي الى احداث اثر اكبر من مجموع اثري كل على حدة معا . وفي حالة

ملخص الفصل الثالث والثلاثين

لا بد من النظر الى موضوع تعاطي العقاقير في المجتمع (الامريـــكي) كمعضلة لها جوانب متعلقة بالاختراعات العلمية والتقنية وبالانظمة والاتجاهات المتضاربة حول بعض الانواع من السلوك المتسبب عن تعاطي هذه المـــواد الكيميائية .

ومن وجهة نظر عقاقيرية يعرف العقار بأنه أية مادة يتسبب تعاطيهـــا في تغيير بيولوجي في جهاز من اجهزة جسم الانسان او الحيوان . ولا يشـــير اصطلاح « العقار » الى خواص في ذات العقار وانما الى اثاره . ويدرس علم العقاقير هذه الاثار .

ان تاثير العقار في كائن ما هو الفعل الذي يقوم به ذلك العقار . وحتى يمكن للعقار أن يعمل لا بد ان يصل الى مركز عمل معين قد يكون قريبا أو بعيدا عن النقطة التي اعطي منها ،كماانه يمكن للعقار أن يتمركز في عضو واحد من أعضاء الجسم او أن ينتشر في انسجة معينة منتشرة في انحاء الجسم المختلفة . ويتعلق احد مواضيع البحث الاساسية في علم العقاقير الحديث بتحديد مراكز عمل العقاقير المختلفة . ففي القرن التاســـع عشر حـــدد العالـــم الفرنسي الفسيولوجي **كلود برنارد** Claude Bernard مركز عمل **الكيوراري** curare فوجده عند مكان التقاء الاعصاب بالعضلات . واشار **لانجلي** J.N. Langley's

وتوجد طريقة اخرى في ايقاف اثر المخدرات باستخدام العقاقير المضادة . ولكن برامج العلاج عن طريق استعمال العقاقير المضادة ذات مشاكل عملية كثيرة ، فتأثير المضادات الموجودة الان قصير الامد ويجب اخذها مرتين في اليوم . والحقيقة ان العلماء دائبون على البحث عن عقاقير مضادة طويلة الامد في تأثيرها وعن مضادات قوية جدا يمكن بها « تحصين » الشخص ضد حالة الاعتماد على العقار . وستبرز مثل هذه العلاجات مشاكل قانونية خطيرة واستفسارات اخلاقية حول اعطائها للناس .

ان طرق العلاج المذكورة انفا هي طرق مستخدمة الان في الاشخاص الذين اعتادوا تعاطي المخدرات والكحول بشكل رئيسي . ولم تشمل البرامج المذكورة في اعمالها مساعدة الاشخاص المعتمدين على عقاقير اخرى منشطة نفسيا كالكوكائين والباربيتيورات والامفيتامينات والتبغ وتلك المؤدية الى الهلوسة والهذيان الا حديثا . وابرز المناهج الفعالة للمشاكل الناجمة عن مثل هذه العقاقير تشمل مناهج غير رسمية مستقلة عن المؤسسات الرسمية . ومن هذه المناهج الاتصالات التلفونية الانية لمراكز تجهيز الاشخاص بالمعلومات والارشادات اللازمة والنصائح ، وكذلك العيادات المجانية التي يمكن فيها أن يحصل الشباب والشابات والناس الخائفون على المساعدة دون تخوفهم من أن يعرف اهاليهم او مراكز البوليس بما هم عليه ، هذا بالاضافة الى وجود مراكز عقارية تجهزهم بكل هذه الخدمات وبحقائق اخرى عن كيفية الوقاية من الادمان على العقاقير .

العقاقير نفسها وانما يمكن الوصول اليها بطرق اخرى اقل خطرا .

العلاج *Treatment* : يختلف علاج حالات الاعتماد على العقاقير في الاهداف والطرق . فكثير منها يهدف الى استبعاد حالة الاعتماد مع انه يبدو ان علاج الاعتماد على الهيروين عن طريق اعطاء جرعات من الميثادون لمدة طويلة مرتبط بالنظرية القائلة انه يمكن الشفاء من الاعتماد على العقار وان الهدف من العلاج هو جعل الشخص قادرا على القيام بوظيفته كعضو في المجتمع . وفي بعض الاحيان تقترح اهداف اخرى للعلاج مثل الاستراحة من المقاساة عن طريق اعطاء جرعات كافية من العقار تحت ظروف مضبوطة وتقليل الاخطار على المجتمع بعزل مستعملي العقارات عن باقي افراد المجتمع .

ويمثل عزل الاشخاص في المستشفيات حيث يتخلص الشخص من اعتماده على العقار احد اشكال العلاج التي تعود جذورها الى القرن التاسع عشر . ولا زالت هذه الطريقة مستعملة حتى الان كما هو الحال بالنسبة لمستعملي الهيروين والكحول . ويحول الشخص اثناء وجوده في المستشفى لاخذ عقار جديد يسهل ضبطه كالميثادون أو الفينوباربيتال وبعد ذلك يسحب العقار عن الشخص تدريجيا ويشترك في جلسات استرشادية مختلفة لمساعدته على التخلص من الاساسيات النفسية لحالة الاعتماد على العقار . ان مثل هذه الطريقة في العلاج هي اكثر الطرق كلفة واقلها نجاحا .

وتركز انواع العلاج الحديثة على الاصلاح النفسي والاجتماعي للشخص المعتمد على عقار ما . وقد هيئت اصلاحيات علاجية لهذا الغرض مثل حي **سينانون** Synanon حيث يعيش المرضى مع غيرهم ممن كانوا يتعاطون العقاقير فيعطى بعضهم نصائح حول الاسس النفسية المتعلقة بتعاطي العقار . وقد تمنع مثل هذه البرامج اعطاء العقاقير للمرضى أو قد تضبط حالة الشخص باعطائه عقارا يمكن ضبطه كالميثادون . لقد لقيت مثل هذه البرامج بعض النجاح ولكن يصعب على المشتركين قبولها بسهولة .

وهناك ضغط متزايد للبحث عن أدوية لمعالجة حالات الاعتماد على العقاقير . والضبط عن طريق الميثادون هو احدى هذه الطرق الدوائية . ولتقييم نتائج تعاطي هذا الدواء نبحث عن الهدف من تعاطيه . فاعطاء الميثادون قد يؤدي الى تقليل المشاكل الاجتماعية المتعلقة بتعاطي الهيروين ولكن اعطاء الميثادون لشخص لا يتعاطى الهيروين لا يؤدي الى شفائه من عقارات اخرى بالضرورة .

توضع تحت اسماء غير حقيقية ، كما ان تعود استعمال العقاقير لا يؤدي الى خبرة في انواعها وكنهها . وان كثيرين ممن يلقبون انفسهم (خبراء) قد يكتبون كتبا ومقالات غير دقيقة .

ان اختيار انواع معينة من العقاقير المستعملة والمنشطة نفسيا واختيار طرق استعمالها قد يؤدي الى الاقلال من الخطورة المتعلقة بها . مثلا يعتبر تناول الجن أكثر خطرا من الكحول المصنع على شكل اخر اقل فاعلية كالخمر اوالبيرة. كما أن تناول الجن بطريقة الحقن الوريدي يشكل خطرا اكبر من تناوله عنطريق الفم أو عن طريق التدخين ، لان الحقن يؤدي الى زيادة تركيز العقار في الدم بسرعة ولان ذلك قد يؤدي الى تعقيدات اخرى كمرض التهاب الكبد نتيجة للعقاقير ذاتها أو نتيجة لتلوث الابر التي يعطى بها العقار . وتشكل العقاقير التي تعطى لاسباب ايجابية خطرا اقل من تلك التي تعطى دون ترو أو تفكير أو لنسيان الانسان لنفسه . كما يمكن منع الاعتماد على العقاقير عندما يعلم الشخص أن الوصول لحالة النشوة وحالات النسيان لا يعود الى أمر ذاتي في



الشكل (٢٣ ــ ٨) : العلاج التعاضدي . بالاضافة الى العمل على فقدان العقار المسبب لحالة الاعتماد الطبيعي بالتدريج او تبديل العقار بعقاقير اخرى يمكن ضبطها كالميثادون اصبح تكوين مجتمع خاصة للعلاج ومتاهته امرا شائعا . ويمكن القول اجمالا ان هذه المجاميع تامل في تغيير اتجاهات الاشخاص المعتمدين على عقار ما وبهذا تخلصه من الاساسيات النفسية التي تجعله معتمدا على ذلك العقار .

الوقاية والعلاج من حالة الاعتماد على العقار

Preventing and treating drug dependence

وافق الكونجرس الامريكي في عام ١٩٧٠ على قانون تأسيس هيئـــــة تبحث في سوء استعمال المراوانا وغيرها من العقاقير . وقد قالت هذه الهيئة في تقريرها الثاني ان « الاجماع حول الطريقة للتعامل مع حالات الاعتماد على العقار يأخذ في العادة وقتا طويلا حتى يصبح اتباع هذه الطريقة غير مجد » . ولقد تغيرت الاتجاهات المتعلقة بالاعتماد على العقاقير خلال هذا القرن مـــن الاعتقاد بانه يمكن الشفاء منها الى مرحلة القدرة الذاتية على التخلص من هذه الحالة الى مرحلة عقاب الاشخاص المتعاطين لهذه العقاقير الى المرحلة الحالية التي تؤكد على العلاج والاصلاح ضمن برامج خاصة لذلك . وتركز وجهات النظر الحالية على الوقاية التي لا بد ان تسبق العلاج .

الوقاية *Prevention* : تدعو الهيئة القومية الامريكية لتكوين مراكـــــز للخدمة الوقائية لانواع كثيرة من حالات الاعتماد على العقاقير وتشمل هـــذه الخدمات اعطاء ارشادات تتعلق بالعقاقير وخدمات طبية ونفسية وتدريبات تتعلق بطبيعة العمل وهكذا . وقد صممت هذه الخدمات بحيث يمكن مهاجمة حالات الاعتماد على العقاقير من مصادرها الممكنة سواء كانت نفسيـــــة ام اجتماعية . والان نعرف الشيء القليل عن كيفية تفاعل هذه العوامل مع العقاقير

ومن الصعب تقييم هذه المحاولات الوقائية طويلة الامد بشكل دقيق .

من الممكن ان نقلل اخطار استعمال العقاقير المنشطة نفسيا من ناحية فردية . ومن الطرق المؤدية الى ذلك الحصول على معلومات دقيقة عن العقاقير لان المعرفة القليلة بهذه العقاقير قد تؤدي الى جعل الناس يقبلون على تعاطيها دون الانتباه الى ماقد تسببه هذه العقاقير . فمثلا ، لقد كان يشيع الى عهد قريب ان خطر تناول قرص من اقراص الميثاكوالون المنومة قليل بالنسبة لاقراص الباربتيورات حتى وجد عدد كبير ممن يتناولون هذه الاقراص بانهم اصبحوا مدمنين على تعاطيها . وبالمثل يتناول كثير من الناس اقراصا غذائية بأنفسهم دون علمهم أن ما يتناولونه هو من مواد الامفيتامينات . والحقيقة ان كثيرا من مصـــــادر المعلومات المتعلقة بالعقاقير مصادر لا يعتمد عليها ، فكثير مما يباع من عقاقير مؤدية الى هلوسة وغيرها في السوق السوداء تكون ملوثة بعقاقير اخرى وقد

ليس الاعتماد النفسي من خصائص العقار ذاته وانما هو امر يتعلق بالشخص وظرفه الاجتماعي . ولهذا فليس من الدقة ان نقول ان عقارا يسبب التعود او الاعتماد النفسي عليه (بعض العادات غير المؤذية كنقرات القدم هي من انماط التعود النفسي) . وبالفعل فان الاعتماد النفسي غالبا ما يمتد ليس للعقار فحسب وانما الى الظروف التي لها علاقة بالعقار . فمثلا يصبح كثيرون من مستعملي الهيروين معتمدين لا على الهيروين فحسب وانما على طبيعة الحياة المميزة لمن يتعاطون مثل هذا العقار ، حيث تصبح المحاولات الجاهدة للحصول على الجرعات اليومية من العقار جزءا متكررا من حياة الشخص العادية . وهذا هو احد الاسباب التي تجعل برامج العلاج الخاصة بالمدمنين تنجح في بعض الاحيان لا كلها .

الادمـــان "Addiction"

الادمان هو من اكثر المصطلحات الغامضة المستعملة في وصف الاعتماد على العقاقير (كلمة مشتقة من اللاتينية) . وحسب القانون الروماني يعني الادمان الاتكال او الاستسلام كما في حالة السجين ، ويمثل هذا الاصطلاح استعارة مناسبة للحالة الموصوفة في كتاب العقاقير لمؤلفيه **جودمان وجلمان** Goodman and Gilman, 1970 **كما يلي** : « الادمان هو نموذج سلوكي ناجم عن استعمال عقار بشكل اجباري غامر حيث يتصف الامر بتعاطي العقار بدرجة كبيرة وبتأمين الحصول عليها وبميل كبير الى الانتكاس عند فقدانها » .

ولكن كثيرا من العلماء لا يرتاحون لهذا التعريف ولا الى مفهوم الادمان كليا . فيرى بعضهم ان لهذه الكلمة ابعادا اخلاقية زائدة عن اللزوم وان استخدام كلمات (اجبارية)و (غامر) و (الميل الكبير) هو استخدام غير دقيق . وهنا يرد السؤال التالي : ماهو الحد الذي يفصل بين الاستعمال المزمن للعقار والادمان على تعاطيه ؟ فاستخدام مفهوم الاعتماد على العقار اكثر دقة ومرونة في وصف مدى تعقيد السلوك الناجم عن استعمال العقاقير من غيره من الاصطلاحات .

الجماعات المستعملين للعقار . وتحدد نسبة الاستعمال المزمن لعقار ما بمعايير متغيرة تخضع لمجالات ثقافية واجتماعية تشمل العادات الاجتماعية ومدى سهولة الحصول على المادة وقابلية المجاميع السكانية لاستعمال العقار بشكل مزمن ومدى الحصول على مواد اقوى من المواد الاصلية .

(٤)النمط السلوكي الحاد المتسبب عن العقار هو القابلية لقطع سلوك اجتماعي معين او تعطيل ذلك السلوك بعد اخذ جرعة واحدة.ويعتمد الحكم النسبي على هذا النمط السلوكي المتغير على تعاطى جرعات كافية لاحداث تأثيرات عقارية واضحة .

(٥) يقاس رد الفعل السلوكي المتسبب عن اخذ العقار بالقدرة على تعطيل السلوك الاجتماعي نتيجة لاخذ جرعات مزمنة مؤدية الى احداث حالات الاعتماد على العقار .

(٦) يقاس رد الفعل السلوكي ذو الاثر القصير بانقطاع أو تعطل الوظيفة الاجتماعية نتيجة الانقطاع عن اخذ العقار بعد اخذه على شكل جرعات مزمنة مؤدية لحالات الاعتماد على العقار .

(٧) يعتمد الحكم النسبي بالنسبة للميثادون عن طريق حقن أو اعطاء العقار بالفم لاشخاص بسطاء . وتورد الهيئة ملاحظة تفيد ان اعطاء العقار بالفم لاشخاص يعتمدون على مشتقات الافيون له اثر مختلف ومتميز في السلوك ،

(٨) تضم هذه المادة عقاقير اخرى قريبة منها مثل البسيلوسيبين و DMT .

(٩) لا ينطبق لان القدرة التعزيزية منخفضة جدا جدا ، كما ان انماط الاستعمال المزمنة لا تحصل في العادة ، هذا بالاضافة الى انه لم يعرف لهذه العقاقير اية اعراض ناجمة عن الانقطاع عن استعمال العقار .

(١٠) تضم عقاقير اخرى قريبة في التركيب وشبيهة في الاثر لعقار الميسكالين مثل DOM ("STP") .

الاعتماد النفسي **Psychological dependence**

الاعتماد النفسي والتعود وتكوين العادة هي اصطلاحات لامر واحد .فبغض النظر عن الاعتماد الجسماني اذا احتاج شخص لعقار ما للحفاظ على حالة اتزانه يكون قد احدث حالة الاعتماد النفسي على هذا العقار .

التحمل التقاطعي *Cross-tolerance* : يمكن لبعض العقاقير ان تمنع ظهور الاعراض الناجمة عن فقدان بعض العقاقير الاخرى فعند ظهورحالة التحمل لعقار ما يكتسب الجسم قدرة مساوية على تحمل العقاقير المشابهة. ولهذا فان العقار الثاني قد اسهم في الاستراحة من ظهور الاعراض بالقدر الذي يساهم فيه العقار الاول . ويطلق على هذا التأثير الناجم بالتحمل التقاطعي .

فمثلا ، يمنع **الميثادون** "methadone" وهو مخدر مخلق الاعراض الناجمة عن فقدان الهيروين وهو مخدر مشتق من مادة الافيون . ولهذا يقوم القائمون على برامج علاج المدمنين على المخدرات عن طريق ضبطهم بالميثادون بتحويل الشخص الذي يتعاطى الهيروين باعطائه مادة الميثادون بدل الهيروين دون الخوف من ظهور اعراض الفقدان عنده. وبهذا يستريح ذلك الشخص من البحث عن عقار محظور ، ثم يمكن تقليل جرعات الميثادون تدريجيا بطريقة علاجية .

ويبدو وكأن جميع العقاقير المخدرة تظهر حالة التحمل التقاطعي بعضها مع بعض . كما ان مجموعة كبيرة من العقاقير المعروفة بالمهدئات تظهر حالة التحمل التقاطعي . فاذا كان شخص يعتمد على الكحول جسمانيا فانه يمكن تجنيبه الاعراض الناجمة عن فقدان الكحول باعطائه جرعات مشابهة من مهدىء اخر كمادة **الكلورديازيبوكسيد** chlordiazepoxide او باربتيوريت ذي التأثير طويل الامد **كالفينوباربيتال** phenobarbital وكثيرا ما يعالج المدمنون على الكحول من خلال برامج مشابهة لبرامج الضبط بالميثادون فيعطى الشخص عقارا اخر يمكن ضبطه بطريقة اسهل بدلا من الكحول ثم تقلل كمياته بالتدريج الى ان يوقف اعطاؤه للشخص .

(١) لم تحاول الهيئة التي اختارت المواد المتضمنة في هذا الجدول ان تكون شاملة . وقد اعتمدت هذه الهيئة في اختيارها لهذه المواد لتبيان جميع المجالات التي تظهر فيها حالات الاعتماد على العقاقير وقدرة هذه العقاقير على احداث تغييرات سلوكية .

(٢) القدرة التعزيزية هي قدرة العقار لاحداث استمرارية في استعماله عن طريق التعزيز النفسي ويعتمد الحكم النسبي على استعمال اعلى جرعة يمكن تحملها حيث تقاس بطرق مخبرية ويتأكد من دقتها عن طريق الخبرة العلاجية .

(٣) مدى الاستعمال المزمن هو النسبة الحقيقية للاستعمال المزمن بين

	الميثادون (٧) :					
	(عن طريق الحقن)	عالي	عالي	عالي	متوسط	عالي
	(عن طريق الفم)	عالي	متوسط	متوسط	متوسط	عالي
	عقاقير اخرى شبيهة بالمورفين	عالي	عالي	عالي	منخفض	عالي
	الكودايين	منخفض	منخفض	منخفض	متوسط	منخفض
المنشطات	الكوكايين	عالي	متوسط	عالي	عالي	منخفض/متوسط
	الامفيتامينات					
	(عن طريق الحقن)	عالي	منخفض/متوسط	عالي	عالي	منخفض/متوسط
	(عن طريق الفم)	متوسط	عالي	متوسط	عالي	منخفض/متوسط
	الميثيلفينيدات والفنيميترازين					
	(عن طريق الحقن)	عالي	منخفض	عالي	عالي	منخفض/متوسط
	(عن طريق الفم)	عالي	منخفض	متوسط	عالي	منخفض/متوسط
	الكافين	منخفض	عالي	لا شيء	لا شيء	لا شيء
العقاقير المؤدية الى الهلوسة	LSD (٨)	منخفض	منخفض	منخفض/متوسط	(٩)	(٩)
	المسكالين (١٠)	منخفض	منخفض	منخفض/متوسط	(٩)	(٩)
	الفينسايليدين	منخفض	منخفض	عالي	(٩)	(٩)
	الكانابيس	منخفض	منخفض	منخفض/متوسط	متوسط	منخفض
	ال TH.C المخلق	متوسط	منخفض	منخفض/متوسط		منخفض
	النكوتين	عالي	عالي	لا شيء	لا شيء	منخفض

قدرة بعض المواد المنشطة نفسيا (١) لاحداث حالات الاعتماد على العقاقير ــ وأنماط سلوك متسببة عن تعاطي هذه العقاقير

(حسب دراسات حديثة أجريت في الولايات المتحدة الامريكية)

		مستوى حالات الاعتماد		الحاد المتسبب	مستوى النمط السلوكي المزمن	
		القدرة التعزيزية (٢)	مدى الاستعمال المزمن (٣)	عن العقار (٤)	المتسبب عن العقار (٥)	عند الانقطاع عن تناول العقار (٦)
المسكنات	**عقاقير مسكنة ضد القلق**					
	الكحول	عالي	عالي	عالي	عالي	عالي
	الباربتيورات ذات الاثر القصير	عالي	عالي	عالي	عالي	عالي
	الباربتيورات ذات الاثر الطويل	منخفض	منخفض	عالي	عالي	عالي
	الجلوتيثيميد	عالي	منخفض	عالي	عالي	عالي
	الميثاكوالون	عالي	متوسط	عالي	عالي	عالي
	الميبروباميت	متوسط	منخفض	متوسط	منخفض	منخفض
	الكلورورياربوكسيد	متوسط	منخفض	منخفض	منخفض	منخفض
	الديازيبام	متوسط	منخفض	منخفض	منخفض	منخفض
	عقاقير مسكنة مشتقة من الافيون:					
	المورفين	عالي	عالي	عالي	متوسط	عالي
	الهيروين	عالي	عالي	عالي	متوسط	عالي
	المبريدين	عالي	عالي	عالي	متوسط	عالي

المستعمل لهذا العقار الى جرع متزايدة لاحداث نفس الاثر في نفس الفترة الزمنية . فمثلا ، لو ان ١٠ مليغرامات من المورفين كانت كافية لازالة الالم عند اعطائها على فترات منتظمة فانه بمرور الوقت سيقل اثر هذه المادة بنفس هذه الجرعات حتى تصبح بدون اثر . عندئذ ، يصبح من الضروري ان نزيد الجرعة الى ١٥ او ٢٠ ميلغرام لازالة الالم الواصل الى نفس الدرجة الاولى التي كان عليها .

ويتطلب الوصول الى حالة التحمل اخذ جرعات متكررة على مدى فترة زمنية معينة . وتختلف كمية الجرعة والوقت اللازم لاحداث هذه الحالة من عقار لاخر ومن شخص لاخر . والتحمل هو الظاهرة التي تسبب احتياج مستعملي الهيروين الى جرعات متزايدة مستمرة .

اعراض الفقدان *Withdrawal symptoms* : عند افتقاد شخص ما لعقار كان قد اصبح معتمدا اعتمادا طبيعيا عليه يظهر عليه نموذج مميز من الاعراض تدعى باعراض الفقدان ، وكما هو الحال بالنسبة لاعراض التحمل فان هذه الاعراض تختلف حسب نوع العقار والشخص . فعندما يفقد القهوة اشخاص تعودوا شربها بجرعات معينة تظهر عليهم اعراض الاستثارة والانقباض . وقد تصل هذه الاعراض الى مستوى الانقباضات المميتة في حالة المدمنين على الكحول ومستخدمي الباربتيورات .

ويعتمد الوقت الذي تظهر فيه اعراض الفقدان والفترة التي تبقى فيها هذه الاعراض على سرعة تخلص الجسم من العقار . فمثلا تبدأ هذه الاعراض بعد فقدان الهيروين قبل حالة فقدان الميثادون وذلك لان الهيروين يستمر اثره في الجسم فترة اقصر من الميثادون .

وترجع احدى النظريات اصل اعراض الفقدان الى ان المستقبلات الخاصة بعقار ما تصبح مشغولة كليا اثناء الاستعمال المتواصل للعقار الامر الذي يؤدي الى منع الجهاز العصبي من القيام بوظيفته بطريقة طبيعية ، وبهذا تصبح السيالات العصبية العادية غير قادرة على الوصول الى الاعضاء التي تعمل عليها في العادة . وقد يسبب فقدان الاحساس الناتج عن هذا العقار جعل الاعضاء تستجيب بشكل متزايد للسيالات العصبية عند فقدان العقار الشاغل لنقط المستقبلات — فكأن قدرة الاستجابة قد تراكمت اثناء فترة الانقطاع عن ذلك خلال فترة اخذ العقار بشكل منتظم .

هذين التعريفين . فكثير من الناس يشربون الخمر الذي يمكن شراؤه قانونيا دون ان يقعوا في مشاكل نتيجة شربه .وهناك اخرون ممن يقعون في مشاكل جمة نتيجة شربه مع ان القانون لا يمنع شراءه . ولهذا يمكن تعريف سوء استعمال العقاقير بانها استعمال عقار بشكل ما يؤدي الى احداث اذى للشخص أو لمجتمعه . ويجب ان يبقى عالقا في ذهننا أن هذا التعريف ايضا هو تعريف نسبي فبعض انواع الاذى كالموت والضرر الفسيولوجي يمكن تحديدها والتعرف عليها علميا ولكن هناك انواع اخرى كتكوين اتجاه معين ضد المجتمع أو فقدان الاثارة والاندفاع يصعب تحديدها وتخضع لاراء شخصية لا موضوعية محددة. ولهذا يبقى اصطلاح سوء استعمال العقاقير اصطلاحا معقدا غير كاف للتعريف بسلوك اخذ العقار المعقد .

ولا تتصف العقاقير بحد ذاتها بصفات الجودة او السوء ، وهذا هو السبب الذي يجعلنا نعتبر استخدام اصطلاح العقاقير الخطرة اوسيئة الاستعمال امرا مضللا . ورغم أن استعمال بعض العقاقير يحمل امكانية اكبر للخطر من استعمال عقار اخر فان نتائج استعمالها ليست امرا خاصا بمميزات العقار فحسب وانما يساهم الى حد كبير في هذه النتائج الطريقة التي ياخذ بها الشخص العقار والموقف الاجتماعي من ذلك ايضا .

لهذا السبب فاصطلاح **الاعتماد على العقاقير** Drug dependence مفضل على سوء استعمال العقاقير . وتعرف حالة الاعتماد على العقاقير بانها حالة الاعتماد الطبيعي او النفسي على عقار ما بعد استعماله على شكل فترات منتظمة او باستمرار . وتختلف مميزات حالة الاعتماد حسب العقار وذات الشخص والموقف الذي استعمل فيه العقار .

حالة الاعتماد الطبيعي Physical dependence

تدعى الاستجابة الجهازية للاستعمال المتكرر لبعض العقاقير بحيث يصبح الاعتماد على هذه العقاقير ضروريا لقيام هذا الجهاز بوظيفته بالاعتماد الطبيعي على هذه العقاقير . وليس هذا الاعتماد بأمر غامض وانما يمكن ملاحظته وقياسه بشكل موضوعي دقيق . وهناك مميزتان لتحديد هذا الاعتماد الطبيعي هما **التحمل** tolerance **واعراض الفقدان** withdrawal symptoms .

التحمل *Tolerance* عند انتاج عقار ما لحالة التحمل يحتاج الشخص

اختياري شخصي يعكس اتجاهات المجتمع نحو انواع معينة من العقاقير والخبرات الناتجة عن تناولها .

على هذا فماذا يعنى اصطلاح « سوء استعمال العقاقير » ؟ يعنى هذا الاصطلاح لبعض الناس الاخذ الذاتي لاي عقار منشط نفسيا ويعنى لاخرين استعمال العقاقير المحظورة فقط . والحقيقة انه لا جوهرية ولا حقيقة في اي من



الشكل (٣٣ ـ ٦) :
حالات متغيرة للوعي . تحدث جميع العقاقير المعروفة بتنشيطها للحالة النفسية اثارها التي تعتمد على السياق الاجتماعي لاخذ هذه العقاقير وتوقعات اخذيها عن الاثر المصاحب لتعاطيها . فمثلا احدث تسجيل المراوانا حالات مختلفة من الوعي تتراوح بين التامل الهادىء وحالات جنون الاضطهاد والعظمة .



الشكل (٣٣ ـ ٧) :
حالتا الاعتماد على العقاقير واثار فقدانها . تؤدي كثير من العقاقير كالكحول والباربيتورات والبنزوديازبينات والهيروين الى حالة الاعتماد الطبيعي نتيجة لتعاطيها المستمر . وبمرور الوقت قد يصل الشخص الى حالة تحمل العقار بحيث تظهر عليه اعراض النقدان اذا لم يتمكن من تعاطي ذلك العقار . وتتراوح هذه الاعراض بين حالات الاستثارة والانقباض وحالات الانقباضات الخطيرة والموت أحيانا .

دايازيبام diazepam الذي يباع تحت الاسم التجاري فاليوم Valium الجهاز العصبي المركزي بينما ينشط **الكافين** caffeine نفس الجهاز . فليس لهذين العقارين نفس مركز العمل ولكن احدهما يغطى على تاثير الاخر .

الاعتماد على العقاقير Drug dependence

يوجد عدد من العقاقير التي تعمل على تغيير الحالة النفسية للشخص وتفكيره . وغالبا ما تدعى هذه **بالعقاقير المنشطة للحالة النفسية** psychoactive drugs وهي تضم المخدرات كالافيون والمورفين والهيروين والميثادون ،والمنشطات كالكافين والنيكوتين والكوكايين والامفيتامين ، والمخفضات كالكحول ، والباربتيورات والمهدئات و LSD وغيره من العقارات المؤدية الى الهلوسة أو الهذيان والماروانا والحشيش .

وليست حالات التعاقب بين الوعي واللاوعي التي تصاحب اخذ هذه العقاقير نتيجة لشيء ذاتي في هذه العقاقير وانما تساهم توقعات مستعمل هذه العقارات والطبيعة أو الموقف الذي تؤخذ فيه هذه العقاقير (وهو ما يسميه المتخصصون في علم العقاقير الجلسة والموقف) الى احداث الاثار المصاحبة لاخذ هذه العقاقير . فمثلا اذا اخذ الميثادون عن طريق الطبيب في العيادة لمعالجة الادمان على الهيروين لا يؤدي الى الوصول الى مرحلة ما يسمى بالنشوة وانما تؤدي نفس هذه المادة الى الوصول الى النشوة اذا اخذها الشخص لهذا الغرض . والحقيقة انه من الممكن ان نغير الجلسة والموقف اللذين يعطى فيهما الامفيتامين حتى يكون اثر هذه المادة التسكين بدل الاستثارة ويكون اثر الباربتيورات التنشيط بدل التسكين . لهذا فان السلوك المتبع عند تناول هذه العقاقير المنشطة للحالة النفسية يتبع الموقف الاجتماعي والنفسي بالاضافة الى الخصائص العقارية لهذه المواد .

وعندما يتحدث الناس عن **سوء استعمال العقاقير** drug abuse فانهم يشيرون عادة الى هذه العقاقير ولا يشيرون الى بقايا المضادات الحيوية التي يتناولها المرء عند احساسه بانفلونزا وعند عدم رغبته في الذهاب الى الطبيب ، مع أن هذه الحالة الاخيرة تدخل ضمن حالات سوء استعمال العقاقير ايضا . ويشير هذا التناقض الى ان اصطلاح سوء استعمال العقاقير هو اصطلاح

الباربتيورات barbiturates وهي مجموعة من المركبات المنومة،في الكبد بطريقة ما تؤدي الى ازدياد نشاط النظم الانزيمية التي تعمل على تحليل العقاقير الاخرى في الكبد . وكنتيجة لذلك فان عقار **الكومادين** coumadin وهو مادة مانعة لتجلط الدم يقوم الكبد بتمثيله ويتحلل بسرعة كبيرة اذا اخذ مع الباربتيورات .

وتتفاعل الباربتيورات تعاونيا مع الكحول ايضا فكل منهما يضعف الجهاز العصبي المركزي خصوصا مركز التنفس . فيمكن ان يؤثر الكحول على مدى امتصاص العقاقير من المعدة،الامر الذي يؤدي الى زيادة كمية الباربتيورات في الجهاز الى مستوى عال خطر ، كما ان الكحول يعمل على اثباط عمل الانزيمات التي تمثل الباربتيورات الامر الذي يؤدي الى نفس النتيجة السابقة وهي ارتفاع نسبة الباربتيورات في الجهاز العصبي . ومن ناحية ثالثة يقع خطر اخذ الباربتيورات والكحول معا الى أن الاخير قد ينسى الشخص عدد حبوب النوم (الباربتيورات)التي اخذها . ولهذا فان اخذ هذين العقارين معا يؤدي الى اثر اكبر من ذلك الناتج عن مجموع اثريهما منفصلين . وهذا التعاون في احداث اثر اكبر هو عامل مهم في كثير من حالات الموت الناتجةعنزيادة جرعة الباربتيورات التي يأخذها الاشخاص الذين يشربون الكحول .

التضاد *Antagonism* : ان اي عقار يضاد في تاثيره عقارا اخر هو عقار **مضاد** antagonist وهناك نوعان من التفاعلات بين العقارات ومضاداتها : اما النوع الاول فيحصل عندما يكون للعقارين مركز عمل واحد يتدخل عمل كل منهما في الاخر عند تلك النقطة عن طريق التنافس على المستقبلات ذاتها في الغالب .فمثلا العقار المخدر المعروف **بالمورفين** morphine تبطل قدرته على احداث اي اثار اذا حقن الشخص بحقنة من العقار المضاد **نالوكسون** naloxone . وتستغل هذه العلاقة في الطب عندما يعطى النالوكسون ليضاد اثر اخذ جرعات كبيرة من المورفين او **الهيروين** heroin الذي يتحول الى مورفين داخل الجسم . فمثل ذلك المريض الذي قد يكون مغميا عليه ويكون تنفسه بطيئا جدا نتيجة لاخذ جرعات كبيرة من المورفين او الهيروين يستقيظ بسرعة ويتنفس طبيعيا بأخذ العقار المضاد .

وفي النوع الثاني من التفاعل بين العقار ومضاده لا يعمل العقاران على نفس المركز وانما يتضادان في اثارهما ، فمثلا يهبط العقار المسكن المعروف باسم

• وتتاثر العلاقة بين الزمن ومجرى عمل العقار بالطريقة التي يمر بهـــا العقار من خلال الجسم . فبعض هذه العقارات يحملها الدم ، كما ان بعضها لا بد وان يغير كيميائيا داخل الجسم ليصبح نشطا . وبعضها يخزن في الانسجة الدهنية او العضلية . ولابد للبعض الاخر من ان يخترق اغشية الخلايا حتى يكون له اثر . واخيرا يمكن التخلص من العقارات بطرق مختلفة عن طريـــق الكليتين او الامعاء او الرئتين . ان جميع هذه المتغيرات تؤثر في منحنى العلاقة بين الزمن والاثر .

تفاعلات العقارات بعضها مع بعض — Drug interactions

هناك عدة طرق يتغير فيها عمل عقار معين نتيجة لوجود عقار اخر او مادة كيميائية اخرى قد تكون موجودة في الكائن الحي في نفس الوقت . وقد تكون التفاعلات الحاصلة بينهما خطرة كما قد تكون مفيدة في احيان اخرى .

التفاعل الاجمالي والتفاعل التعاوني *Summation and synergism* :

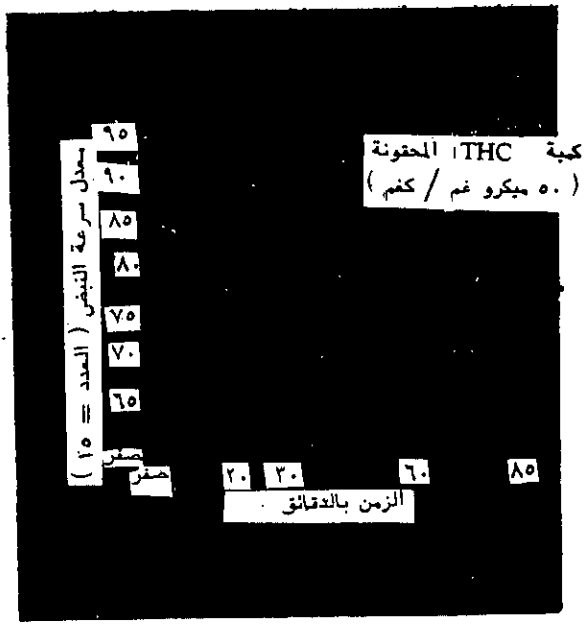
عندمايحدث عقاران اثراموحداهوفي ذاته مجموع اثري العقارين معا فان مثل هذا التفاعل يسمى **بالتفاعل الاجمالي** summation . فمثلا عند اعطاء كمية صغيرة من الاسبريـــن وكميـــة صغيرة مـــن **الكوديين** codeine للتخلص من الم ما فان تاثير ذلك هو نفسه مواز للتاثير الناتج عن اعطاء جرعة مساوية كلها من الاسبرين بمفرده او الكودايين بمفرده . فان تاثير التخلص من الالـــم لاحدهما يضاف الى تاثير التخلص من الالم للاخر .

اما اذا كان اثر العقارين معا اكبر من مجموع اثر كل منهما على حدة فان مثل هذه التفاعلات تعرف باسم **التفاعلات التعاونية** synergistic interactions ويحدث **التعاون** Synergism عادة عندما يغير احد العقاقير الطريق التـــي يوزع بها او يمثل بها او يخرج بها الجسم عقارا اخر . فمثلا تخرج الكليتان البنسلين بسرعة ، ولهذا يستطيع الاطباء التغلب على هذه الخاصة السيئة للبنسلين الذي يعتبر عقارا مفيدا بوصفه للمريض على فترات منتظمة عديدة . كما يستطيع الاطباء أن يستفيدوا من خاصة التفاعل التعاوني بوصف عقـــار اخر **كالبروينسيد** proenicid الذي يبطىء عملية اخراج البنسلين.

وقد تكون التفاعلات التعاونية غير مفيدة في بعض الاحيان فمثلا تؤثر

من الزمن . ان من الاهمية بمكان أن نتذكر ان منحنى العلاقة بين الزمن والاثر ينطبق على طريق واحد لاخذ العقار وشكل واحد من اشكال الجرعات .فمثلا ليس من الضروري ان يكون المنحنى المرسوم من التجارب التي يحقن بهـــا الاشخاص بمادة **التتيراهيدروكانابيتول** tetrahydrocannabinol THC وهي احدى المكونات الهامة الموجودة في الماروانا مشابها لذلك الذي يرسم عنـــد تدخين الماروانا .

فالطريق والشكل الذي يؤخذ به العقار هي بعض المتغيرات التى تؤثر في العلاقات بين الزمن والاثر . فالعقار الذي يحقن عن طريق الوريد سيصل الى اقصى حد من الاثر أسرع منه عند اخـــذه على شكل كبسولـــة لا بد من أن تذوب قبل وصولها الى مركز عملها . كما يمكن أن يتحور عمـــل العقار الذي يبلع بلعا بواسطة الظروف الخاصة المميزة للقناة الهضمية . وهذا هو السبب الذي يدعو الطبيب لان يحدد متى يؤخذ العقار ، قبل تناول الطعام او بعده .



الشكل (٣٣ ــ ٥) : منحنى العلاقة بين الزمن والاثر . يري هذا المنحنى اثر جرعة معينة لعقار يحقن في الاشخاص على سرعـــة نبض قلوبهم على مدى زمن معين . يتاثر الوقت الذي تصل به سرعة النبض الى قمة ما تصل اليه لا بمقدار الجرعة فحسب وانما بطريقـــة حقن العقار ايضا . فان قمة اثر العقار في سرعة النبض ستكون مختلفة لو وصل عقار الى مجرى الدم عن طرق التدخين او الاكل .

ملحق كيمياء

CHEMISTRY APPENDIX

التشابه للكربون كيميائيا ويقول هؤلاء العلماء أن السيليكون يستطيع أن يقوم في الحياة خارج الارض بنفس الدور الذي يقوم به الكربون في الحياة على الارض . فيستطيع السيليكون الاتحاد مع الاكسجين وعناصر أخرى لتكوين جزيئات طويلة تستطيع تكوين سلاسل جانبية مشابهة لتلك الموجودة في مركبات الكربون . وهذه السلاسل قادرة ، نظريا على الاقل ، على بناء جزيئات حياة أساسية . أما بالنسبة لمتطلبات الماء ، فان آسحق ازيموف يقدم بديلا للماء حيث هي غير موجود — وهو الكبريت السائل .

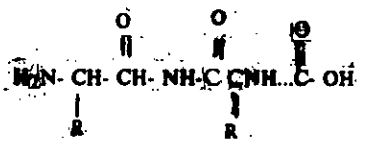
ولكن المتشككين بالحياة القائمة على السيليكون يشيرون الى انه يرتبط مع الذرات الاخرى بروابط مقدار قوتها النصف بالنسبة لتلك التي يكونها الكربون . ولهذا السبب ، لا يمكن تكوين مركبات معقدة حقا . وبالاضافة الى ذلك ، فان السيليكون ، بعكس الكربون ، لا يستطيع تكوين روابط مزدوجة وهذا يعني انه عندما يرتبط مع عنصر اخر،لا يستطيع التفاعل مع ذرات عنصر اخركما يفعل الكربون . وأخيرا ، فان الروابط التي تربط ذرات السيليكون بعضها ببعض هي تقريبا ضعيفة ويمكن كسرها بسهولة بواسطة الماء والامونيا . فسلاسل السيليكون الطويلة ، اذن ، مقبولة نظريا فقط . ولا يوجد اي منها حقا على الارض كجزء من الجزيئات البيولوجية .

وهكذا ، بينما يتفق معظم علماء البيولوجيا الخارجية أن الحياة القائمة على غير الكربون هي امكانية فانهم يميلون للظن أنها بعيدة بعض الشيء . ويكرر عالم الفلك **كارل ساجان** في كتابه « الرابطة الكونية » « النزعة القومية » في أن الحياة خارج الارض ستكون قائمة على الكربون وتميل كذلك « للنزعة الكربونية » . ويكتب ساجان بأنه رهان جيد أن كلا من الذرات والجزيئات البسيطة التي نتكون نحن منها هي مشتركة مع كائنات في اماكن اخرى في الكون . ولكن الطريقة المعنية التي تتجمع بها هذه الجزيئات والاشكال المعينة والفسيولوجية للكائنات خارج الارض قد تكون ، بسبب تاريخ تطورها المختلف ، مختلفة للغاية عما هو معروف على كوكبنا » .

وبعبارة أخرى ، حتى ولو كانت « الحياة هناك » قائمة على الكربون ، فان هذه ستكون الصفة الوحيدة المشتركة بينها وبين الحياة على الارض .

التكاثر ، والتمثيل الغذائي والتكيف مع البيئة . وكل شيء على الارض له هذه الصفات قائم على المركبات الكيميائية التي تحتوي على ذرات كربون . وبالاضافة لذلك هناك ثلاثة عناصر اخرى تكون اكثر من ٩٥٪ من المـــــادة الحية وهي الهيدروجين والاكسجين والنيتروجين . وفي الحد الادنى ، فان المادة العضوية المرتبطة بالحياة هي مركبات كربون — هيدروجين ، او الهيدروكربونات .

لماذا كان الكربون مهما جدا للحياة ؟ ان اهم خصائصه هو تقلبه الكبـير والذي يساعده على تكوين روابط ثابتة ومتكررة مع الكثير من العناصر المختلفة . مثلا ، انه يستطيع أن يرتبط مع الوف الملايين من ذرات الهيدروجين والاكسجين والنيتروجين لتكوين الاحماض الامينية الاساسية التي منها تتكون جميـــــع البروتينات في الاجهزة الحيوية . ويمكن توضيح تركيب سلسلة من الاحماض الامينية كما في الشكل التالي :



وترمـــز R الى اي واحد من العشرين حامض اميني التي تعطي جزيء بروتين معين تركيبه ووظيفته المميزة . وعلى هذه السلسلة ، يمكن بناء عدد لا متناه من المركبات البروتينية . بالاضافة الى اهميته بالنسبة لبناء البروتين ، فان ذرة الكربون هي جزء حيوي للاحماض النووية التي تتحكم بالوراثة وتطور الحياة على الارض من البكتيريا الى الانسان .

وكما أن للحياة على الارض صفات أساسية لتمييزها عن غير الحياة ، فلها كيمياء عامة على المستوى الجزيئي ، ولها ايضا حاجات بيئية اساسية كالمـــاء والسائل . ولا يستطيع جهاز حي على الارض البقاء لفترة طويلة بغياب الماء السائل ، بالرغم من أن بعض الاشياء الحية كابواغ البكتيريا تستطيع الحياة فترات طويلة بدون الماء في مرحلة الكمون . ولهذا ، فان علماء البيولوجيـــــا الخارجية الذين بدأوا البحث باخلاص في الفضاء عن حياة خـــارج الارض في السنوات ١٩٧٠ ، بحثوا عن الحياة التي كانت قائمة على مركبات عضويـــة معتمدة بوجود الماء .

ولكن ماذا لو كانوا يبحثون عن الشيء الخطأ ؟ هل هنالك كائنات في مكان ما من الكون لا تعتمد على مركبات كربونية ولا على الماء ؟ يظن بعض الباحثين ان هذا احتمال قائم والمرشح الاكثر احتمالا كبديل للكربون هو أحد العناصر قريب

نظـرة فاحصـة

هل يجب ان تقوم الحياة على الكربون ؟

Must life be Carbon-based?

حاول الانسان ، قدر ما استطاع ، ان يتخيل كيف من الممكن أن تكـــون « الحياة هناك » . وكما اكدت الاثباتات من قصص الخرافة العلمية ، فان هذه الرحلات الخرافية قد صنعت صفا كبيرا من المخلوقات الغريبة . والكثـــير من تلك ، على اية حال ، لها اجهزة حيوية تشبه تلك الموجودة على الارض . لقد « خلق » البشر حياة خارج الارض في مكان ما من مخيلتهم ، لان فكرتهم عن تلك الحياة مرتكزة على ما هو معروف عن الحياة في هذا الكوكب . اذن فانـــه ليس من المدهش ان علماء البيولوجيا الخارجية الذين يدرسون امكانية الحياة في مكان اخر من الكون ، يسعون الى اشكال تشابه الحياة على الارض لدرجـــة يمكنهم التعرف عليها . ولكن هل من الضروري ان تكون الحياة في مكان اخـــر مشابهة للحياة كما نعرفها ؟

وكما رأينا في الفصل الاول ، كل الحياة لها ثلاث صفات : القدرة علـــى

العنـــاصر : Elements

تتكون جميع المواد في الكون من عدد صغير من مـــــــواد أساسية تعرف بالعناصر ، ولا يمكن تجزئتها الى مواد ابسط بالطرق الكيميائية العادية . وفي الوقت الحاضر ، هناك ١٠٥ عناصر معروفة منها ٩٢ عنصرا توجد في الطبيعة ، أما ال ١٣ عنصرا الاخرى فقد صنعت بواسطة التفاعلات النووية تحت ظروف خاصة جدا في المختبر .

وكل عنصر يمثل لغة الاشارات الكيميائية برمز كيميائي ، وكل رمز كيميائي يشابه عادة اسم العنصر ، وليس بالضرورة اسمه الانجليزي . ومن الامثلـــة على رموز مشتقة غير الانجليزية K للبوتاسيوم و Na للصوديوم ، فهما مشتقان من الاسمين اللاتينيين كالكالسيوم وناتريوم .

التركيب الذري : Atomic structure

ان اصغر وحدة في العنصر تبقى فيها الصفات الخاصة بالعنصر تسمى بالذرة . ولا تتجزأ الذرات بالتفاعلات الكيميائية العادية ، وهي مطابقة لكل الذرات الاخرى لنفس العنصر . وتختلف ذرات عنصر ما عن ذرات عنصر اخر في الكتلة والخواص الطبيعية وفي طريقة تفاعلها مع ذرات اخرى .

وفي بداية ١٨٠٠ حاول جون دالتون ، وهو كيميائي انجليزي ، أن يصف خواص الذرات . وقد احتوت النظرية الذرية لدالتون على تخمينات رئيسية أربعة وهي :

١ ــ المواد المعقدة مكونة من جسيمات متميزة صغيرة تعرف بالذرات .

٢ ــ ذرات نفس العنصر لها وزن محدد خاص بالعنصر .

٣ ــ قد تتحد ذرات العناصر المختلفة في تغيرات كيميائية .

٤ ــ لا تتجزأ الذرات خلال التغيرات الكيميائية .

ادت هذه المسلمات الى النتيجة بأن التفاعلات بين الكيميائيات لا تتضمن خلق او هدم المادة . ولذلك يجب على جميع الذرات الموجودة في المواد المتفاعلة أن توجد في المواد الناتجة ، بحيث أن يساوي الوزن الكلي للمواد الناتجة دائما الوزن الكلي للمواد المتفاعلة . فالمادة لا يمكن خلقها ولا هدمها بالتغيرات الكيميائية العادية وفي بداية القرن التاسع عشر ، صرح الكيميائي الايطالي اميديو افوجادرو أن الوزن المغطى من أي عنصر أو مركب يحوي بالضبط نفس عدد الذرات او الجزيئات ــ ٦٫٠٢ × ١٠ ^{٢٣} ذرة أو جزيء ــ التي يحتويها الوزن المكافيء لاي عنصر أو مركب اخر . وقد سمي هذا الوزن المكافيء « مول » ، ويعتبر المول كمعيار للوزن الذري لاي عنصر . واعتبر الاكسجين كمعيار واعطي الوزن الذري ١٦ . وقد وجد أن . ^{Na} له الوزن النسبي ٢٣ والكلور له الوزن النسبي ٣٥ . وعليه فان مول واحد من ^{02} يزن ١٦ جم ، واحد مول من Na يزن ٢٣ جم وواحد مول من الكلور يزن ٣٥ جم . يمكن للمركبات ايضا أن تقاس بالمول ، فان NaCl (ملح الطعام) مكون من واحد مول الصوديوم وواحد مول كلور لذلك يزن ٢٣ + ٣٥ ، أو ٥٨ جرام .

ورغم أن الذرة هي اصغر وحدة في العنصر تبقى بها صفات العنصر ، فانها

ليست اصغر جسيم في الطبيعة . فان كل ذرة من كل عنصر مكونة من ثلاثة جسيمات أولية تسمى البروتون والنيوترون والالكترون . ويحمل البروتون شحنة موجبة + ١ ويحمل الالكترون شحنة سالبة — ١ ولا يحمل النيوترون اي شحنة. حيث ان ذرات العناصر متعادلة الكترونيا ، لذا فان بها عددا متساويا من الالكترونات والبروتونات . والبروتونات والنيوترونات متساوية تقريبا في الكتلة وتكون الكتلة الكلية للذرة . أما كتلة الالكترون فتساوي فقط $\frac{1}{1830}$ من كتلة البروتون . وتوجد الجسيمات الثقيلة (البروتونات والنيوترونات) في مركز او نواة الذرة .

ويسمى عدد البروتونات في النواة ، وهو مختلف من عنصر لاخر ، بالعدد الذري . ويمكن تمثيل العدد الذري بكتابته تحت وامام الرمز الكيميائي ، فيرمز لذرة الهيدروجين ، وتحتوي على بروتون في النواة ، $_1H$ وذرة الاكسجين تحتوي على ثماني بروتونات ، $_8O$. لكن عدد النيوترونات غير ثابت لكل عنصر ، فقد يختلف هذا العدد دون ان يؤثر على الشخصية والصفة الكيميائية للعنصر . فمثلا ذرات الهيدروجين قد تحتوي على نيوترونين او نيوترون واحد او لا تحتوي على نيوترون . وهذه الذرات هي ذرات هيدروجين ولكنها نظائر بعضها لبعض . يسمى مجموع البروتونات والنيوترونات في النواة ، بعدد الكتلة . وتمثل النظائر الثلاثة للهيدروجين بالرموز $_1H^3$ ، و $_1H^2$ ، و $_1H^1$ والعدد الفوقي هو عدد الكتلة .

التكافؤ : Valence

كان أول ما استعمل مفهوم التكافؤ في سنة ١٨٦٧ ليقيس قدرة ذرة ما على الاتحاد مع ذرات اخرى . وقد اختير الهيدروجين كمعيار مقارنة . لذلك فان العنصر له تكافؤ اذا اتحد واحد مول من ذلك العنصر مع واحد مول من الهيدروجين . وكذلك اذا اتحد واحد مول من عنصر ما مع ٤ مول من الهيدروجين، فيجب ان يكون تكافؤ هذا العنصر ٤ ، وهذا في الحقيقة هو تكافؤ الكربون . ويتحد

الاكسجين مع مولين من الهيدروجين ليكون H_2O أو ماء ، وعليه فان تكافؤ الاكسجين هو ٢ .

المدارات الذرية والوضع النسبي للالكترونات :

Atomic shells and electron configuration

لكل ذرة وضع نسبي الكتروني مميز يملي عليها خواصها الكيميائية وقابليتها للاتحاد مع ذرات اخرى . ويمكن بسهولة متناهية تصوير الوضع النسبي الالكتروني كمجموعة من الغلف المتحدة المركز ، تحتوي على الكترونات تدور حول النواة . ويمثل كل غلاف مستوى طاقة منفصلا ، ويزيد مقدار مستوى طاقة الالكترونات بابتعادها عن النواة . وبما أن النواة تظهر جذبا قويا للالكترونات ، فيجب استعمال مقدار كبير من الطاقة لايجاد دوران الكتروني بعيد عن النواة . وذلك مشابه لحالة سفينة صاروخية منطلقة ضد الجاذبية الارضية . فيجب استعمال كمية معينة من الطاقة ، ناتجة عن حرق الوقود ، لتصل السفينة الى مدار ما ، فاذا حدث ذلك يكون للصاروخ طاقة جهد اكبر من طاقة جهد الصاروخ عندما كان على سطح الارض . لكن لا يزال الصاروخ عرضة لقوة جذب ضعيفة من الارض ويمكن أن يكون تحت تأثير جذب كتل أخرى من القمر . فبالمثل تتعرض الالكترونات ذات الطاقة العالية في الغلاف الخارجي الى قوة جذب ضعيفة من نواة الذرة ويمكن ان تتعرض هذه الالكترونات الى تفاعلات مع نويات ذرات اخرى .

وقد اوضح نيل بوهر سبعة غلف ذرية مشار اليها بالحروف K و L و M و N و O و P و Q و K لها اقرب غلاف واصغر مستوى طاقة . يتصف كل غلاف بعدد معين من الالكترونات ، واقرب غلاف هو الذي يمتلىء بالالكترونات أولا . فتقع مثلا الكترونات الهيدروجين والهيليوم في غلاف K فقط اما الكربون والنيتروجين ففي غلاف K وغلاف L ، والكلور له ايضا غلاف M ويختلف عدد الالكترونات في كل غلاف من الكترونين في غلاف K الى اثنين وثلاثين في غلاف P .

وتنقسم الغلف بدورها الى ما يسمى تحت الغلف . وتحتوي تحت الغلفة على مدارات تمثل المكان المحتمل لوجود الكترونات داخل الغلاف . وبما أن

الالكترونات في حركة سريعة دائمة ، لا يمكن تحديد اماكنها بالضبط . انما تصور كضباب الكتروني يتم التنبؤ بشكله وحجمه العامين بمعادلات موجية رياضية معقدة . وتعطى هذه المدارات شكلا مميزا لكل تحت غلاف . ولا تحتوي على اكثر من الكترونين ، احدهما يدور ايجابيا او باتجاه عقارب الساعة ، بينما يدور الاخر سلبيا او ضد اتجاه عقارب الساعة . وهناك علاقة بين اتجاه الدوران مع الخواص المغناطيسية الخاصة لعناصر معينة .

وعندما تتحد الذرات ، تتداخل وتندمج مداراتها بالتعاقب . وتسمى الزاوية المكونة من تداخل المدارات بزاوية الترابط . خلال الاتحاد ، تغير المدارات بالتعاقب شكلها لتحافظ على كثافة الكترونية متماثلة .

الروابط الايونية : Ionic bonds

بسبب قوة الجذب الضعيفة التي تمارسها النواة على الكترونات تكافؤ الغلف الخارجية عالية الطاقة فقد تذهب هذه الالكترونات الى ذرات اخرى . وعندما تعطى ذرة ما واحدا أو اكثر من الكترونات التكافؤ الى ذرة اخرى ، تتكون بين الذرتين رابطة ايونية ــ لذا تصبح الذرة المعطية اكثر استقرارا كيميائيا عن طريق فقد الكترونها الزائد ، بينما تصبح الذرة المستقبلة اكثر استقرارا كيميائيا لانها تشبع غلافها الخارجي . وعلاوة على ذلك ، ينتج عن هذه العملية تكوين أيون موجب (المعطي) وأيون سالب (المستقبل) . لذلك يوجد جذب الكتروستاتيكي بين الذرتين .

وتوجد الروابط الايونية عموما في الجزيئات غير العضوية . ومن ناحية بيولوجية فان اهم صنف من هذه المركبات هو الاملاح ، مثل كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الصوديوم (المسؤولين عن التوازن الالكتروليتي) . ولتكوين كلوريد البوتاسيوم . يفقد البوتاسيوم الكترونه الوحيد من الغلاف N ويبقى بغلاف M المشبع . لذلك يميل البوتاسيوم بأن يكون المعطى . يحتاج الكلور الى الكترون اضافي ليشبع غلافه M ويميل لذلك ان يكون مستقبلا . وللسبب ذاته يتحد الكلور بالصوديوم ويغرز مع الصوديوم أو البوتاسيوم . ويظهر الرسم النقطي الالكترون لهذا التفاعل كما يلي :

$$K\cdot + :\ddot{Cl}\cdot \rightarrow :K:^{+}\,:\ddot{Cl}:^{-}$$

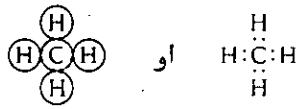
الروابط المشاركة : Covalent bonds

تتكون الرابطة الاشتراكية من الالكترونات المشاركة ، كل الكترون يتبع احد الذرات المترابطة . تتقارب الذرتين لدرجة تتداخل معها الغلف الخارجية التابعة للذرتين . نتيجة لذلك ، يتسلم كل غلاف الكترون اضافي ليكمل مداره. لذا لا تتكون شحنة نهائية ، لكن بما ان الذرات لم تكسب او تخسر في الحقيقة الكترونا بل تتماسك بقوة بواسطة جذبهما المشترك لنفس الزوج من الالكترونات. الروابط المشاركة اقوى عامة من الروابط الايونية ، لان الذرات اكثر اتصالا من الاساس .

تتكون الروابط المشاركة بين كل العناصر العضوية الاساسية بما فيها النيتروجين والكبريت والهيدروجين . على الرغم ان الهيدروجين يستطيع تكوين روابط ايونية ، ويلعب دورا مهما في الجهاز الهضمي في صورة حامض الهيدروكلوريك HCl . لكنه غالبا متحدا بصورة اشتراكية بعضه مع بعض من أزواج ليكون غاز الهيدروجين (H_2) . تستعمل كل ذرة الكترون الذرة الاخرى المنفرد لتكمل غلافها الاول . في الحقيقة ، تتشارك الذرتان غلاف K المشبع :

$$\textcircled{H} + \textcircled{H} \text{ --- } \textcircled{H}\textcircled{H}$$

تكون الذرات ذات التكافؤات الاعلى ، مثل الكربون ،روابطا المشاركة متميزة مع أكثر من ذرة واحدة . وابسط الهيدروكربونات هو الميثان CH_4 وفيه تكوّن ذرة الكربون ٤ روابط منفردة مع ٤ ذرات هيدروجين كما يلي :



ويكون الكربون أيضا روابطا زوجية . ولان الاكسجين له ٦ الكترونات تكافؤ ، فانه يحتاج الى الكترونين زيادة ليشبع غلافه الخارجي . أما الكربون فتكافؤه ٤ . فلتكوين ثاني اكسيد الكربون ، تشارك كل ذرة اكسجين باثنين من الكتروناتها الاربعة في الغلاف الخارجي لذرة الكربون ، بينما تحصل ذرة

الكربون على الكترونين اضافيين من كل ذرة كسجين .

$$O::C::O \quad \text{أو} \quad O=C=O$$

وتتكون الرابطة الثلاثية من ٣ الكترونات مشاركة من كل ذرة . ويحدث هذا النوع من الرابطة المشاركة في غاز النيتروجين (N_2) . تتحد ذرتين من النيتروجين ، كل ذرة تحتاج الى ٣ الكترونات لتشبع غلافها الخارجي ، وكل ذرة عندها ٣ الكترونات منفردة لتشارك بها لتكوين جزيء النيتروجين

$$:N:::N: \quad \text{أو} \quad :N\equiv N:$$

التسالب الالكتروني ، او الفة نواة الذرة للالكترونات ، يلعب ايضا دورا مهما في الترابط المشارك . عند اتحاد ذرتين مختلفتي التسالب الالكتروني اشتراكيا ، تكون الالكترونات اقرب الى الذرات ذات التسالب الالكتروني الاعلى. ويؤدي ذلك الى عزم ثنائي الاستقطاب ، لان كل ذرة لها صفة الكترونية جزئية. فالذرة ذات التسالب الالكتروني الاكثر تكون سالبة ثنائي الاستقطاب والذرة ذات التسالب الالكتروني الاقل تكون موجبة ثنائي الاستقطاب .

الروابط الهيدروجينية : Hydrogen bonds

في الاجهزة الحية ، غالبا ما يتحد الهيدروجين الذي له تسالب الكتروني منخفض ، مع ذرات مثل الاكسجين واليود اللذين لهما تسالب الكتروني عال جدا . لذلك فان ذرات الهيدروجين في هذه الاتحادات تملك استقطابا ثنائيا موجبا قويا جدا وتتصرف كانهما ايونات موجبة ، وتنجذب الى الالكترونات غير المشاركة او الايونات الموجبة للجزيئات ، مكونة رابطة هيدروجينية . لكن تبقى ذرة الهيدروجين الاخرى مرتبطة مشاركة مع الجزيء الاصلي . ورابطة الهيدروجين اضعف من الروابط المشاركة او الايونية ، ولكن قوية لدرجة كافية لتظهر تاثيرا مهما في تنظيم اماكن الجزيئات . وهذا دور حازم في المحافظة على شكل ونشاط ملائمين للانزيم (الحافز) وفي منح الماء خواصه الفريدة .

قوى فان دروالز :

Van der Waals forces

من الممكن أن يحدث انجذاب بين جزيئية ضعيفة عندما تقترب الجزيئات بعضها من بعض دون أن تتحد كيميائيا . وتحت هذه الظروف ، قد تتصرف الجزيئات مثل ثنائيات الاستقطاب الموجبة الشحنة ، مؤدية الى قوى فاندروالز . فاذا انتقلت الشحنة الكهربائية للجزيء غير القطبي بصورة مؤقتة ، ينشط انتقال مشابه ما بين الجزيء القريب . ويؤدي هذا الى جذب مؤقت بين الطرف السالب من جزيء ما والطرف الموجب من الجزيء الاخر . لذلك فان قوى فاندروال اتصفت بجذب النواة لالكترونات النواة المجاورة . فيكون ثنائي الاستقطاب الموجب مجردا من الالكترونات بينما يكون ثنائي الاستقطاب السالب كثيفا بالالكترونات .

الروابط الثنائية للكبريت :

Disulfide bonds

قد يظهر صنف خاص من الروابط المشاركة بين ذرات الكبريت في الجزيئات المتجاورة . ففي العادة ، تكون ذرة الكبريت رابطتين مفردتين . رابطة واحدة تربط ذرة الكبريت بجزيئها الاصلي ، والرابطة الثانية تربط ذرة الكبريت بذرة الهيدروجين . ولان اختلاف التسالب الالكتروني كبير بين الكبريت والهيدروجين ، فان الاخير قد ينفصل تاركا ذرة كبريت مجردة . وقد تتحد هذه الذرة بعدها مع ذرة كبريت اخرى مكونتين رابطة ثنائية الكبريت . وتلعب رابطة ثنائي الكبريت دورا مهما في الشكل الثانوي للبروتينات .

الحرارة والتركيب :

Temperature and structure

بعد الترابط الكيميائي ، فان المؤشر الاكثر اهمية في الاجهزة البيولوجية هي الحرارة . فقد يكون المركب على درجات حرارة مختلفة صلبا او غازا او سائلا . لذلك فانه من المهم جدا أن يستطيع المخلوق تنظيم حرارته .

في الحرارة العالية تعطى الذرات طاقة حركية عظيمة ، فتأخذ شكل

الغازات ، متحركة عشوائيا بسرعات عالية ، وقد تتصادم على فترات ولكنها منفصلة بعضها عن بعض بمسافات واسعة . وعند انخفاض الحرارة ، تقل الطاقة الحركية وتبطؤ حركة الجسيمات . ويؤدي ذلك الى زيادة التصادمات والتفاعلات الكيميائية ، بحيث انه لا يبقى لدى الجسيمات طاقة حركية كافية لمنع تجاذبها بعضها مع بعض . وهناك فراغ اقل بين الجزيئات في الحالة السائلة . لكنها لا زالت غير منظمة بطريقة عشوائية وتنساب بعضها فوق بعض في حركة طافية خاصة بالسوائل .

ومع انخفاض كاف بالحرارة ، يصبح الماء والسوائل الاخرى في الحالة الصلبة . وتصبح عرضة لقوى جذب زائدة وتكون روابط كيميائية . وتحتفظ معظم المواد الصلبة بنمط ، ترتيب هندسي للذرات ، يسمى بالشبكية البلورية . وتتماسك الشبكية البلورية بعضها ببعض بواسطة روابط ايونية ومشاركة ، وايضا بواسطة قوى اضعف مثل الروابط الهيدروجينية وقوى فان دروالز والروابط الثنائية للكبريت .

البلورات الايونية : Ionic crystals

يرمز للشبكية البلورية المكونة من روابط ايونية بالبلورات الايونية. وعندما تتكون رابطة ايونية بين ذرتين تصبح ايونات مشحونة متماسكة بعضها مع بعض بواسطة قوى الكتروستاتيكية . وعند التعامل مع زوج واحد من الذرات فاننا نحتاج فقط الى اعتبار التجارب بين الشحنات غير المتشابهة . ولكن عند تجمع عدد كبير من الايونات كما هو الحال في البلورات الايونية فان قوى التنافر بين الشحنات المتماثلة تلعب دورها . وكنتيجة لقوى التجاذب والتنافر في الجسم البلوري ، ينبثق نظام خاص يزيد قوى التجاذب بين الايونات المتعاكسة الشحنة ويقلل قوى التنافر بين الايونات المتماثلة الشحنة .

البلورات المشاركة : Covalent crystals

الفيتامينات والسكريات والـ DNA والبروتينات كل هذه امثلة على البلورات المشاركة ، التي تتكون من سلاسل من الذرات المترابطة مشاركة قد

تأخذ اشكالا ثانوية غير منتظمة ومعقدة جدا ، بعكس الانتظام الهندسي للمركبات الايونية . وتلعب التجاذبات الضعيفة مثل روابط الهيدروجين دورا مهما في المحافظة على التركيب الثانوي والثلاثي .

المحاليل والمزائج : Solutions and mixtures

المحلول هو مزيج متجانس من مادتين مختلفتين أو مواد مختلفة . ومن الممكن عمل المزائج من الغازات والسوائل والمواد الصلبة في اي تركيب كان . لكنها تختلف عن المركبات في أن مختلف الذرات والجزيئات المكونة لمحلول ما ليست متحدة بروابط كيميائية . فمثلا الهواء هو محلول غازي يحتوي في الاساس على نيتروجين واكسجين وثاني اكسيد الكربون وبخار ماء .
ويمكن فصل مكونات المحاليل أو المزائج بواسطة طرق فيزيائية بسيطة ، مثل المنخل ، أو طرق فنية ميكانيكية ، كالتسخين للاستفادة من اختلاف درجة الانصهار ، والتبخير الذي من خلاله تتبخر المواد الاكثر تطايرا ، والتقطير عن طريق الاستفادة من نقاط الغليان .

المحاليل السائلة : Liquid solutions

من الناحية البيولوجية ، فان اهم صنف في المزائج هو المحاليل السائلة . ويسمى المكون الموجود بكمية كبيرة في المحلول بالمذيب . والمذيب في معظم المخلوقات هو الماء . والمحاليل والمواد الصلبة والغازات الاخرى يمكن اذابتها في السائل . أما المواد المذابة ، أو المكونات الموجودة بكميات اقل في المحلول ، فتعرف بالمذابات . فمثلا الدم هو محلول سائل مكون من ماء مذيب ومذابات مختلفة مثل كرات الدم الحمراء والبيضاء والمواد الغذائية المذابة وغيرها . وعندما تحتوي كمية معينة من المذيب على اكبر كمية من المذاب تستطيع استيعابها عند درجة حرارة معينة ، يقال عن المذيب انه مشبع . فالدم المار في الرئتين مشبع بالاكسجين .

المعلقات : Suspensions

المعلق هو حالة طبيعية تحدث عندما تنتشر الجسيمات الصلبة الدقيقة المنفصلة بطريقة مغايرة في المادة الصلبة أو السائل أو الغاز . ان جسيمات المادة الصلبة عموما كبيرة لدرجة انها تحتاج الى تحريك مستمر حتى تبقى في صورة معلقة . وتظهر مادتا المعلق بحالتين أو طورين مختلفين من المادة وممكن تمييزها بالعين المجردة وفصلهما بواسطة ورقة الترشيح .

الغرويات : Colloids

في بعض الحالات ، عند مزج مادة مع مادة اخرى لا يتكون محلول حقيقي ولا محلول معلق ، لان جسيمات مادة منهما ذات حجم متوسط ليس صغيرا لدرجة تكوين محلول ولا كبيرا لدرجة تكوين معلق . ويسمى هذا بالنظام الغروي . ان حجم الجزيئات المنتشرة في الغروى تتراوح اقطارها ما بين

$\frac{1}{1{,}000{,}000}$ الى $\frac{1}{10{,}000}$ ملليمتر . وان الجسيمات المنتشرة هي

في العادة مجموعات من الجزيئات وليست جزيئات مفردة ، كما هي الحالة في المحاليل . ومن امثلة الانتشار الغروي القشدة المخفوقة ((غاز منتشر في سائل) والزبدة (سائل منتشر في حليب) والحليب المتجانس (سائل في سائل) .

وتملك الغرويات صفات خاصة تؤثر على خواص الخلايا . فهي يمكن أن

تغير طورها أو حالتها . فيصبح الغروى جيل ، وهي حالة شبه صلبة (مثل الجيلي) اذا نزح منه الماء ، أو اذا انتشرت كمية زائدة من جسيمات الغروى في البيئة الغروية . والسول هي حالة سائلة للغروى يتم فيها انتشار عشوائي للجسيمات في البيئة الغروية ، وكما هو متوقع فان هذه الحالة تحدث بزيادة الماء أو بنقص عدد الجسيمات المنتشرة في الغروى . وعند تعرض معظم الغرويات الى تغيرات في الضغط أو الحرارة أو الحموضة أو عوامل اخرى فانها

تتغير بسرعة من سول الى جيل أو من جيل الى سول . فيملك مثلا سيتوبلازم الخلايا هذه الخاصة الفريدة . وفي بعض الحالات ، يكون التغير من سول الى جيل غير رجعي .

المذيبات القطبية واللاقطبية : Polar and nonpolar solvents

تملك الجزيئات ذات العزم ثنائي الاستقطاب ما يسمى بالقطبية . فيعتبر الماء مثلا مادة قطبية بسبب العزم ثنائي الاستقطاب الناتج بين ذرة الاكسجين الالكتروسالبة وذرات الهيدروجين الاقل الكتروسالبية . وتنجذب المادة القطبية المذابة في الماء الى جزيئات الماء وتبقى في وسطه . أما المواد اللاقطبية مثل الدهون والزيوت فانها تكره على الخروج من الوسط المائي داخله الى طبقة منفصلة وذلك لان جزيئات الماء تتجاذب بقوى أكبر من تجاذبها مع الجزيئات اللاقطبية . لذا فالمبدأ العام للمذيبات أن المذيب يذيب ما يشابهه .

ويستطيع الماء ايضا أن يذيب البلورات الايونية مثل كلوريد الصوديوم ، على الرغم من أن روابطه الهيدروجينية اضعف من الروابط الايونية للملح . ويحدث ذلك لان التجاذب المركب لجزيئات الماء على الايون السطحي كاف ، بحد ذاته للتغلب على التجاذب الداخلي للرابطة الايونية . وبالتدريج فان جزيئات الماء تذيب جميع البلورة .

الاحماض : Acids

من الممكن تعريف الحامض بأنه جزيء مكون من هيدروجين واحد او اكثر من الايونات اللافلزية . فيتفكك الحامض من المحلول القطبي (يتجزأ) الى المكونين الاثنين له . ومن الممكن كتابة معادلة تحليل حامض الهيدروكلوريك كالتالي :

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

والتمييز بين حامض قوي حارق مثل HCl المركز وحامض اضعف مثل الكبريونيك يعتمد على درجة تفكك كل منهما . ويعرف الحامض المركز بأنه

الحامض الذي يستمر فيه التفاعل في اتجاه التفكك بينما يميل الحامض الضعيف الى أن يبقى معظم الوقت في شكله غير المفكك . ولننظر الى التفاعلات التالية للاحماض القوية والاحماض الضعيفة والتي يدل فيها السهم على اتجـــــــاه التفاعل :

حامض نيتريـــك (قـــــوي) $HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$

حامض هيدروكلوريك (قوي) $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

حامض كربونيـــك (ضعيف) $H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^=$

فان ايونات الهيدروجين المفككة تكون متحدة مع الماء بروابط هيدروجينية . ولذا يعرف الجزيء الموجب الشحنة الناتج بأيون الهيدرونيم ويشار اليه تقليديـــا بالرمز H^+

مقيـــاس الـ pH : The pH scale

صمم مقياس الـ pH كطريقة لقياس حموضة المحلول ، ويتكون المقياس من أرقام بسيطة تتدرج من واحد الى اربعة عشر حسب التركيزات المولرية من 10^{-1} الى 10^{-14} فالماء مقياسه ٧ ويعتبر متعادلا . لذا فان أي محلول ذا رقم pH اقل من ٧ يعتبر حامضا .

ويقل الـ pH بزيادة الحموضة . أما اذا زاد الـ pH عن ٧ فيكـــون المحلول محتويا على أيونات OH^- اكثر من أيونات H^+ ويعتبر قاعديـــا . وبمعنى اخر فان الـ pH هو قياس مباشر لايونات الـ H^+

يتم قياس pH لمحلول ما بسهولة بواسطة غمس شريط من ورقـــة ليتس معامل بطريقة خاصة في المحلول . فعند تفاعل الورقة مع أيونات الـ H^+ فانها تعطي الوانا مختلفة حسب درجات الـ pH المتفاوتة . فاللون الاحمـــر يشير عادة الى pH منخفض واللون الازرق يشير الى pH مرتفع ويمكن الحصول على قياسات اكثر دقة عن طريق أجهزة قياس الـ pH الالكترونيـــة الشديدة الحساسية .

القواعـــد : Bases

تتكون القاعدة من ايون فلزي موجب مرتبط مع مجموعـــة الهيدروكسل OH^- ايونيا . وكما في الاحماض تميل القواعد الى التفكك في المحلول . انظر الى تفاعلات القواعد القوية والضعيفة التالية :

هيدروكسيد البوتاسيـــوم $KOH \rightarrow K^+ + OH^-$

هيدروكسيد الصوديـــوم $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

هيدروكسيد الامونيـــوم $NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH$

الامـــلاح : Salts

تسمى المركبات المكونة من اتحاد فلز معطى من قاعدة ما مع لا فلز معطى من حامض ما بالاملاح ، فاذا اضيفت قاعدة مثل NaOH الى محلول حامض (HCl) فيصل المحلول بالتدريج الى التعادل . وتستعمل هذه الطريقة في المختبر لتقدير كمية الحامض او البروتون الحامضي الموجود في المحلول وتسمى هذه الطريقة بعملية المعايرة ، فاذا عايرنا محلول HCl بـ NaOH وبخرنـــا المحلول المتعادل فاننا نجد ملح NaCl راسبا في قعر الدورق . ونـــرى ان ايونات الـ H^+ وايونات الـ OH^- المفككة من HCl و NaOH بالتتابع قد اتحدت لتكوين ماء اضافي . اما ايونات الـ Na^+ والـ Cl^- المتبقية فاتحدت ايضـــا لتكون NaCl ، والتفاعل الكامل لذلك كما يلي :

$$HCl + NaOH \rightarrow H_2O + Na^+ + Cl^- \rightarrow H_2O + NaCl$$

التفاعـــلات الكيميائية : Chemical reactions

التفاعل الكيميائي هو الحالة التي يحدث فيها تكوين او تغيير او تكسير الروابط الكيميائية ، ويكون الناتج مادة كيميائية جديدة لها مقومات طبيعيـــة وكيميائية محددة جديدة . ويرمز الى التفاعل عموما كالتالي : $A + B \rightarrow C + D$

ففي هذا التفاعل A و B مواد بادئة أو متفاعلة أما C و D فهي المواد الناتجة من التفاعل .

والشكل العام لجميع التفاعلات الكيميائية هو أن الجزيئات تحتوي على طاقة وضع يمكن تحريرها بالتفاعل الكيميائي . وأن الميل الطبيعي للتفاعلات ان تنتقل الى حالة أقل للطاقة ، كما هو الحال في طاقة الوضع الارضية المخزونة في الصخر الموجود فوق تل بسبب وضعه بالنسبة للارض . لذلك تخزن طاقة الوضع للجزيء التي قد تتحرر في التفاعل بصورة الرابطة الكيميائية . تمتاز الطاقة العالية بعدم الثبات وبميل نحو الانحدار الى طاقة وضع أقل ، فعندما تتفاعل جزيئات ذات طاقة وضع عالية لتكوين مركبات أكثر اتزانا يتم تحرير الطاقة على شكل حرارة وعندها تكون الذرات رابطة متزنة جديدة . وتحتوي هذه الرابطة الجديدة التكوين على طاقة وضع خاصة بها تساوي كمية الطاقة اللازمة لتكوين هذه الرابطة . لذا يجب اضافة طاقة لتكسير الرابطة الجديدة .

واذا حدث عند تكوين روابط المادة الناتجة ان تحررت طاقة اكثر من الطاقة اللازمة لتكسير الروابط فيستمر التفاعل في الانحدار تلقائيا الى حالة ذات طاقة اقل وثبات أكبر .

وتسمى مثل هذه التفاعلات المنتجة للطاقة بالتفاعلات الاكسرجونية أو المعطية للطاقة ، وبالعكس اذا كانت الطاقة اللازمة لتكسير روابط التفاعل اكثر من الطاقة المحررة عند تكوين الروابط الجديدة يسمى مثل هذا التفاعل بالتفاعل الاندروجوني أو المحتاج للطاقة . وانتاج الـ ATP في الخلية يعتبر احد الامثلة البيولوجية على التفاعل المحتاج للطاقة : ADP + فوسفات ← ATP .

ويعتبر عكس هذا التفاعل معطيا للطاقة ويزود طاقة لاستعمالها من قبل الخلية .

وما سبق يحدث عادة في النظام الحي : تترافق كل من التفاعلات المحتاجة للطاقة مع تلك المنتجة للطاقة مما يؤدي الى عدم الاحتياج الى طاقة كبيرة او تحررها في وقت التفاعل المرافق . وكل تفاعل اكسرجوني يرافقه مع تفاعل اندروجوني معوض .

وتحدث التفاعلات عندما تتحد جزيئات المواد بعضها مع بعض ، وتصادم جزيئات المواد المتفاعلة ليس بالضرورة متطلبا سابقا للتفاعل ، بل ان معظم التصادمات لا تؤدي الى تفاعل . فيجب أولا أن تصل الجزيئات المتصادمة الى مستوى طاقة أعلى لكي تبدأ عملية التفاعل الذي ينتج في النهاية حالة ذات طاقة

أقل ، وتسمى الطاقة الاضافية اللازمة لبدء التفاعل بطاقة التنشيط .

سرعـــة التفاعـــل : Rates of reaction

ان للسرعة التي يحدث فيها التفاعل علاقة بطاقة الجزيئات المتفاعلـــــة ومع عدد المرات التي تتصادم فيها الجزيئات ، لذا فان الظروف التي تؤدي الى تغيير هذين العاملين تؤدي الى تغيير سرعة التفاعل .

ومن الممكن التغلب على عائق طاقة التنشيط بوجود طاقة حركة كافيـــــة في الجزيئات المتفاعلة ، وتؤدي زيادة درجة الحرارة الى زيادة طاقة الحركة، اي حركة أسرع للذرات والجزيئات ، مع احتمال زيادة تصادمها . وتزيد درجات الحرارة العالية سرعة التفاعل بزيادة عدد التصادمات في الوقت المعطى وتزيد نسبة التصادمات المئوية المؤدية الى التفاعل . وتؤدي زيادة تركيز مادة متفاعلة واحدة أو اكثر الى زيادة احتمال تصادم الجزيئات . وسرعة التفاعل تعتمد على عدد مرات التصادم بين الجزيئات ، وعليه فاذا تصادم عدد أكبر من الجزيئات يحدث عدد اكثر من التصادمات المتتابعة في ذلك الوقت .

وتؤدي زيادة المساحة السطحية للمواد المتفاعلة الى زيادة عدد الجزيئات الجاهزة للتصادم مؤدية الى سرعة التفاعل ، فيحتاج مسحوق السكر الى وقت اقل ليذوب في القهوة من الوقت اللازم لاذابة نفس الكمية من سكر القطع . والحفاز هو مادة كيميائية تؤدي الى سرعة التفاعل دون أن تستهلك في عملية التفاعل . ويحدث تأثير الحفاز هذا بتزويد مسار جديد للتفاعل ، مسار يحتـــاج عموما الى طاقة اقل . وفي بعض التفاعلات ، قد تؤدي الحفازات الى تقريـــب الجزيئات طبيعيا او الكترونيا الى بعضها مما يؤدي الى عدم الحاجة الى طاقات أعلى للتداخلات والتفاعلات اللاحقة .

ويعمل الحفاز غالبا عن طريق تكوين مادة وسطية غير ثابتة مع مـــادة أو اكثر من المواد المتفاعلة مؤديا الى ترتيب تلك المواد بتوجيه افضل ليحدث التصادم . هذه هي الالية التي تتبعها الحفازات البيولوجية أو الانزيمـــــات بتسريعها للتفاعلات في المخلوقات الحية .

الاتزان الكيميائي :

Chemical equilibrium

من الممكن عكس اتجاه معظم التفاعلات الكيميائية تقريبا . بمعنى انه في الظروف المناسبة فان نواتج التفاعل قد تتفاعل بدورها لتنتج المواد المتفاعلة الاصلية . ويصاحب تكوين نواتج التفاعل وزيادة تركيزها عادة زيادة في سرعة التفاعل العكسي . وبزيادة تكون المواد المتفاعلة الاصلية يتجه التفاعل ثانية الى الامام ويصل النظام الكيميائي خلال فترة محددة من الوقت الى نقطة الاتزان الديناميكي التي لا يحدث عندها أي تغيير كيميائي فيتساوى كل من سرعة التفاعل الامامي وسرعة التفاعل العكسي . ورغم ان كميات المواد المتفاعلة والناتجة غير متساوية بالضرورة الا ان نسبها تبقى ثابتة .

يتم الوصول الى حالة الاتزان الكيميائي بسهولة ، وعندما يحدث ذلك يتعذر تكوين المادة الناتجة ، وبالطبع فان ذلك لا ينسجم مع حاجات النظم الحياتية لان ذلك يؤدي الى وقف الحياة . فكيف تستطيع التفاعلات الكيميائية اذن أن تتغلب على قانون الطبيعة هذا ؟ للاجابة عن هذا السؤال فان التفاعلات الكيميائية في النظم الحياتية تحدث عموما في مجموعة خطوات ، بحيث يتم التخلص بسرعة من ناتج تفاعل ما بمشاركته في تفاعل ثان كمادة متفاعلة لذا تستمر جميع التفاعلات في اتجاه واحد بسبب استعمال كل ناتج تفاعل كمادة متفاعلة في التفاعل الذي يليه في المجموعة .

تفاعلات الاكسدة والاختزال :

Oxidation-reduction reactions

تتضمن تفاعلات الاكسدة والاختزال نقل الالكترونات ما بين مادتين. وتعرف المادة التي تخسر الالكترونات بالمادة المتأكسدة والمادة التي تكسب الكترونات بالمادة المختزلة . ويحدث الاكسدة والاختزال في وقت واحد في التفاعل الواحد. ويعتبر تفاعل معدن الخارصين مع ايونات النحاس لانتاج معدن النحاس وايونات الخارصين من الامثلة البسيطة على تفاعل الاكسدة والاختزال .

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

يتأكسد الخارصين ويعمل كعامل مختزل ويختزل النحاس ويعمل كعامل

مؤكسد . يتأكسد الجزيء العضوي اي يفقد الكترونات عند نزع الهيدروجين منه او اضافة الاكسجين اليه ، ويختزل الجزيء العضوي اي يكسب الكترونات عند نزع الاكسجين منه او اضافة الهيدروجين اليه .

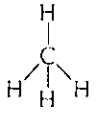
الكيمياء العضوية : Organic Chemistry

تتعامل الكيمياء العضوية مع مركبات الكربون . على الرغم من الاعتقاد الماضي بارتباط المركبات العضوية مع « قوى حيوية » فوق طبيعية فاننا نعلم اليوم ان بالامكان انتاج مركبات عضوية من مواد مولدة غير عضوية وان نفس القوانين التي تحكم كيمياء مواد ما كالزجاج والمعادن مثلا تطبق ايضا علىمركبات ناتجة من الاشياء الحية كأنسجة النباتات والحيوانات .

وتعود قوة الاتحاد الهائلة بين الكربون الى حقيقة ان ذرات الكربون تحتوي على ٦ الكترونات ، ٢ في المدار الداخلي و ٤ في المدار الخارجي ، لذلك تستطيع ذرة الكربون تكوين ٤ روابط اشتراكية قوية مع ذرات اخرى لتصل الى حالة التشبع بـ ٨ الكترونات في المدار الخارجي . لهذا السبب تستطيع ذرة الكربون أن تتحد مع ذرات كربون اخرى او مع الهيدروجين والاكسجين والنيتروجين والكبريت والفسفور وكلها عناصر ذات اهمية بيولوجية .

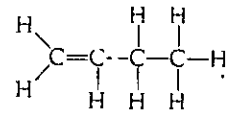
الهيدروكربونات : Hydrocarbons

الهيدروكربونات هي ابسط مركبات الكربون تركيبا ، فهي تتكون اساسا من عنصري الكربون والهيدروجين . وتوجد في صورة سلاسل طويلة تحتوي على عدد كبير من روابط الكربون ــ الى ــ الكربون الناتجة من خلال أزواج الالكترونات المشاركة . وتسمى هذه السلاسل الطويلة بالهياكل الكربونية ، وقد تكون مستقيمة أو متفرعة أو حلقية الشكل . والميثاني هو ابسط الهيدروكربونات ويحتوي على ذرة كربون واحدة و ٤ ذرات هيدروجين متصلة بها (CH_4)



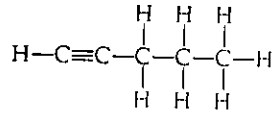
يحتوي جزيء الايثان على ذرتي كربون متحدتين و ٦ ذرات هيدروجين متصلة بهما (C_2H_6) . والبروبان هو ثالث مركب في مجموعة الهيدروكربونات ، فهو يتكون من ثلاث كربونات و ٨ ذرات هيدروجين (C_3H_8) وكما هو متوقع فان الهيدروكربون المحتوي على ٤ كربونات وهو البيوتان يحتوي على ١٠ ذرات هيدروجين . ويتبين من ذلك نمط مرتب وهو لكل ن ذرة كربون يوجد ٢ ن +٢ ذرة هيدروجين متصلة . وتسمى الهيدروكربونات المحتوي كل جزيء منها على العدد الاكبر من ذرات الهيدروجين التي تستطيع ذرة الكربون حملها بالهيدروكربونات المشبعة . ومثل الهيدروكربونات المشبعة بالصيغة C_nH_{2n+2} وتسمى مجموعة الالكان ، فالميثان والايثان والبروبان والبيوتان هي ابسط مركبات في مجموعة الالكان .

وقد يتم الترابط الاشتراكي مع ذرات الكربون لتصل الى التشبع بتعاقب عناصر اخرى على ذرات الكربون غير الهيدروجين ما دامت تلك العناصر تحتوي على تكافؤ يساوي ١ . وقد لا تتشبع ذرات الكربون بالهيدروجين بل تتكون روابط ثنائية او ثلاثية مشاركة ٤ او ٦ الكترونات بالترتيب بين ذرات الكربون. ويتكون نتيجة لذلك ما يسمى بالهيدروكربونات غير المشبعة ، وهي المركبات المحتوية على عدد اقل من العدد الاكبر من ذرات الهيدروجين المتصلة بالكربونات لوجود الكترونات اضافية متحدة في روابط الكربون — الى الكربون . اما مجموعة الالكين فهي هيدروكربونات تحتوي على الاقل على رابطة ثنائية ، فالبيوتين هو احد الامثلة على مجموعة الالكين :



ويشار الى الرابطة الثنائية بخطين اثنين في الصيغة التركيبية للمركب .

وتسمى المركبات التي تحتوي على رابطة ثلاثية بالالكاين ، والمثال على ذلك مركب البنتاين :



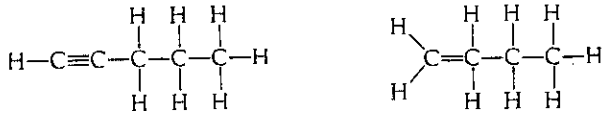
وتوجد ايضا مركبات غير مشبعة تحتوي على روابط احادية وثنائيـــة متعاقبة ، وتعرف مثل هذه المركبات بالجزيئات المترافقة الروابط .

ومجموعة المركبات العطرية او الحلقية كالبنزين هي صنف اخر مهـــم في الهيدروكربونات ويحتوي كل مركب من هذه المجموعة على حلقة مغلقة من ٦ ذرات كربون بينها روابط ثنائية واحادية متعاقبة . أما الصيغة العامة لمركبات هذه المجموعة فهي : C_nH_{2n-6} وحلقات البنزين مهمة جدا في علم الحيـــاة وفي مركبات كثيرة ذات اهمية حيوية مثل بعض الهرمونات والمقاتير . ويعتبر البنزين مركبا ثابتا جدا بسبب نظرية تعرف بالرنين والرنين هو عدم ثبات الالكترونات في الحلقة وينجم عن ذلك ضباب الكتروني ثابت يحوم حول المركب لتكوين روابط قويـــة جدا .

التمثيـــل الجزيئي : Molecular representation

الرمز الجزيئي هو تدوين مختصر للوضع الفراغي الثلاثي الابعاد لذرات الجزيء المترابطة ، فعندما يكتب الكيميائي صيغة البيوتان C_4H_{10} فهـــو يتصور جزيئا له ٤ ــ ذرات كربون مرتبة في وضع فراغي ثلاثي الابعاد .

والرموز التركيبية هي طريقة اخرى لتمثيل الجزيئات العضوية ، فالرموز الكيميائية عبارة عن نماذج ثنائية الابعاد ، ولكن رسم الجزيء بهذه الطريقـــة يعبر أكثر عن الجزيء من الرمز الجزيئي ، فهو يبين ترتيب ذرات الكربون فيما بينها فمن الممكن رؤية تركيبين مختلفين لنفس الجزيء باستعمال الرموز التركيبية ومن الممكن مثلا أن يرسم جزيء البوتان في صورة واحدة أو صورتين :



ومن الواضح أن ذلك لا يمكن حدوثه مع الهيدروكربونات البسيطة مثل الميتان لانه توجد طريقة واحدة لترتيب ذرة الكربون مع ذرات الهيدروجين الاربع لتفي بالتكافؤ الرباعي ولكنه مختلف في التركيب وذلك بترتيب ذرات المركبـــات المحتوية على ٤ ذرات كربون على الاقل . وتسمى الاختلافات التركيبية للمركبات التي لها رموز جزيئية متطابقة بالمشابهات التركيبية ، فكلما زاد عدد الذرات

في جزيء ما كلما زاد عدد المشابهات المحتمل لتوافق الذرات في الجزيء .وللالكان المحتوي على ٢٠ ذرة كربون اكثر من ٣٥٠ر٠٠٠ مشابه تركيبي محتمل . وقد تختلف كثيرا خواص المشابهات ذات نفس الرمز الجزيئي . فبينما يبدا البيوتان ذو السلسلة المستقيمة بالغليان على ـ٥ر٠° مئوية فان درجة الغليان للبيوتان المشابه ذي السلسلة المتفرعة هي ـ٧ر١١° مئوية .

Trophic level	مستوى غذائي
Tropic hormone	هرمون منشط
Tropism	انتحاء
Trypsin	تربسن
Turgor pressure	ضغط الانتفاخ

U

Urea	اليوريا، البوليئا
Ureter	الحالب
Urethra	المجرى البولي
Uric acid	حامض البوليك
Uterus	رحم

V

Vacuole	فجوة
Vagina	مهبل
Vascular bundle	حزمة وعائية
Vas deferens	وعاء ناقل
Vasectomy	عملية استئصال الوعاء الناقل
Vegetal hemisphere	نصف الكرة الخضري
Vegetal plate	الصفيحة الخضرية
Vegetal pole	القطب الخضري
Ventral lip	الشفة السفلى
Ventricle	البطين
Vesicles	حويصلات
Villi	خملات
Vitamins	الفيتامينات
Vitelline membrane	الغشاء المحي

X

Xerophytic	نبات قادر على العيش في الجفاف
Xylem	خشب

Subtrate	اساس، طبقة تحتية، مادة متفاعلة
Succession	تعاقب بيئي
Survivorship curve	منحنى البقاء
Suspensor cells	الخلايا المعلقة
Symbiosis	تكافل، منافعه، معايشة
Synapse	تشابك عصبي
Synapsis	تشابك
Synchronous	متزامن، متواقت
Systole	الانقباض القلبي

T

Taxis	تأود، انحياز، توجيه، تنسيق
Telophase	الطور النهائي
Template	قالب، نموذج
Teratogens	المولدات المسخية
Test cross	التلقيح الاختباري
Testa	صدفة
Testis	خصية
Tetrad	رباعي
Thorax	صدر
Thrombocyte	خلية التجلط، لويحة دموية
Thyroid	الغدة الدرقية
Thyrotropic hormone (TSH)	الهرمون المنشط للدرقية
Thyroxin	هرمون الثيروكسين
Tissue	نسيج
Tonoplast	غشاء الفجوة
Trachea	قصبة هوائية
Tracheids	قصيبات
Transcription	الاستنساخ
Transduction	التحول
Transformer	محول
Translation	الترجمة
Translocation	انتقال الموضع
Transpiration	النتح
Trichocyst	كيس شعراني
Triglyceride	ثلاثي الجلسريد

Septum	حاجز
Sere	مرحلة في التعاقب البيئي
Sessile	ساكن عديم الحركة
Seta	ساق، عنق
Sibling species	اجناس متآخية
Sieve tube	انبوبة غربالية
Sign stimuli	منبه اشارة
Sino-Atrial (S-A) node	العقدة الجيبية الاذينية
Sodium-Potassium pump	مضخة الصوديوم والبوتاسيوم
Solar wind	الرياح الشمسية
Somatic cells	الخلايا الجسمية
Somites	قطاعات، فلقات
Sori	بثرات
Speciation	التنوع
Species	نوع، انواع
Spermatid	سلف النطفية، سلف الحيوان المنوي
Spermatogonia	سلف الخلايا النطفية
Spermatozoa	الحيوانات المنوية
Spindle cell	الخلية المغزلية
Spindle fiber	الياف المغزل
Spiracles	الثغور التنفسية
Spleen	الطحال
Spontaneous generation	الخلق التلقائي
Sporangia	محفظة الابواغ
Sporophyte	النبات حامل الابواغ
Sporulation	عملية انتاج الابواغ
Squamus cell	الخلايا الحرشفية
Stamen	السداة، المئبر (عضو التذكير في النبات)
Stereoisomers	مركبات متماثلة فراغيا
Steroid	ستيرويد
Stigma	ميسم، سمه
Stipule	اذينة
Stomata	ثغر
Stratified epithelium	النسيج المخاطي متعدد الطبقات
Strobili	مخاريط
Stroma	السدى
Style	قلم
Substomatal cavity	التجويف تحت الثغر

R

Radicle	الجذيرة (الجذر الجنيني)
Receptacle	المستقبلة، المجمع، الاناء
Recombination	التجمع الجديد
Rectum	المستقيم
Reef	شعاب
Regeneration	التجديد
Regulator gene	الجين المنظم
Releaser	المحرر
Releasing factor	العامل المحرر
Reticular fiber	الالياف الشبكية
Retinene	الخضاب الشبكي الاصفر (الرتنين)
Ribonucleic acid	الحامض الرايبوزي النووي
Ribosome	الرايبوسوم
Rod	قضيب
Rumen	كرش: المعدة الاولى في المجترات

S

Sagittal crest	الثنية السهمية
Saprophyte	النبات الرمي
Sapwood	الخشب العصيري
Scavenger	آكل الجثث
Schwann cell	خلية شوان
Sclereids	**الخلايا الصخرية**
Sclerenchyma	النسيج الاسكلارنشيمي(نسيج نباتي صلب)
Scrotum	الصفن
Secondary oocyte	خلية البيضة الثانوية
Semen	السائل المنوي
Seminal vesicle	الحوصلة المنوية
Senescence	شيخوخة، هرم
Sensory neuron	خلية عصبية حسية
Sepal	سبله

Platelet	لويحة دموية، صفيحة دموية
Plumule	الساق الجنينية (السويقة)
Polar body	الجسم القطبي
Polar molecule	جزيئة مستقطبة
Polar nuclei	النويات القطبية
Polymer	بولمر متعدد الاجزاء، مضاعف الاصل
Polymorphic	متعدد الاشكال
Polyp	بوليب، سليله، مرجل
Polypeptide	بوليببتيد (متعدد الببتيد)
Polyploid	متعـــدد المجموعـــة الصبغيـــة (الكروموسومية)
Polyribosome (polysome)	متعدد الريبوسوم
Polysacchride	متعدد التسكر
Population	سكان
Postorbital bar	القضيب خلف الحجاجي
Precursor	بشير، علاقة سابقة، مادة سابقة
Predation	افتراس
Primary oocyte	خلية البيضة الاولية
Primary spermatocyte	الخلية المنوية الاولية
Procambial strand	الخيوط المنتجة للحزم الوعائية
Procaryotic cells	خلايا اولية
Proembryo	الشكل السابق للجنين
Profundal region	منطقة العمق في البحيرة
Promoter site	موقع التحريض
Pronephric duct	القناة الكلوية البدائية
Prophase	الطور التمهيدي
Prostaglandins	بروستاجلاندين
Protein	بروتين
Proteinoid microspheres	الكريات البروتينية
Proximal tubule	الانبوبة الملتوية القريبة
Pseudocoelom	التجويف السيلومي الكاذب
Pulvinule	التضخم الوسادي (الاريكي)
pyloric sphincter	العضلة العاصرة البوابية
Pyruvic acid	حامض البيروفيك

Parthenogenesis	التناسل العذري (التوالد البكري)
Pathogen	ممرض، معل
Pectin	مادة البكتين
Pellicle	الجليد
Pepsin	الببسين (الهضمين)
Pepsinogen	مولد الببسين
Peptide linkage	الرابطة الببتيدية
Perichondrium	غشاء (سمحاق) الغضروف
Pericycle	الاسطوانة المحيطية
Perinuclear space	الفراغ حول النووي
Peristalsis	الحركة الدودية
Permease	انزيم البيرميز
Petal	البتلة
Petiole	عنق الورقة
Phagocytosis	البلعمة
Pharynx	البلعوم
Phenotype	الطراز الشكلي
Pheromone	فرمون
Phloem	اللحاء
Phospholipid	الدهن المفسفر
Photon	فوتون (وحدة الكم الضوئي)
Photoperiodism	الدورات الضوئية
Photosynthesis	التمثيل الضوئي
Phototropism	التأود الضوئي، الانتماء الضوئي
Phyllotaxy	فايلوتاكسي
Phytoplankton	البلانكتون النباتي
Pineal gland	الغدة الصنوبرية
Pinocytosis	التشرب (ابتلاع السوائل بالتحوصل)
Pith	النخاع
Pituitary	الغدة النخامية
Placenta	المشيمة (السخد)
Plasma	البلازما، مصل الدم، المادة الاولى
Plasmodium	بلازموديوم، الرغوية، كتلة هيولية متعددة النويات
Plasmolysis	بلزمة، انكماش البروتوبلازم وابتعاده عن جدار الخلية
Plastid	بلاستيدة

Nucleolus	النوية
Nucleotide	نيوكليوتايد
Nurse cells	الخلايا الممرضة

O

Omnivore	مختلف التغذية
Oogonia	الخلايا الاولى للبويضات
Ootid	بيضة ناضجة
Operator site	الموقع المشغل
Operculum	الغطاء، السديد، الطباق المخي
Operon	الاوبرون
Organ	عضو
Organogenesis	تكون الاعضاء
Osmosis	التنافح، التحال، الارتشاح الغشائـي، الاسموزية
Osmotic potential	فرق الجهد التناضحي
Osmotic pressure	الضغط التناضحي (الاسموزي)
Ossicles	العظيمات
Osteoblast	خلية بانية العظم (خلية تعظم)
Osteocytes	خلايا عظمية
Ostia	فوهة، فتحة
Ovary	مبيض
Ovulation	عملية انتاج البويضات (الاباضة)
Ovule	بييضة
Ovum	البيضة
Oxidation	أكسدة
Oxygen dissociation curve	منحنى تحلل الاوكسجين
Oxyhemoglobin	الهيموجلوبين المؤكسد

P

Paddle stage	مرحلة المجداف
Palisade mesophyll	النسيج العمادي المتوسط
Panspermia	التولد الاحيائي، التخلف الذاتي، عمومية الجراثيم
Parasitism	التطفل
Parathyroid	الغدة جار الدرقية
Parenchyma	النسيج الحشوي

Monosacchride	احادي التسكر
Morphogenesis	تشكل، تخلق
Morula	طور التوتية
Mosaic	فسيفسائي
Motor neuron	خلية عصبية حركية
Mucosa	الغشاء المخاطي
Mutation	طفرة
Mutualism	تكافؤ (منافعة)
Mycelium	الغطاء الفطري
Mycoplasma	البلازما الفطرية
Myofibril	الليفة العضلية

N

Natural selection	الانتخاب الطبيعي
Nektonic	السوابح الحرة
Nephridium	الكلية (طليعة الكلية)
Nephrocoel	التجويف الكلوي
Nephron	نفرون (الوحدة الكلوية)
Nephrotomes	القطاعات الكلوية
Neural fold	الثنيات (الطيات) العصبية
Neural tube	الانبوب العصبي
Neurula stage	مرحلة العصيب (النيورولا)
Neurulation	تكون الانبوب العصبي
Niche	الموطن البيئي
Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)	ثنائي نيوكليوتيد النيكوتيناميد الادينين
Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP)	فوسفات ثنائي نيوكليوتيد النيكوتيناميد الادينين
Node	عقدة
Nonseptate	غير مقسم
Noradrenalin	النورادرنالين
Notochord	الحبل الظهري
Nucleus	النواة
Nucleic Acid	الحامض النووي
Nucleiod	نظير النواة في البدائيات

Lotic	هائم
Lymphocyte	الخلية الدموية اللمفية
Lysis	تحلل الخلية(انفجار الخلية)
Lysogeny	الذوبانية (الاستندابة)
Lysosome	الجسم المحلل (الليسوسوم)

M

Madreporite	المصفاة
Malpighian tubules	انيبيب ملبيجي
Mandibles	الفكوك العليا للحشرات
Mantle	المعطف طيه في الجدار المبطن للمحار
Matrix	الحشوة
Medusa	المدوزة: طور لهلام البحر
Megastrobili	المخاريط الانثوية الكبيرة
Meiosis	الانقسام الاختزالي
Menarche	بدء الطمث
Menopause	سن اليأس، توقف العادة الشهرية
Meristematic cell	خلية انشائية (مولدة)
Mesenchyme	النسيج المتوسط، الحشو المتوسط
Mesoderm	الطبقة المتوسطة
Mesoglea	الطبقة الجيلاتينية المتوسطة
Mesosome	الميسوسوم
Metabolism	الاستقلاب الحيوي، الايض
Metamorphosis	الانسلاخ، تبدل الشكل او التركيب
Metaphase	الطور المتوسط
Microcarpet	مايكرو كاربت
Micropyle	النقير
Microstrobili	المخاريط الذكرية الصغيرة
Microtubule	الانيبيب
Microvilli	الزغابة (الخملة) الصغيرة
Migration	هجرة
Mitochondrion	الميتوكوندريا
Mitosis	الانقسام غير المباشر
Monocotyledon	وحيد الفلقة
Monohybrid	وحيد الخلط (خليط لصفة واحدة)
Monomer	مونومر

I

Immunity	مناعة
Immunoglobulins	بروتينات المناعة الكروية
Implantation	ازدراع الجنين في جدار الرحم
Induction	الحث، التأثير
Inhibitors	المثبطات
Insulin	هرمون الانسولين
Intercalated disc	الاقراص البينية (الاقراص المقحمة)
Interphase	الطور البيني
Interstadials	فترات الانحسار الجليدي
Inversion	الانقلاب الكروموسومي
Islets of Langerhans	جزر لانجرهانز
Isosmotic	متساوي الاسموزية

K

Karyotype	نمط النواه
Kinetin	كاينتين

L

Lentic	متعلق بالمياه الساكنة
Lenticels	المسامة، العدسية
Leucocyte	الخلية الدموية البيضاء
Lichen	الاشنة
Lignin	مادة اللجنين
Limnetic region	المنطقة العميقة نسبيا من بحيرة
Linked	مرتبط
Lipase	انزيم الليبيز (محلل الدهون)
Lipid	دهن
Littoral region	المنطقة الساحلية (الضحله)
Locus	موضع، مكان، محل
Loop of Henle	انحناء (ثنية) هنلي

Gonadotropic hormone	الهرمون المنشط للغدد التناسلية
Gonads	المناسل (الغدد التناسلية)
Gray crescent	الهلال الرمادي
Guttation	الادماع
Gymnosperm	معراة البذور

H

Habituation	التعود
Haploid	مفرد الكروموسومات
Hardy-Weinberg principle	مبدأ هاردي – وابنبرغ
Hemispherical globule	الكرية نصف الكروية
Hemocoel	التجويف الدموي
Hemoglobin	الهيموجلوبين
Herbivore	اكل النباتات
Heterogametic	مختلف الامشاج
Heterosis	المغايرة (نشاط او قوة الخليط)
Heterothallic	متغاير الجسم النباتي
Heterotroph	عضوي التغذية
Hetrozygous condition	حالة تباين الازدواج (اختلاف اللواقح)
Histamine	الهستامين
Histone	بروتين الهستون
Homeostasis	الاستقرار او التوازن الداخلي
Homogametic	متماثل الامشاج
Homothallic	متجانس الجسم النباتي
Homozygous condition	حالة تجانس اللواقح
Hormone	الهرمون (الحاثة)
Hydrogen bond	رابطة هيدروجينية
Hydrolysis	التحليل بالماء (الحلمهة) (الحلمأة)
Hyperosmotic	عالي الاسموزية
Hypoglycemia	نقص سكر الدم
Hypoosmotic	منخفض الاسموزية
Hypothalamus	تحت السرير البصري

Fermentation	تخمر
Fibrinogen	مولد الفايبرن
Fibroblast	خلية مولدة الالياف
Fibrous proteins	البروتينات الليفية
Filtrate	راشح
Fission	انشطار
Flagella	اسواط
Flame cells	خلايا لهبية
Follicle	حوصلة
Foramen magnum	الثقب الكبير

G

Gametangium	محفظةالامشاج (محفظة الجاميتات)
Gamete	المشيج، الجاميت
Gametogensis	تكون الامشاج
Gametophyte	النابت المشيجي
Gastrovascular cavity	التجويف الهضمي الوعائي
Gastrula	الجاسترولا: طور من اطوار الجنين
Gastrulation	عملية التحول الى الجاسترولا
Gene	العامل الوراثي: الوحدة الاساسية للوراثة (المورثة)
Gene frequency	تكرار العوامل الوراثية في مجتمع ما
Gene pool	مجموعة العوامل الوراثية في مجتمع ما
Genetic code	الشيفرة الوراثية
Genetic drift	الانحراف الوراثي
Genotype	الطراز الوراثي (الجيني)
Geotropism	الانحناء (التأود) الارضي
Gibberellic acid	حامض الجبرليك
Gland	غدة
Globular proteins	البروتينات الكروية
Glomerulus	الكبيبة
Glucagon	هرمون الجلوكاجون
Glycogen	الجلايكوجن (النشا الحيواني)
Glycolysis	انحلال السكر
Golgi complex	جهاز جولجي

E

Ecology	علم البيئة
Ecosystem	نظام بيئي
Ecotone	منطقة انتقالية بين مجتمعين بيئيين
Elaters	المنثار (عضو ناثر للابواغ)
Embryogenesis	تكون الجنين
Embryonic disc (blastoderm)	القرص الجنيني
Emigration	الهجرة الى الخارج
Endocrine	غدة صماء (داخلية الافراز)
Endoderm	الاندودرم
Endodermis	الادمة الباطنية (طبقة القشرة الباطنية)
Endoplasmic reticulum	الشبكة الاندوبلازمية
Enzyme	الانزيم
Epidermis	بشرة
Epididymis	بربخ
Epiphyte	نبات عالق
Epithelium	النسيج الطلائي
Erythroblast	الخلية الدموية الحمراء غير الناضجة
Erythrocyte	الكرية الدموية الحمراء
Esophagus	المريء
Estrogen	المودق (الهرمون الانثوي)
Estrous cycle	الدورة الودقية
Estuary	مصب النهر
Ethylene	غاز الاثيلين
Eucaryotic	حقيقي النواة
Euphotic layer	الطبقة الضوئية الحقيقية
Eutrophication	جودة التغذية
Exergonic	منتج للطاقة (للحرارة)
Exocrine	غدة خارجية الافراز
Exoskeleton	الهيكل الخارجي

F

Facilitated diffusion	النفاذ الميسر
Facultative	اختياري

Corticoids	الهرمونات المفـرزة من قشرة الغـدة الكظرية
Cotyledons	الفلقتان
Coupling	الاقتران، التزاوج
Cristae	الاعراف
Crop	الحوصله
Cuticle	الجليد
Cutin	الجليدين (مادة شمعية شفافة على بشرة النبات)
Cyclic AMP (cAMP)	الادينوسين احادي الفوسفات الحلقي
Cytochrome	سيتوكروم
Cytokinesis	انقسام السيتوبلازم
Cytokinin	سيتوكينن

D

Dark body	الجسم الداكن
Dedifferentiation	اعادة التمايز
Deletion	الحذف
Dendrite	الزوائد الشجيرية للخلية العصبية
Dentition	نظام التسنين
Deoxyribonucleic acid (DNA)	الحامض الرايبوزي اللااكسجيني
Detritivore	الكائن المتغذي على فتات الاحياء الاخرى
Diaphragm	الحجاب الحاجز
Diastema	الفجوة بين القواطع والفك العلوي
Diastole	انبساط القلب
Dicotyledon	نبات من ذوات الفلقتين
Differentiation	التمايز، التخصص
Diffusion	الانتشار
Dihybrid	هجين ثنائي
Dioecious	نبات ثنائي الجنس
Diploid	كائن ثنائي عدد الكروموسومات
Displacement activity	نشاط النقل
Dorsal lip	الشفة العليا
Duplication	تضاعف (لجزء من الكروموسوم)

Chemosynthesis	التمثيل الكيماوي
Chiasmata	الكيازما (نقاط الاتصال بين الكروماتيدات في الانقسام الاختزالي)
Chlorenchyma	النسيج الكلورنشيمي
Chlorophyll	اليخضور (الكلوروفيل)
Chorion	الغشاء المغلق للجنين في الفقاريات العليا
Chromatid	الكروماتيد
Chromatin	الصبغية (الكروماتين)
Chromosome	الكروموسوم (الجسم الصبغي)
Chyme	الكيموس
Chymotrypsin	كيموتربسن
Cilium	هدب
Cisternae	الاكياس (في الميتوكوندريا)
Cistron	سيسترون
Cleavage	تفلج (انقسام)
Climacteric period	المرحلة الحرجة في نضج الثمار
Climax community	مجتمع الذروة
Clitellum	السرج
Cnidoblast	الكيس الشعري
Coacervates	الكواسرفات
Codon	الكودون (وحدة الشيفرة الوراثية)
Coelenteron	تجويف المعي
Coelom	السيلوم (الجوف)
Coenzyme	مرافق الانزيم
Collagen	الكولاجين
Collenchyma	النسيج الغروي (الكولنشيمي)
Colon	القولون
Colostrum	اللبا (اول اللبن في النتاج)
Columnar cell	خلية عمادية
Commensalism	المعايشة
Condensation reaction	تفاعل التكثف
Cone	المخروط
Conjugation	الاقتران، التزاوج
Cork cambium	الكمبيوم الفليني
Cornified layer	الطبقة المتقرنة
Corpus luteum	الجسم الاصفر
Cortex	القشرة
Cortical reaction	تفاعل قشري

Basement membrane	الغشاء القاعدي
Batesian mimicry.	تنكر بيئي: حيوان غير ضار يقلد نواحي من حيوان ضار
Bile salts	املاح الصفراء
Biomass	الكتلة الحيوية
Biome	المنطقة الحيوية
Biota	الكائنات الحية في اي نظام بيئي
Blastocoel	تجويف البلاستولا
Blastocyst	الكيس البلاستولي
Blastopore	الثقب البلاستولي
Blastula	البلاستولا: شكل من اشكال الجنين في مراحل التطور الباكرة في الحيوانات.
Bolus	مضغة (الطعام المبتلع)
Bowman's capsule	محفظة بومان
Branchial heart	القلب الخيشومي
Bronchiole	قصيبة هوائية
Budding	التبرعم

C

Calorie	السعر: وحدة قياس الطاقة الحرارية
Cambium	القلب: طبقة من نسيج خلوي لين بين اللحاء والخشب
Capillaries	شعيرات دموية
Carbohydrates	كربوهيدرات
Carboxyhemoglobin	كاربوكسيهيموجلوبين
Carnivore	اكل اللحوم
Carotenoid	الصبغ الكاروتيني الموجود في الجزر
Carpel	كربلة (عضو التأنيث في الزهرة)
Carrying capacity	سعة الحمل
Casparian strip	شريط كاسبار
Cecum	الاعور
Cell cycle	الدورة الخلوية
Cell totipotency	قدرة الخلية الشاملة
Centrioles	السنتريول (الجسم المركزي)
Centromere	القطعة المركزية
Cerebral cortex	القشرة المخية
Cervix	عنق الرحم

Anaerobic	لاهوائي
Anaphase	دور الانفصال
Aneuploid	كائن تكررت بعض كروموسوماته اكثر من غيرها
Angiosperm	مغطاة البذور
Annulus	التركيب الحلقي
Anther	المتك
Antheridium	المئبرية (عضو التذكير في اللازهريات)
Antherozoid	الخلية الذكرية في النبات
Antibody	الجسم المضاد
Anticodon	مضاد الكودون
Antidiuretic hormone	الهرمون المدر للبول
Antigen	مولد المضاد (الانتجين)
Anus	الشرج
Aorta	الوتين (الشريان الاورطي)
Aphotic layer	الطبقة غير الضوئية
Appendix	الزائدة الاعورية
Archegonium	مولده البويضة (الارشيجونية)
Archenteron	معي بدائي
Arteriole	شريين (شريان صغير)
Artery	شريان
Association	تلازم، ترابط
Assortive mating	التزاوج المنسق
Atrio-Ventricular (A-V) node	العقدة الاذينية البطينية
Atrium	الاذين
Autosomes	الكروموسومات الجسمية
Autotrophs	الكائنات ذاتية التغذية
Auxin	الاكسين (الهرمون النباتي)
Axil	ابط الورقة
Axon	محور الخلية العصبية

B

Backcross	تزاوج رجعي
Balanced polymorphism	تعدد الاشكال المتوازن
Basal body	الجسم القاعدي
Basal cells	الخلايا القاعدية
Basal metabolism	الايض الاساسي

Glossary

قاموس

المصطلحات الواردة في هذا الكتاب

A

Abscisic acid	حامض الانفصال
Acrosome	الاكروسوم، كساء رأس الحيوان المنوي
Active transport	النقل النشط
Adaptive radiation	الاشعاع التكيفي
Adenosine diphosphate (ADP)	الادينوسين ثنائي الفوسفات
Adenosine triphosphate (ATP)	الادينوسين ثلاثي الفوسفات
Adipose cell	الخلية الدهنية
Adrenal gland	الغدة فوق الكلوية (الكظرية)
Adrenalin	الادرنالين
Adrenocorticotropic hormone (ACTH)	الهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية
Aerobic	هوائي
Agglutination	التجمع، التلازن، التغرية
Aggressive mimicry	التنكر البيئي العدواني
Agonistic	مضاد، معارض
Albumin	الالبيومين
Allele	الجين المقابل
α (Alpha) Helix	حلزون الفا
Alveolus	حويصلة هوائية
Amino acid	حامض اميني
Amniotic cavity	الفجوة الرهلية (النخطية)