روت أمير

فصول في علم البيئة

פרקים באקולוגיה

طبعة ثانية موسعة

الجامعة العبرية في القدس، مركز تدريس العلوم
وزارة التربية والتعليم، السكرتارية التربوية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية
إدارة المركز الإسرائيلي للتربية العلمية – التكنولوجية على اسم عاموس دي – شليط
2007

روت أمير
فصول في علم البيئة
طبعة ثانية موسعة

روت أمير

فصول في علم البيئة

פרקים באקולוגיה

طبعة ثانية موسعة

الجامعة العبرية في القدس، مركز تدريس العلوم
وزارة التربية والتعليم، السكرتارية التربوية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية
إدارة المركز الإسرائيلي للتربية العلمية – التكنولوجية على اسم عاموس دي – شليط

2007

فصول في علم البيئة – طبعة ثانية موسعة (2007)

Basic Ecology - Second Edition (2007)

تأليف: د. روت أمير

أعادَ كتابة الكتاب: د. روت أمير وراحل نوسينوبس

تركيز الإنتاج: راحل نوسينوبس

استشارة علمية:

بروفسور حاييم كيجل، كلية العلوم الزراعية، الغذاء وجودة البيئة المحيطة، الجامعة العبرية في القدس.

مستشارون علميون آخرون:

بروفسور يئير احيطوب، كلية العلوم الحياتية، جامعة بار ايلان (الصيغة المصممة، الفصل السادس)

بروفسور تمار ديان، قسم علم الحيوان، جامعة تل أبيب (الفصل السادس)

بروفسور تسفي زاكس، معهد العلوم الحياتية، الجامعة العبرية في القدس (الفصل السابع)

بروفسور دوف فور، معهد العلوم الحياتية، الجامعة العبرية في القدس (الصيغة المصممة، الفصل السادس)

الرسومات، التصميم والإنتاج: ستوديو دان – يوليا أغروفيش، جدعون دان

النسخة العربية:

أشرف على إعداد النسخة العربية: د. عوني جبارة، مفتش المناهج والمواد التعليمية في العلوم والرياضيات والتكنولوجيا، عنقود العلوم والرياضيات، السكرتارية التربوية، وزارة التربية والتعليم.

نقل المادة الى العربية: علي ياسين.

المراجعة العلمية: د. راجح شرقية، د. عوني جبارة.

المراجعة اللغوية: خالد بلعوم.

أعدت الكتاب للطباعة: شوشانا هريئل

الطبعة الأولى:

استشارة علمية: بروفسور عمنوئيل نوي – مئير، كلية العلوم الزراعية، الغذاء وجودة البيئة المحيطة، الجامعة العبرية في القدس.

استشارة ديداكتيكية: د. نوعا أبو العافية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية والتعليم

باقات شكر

- لكل المعلمين، التلاميذ والزملاء الذين لبوا طلبنا في الحصول على صورهم وإبداعاتهم التي زينت صفحات الكتاب وأضاءت مضامينه (ستجدون قائمة مفصّلة لمصادر الصور في الصفحة التالية).
- لكل الذين قرأوا الكتاب وأبدوا ملاحظاتهم:

د. نوعا أبو العافية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية والتعليم (جميع الفصول)

د. بروريا أجرست، كلية التربية، جامعة بار ايلان (الصيغة المصممة ، الفصل السادس)

يسرائيل فيسنشطرن، مفتش مركز العلوم الحياتية والزراعة، وزارة التربية والتعليم (الفصل السابع)

د. نيطع عورابي، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية والتعليم (الفصل السابع)

صدر بتمويل مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية في وزارة التربية والتعليم

وإدارة مركز تدريس العلوم الإسرائيلي للتربية العلمية التكنولوجية على اسم عاموس دي شليط

© جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية والتعليم

الصيغة العبرية 2007، الصيغة العربية 2011

لا يجوز نسخ، تصوير، تسجيل، ترجمة تخزين بمجمع معلومات بأية طريقة أو وسيلة أخرى أي قسم من المواد الواردة في هذا الكتاب.

مصادقة رقم ن/ 4181

مصادر الصور

أبو العافية نوعا والي: 36 (منحدر)، 60 ، 62 (الصنوبر) 111 (فرس النبي)، 155 (توت)

ادار ايلنا: الغلاف، 113 (عفص)، 127 (تل الجزر)

البوا برسلر تسيبي: 44 (شقائق النعمان)، 37 (شاطئ بحر صخري)

الكيام رفكا: 154 (دفيئات)، 163 (قن دجاج، دجاجات في الساحة)

أمير روت وشموئيل: 11، 13، 22 (إزهار)، 36 (غابة بلوط)، 42 (نتش)، 44 (صابون الراعي وحيلوان)، 47 (كلب البحر والبجع)، 51 (3 صور)، 52، 53، 62 (انتشار بذور)، 70 (رسمة بحسب التصوير)، 114 (نبتة جذورها في الهواء وأشنات)، 117 (خرفيش في الحقل)، 118، 128 (كاكتوس، لآبة)، 135 (دودو)، 139 (غابة مطر)، 140 (نبات صحراوي)، 147 (عين جدي)، 154 (برسيم)، 158 (ثمار تأقلمت في البلاد)، 163 (مشمش)

أمير عيريت (34)

أمير – هيمل راحل: 44 (خبزة)

أميتاي بنحس: 113 (هدال)، 114 (وقواق)

بن طوفيا آدم: 135 (كلب البحر)

برطوف ايال:147 (بجع)

بار – نس أسف 111 (كروان)

برومر ميري: 50 (صورتان)

برنر جيلا 116 (حشرة وملقح)، 155 (حوض ماء)

جويوكبرج جاليا 77 (فطريات)، 81 (بحيرة طبريا)، 116 (ثمار)

جولان ايتمار 56، 85

جيش موس: (حرباء)

جليلي درور 13 (رهو)

جليكشتين دودي: 17 (جمل)

دان جدعون: 161

دان ميخائيل 62 (بيارات)

دنين افينعم: 130

دروم دافيد: 35، 36 (نباتات صحراوية في النقب)، 42 (صاحب الرمال)، 67، 112 (مقلد ونموذج)، 113 (عنب الب)

دفني يعقوب: 140 (مرجان)

ودلي بيل، رمات هنديف: 145 (أيل الكرمل)

طاشر نيتسا: 31

يائير يفعات: 23 (حشرة عصوية)

كوهن يوجف: 20 (أزهار وملقح)، 77 (يرقة)، 97

ليفي عنات: 37 (عين جدي)

لينك افرآت: 49، 69، 96 (درنات)، 128 (أشنات على الصخرة)

لام أوريت: 133 (هالوك)

موشليون مناحم: 41، 42

مزار ايتي: 16 (سرطان)

ميخائيلي مايا: 19، 22 (فهد)، 45 (فيل)، 70 (يلوستون)

نابو افيجلي: 59

نوسينوبيتس يتسحاق ورحيل: 39 (صورتان)، 43 (كاكتوس)، 71، 117 (خرفيش)، 121، 128 (حجارة لتبليط الطريق)، 144 (محمية الحولة)، 155 (رشاشات)، 163

سوليمني رحيل: 81 (حلزون)

عتيديل ديتا: 106 (شقائق النعمان)

فين معوز: 47 (قنديل البحر)

فينكلشتين ديكلا (سحلب النحلة)، 17 (صحراء)

فرجمان – سفير أوري (بموافقة الحديقة النباتية الجامعية، القدس): 44، 135 (سوسن فقوعة)

كينان عودد: 27، 45 (قنفع)، 75، 81 (ثعلب، أفعى، جربيل)، 102، 119، 136 (غزال)

رودين يونتان: 61

روتشيلد دفنه: 20 (محاليق)، 125، 127 (غابة)

رول أوري، جامعة تل أبيب: 145 (عقاب أبيض الذنب)

رون سلعيت، رمات هنديف: 14

شدلسكي استي: 93 (ترمس)، 77 (عفن على البرتقال)، 155 (تغطية التربة)

شيلا يهوديت: 117 (عش نمل محاط بخرفيش)

شمش يرون: 16 (سلاحف)

شنيتسر يهوديت: 62 (ثمرة قيقب)، 77 (خراف)، 106

في صفحة 147، وردت خريطة مسارات ترحال الطيور بموافقة "الطيور الرحالة لا تعرف الحدود"

أُخذت الصور في صفحة 138 من كتاب البيولوجيا – بحث الحياة، 1970، المركز الإسرائيلي لتدريس العلوم، الجامعة العبرية في القدس

Fenlon. D. Michigen Technogy University. MI. USA: 117 (النملة الزراعية)

Fijetland :109 (قط الثلج)

Geng Cecile :151 (خضروات)

Harrison Brad: 152

IJsendoorm Poul: 63

Mitenkov Max: 160

Ozkan Emin: 151 (بيض)

Radzwan Shah: 23

Sung Kuo– ming. Lawrence University. WI.: 144 (باندا)

USFWS: 109 (أرنب الثلج)

a|s|a|p: 22 (ملاءمة مبنى المنقار)

23 (طير يُطعم أفراخه)

إلى القراء

يساعدكم كتاب "فصول في علم البيئة" في التعرف على موضوع علمي مركزي موجود في مركز اهتمام الجمهور الواسع. على الرغم من أن بلادنا صغيرة المساحة نسبيًا، إلا أن هناك تنوعًا كبيرًا جدًا في بيوت التنمية والكائنات الحية، لا نحتاج إلى قطع مسافات كبيرة، لكي نتعرف على بيت تنمية صحراوي، شاطئ بحر صخري أو قمة جبل عليها ثلج. والأهم من ذلك، يجب أن نعرف أن الطبيعة من حولنا حساسة جدًا وتتضرر بسهولة. في السنوات الأخيرة، نلاحظ في البلاد والعالَم أن هناك قلقًا كبيرًا جدًا من الأضرار التي يسببها الانسان للأنظمة البيئية وللكائنات الحية التي تعيش فيها.

تعتبر فصول الكتاب قاعدة فقط لفهم الأنظمة البيئية وللتعرف على أهمية الحفاظ على الطبيعة. لإكمال المعرفة، وفرنا لكم مصادر معلومات متنوعة، مثل: مواقع في شبكة الانترنيت، دعايات ومجلات تبحث العلم في الطبيعة، أفلام عن الطبيعة وبرامج عن الطبيعة في وسط تلفزيوني.

أُعِدّت فصول الكتاب، لكي تسهل على التلاميذ التعرف على المواضيع المختلفة في كل فصل ولكي يميّزوا التوسع وقِطع الإثراء – من الجدير بالمعرفة، نبحث البيئة ومن وجهة نظر زراعية. أُعِدّت قِطع "من وجهة نظرة زراعية"، لكي تضيء الجوانب الزراعية للظواهر البيئية والانعكاسات على الطرق الزراعية في الطبيعة. إضافةً إلى ذلك، خصصنا الفصل السابع للزراعة على أنها تدخُّل الإنسان في الطبيعة. في هوامش الصفحات، تجدون ربطًا بالمواضيع المركزية: جسم الانسان والخلية وتوجيهات إلى مواضيع الفصول المختلفة.

عند إعادة كتابة الكتاب وتصميمه، ساعد كثيرًا كل من راحل نوسينوبتس والطاقم المخلص لاستوديو دان.
كما بودنا أن نذكر المساهمة الكبيرة للصور التي قدمها معلمو البيولوجيا وتلاميذهم والتي تزين صفحات الكتاب وتفتح أمامكم الطبيعة الخلابة الموجودة في بيئتكم المحيطة.

نتأمل أن يشجعكم تعلُّم علم البيئة على الخروج للتنزه في أحضان الطبيعة، وأن يطور آفاقكم للحفاظ على ما ترونه في الطبيعة.

قراءة شائقة وتعلُّم ممتع!

محتويات الكتاب

أ مقدمة 29–11

أ1. البيولوجيا، علم البيئة وعلوم البيئة المحيطة (علوم المحيط) 14
أ2. علم البيئة في سُلم مستويات التنظيم 15
أ3. مميزات بيت التنمية والنظام البيئي 16
عوامل أحيائية وعوامل لا أحيائية 16
ظروف، موارد وعوامل محددة 17
أ4. ملاءمة كائنات حية إلى بيئتها المحيطة 19
ماهية الملاءمة 19
مساهمة الملاءمة في بقاء الكائن الحي 21
أنواع الملاءمة 22
الملاءمة والانتخاب الطبيعي 24
عث غامق وعث فاتح 24
الهروب من ظروف بيئية محيطة غير مريحة 27
تلخيص الفصل 28
مصطلحات مهمة 29

ب عوامل لا أحيائية والملاءمة لها 72-31

ب1. عوامل لا أحيائية في البيئة المحيطة وتأثيرها على النظام البيئي 33
ب2. الماء: أحد مكونات أجسام الكائنات الحية والبيئة الحياتية المحيطة 37
صفات الماء وأهميته لحياة الكائنات الحية 38
المياه هي عامل محدِّد في البيئة المحيطة في اليابسة 39
ملاءمة للحياة في اليابسة 40
ملاءمة النباتات للحياة في بيئة محيطة جافة 41
ملاءمات الحيوانات للبيئة المحيطة الجافة 45
ملاءمة للحياة في بيئة محيطة مائية 46
المياه كبيئة حياتية مائية 46
ملاءمة الحيوانات للبيئة الحياتية المائية 47
ملاءمة النباتات للحياة في الماء 49
ب3. الضوء: الضوء مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي ومحفز في البيئة المحيطة 50
ملاءمات نباتات لاستيعاب معظم الضوء 51
الضوء في بيئة حياتية مائية 52
الضوء كمحفز من البيئة المحيطة 53
ب4. الأكسجين نحتاجه لاستخراج طاقة في الخلايا 54
الأكسجين كعامل محدد في البيئة الحياتية المائية 55
ملاءمات لتركيز أكسجين منخفض في بيئة حياتية مائية 56
ب5. ثاني أكسيد الكربون: يتفاعل في التركيب الضوئي، ناتج عملية التنفس وغاز الدفيئة (الاحتباس الحراري) 56

ب6. درجة الحرارة: تتم الحياة في مجال معين من درجات الحرارة 57
تتأثر عمليات في الكائنات الحية من درجة الحرارة 58
تنظيم درجة الحرارة 59
مبادئ تنظيم درجة الحرارة 59
الملاءمة لدرجات حرارة متطرفة 61
ب7. الرياح: حركة الهواء 61
ب8. التربة: وسط تنمية، بيئة حياتية ومورد للمزارع 63
مكونات التربة وصفاتها 63
حموضة وملوحة التربة 67
العلاقة المتبادلة بين التربة وبين الكائنات الحية التي تعيش في التربة (بيت التنمية) 68
التربة كبيت تنمية (كموطن) 68
ب9. الحياة في ظروف بيئية متطرفة 70
تلخيص الفصل 71
مصطلحات مهمة 72

ج العوامل الأحيائية: تنظيم، وعمليات في المجتمع 73-96

ج1. عوامل أحيائية: أفراد، عشيرة (مجموعة) ومجتمع 75
ج2. الموارد المطلوبة للعوامل الأحيائية 75
مصادر الطاقة والمواد: طرق التغذية 76
التغذية الذاتية 76
غير ذاتية التغذية 77
ج3. تنظيم الآكل والمأكول في بيت التنمية 78
مُنْتِجون، مستهلكون ومحللون 78
السلسلة الغذائية، الشبكة الغذائية وأهرام بيئية 79
عرض كيفي: سلسلة الغذاء وشبكة الغذاء 79
عرض كمي: هرم بيئي لمستويات التغذية 82
أهمية طرق الوصف والتمثيل لمعرفة النظام البيئي 85
ج4. عمليات في بيت التنمية: دورات المواد ونقل الطاقة 86
استرجاع (مدورة) مواد 86
تحولات الطاقة في الطبيعة 87
أشعة الشمس – مصدر الطاقة الأولي 88
الترافق بين مدورة المواد وبين تحولات الطاقة 89
أمثلة لدورات مواد 91
دورة الكربون في الطبيعة 91
تدخُّل الإنسان في دورات المواد 93
تلخيص الفصل 96
مصطلحات مهمة 96

د العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية 124-97

د1. علاقات متبادلة بين أفراد العشيرة 99
تنافس داخل العشيرة 99
د2. علاقة متبادلة بين عشائر في المجتمع 102
تنافس بين الأنواع (species) 102
التضاد الحيوي (اليلوباتيا): مثال لتنافس تشويش بين الأنواع 105
تنافس بين أنواع من وجهة نظر النشوء والارتقاء 106
الافتراس 107
الدورية في كبر عشيرة المفترس وعشيرة الفريسة 109
الهروب من الافتراس 111
حياة مشاركة (سمبيوزا) 112
التطفل 113
التعايش 114
التكافل 114
تلخيص: مميزات العلاقات المتبادلة 118
د3. عوامل تؤثر على كبر العشيرة 119
د4. تدخُّل الإنسان في العلاقة المتبادلة في الطبيعة 122
تلخيص الفصل 123
مصطلحات مهمة 124

هـ تغيُّرات وثبات في بيت التنمية 132-125

هـ1. تغيُّرات في بيت التنمية 127
التعاقب 128
هـ2. توازن متغيِّر (ديناميكي) في النظام البيئي 131
تلخيص الفصل 132
مصطلحات مهمة 132

و التنوع البيولوجي وأهميته 148-133

و1. ما هو التنوع البيولوجي؟ 136
و2. كبر التنوع البيولوجي 138
و3. التنوع البيولوجي والتغيُّر 139
و4. تأثير الإنسان على التنوع البيولوجي 140
و5. أهمية التنوع البيولوجي 142
مُنْتَجات مصدرها من النظام البيئي 142
الخدمات التي يقدمها النظام البيئي 143
و6. الحفاظ على التنوع البيولوجي 144

و7. التنوع البيولوجي في إسرائيل 146
مصادر الثراء البيولوجي في إسرائيل 146
تلخيص الفصل 148
مصطلحات مهمة 148

ز الزراعة – تدخُّل الإنسان في الطبيعة 164-149

ز1. تعداد السكان والغذاء 151
من القطف والصيد حتى الهندسة الوراثية 152
ز2. ليس غذاء فقط: مُنْتَجات وخدمات زراعية 153
ز3. التكنولوجيا في الزراعة وقاعدتها البيولوجية 153
ز4. الزراعة والبيئة المحيطة من وجهة نظر شاملة 159
الزراعة المستديمة: مُنْتَجات، خدمات وبيئة محيطة صحية لليوم والغد 160
ز5. جوانب اخلاقية للتكنولوجيا الزراعية 163
تلخيص الفصل 164
مصطلحات مهمة 164

ملحق مصطلحات أساسية 176-165

م1. المواد، المركبات، العناصر والأيونات 167
م2. المادة العضوية 169
م3. الغذاء 170
م4. الطاقة 171
أنواع الطاقة 172
الطاقة الحركية 172
الطاقة الوضعية الكامنة 172
تحوُّل (انتقال) الطاقة 173
قوانين الطبيعة المتعلقة بالطاقة 173
الطاقة في النظام البيئي 175
مصطلحات مهمة 176

قاموس المصطلحات 184-177

دليل المصطلحات 192-185

الفصل الأول

مقدمة

الفصل الأول مقدمة

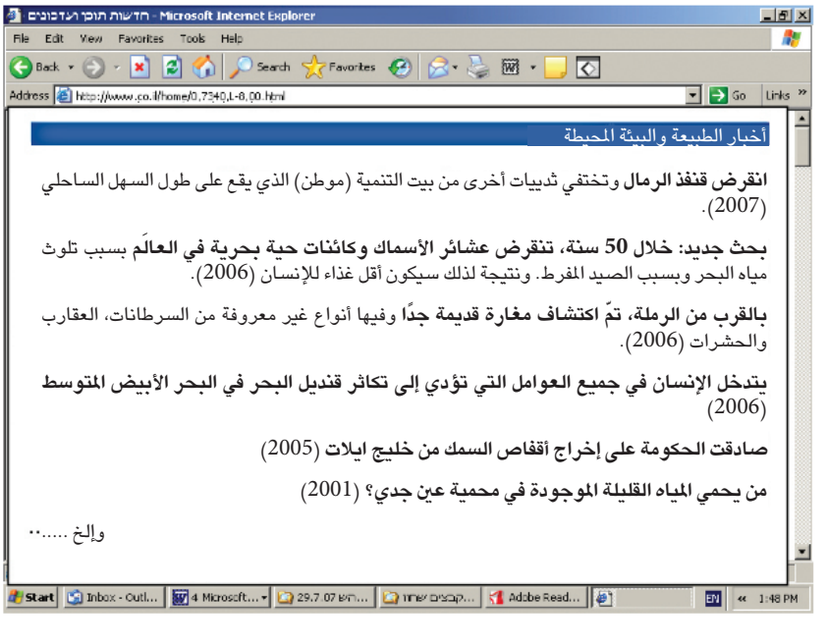
في الخمسين سنة الأخيرة، يزداد الاهتمام في علم البيئة، ويزداد الوعي الجماهيري للموضوع.
حيث يتم التعبير عن ذلك من خلال وسائل الاتصال المختلفة. السؤال المطروح: ما الذي أدى إلى ازدياد الاهتمام في المواضيع البيئية؟

نلاحظ من خلال المعلومات التي تصلنا أن الاهتمام في موضوع البيئة ينبع بالأساس من انعكاسات **تدخُّل الإنسان** في البيئة المحيطة، ومن الأخطار التي تُهدد صحته وجودة حياته، والتي قد تنبع من نشاطاته المختلفة التي تضر البيئة المحيطة. لكي نستطيع أن نفهم الانعكاسات، وأن نتنبأ النتائج، فمن المهم أن نفهم النظام البيئي الذي نُشكِّل جزءًا منه ومتعلقون به لبقائنا.

لكن يمكن اقتراح أسباب أخرى لاهتمامنا في علم البيئة وفي الطبيعة الموجودة من حولنا.

هل سألتم أنفسكم؟ لماذا لا يوجد نمور في البلاد؟ ماذا يحدث في الغابة المنتعشة من الحريق؟

ما الذي يؤدي إلى قدوم رهو كثير إلى غور الحولة؟ لماذا يعترض الكثيرون على تربية أسماك في أقفاص، في مياه خليج ايلات؟ لماذا يُقلقنا قطع أشجار الغابات الماطرة؟

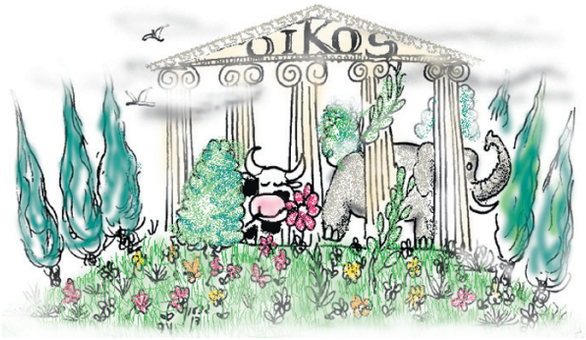


علم البيئة في وسائل الاتصال

غابة ماطرة (اكوادور)

رهو في غور الحولة على خلفية جبل الشيخ

منذ القدم وحتى يومنا هذا، يهتم الإنسان في النباتات والحيوانات التي تعيش في الطبيعة. لكن المجال العلمي الذي نسمّيه **علم البيئة**، هو علم "حديث العهد" مقارنةً مع المجالات الأخرى – في موضوع البيولوجيا – التي تبحث حياة النباتات والحيوانات (بما في ذلك الإنسان)، مثل:
العلم التشريحي والفسيولوجيا.



في سنة 1869، اقترح العالم أ. هاكل (E. Haeckel) الاسم "Ecology"، المشتق من الكلمة اليونانية Oikos التي تعني "بيت"، والذي نسمّيه بالعربية علم البيئة.

إنّ تعريف مجال "علم البيئة"، يوضح الأبحاث التي يقوم بها الباحثون، والأمور التي يتضمنها هذا الكتاب.

> ***علم البيئة**، هو علم يبحث العلاقة المتبادلة التي تُحدد **كثرة** الكائنات الحية **وانتشارها**.*

ماذا يعني لنا التعريف؟

باحثة في الطبيعة: تجمع مفصليات الأرجل من مصيدة

يُشير التعريف إلى جانب مهم جدًا في علم البيئة، وهو **العلاقة المتبادلة** بين الكائنات الحية وبين البيئة المحيطة، وبين الكائنات الحية وبين كائنات حية أخرى. نشتق من هذا التعريف ثلاثة أسئلة أساسية في علم البيئة.

- **كم** كائنًا حيًا يوجد في مكان معين (الكثرة)؟
- **أين** تتواجد الكائنات الحية (الانتشار/التوزيع)؟
- ما هي العوامل التي تؤثر على كثرة وانتشار الكائنات الحية؟

الإجابتان عن السؤالين الأولين، هما وصف كميّ، حيث نحصل عليهما من خلال مشاهدات منهجية في الطبيعة. وتنبع الإجابات عن السؤال الثالث من خلال أبحاث في الحقل والمختبر، وفي الفصول القادمة، نعرض عدة إجابات عن هذا السؤال بناءً على الأبحاث التي أُجريت.

أ1. البيولوجيا، علم البيئة وعلوم البيئة المحيطة (علوم المحيط)

علم البيئة، هو علم متعدد المجالات، وهو يعتمد على مجالات مختلفة: بالأساس مجالات البيولوجيا (النشوء والارتقاء، السلوك)، وعلى علوم أخرى أيضًا (مثل: الكيمياء، الفيزياء، علوم الكرة الأرضية، علوم الغلاف الجوي وعلوم البيئة المحيطة).
مجال **علوم البيئة المحيطة**، هو فرع جديد مقارنةً مع المواضيع العلمية الأخرى، وهو يركز على تدخُّل الإنسان في البيئة المحيطة الطبيعية، وعلى تأثيره عليها، كما أنه يبحث تأثير البيئة المحيطة على الإنسان. **الزراعة** هي أحد الأمثلة لتدخل الإنسان في البيئة المحيطة. أحد أهداف البحث في علوم البيئة المحيطة، هو اقتراح طرق مختلفة لحماية **البيئة المحيطة** وثروات الطبيعة لأجل الأجيال القادمة.
المعرفة المتراكمة – من البحث البيئي، ومن البحث البيئي المحيطي – تُساهم في قدرتنا على تنبؤ تغيّرات في البيئة المحيطة الطبيعية، التي تنبع من العلاقات المتبادلة بين الإنسان وبين بيئته المحيطة. وتُشكل هذه المعرفة أساسًا لاقتراح طرق لحماية الطبيعة والبيئة المحيطة، ولترميم أنظمة بيئية حدثت فيه أضرار.

إضافةً إلى ذلك، تساعدنا المعرفة البيئية على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ماذا يمكن أن يكون تأثير تدفق المياه العادمة ومياه المجاري الصناعية على البحر واليركون؟
- لماذا يعترض الكثيرون على تعبيد المقطع الشمالي (مقطع 18) في شارع عابر إسرائيل، وعلى تعبيد شارع إضافي بين تل أبيب وحيفا؟
- أين يجب أن نبني مصانع، محطات قوة وبلدانًا، بحيث يكون الضرر على النظام البيئي قليلاً جدًا (في الحد الأدنى)؟
- ما هو تأثير تنمية الأسماك في الأقفاص، في خليج ايلات، على النظام البيئي في الخليج بشكل عام وعلى الشُعب المرجانية بشكل خاص؟
- كيف يمكن ترميم الأنظمة البيئية التي تضررت؟
- ما هي الطرق الصحيحة لمدورة (استرجاع) النفايات البيتية ولتقليل أضرارها على البيئة المحيطة؟ وكيف يمكن الحصول على فائدة من هذه النفايات؟

سؤال أ – 1

اجمعوا من الصحف اليومية ثلاث معلومات تبحث نشاط الإنسان الذي يؤثر على البيئة المحيطة.
ما هي التأثيرات المتوقعة (التأثير السلبي أو التأثير الإيجابي) لنشاطات الإنسان على الطبيعة وعلى البيئة المحيطة؟ اشرحوا.

أ2. علم البيئة في سُلم مستويات التنظيم

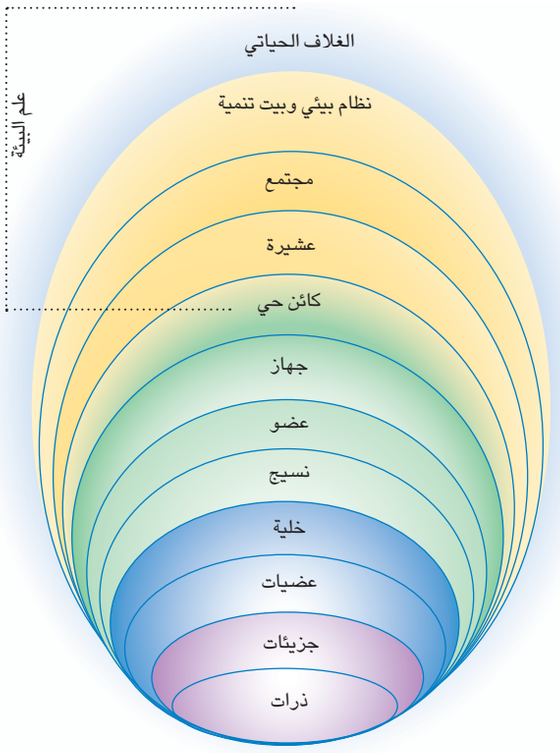
يبحث علماء البيئة ظواهر في عدة **مستويات تنظيم** (الرسمة أ–1). وأحيانًا يكون التركيز على طريقة حياة كائن حي معين وملاءمته للبيئة المحيطة.

وفي حالات أخرى، يتم بحث **بيت التنمية (الموطن)** لكائن حي معين، مثل: سوسن فقوعة، علجوم (ضفدع الطين)، أو عكبر.

في بيت التنمية، يوجد **مجتمع** وهو يشمل **عشائر** من الكائنات الحية المختلفة التي توجد بينها علاقات متبادلة، وهي تتأثر من الظروف الفيزيائية التي تُميز بيت التنمية. وفي المستوى العام، يتم بحث **النظام البيئي**، مثل: بحيرة وبيئتها المحيطة، أو غابة ماطرة استوائية. في النظام البيئي، يوجد عادةً تنوع في بيوت التنمية.

المستوى التنظيمي العام، هو **الغلاف الحياتي** الذي يشمل جميع أشكال الحياة، وانتشار أنواع الكائنات الحية في القارات، البحار والغلاف الجوي.

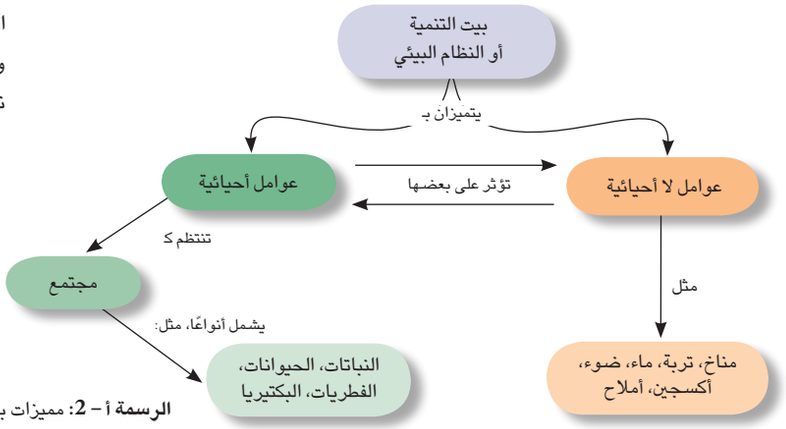
المشترك لجميع مستويات التنظيم أن علم البيئة يبحثها، وهي معقدة جدًا وديناميكية (متغيِّرة): تتغيّر كل مكوناتها وظروفها مع الوقت: من سنة إلى أخرى، من موسم إلى آخر ومن الصباح حتى المساء. يؤدي التعقيد والتغيُّرات إلى صعوبة عند الباحث الذي يرغب فهم ما يحدث في النظام البيئي، لكنها تجعل موضوع علم البيئة موضوعًا ممتعًا وشيقًا.



الرسمة أ – 1: مستويات التنظيم في البيولوجيا

أ3. مميزات بيت التنمية والنظام البيئي

الرسمة أ – 2، توضح القليل من التعقيد الموجود في بيت التنمية والنظام البيئي. لكي نتعرف عليهما ولفهم ما يحدث فيهما، يجب أن نبحث أجزاءً منهما، ومن خلالها نتعلم عن النظام كله.



الرسمة أ – 2: مميزات بيت التنمية والنظام البيئي

سلاحف الماء في وادي الكسندر

سرطان في رمال شاطئ البحر

المصطلحان بيت التنمية والنظام البيئي

لا يوجد فرق حقيقي تقريبًا بين ***النظام البيئي وبيت التنمية****، لكن على الرغم من ذلك، فإننا نميّز بين هذين المصطلحين. يتجلى الفرق بينهما في كبر المساحة التي نتعلم عنها أو نبحثها. في معظم الحالات، تكون مساحة بيت التنمية ذات أبعاد (قياسات)صغيرة نسبيًا، ونركّز أحيانًا على نوع (species) واحد (عادةً حيوان)، لكن عندما نبحث نظام بيئي، فإننا نتطرق إلى بيوت تنمية مختلفة ولتنوع كبير من الكائنات الحية.*

عوامل أحيائية وعوامل لا أحيائية

يبحث علماء البيئة جميع جوانب بيت التنمية: أحد الجوانب، هو **العوامل اللاأحيائية**، وهذا يعني الصفات الفيزيائية لبيت التنمية، مثل: المناخ (الرواسب، درجة الحرارة، الرياح، نسبة الرطوبة في الهواء)، التربة، الماء، الضوء، الأكسجين والأملاح. وهذه العوامل **ليست** كائنات حية.

تؤثر العوامل اللاأحيائية بشكل ملحوظ على الكائنات الحية التي تعيش في بيت التنمية. مثلاً: في بيوت التنمية الصحراوية في منطقتنا، تعيش نباتات وحيوانات قليلة بسبب قلّة المياه والغذاء، وبسبب الرطوبة المنخفضة ودرجة الحرارة العالية.

بيت تنمية صحراوي

جمل في بيت تنمية صحراوي

الجانب الآخر، هو **العوامل الأحيائية** – الكائنات الحية التي تعيش في بيت التنمية. من المهم إبراز حقيقة أن العوامل الأحيائية ليست فقط النباتات، الحيوانات والفطريات التي نراها بالعين المجردة، بل أيضًا الكائنات الحية التي لا نراها بالعين المجردة. من بينها نجد الدود والحشرات التي تعيش على سطح التربة وفي داخلها، والفطريات والبكتيريا التي تعيش بالأساس داخل التربة.

مجموعة مهمة أخرى، هي أنواع الكائنات الحية الطفيلية التي تعيش على كائنات حية أخرى، أو في أجسامها. تؤثر العوامل الأحيائية على بعضها، لأنها تتغذى على بعضها، تتنافس على مصادر الغذاء وأماكن العيش، أو أنها تقوم فيما بينها بعمليات تعاون ضرورية لبقائها.

تؤثر العوامل الأحيائية على البيئة المحيطة اللا أحيائية أيضًا. فيما يلي أمثلة لهذا التأثير:

- عملية **التركيب الضوئي**، هي مصدر الأكسجين الذي يُشكل حوالي 20 % من مكونات الغلاف الجوي.
- غابات حديثة السن وطحالب في المحيطات تساهم في تقليل تركيز CO_2 ("غاز الدفيئة") في الغلاف الجوي.
- تساهم الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا والفطريات) في خصوبة التربة، وفي النمو الجيد للنباتات.
- تقوم دودة الأرض، الخلد وجذور النباتات بتغيير بنية التربة ومكوناتها.
- يؤدي تكاثر بكتيريا معينة في الماء إلى أضرار في جودة مياه البحيرات.
- غاز الميثان (CH_4) المنبعث من الجهاز الهضمي ومن إفرازات حيوانات معينة (حيوانات مجترة)، هو "غاز دفيئة" يُساهم في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي. الحيوانات المجترة، هي مصدر مهم للميثان في الغلاف الجوي (وهي المصدر الثاني من حيث الأهمية بعد الصناعة).

للمزيد عن

تأثير العوامل الأحيائية على بعضها.

انظروا الفصلين ج وَد.

ظروف، موارد وعوامل محددة

تؤثر العوامل اللا أحيائية على الكائنات الحية بطرق مختلفة. قليل من العوامل اللا أحيائية، مثل: درجة الحرارة، شدة الرياح، أو الـ pH والملوحة، هي التي تُهيّئُ الظروف في بيوت التنمية. أما العوامل اللا أحيائية الأخرى، مثل: الضوء، الماء، الأكسجين، CO_2 والأملاح، هي موارد ضرورية تستهلكها الكائنات الحية. العوامل اللا أحيائية التي تُنْتِج **الظروف**، لا تَنْفذ، لكن تنخفض كمية **الموارد** وتوافرها نتيجةً لاستهلاكها أو استغلالها، وقد تتحول إلى مصدر تنافس بين الكائنات الحية.

العوامل الأحيائية ذاتها، وهذا يعني نباتات، حيوانات وكائنات حية أخرى، يمكن أن تُشكِّل موارد ضرورية لكائنات حية أخرى في بيت التنمية، لأنها تتغذى على بعضها (مثلاً: تُستعمل النباتات كغذاء لآكلات النباتات، والمفترسات تأكل حيوانات)، وهي تُشكل – أيضًا – أماكن عيش للطفيليات وكائنات حية أخرى (مثل: الحشرات والفطريات)، ومكان تعشيش للطيور.

جدول أ – 1: عوامل لا أحيائية وأحيائية، ظروف وموارد

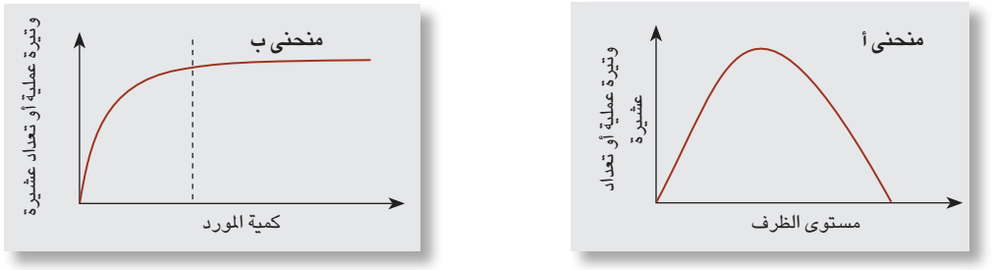
		أمثلة
عوامل لا أحيائية	**ظروف**	درجة حرارة، ضوء، رياح، حامضية وملوحة التربة
	موارد	ضوء، ماء، أكسجين، CO_2، أملاح، حيز (مكان) للعيش، أماكن للاختباء
عوامل أحيائية	**موارد**	غذاء (نباتات، حيوانات، بقايا)، عائل، ملقح، أشجار للتعشيش.

كل ظرف في بيت التنمية، أو كل مورد (جدول أ – 1) متوافر للكائن الحي، يمكن أن يكون **عاملاً محددًا**.

مصطلح عامل محدد

العامل هو ***مورد أو ظرف****، إذا تغيّر مستواه أو شدته، فإنّ ذلك يؤدي إلى (ازدياد/ إبطاء/ تثبيط) وتيرة عملية ما في الكائن الحي، أو وتيرة نمو العشيرة.*

يمكن تصنيف العوامل المحددة إلى مجموعتين، وذلك وفقًا لطابع نشاطها (الرسمة أ – 3):



الرسمة أ – 3: تأثير ظروف (منحنى أ) وموارد (منحنى ب) كعوامل محددة

المجموعة الأولى، تشمل الظروف في بيت التنمية، مثل: درجة الحرارة، pH ومستوى الملوحة. هذه العوامل ليست كالموارد، فهي لا تُستهلك، لذا تأثيرها على العمليات في الكائن الحي، أو على عمليات في العشائر تختلف مقارنةً مع تأثير الموارد. وصفنا هذا التأثير في المنحنى أ: تتم العملية المثلى في مجال معين للعامل فقط – المجال الأمثل (الأعظم). في كِلا طرفَي المجال الأمثل، نلاحظ أن وتيرة العملية، أو تعداد (كُبر) العشيرة يكون أصغر من المجال الأمثل. ويمكن أن نفهم من شكل المنحنى أنه في ظروف متطرفة، لا تتم العملية ولا يستطيع الكائن الحي البقاء.

يبرز تأثير الظروف – كالعوامل التي تُحدد وتيرة العمليات أو تعداد العشيرة – بشكل خاص في بيوت التنمية التي تسودها درجات حرارة متطرفة، تراكيز عالية من الأملاح، معادن أو حوامض سامة.

المجموعة الثانية، تشمل **الموارد** التي يحتاجها الكائن الحي.
أحيانًا تتنافس عدة كائنات حية، على موارد تكون كميتها محدودة، مثل: الغذاء، أماكن اختباء وتعشيش الحيوانات في بيت التنمية، الماء (في الصحراء)، الأكسجين (في محيط حياتي مائي)، الضوء (كمصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي عندما تكون النباتات كثيفة أو في الغابة).
نَصف تأثير المورد بشكل عام في المنحنى ب: حتى كمية معينة من المورد (الخط العمودي المتقطع) يُشكل المورد عاملاً محددًا، وازدياد كميته في هذا المجال، يؤدي إلى ازدياد مستوى العملية أو تعداد العشيرة. وبعد هذه النقطة، يستقر مستوى العملية، ولا يرتفع أكثر من ذلك، ويتحول مورد آخر إلى عامل محدد في العملية.

مثال على ذلك: عندما تزداد كمية الغذاء، فإن العشيرة تكبر حتى حد معين، وزيادة إضافية في كمية الغذاء لا تؤثر على تعداد العشيرة، إذا لم يتوفر – على سبيل المثال – عامل آخر كالماء أو أماكن التعشيش بكثرة، وعندئذٍ يتحول هذا العامل الآخر إلى عامل محدد. إنّ دمج تأثيرات الظروف التي تسود بيت التنمية وتوافر المورد، قد تحد من بقاء الكائن الحي الذي يُحدد التعداد الأكبر لعشيرة نوع معين يستطيع أن يعيش في بيت التنمية.
التعداد الأكبر للعشيرة معرّف على أنه **قدرة تحمل** بيت التنمية. انتبهوا إلى أن قدرة التحمل تتطرق إلى عشيرة نوع معين، لذا قدرة تحمل بيت التنمية لعشيرة معينة ليست مماثلة لقدرة تحمل بيت التنمية لعشيرة من نوع آخر. أحد المواضيع الذي يقلق البشرية، هو قدرة التحمل المحدودة للكرة الأرضية بالنسبة لتعداد بني البشر.

أ4. ملاءمة كائنات حية إلى بيئتها المحيطة

ماهية الملاءمة

يلاحظ كل من يتمعّن في الطبيعة أن الكائنات الحية تختلف عن بعضها في صفاتها، وفي معظم الحالات، فهي ملائمة للظروف الأحيائية واللا أحيائية السائدة في بيئتها المحيطة، وللموارد التي نزودها للكائنات الحية.

كيف يتم التعبير عن الملاءمة بين الكائن الحي والبيئة المحيطة به؟

يتم التعبير عن ملاءمة الكائن الحي لبيئته المحيطة، من خلال صفاته الخاصة كما هو معروض في الأمثلة الآتية:

- الدببة التي تعيش في القطب، هي حيوانات ذوات فراء سميك يحميها من البرد، ويساعدها لونها الأبيض على الاندماج في البيئة المحيطة (ثلج وجليد) وعلى التملص أو الهروب من الأعداء.
- أزهار كثيرة، مثل: شقائق النعمان والخشخاش، هي ذوات ألوان غامقة تجذب إليها حشرات تقوم بتلقيحها.
- الفراش، الأسماك والزواحف، يوجد لها أحيانًا ألوان (برتقالي، أحمر، أسود)، وأشكال "عيون" تُخيف أو تموه الكائنات الحية التي تفترسها.
- الأسماك التي تعيش في المياه المالحة (مياه البحر)، توجد لها غدد تقوم بإفراز فائض الأملاح.

دُب أبيض في القطب

- توجد أزهار ذوات مبنى مناسب بشكل خاص إلى مبنى جسم الحشرة، أو العصفور الذي يقوم بتلقيحها، وهكذا يزداد احتمال تلقيح الزهرة.
- هناك نباتات تُنْتِج مواد سامة تمنع من الحيوانات أن تأكلها.
- الأشجار التي تنمو في دول يكون فيها الشتاء باردًا جدًا، تتساقط أوراقها في فصل الشتاء.
- النباتات المتسلقة، يوجد لها أعضاء خاصة تسمّى محاليق، وهي تساعدها على التعلُّق بصخرة، بحائط أو بجدار.

سؤال أ–2

صنِّفوا الأمثلة أعلاه بحسب ملاءمة الكائنات الحية إلى عوامل لا أحيائية، وبحسب الملاءمة إلى عوامل أحيائية.

محاليق في نبات متسلق

أزهار وملقح

المصطلحان ملاءمة وتكيُّف

أمثلة الملاءمة التي عرضناها أعلاه، هي صفات ثابتة للكائنات الحية التي تطورت نتيجةً للانتخاب الطبيعي خلال عملية **النشوء والارتقاء**، وهي تمر بالوراثة من جيل إلى آخر.

إلى جانب الصفات الثابتة للكائنات الحية، توجد صفات تتغيّر خلال حياتها كرد فعل لتغيُّرات في ظروف البيئة المحيطة. التغيير في السلوك، الفسيولوجيا، أو في المبنى الذي حدث كرد فعل لظروف البيئة المحيطة خلال **مجرى حياة** الكائن الحي نسمّيه **تكيُّف**. مثال للتكيف، هو ازدياد عدد خلايا الدم الحمراء عند الأشخاص الذين ينتقلون للعيش في أماكن عالية، حيث يكون فيها الضغط الجزئي للأكسجين في الهواء منخفضًا نسبيًا. وعندما يعود هؤلاء الأشخاص للعيش في أماكن منخفضة، فإن عدد خلايا الدم الحمراء يعود إلى مستواه العادي. مثال آخر مهم للتكيف، هو تطور الأجسام المضادة وذاكرة المناعة بعد أن يتعرض جسم الإنسان إلى مسببات أمراض (أنتيجينات). أمثلة أخرى للتكيف هي: استطالة السلاميات في النباتات التي تنمو في الظلام، تغيُّر لون الحرباء، تطور عضلات عند الرياضيين.

تتغيّر ظواهر التكيُّف وفقًا للتغيُّرات في ظروف البيئة المحيطة في مجال الفترة الزمنية لحياة الفرد، وهي تغيّرات منعكسة، ولا تنتقل بالوراثة إلى النسل (لا يولد للرياضي طفل ذو عضلات متطورة). على الرغم من ذلك، من المهم معرفة أن **القدرة على التكيّف** لظروف بيئة محيطة متغيِّرة (في مجال معروف ومحدد)، هي بحد ذاتها **ملاءمة**، وهذا يعني أن الصفة تنتقل بالوراثة من الوالدين إلى النسل. من هنا، الملاءمة هي صفة وراثية ثابتة للفرد (السلوك، المبنى المورفولوجي أو الفسيولوجي) أو القدرة الوراثية على التكيف للبيئة المحيطة التي تحسِّن من احتمال بقاء الكائن الحي في بيئته المحيطة، ومن تكاثره فيها مقارنة مع أفراد آخرين في العشيرة، لا يحملون هذه الصفة.

حرباء

مساهمة الملاءمة في بقاء الكائن الحي

يتم التعبير عن مُجمل الملاءمة من خلال قدرة الكائن الحي على النمو، البقاء وإنجاب النسل في البيئة المحيطة التي يعيش فيها. يمكن فحص مدى ملاءمة الكائن الحي إلى بيئته المحيطة بحسب عدة صفات:

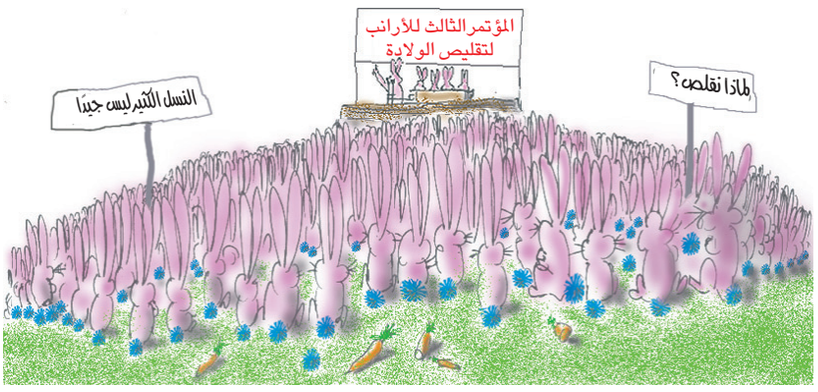
1. القدرة على التنافس للحصول على الموارد.
2. قدرة الصمود ومقاومة الآفات الضارة، الطفيليات وآكلة الأعشاب والمفترسات، أو قدرة الهروب من المفترسات.
3. قدرة الصمود وتحمل ظروف البيئة المحيطة المتطرفة، مثل: قلة المياه ودرجات حرارة متطرفة (عالية جدًا أو منخفضة جدًا) وسموم.
4. القدرة على التكاثر.

المشترك لجميع هذه الصفات أنها تزيد من احتمال بقاء الكائن الحي ومن انجاب جيل جديد من النسل الخصب الذي يصل مرحلة النضوج. هذه الاستمرارية، هي المقياس الأكثر مصداقيةً لملاءمة الكائن الحي إلى بيئته المحيطة. لقد ركزنا على كلمة احتمال، لأنه لا يوجد صفة في كل ظرف وفي كل حالة تساهم في بقاء الكائن الحي. تحدث في البيئة المحيطة أحداث وتغيُّرات مستمرة، وأحيانًا تكون هذه الأحداث غير متوقعة مسبقًا. لذا صفة معينة، قد تزيد من احتمال البقاء في بيئة محيطة معينة، لكن ليس بتأكيد كامل.

المصطلحان ملاءمة ولياقة

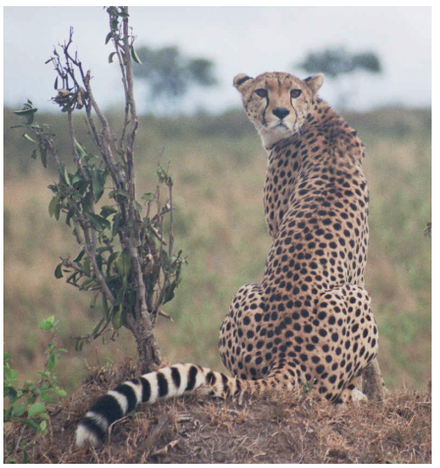
الملاءمة كما ذكرنا، هي صفة تزيد من احتمال الفرد على البقاء في ظروف البيئة المحيطة التي يعيش فيها، وتزيد من قدرته على التكاثر. واحتمال بقاء أنساله في هذه البيئة المحيطة أكبر من احتمال بقاء أنسال أفراد أخرى. الملاءمة لبيت التنمية، تزيد من مساهمة أنسال الفرد الأمثل إلى الأجيال القادمة في العشيرة مقارنة مع مساهمة أنسال أفراد آخرين في نفس العشيرة. وهذا يعني أن الملاءمة تزيد من **لياقة** الفرد.

الصفات الأربع التي فصلناها، لا نجدها – في المستوى الأمثل– في كل كائن حي ملائم جيدًا لبيئته المحيطة. إنّ احتمال إنجاب أنسال – تصل إلى نضوج – متعلق بالتوازن بين هذه الصفات. لكي نفهم معنى التوازن بين الصفات، يجب أن نفحص القدرة على إنجاب عدد كبير من النسل. يمكن الاعتقاد أنه كلما ازداد عدد النسل، تزداد مساهمة الفرد إلى الأجيال القادمة. لكن ليس في جميع الحالات يكون العدد الكبير للنسل ذا أفضلية. عند العصافير والثدييات، تؤدي تربية عدد كبير من النسل إلى عبءٍ كبير على الوالدين، لأنه يجب الاهتمام بتوفير غذاء للنسل، ويجب حماية الأفراخ والجراء من الحيوانات المفترسة.



لذا من المعقول في هذه الحالة أن عددًا كبيرًا من النسل لا يساهم في البقاء، وتوجد أفضلية بالذات لعدد قليل من النسل الذي يوجد له احتمال كبير أن يصل إلى سن النضوج، وأن يُنجب نسلاً جديدًا.

عصفورة تُطعم فراخها



فهد

مثال آخر، هو الفهد المعروف بقدرته على الركض السريع، وقد تصبح سرعته عالية جدًا عندما يطارد فريسته. مبنى جسمه المرن والنحيف، وأرجله الطويلة تساهم جميعها في قدرته على الركض بسرعة، وهذا يساهم في قدرته على توفير الغذاء (الفريسة) لنسله. لكن هذا المبنى للجسم، يُشكل نقصًا عندما يجب عليه أن يحمي نسله من الافتراس على يد الضباع الأقوى والأثقل منه، وهذا يعني أنَّ لقدرة الركض "ثمنًا معينًا"، وهو حماية أقل.

إنتاج مواد سامة في النباتات، هو مثال إضافي لـ "ثمن" الملاءمة: لإنتاج هذه المواد، يبذل النبات مواردَ، مواد خام وطاقة على حساب نموه وإنتاج بذور وثمار، لكن على الرغم من ذلك، تساعد هذه المواد على بقاء هذا النبات.

جدير بالمعرفة: يوجد "ثمن" للملاءمة

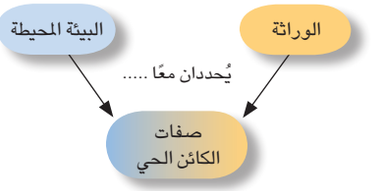
تبذل أشجار كثيرة (مثل: اللوز، الشبرق) موارد كثيرة، لإنتاج أزهار كثيرة لا تُخَصَّب جميعها، لذا لا تتطور بذور فيها. وهذا هو نوع من الملاءمة: الأزهار الكثيرة، هي عبارة عن بذل جهد لجذب الملقحات التي تزيد من احتمال الاخصاب وإنتاج الثمار.

كثرة أزهار

أنواع الملاءمة

نُصنِّف الملاءمة إلى ثلاثة أنواع: ملاءمة في المبنى (ملاءمة في الشكل المظهري)، ملاءمة فسيولوجية – بيوكيميائية وملاءمة في السلوك.

من المهم التذكر أنَ هناك عاملين يحددان صفات الكائن الحي، وعلى الأغلب نفس الصفات التي تساهم في ملاءمة الكائن الحي للبيئة المحيطة. وهذان العاملان هما: الشحنة الوراثية وظروف البيئة المحيطة (الرسمة أ – 4).



الرسمة أ–4: خريطة مصطلحات: الوراثة، البيئة المحيطة وصفات الكائن الحي.

سؤال أ – 3

النبات الذي ينمو في الظلام يكون لونه أصفر فاتحًا. وبعد عدة أيام من نقله إلى الضوء يصبح كله أخضر. اشرحوا الظاهرة بحسب الرسمة أ –4.

يعرض الجدول أ – 2 أمثلة لكل نوع من أنواع الملاءمة. وفي الفصل الثاني، سوف تتعرفون على أمثلة إضافية، من خلالها نَصف العوامل الأحيائية في بيوت التنمية المختلفة والملاءمة المناسبة لها، وفي الفصل الرابع، سوف تتعرفون على العلاقات المتبادلة.

الجدول أ –2: أمثلة لأنواع ملاءمة

نوع الملاءمة	مثال
ملاءمة في المبنى (ملاءمة في الشكل المظهري)	• مبنى منقار الكُمير ملائم لمبنى الزهرة التي يمتص منها رحيقها. • أطراف الحوت (ثديي مائي) ملاءمة للحركة في الماء. • في الطيور المائية، يوجد أغشية سباحة بين أصابع الأرجل. • يوجد حشرات تشبه الأوراق أو السيقان، وهكذا تموه مفترسيها. • الأشواك الحادة في النباتات تمنع إيذاء الحيوانات. • الأوراق الملونة (ذوات بقع بيضاء)، أو الأوراق المثقبة تُخيف الحشرات، لأن هذه الأوراق تبدو مصابة أو مأكولة. • في النباتات التي تنمو في الظل، يوجد أوراق ذوات مساحات واسعة.
ملاءمة في العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية	• إفراز فائض الأملاح من أوراق نباتات تنمو في تربة مالحة. • إفراز فائض الماء من حيوانات تعيش في مياه عذبة. • إنتاج سُم في يرقة/يرقات الحشرات يمنع من افتراسها. • إنتاج مواد سامة، أو مواد ذات طعم غير لذيذ لدى نباتات معينة، يُقلل من أكلها على يد آكلات النباتات. • القدرة على فتح وإغلاق الثغرات كرد فعل للتغييرات في موازنة الماء في النبات وفي ظروف الإضاءة.
ملاءمة في السلوك	• الثدييات الصغيرة التي تعيش في الصحراء، تكون نشيطة بالأساس في ساعات الليل الباردة. • ترحال الطيور من قارة إلى أخرى عندما تتغيّر المواسم. • يختبئ الأفعى داخل الرمال عندما تكون درجة حرارة سطح التربة عالية.

أشواك: ملاءمة في المبنى

انتبهوا:

على الرغم من سهولة تصنيف الملاءمة إلى أنواع مختلفة، لكننا لا نستطيع التطرق لكل نوع من أنواع الملاءمة بشكل منفرد، مثلاً: سلوك الحيوانات متعلقة بالهورمونات التي تُفرز في أجسامها، ومتعلقة أيضًا في عمليات فسيولوجية – بيوكيميائية.

ملاءمة بين مبنى المنقار ومبنى الزهرة

حشرة عصوية تشبه الساق

الملاءمة والانتخاب الطبيعي

تعرفنا على عدة أمثلة للملاءمة بين الكائن الحي وبيئته المحيطة. وهذه الأنواع من الملاءمة شائعة في الطبيعة. إذن يُطرح السؤال الآتي:

كيف يتطور كائن حي ملائم لبيئته المحيطة؟

ملاءمة الكائن الحي لبيئته المحيطة، هي نتيجةً **للانتخاب الطبيعي**. لا يبقى جميع النسل حيًا في الطبيعة، لكن النسل الذي يبقى، يرث من والديه صفات/ملاءمة تجعله ذا أفضلية مقارنة مع النسل الآخر: فهم ينجحون في التغلب على الآخرين عند التنافس على الموارد المحدودة في البيئة المحيطة، وهم ينجحون في الهروب من أنواع المفترسين. وهذا هو **الانتخاب الطبيعي**.
تؤثر عملية الانتخاب الطبيعي على الأفراد في العشيرة، واحتمال بقاء الأفراد الذين تتوفر لديهم الملاءمة أكبر من احتمال بقاء الأفراد الذين ينتمون إلى نفس العشيرة، ولا تتوفر لديهم الملاءمة.
خلال أجيال كثيرة من الانتخاب الطبيعي، تتغيّر مكونات العشيرة: تزداد تكرارية الأفراد ذوي الملاءمة المناسبة للبيئة المحيطة، وهكذا تصبح العشيرة أكثر ملاءمةً وبشكل تدريجي إلى ظروف البيئة المحيطة.

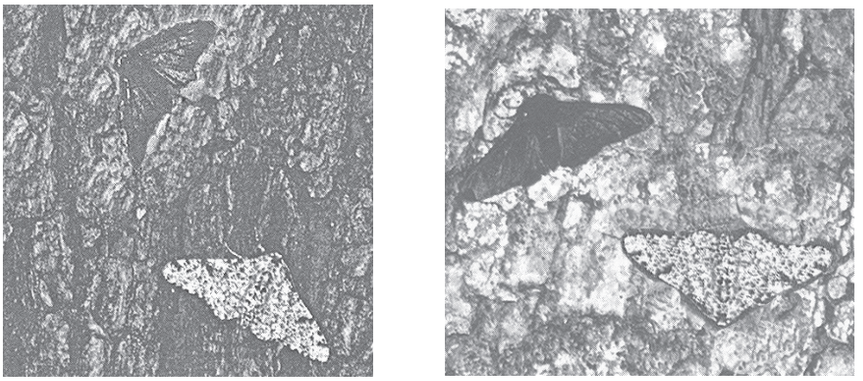
لكي نفهم مساهمة الانتخاب الطبيعي في تغيُّر تكرارية أفراد – ذوي ملاءمة – في عشيرة، نَصف قصة العث في انكلترا.

عث غامق وعث فاتح

في نهاية القرن التاسع عشر، لاحظ عُشاق فراش – في انكلترا – بعض العث بلون غامق. في هذه المنطقة، كان معظم العث فاتحًا، وقد اعتُبر العث الغامق نادرًا. وبعد عدة سنوات، أصبح العث الغامق شائعًا أكثر وأكثر. ومع مرور الوقت انخفضت نسبة العث الفاتح.

ما الذي أدى إلى تغيير العشيرة؟

اتضح أن العث من هذا النوع، يستريح عادةً على جذوع الأشجار. كان لون العث الفاتح مناسبًا للون قشرة الأشجار وللأشنات الفاتحة التي نمت عليها (الرسمة أ – 5، في اليمين)، وهكذا تمّ تموه المفترسين بشكل جيد.



الرسمة أ – 5: عث فاتح وعث غامق على جذوع الأشجار

في أعقاب ازدياد المصانع، ازداد تلوث الهواء في المنطقة، وغُطيت الأشجار بسناج أسود. وأدى تلوث الهواء إلى اسوداد الأشجار، وإلى اختفاء الأشنات الفاتحة اللون التي نمّت على قشرة الأشجار.

وماذا حدث لعشيرة العث؟

ازدادت نسبة (تكرارية) العث الذي لونه غامق في عشيرة العث، لأن العث الفاتح الذي يستريح على سطح جذع غامق يكون بارزًا عليه، ويتعرض للافتراس، أما العث الغامق، فهو غير بارز ومخفي. إذا كان لون العث صفة وراثية، فمن المعقول أن يبقى العث الغامق، وأن يُنجب نسلاً غامقًا أيضًا، وهكذا تزداد نسبة (تكرارية) العث الغامق في العشيرة.

نلخص سلسلة الأحداث التي وصفناها أعلاه:

وضع ابتدائي	جذوع الأشجار مغطاة بأشنات فاتحة. في عشيرة العث يوجد تباين، يوجد فيها أفراد فاتحة اللون وأفراد غامقة اللون، لكن الغامقة بارزة على خلفية بيئتها المحيطة. وهي تُفترس كثيرًا، لذا فهي نادرة أكثر. أما العث الفاتح فهو مخفي جيدًا عندما يستريح على جذوع الأشجار. عشائر العث ملائمة لبيئتها المحيطة.	
تغيُّر في البيئة المحيطة	ازدياد المصانع التي تُطلق سناج أسود. في أعقاب ذلك، تختفي الأشنات ويتراكم السناج الغامق على جذوع الأشجار.	
تأثير على عشيرة العث	يُصطاد العث الفاتح أكثر من العث الغامق.	
وضع جديد	ارتفاع نسبة (تكرارية) العث الغامق في العشيرة. عشيرة العث ملائمة لبيئة حياتية فيها هواء ملوث بالسناج واسوداد على الأشجار.	

سؤال أ–4

أ. ماذا يحدث لو كانت عشيرة العث الأصلية مكونة كلها من عث فاتح؟ اشرحوا.

ب. في أعقاب ازدياد الوعي لتلوث الهواء في انكلترا، بدأ استعمال وسائل تُقلل من نسبة انبعاث السناج من المصانع، وانخفضت كمية السناج في الهواء. ماذا حدث برأيكم في أعقاب هذا التغيير في البيئة المحيطة؟ أكملوا تسلسل الأحداث الذي وُصف أعلاه.

نبحث البيئة: تجربة مُراقَبَة في الطبيعة

في سنوات الخمسينيات من القرن العشرين، قام الباحث كطلول ببحث عشيرة العث في انكلترا. في إحدى تجاربه، وضع عددًا مماثلاً من العث الفاتح والعث الغامق على أشجار ملوثة في سناج وعلى أشجار ذات قشرة فاتحة. وقد راقب العث، وقام بعدِّ العث الذي اصطادته العصافير. لُخصت نتائج التجربة في جدول أ – 3.

جدول أ– 3: عدد العث الذي تمّ اصطياده في غابة أشجارها ملوثة، وفي غابة أشجارها غير ملوثة

البيئة المحيطة التي وُضع فيها العث	العث الذي تمّ اصطياده			
	عث فاتح		عث غامق	
	عدد العث الذي تمّ اصطياده	النسبة المئوية من العث الذي تمّ اصطياده	عدد العث الذي تمّ اصطياده	النسبة المئوية من العث الذي تمّ اصطياده
غابة غير ملوثة (جذوع فاتحة)	26	**14**	164	**86**
غابة ملوثة (جذوع غامقة)	43	**74**	15	**26**

سؤال أ – 5

ماذا نستنتج من نتائج التجربة؟ عند الشرح، استعينوا بالمصطلح "ملاءمة".

التغيُّر في عشيرة العث، هو مثال للانتخاب الطبيعي الذي حدث في عشيرة العث خلال زمن قصير نسبيًا (أقل من مائة سنة). في تسلسل الأحداث المعروض في الصفحة السابقة، توجد ثلاث نقاط مهمة لفهم تطور الملاءمة من خلال الانتخاب الطبيعي:

1. في عشيرة العث الأصلي، كان عث فاتح وعث غامق، لكن نسبة (تكرارية) العث الغامق كانت أقل. وهذا يعني أن هناك **تباينًا** في عشيرة العث، وكان بينها فروق في اللون.
2. التغيُّر في البيئة المحيطة **سبق** التغيُّر الذي بدأ في عشيرة العث.
3. يؤثر الانتخاب الطبيعي على **الأفراد**، ويؤدي إلى تغيُّر نسبة (تكرارية) الصفات في **العشيرة**.

سؤال أ – 6

أثناء إجاباتكم عن الأسئلة الآتية، استعملوا المصطلحات الآتية:

تباين، انتخاب طبيعي، تغيُّر في البيئة المحيط وملاءمة

أ. يُحذر الأطباء من استعمال أدوية المضادات الحيوية بشكل زائد. ما هو الخطر الذي يخشاه الأطباء؟ اشرحوا.

ب. بعد مرور عدة سنوات على استعمال مبيد البعوض DDT، اتضح أنه ليس ناجعًا كما كان في الماضي. اذكروا المراحل التي تمّ فيها هذا التغيير.

ج. في السنوات الأخيرة، تزداد التوصيات لاستعمال المكافحة البيولوجية بدلاً من المواد الكيماوية التي تُبيد الحشرات. هل يؤدي استعمال المكافحة البيولوجية لمدة طويلة إلى تغيّر في عشيرة الحشرات الضارة؟ عللوا.

د. نوصي المزارعين أن لا يستعملوا نفس مبيد الأعشاب سنة بعد سنة، بل نوصي أن يستعملوا مواد مختلفة في السنوات المختلفة. ما هي الأفضلية بهذه الطريقة؟ اشرحوا.

انتبهوا:

تمّت الملاءمة في عشائر العث، عشائر البكتيريا، الأعشاب والبعوض (سؤال أ –6) بسبب تغيُّرات في البيئة المحيطة الناجمة عن **تدخُّل الإنسان**.

التغيُّر في البيئة المحيطة ساعد الباحثين في متابعة التغيُّرات – في العشائر – التي تمّت خلال فترة زمنية قصيرة (بالمفهوم الزمني "للنشوء والارتقاء") منذ عشرات السنين فقط. في جميع هذه الحالات، يمكن متابعة تطور الملاءمة، لأن الحديث يدور حول كائنات حية تتكاثر بسرعة والمدة الزمنية للجيل قصيرة.

أفراد غير ملائمين في العشيرة

في العشيرة التي تعيش في بيئة محيطة معينة، معظم الأفراد ملائمون للبيئة المحيطة. لكن من المهم التذكر أنه يوجد تباين في هذه العشيرة، ويمكن أن نجد فيها أفرادًا غير ملائمين جيدًا للبيئة المحيطة.

لماذا تبقى – في بيئة محيطة معينة – أفراد ذوات صفات لا تُكسبها أفضلية؟

لهذا السؤال المهم، يوجد عدة إجابات ممكنة:

- لم يمر زمن كافٍ، ولم تنقرض الأفراد غير المناسبة.
- لم يكن ضغط الانتخاب الطبيعي (مثلاً: كمية المفترسات) قويًا، لذا عدد قليل من الأفراد "غير المناسبة": تنجح في الهروب من مفترسيها وتبقى على قيد الحياة.
- توجد في العشيرة صفات أخرى، وهي تكسبها أفضلية تساهم في البقاء. مثال على ذلك: صمود ومقاومة مرضى فقر الدم المنجلي لطفيل الملاريا. يوجد لخلايا الدم الحمراء مبنى يشبه المنجل، وهو يؤدي إلى صعوبة تكاثر طفيل الملاريا، وهكذا يساعد هذا المبنى على بقاء المرضى المصابين في فقر الدم المنجلي.
- كانت هجرة من منطقة أخرى، وبين هؤلاء الأفراد، كانت أفراد أقل مناسبة.

الهروب من ظروف بيئية محيطة غير مريحة

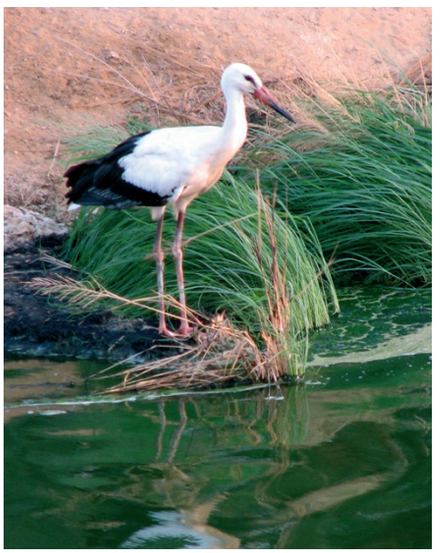
تؤدي الحياة في بيئة محيطية متغيِّرة من خلال الانتخاب الطبيعي إلى تطور كائنات حية ذوات ملاءمة، حيث وُصف القليل منها في هذا الفصل. وكل ملاءمة تساعد على الحياة في ظروف ليست مُثلى أيضًا. ومع مرور الوقت، تطورت ملاءمات مختلفة تساعد على الهروب لمدة زمنية طويلة نسبيًا (موسم) من ظروف بيئة محيطة غير مريحة. الشيء الأول الذي يخطر في أذهننا، هو تغيير المكان، وهذا يعني الانتقال إلى مكان فيه ظروف أسهل. الحيوانات التي تسبح في البحر، الحشرات والطيور ذات القدرة على الطيران، هي المشهورة من بين الكائنات الحية التي تُغيِّر مكانها.

ظاهرة تغيير المكان نتيجةً لتغيُّر **الموسم** في ظروف البيئة المحيطة نسمّيها **"ترحالاً"**. ظاهرة الترحال في عالم الحيوان شائقة وممتعة. فقد قامت الحيوانات التي ترحل بتطوير آليات تساعدها على الإحساس في التغيُّر الذي سوف يحدث في الظروف، لكي تُهيئ نفسها لذلك، وفي نهاية الأمر ترحل وتصل إلى المكان المريح. يوجد أخطار كثيرة أثناء الترحال، ومن الواضح أن لا تبقى جميعها على قيد الحياة.

تُعتبر بلادنا محطة عبور لطيور كثيرة ترحل في فصل الخريف من أوروبا الباردة إلى إفريقيا الحارة، وتعود في فصل الربيع إلى أوروبا.

من بين الطيور المشهورة التي ترحل، نذكر اللقلق الأبيض، الكركس والسنونو.

إنّ تغيير المكان ليس الطريقة الوحيدة التي تؤدي إلى الهروب من ظروف بيئة محيطة غير مريحة. هناك طرق أخرى للهروب من ظروف البيئة المحيطة، وهي السبات على أشكاله المختلفة. في حالة السبات،



لقلق أبيض: طير رحال في البلاد

تنخفض وتيرة الأنشطة الحياتية في الكائن الحي بشكل كبير جدًا. المثال الشائع للسبات، هو الوضع الذي تعيش فيه البذور. بذور النباتات هي حية، لكن كمية المياه فيها قليلة، والنشاط فيها قليل جدًا أيضًا، ولا يمكن مشاهدته وقياسه تقريبًا. وبهذه الطريقة، يستطيع نبات حولي أن يقضي موسمًا أو سنة غير مريحة، مثلاً: صيف حار وجاف أو صقيع في الشتاء. وظاهرة السبات معروفة عند الحيوانات أيضًا. في المستنقع الشتوي، تقضي الكائنات الحية الصيف الجاف **كبيض مستديم** ذي قدرة على مقاومة الظروف الجافة، وهي تفقس عندما يمتلئ المستنقع الشتوي مرة ثانيةً في الماء. وفي المستنقع، توجد كائنات حية أخرى تقضي فترة الجفاف بسلام، لأنها تحفر وتعيش في الطبقات العميقة والرطبة التي يتم فيها الحفاظ على رطوبة ودرجة حرارة منخفضة نسبيًا خلال فترة الجفاف.

الثدييات التي تعيش في المناطق الباردة جدًا تقضي أحيانًا فترة الشتاء في حالة سبات، حيث تكون فيها العمليات الأيضية بطيئة ودرجة حرارة الجسم منخفضة. وهذا هو **سبات شتوي**. في هذه الحالة، تتلاءم الثدييات إلى حالة ينقصها الغذاء في الشتاء. ويتيح سبات شتوي لهؤلاء الكائنات الحية أن تقضي هذه الفترة دون غذاء تقريبًا.

للمزيد عن

الهروب من شروط بيئية محيطة ليست مريحة، انظروا الفصل الثاني، نباتات حولية وجيوفيتات (نباتات أرضية).

سؤال أ–7

أ. لأي نوع من أنواع الملاءمة (جدول أ – 2) ينتمي سبات الشتاء؟ (يمكن أن نذكر أكثر من نوع واحد). علِّلوا.

ب. قبل فترة السبات، تتراكم دهنيات كثيرة في أجسام الحيوانات. هل برأيكم، توجد علاقة بين تراكم الدهنيات وبين السبات؟ عللوا.

ج. اللون الغامق للعث في المنطقة الصناعية، هو صفة وراثية تُشكل ملاءمة للبيئة المحيطة. هل الجلد المتسفّع لعمال الزراعة ولعمال البناء، هو ملاءمة أم تكيف؟ عللوا. (انظروا صفحة 20).

تلخيص الفصل

1. علم البيئة، يبحث العلاقة المتبادلة التي تُحدد الكثرة وانتشار الكائنات الحية.
2. علم البيئة، هو علم متعدد المجالات، وهو يعتمد على معرفة وفهم مجالات أخرى في البيولوجيا (النشوء والارتقاء، السلوك)، وعلى علوم أخرى من بينها علوم البيئة المحيطة.
3. يوجد لتدخل الإنسان انعكاسات على البيئة المحيطة وعلى صحتنا وجودة حياتنا.
4. الزراعة هي مثال مهم لتدخل الإنسان في البيئة المحيطة.
5. يبحث علم البيئة ظواهر تحدث في عدة مستويات تنظيم: الكائن الحي، العشيرة، المجتمع، النظام البيئي والغلاف الحياتي.
6. العوامل الأحيائية، العوامل اللا أحيائية، الظروف والموارد، هي مميزات مختلفة لبيت التنمية وللنظام البيئي، وهي تؤثر على بعضها. الموارد، مثل: مصادر الغذاء، وأماكن التعشيش، والظروف، مثلاً: درجة الحرارة، يمكن أن تكون عاملاً محددًا في بيت التنمية.
7. التأثير المدمج لجميع عوامل البيئة المحيطة، يُحدد قدرة تحمل بيت التنمية لعشيرة من نوع معين.
8. إنّ نتيجة الانتخاب الطبيعي خلال عملية النشوء والارتقاء، هي ملاءمة الكائنات الحية للبيئة المحيطة (أحيائية ولا أحيائية).
9. قدرة الفرد على التكيُّف خلال حياته لتغيُّرات في البيئة المحيطة، هي بحد ذاتها ملاءمة تنتقل بالوراثة.

10. تزيد الملاءمة من احتمال بقاء الكائن الحي، ومن انجاب جيل جديد من النسل الخصب القادر على الوصول إلى النضوج الجنسي.
11. تستطيع الكائنات الحية الهروب أو التخلص من ظروف بيئة محيطة غير مريحة بطرق مختلفة، مثل: الترحال والسبات.
12. التغييرات في عشيرة العث في انكلترا، وتطور المقاومة والصمود للمضادات الحيوية ولمبيدات الكائنات الحية الضارة، هي أمثلة نشوء وارتقاء للملاءمة المناسبة للبيئة المحيطة.

مصطلحات مهمة

نشوء وارتقاء
عشيرة
علم البيئة
غلاف حياتي
بيت تنمية
انتخاب طبيعي
عامل محدد
عوامل لا أحيائية
عوامل أحيائية
تكيُّف
ملاءمة
قدرة التحمل
لياقة (كفاءة)
تدخُّل الإنسان
نظام بيئي
موارد
ترحال
مستويات تنظيم
تباين
ظروف
سبات
سبات شتوي

الفصل الثاني

عوامل لا أحيائية والملاءمة لها

الفصل الثاني: عوامل لا أحيائية والملاءمة لها

ب1. عوامل لا أحيائية في البيئة المحيطة وتأثيرها على النظام البيئي

للمزيد عن

مصطلح **مجتمع**، انظروا الرسمة أ–1: مستويات التنظيم.

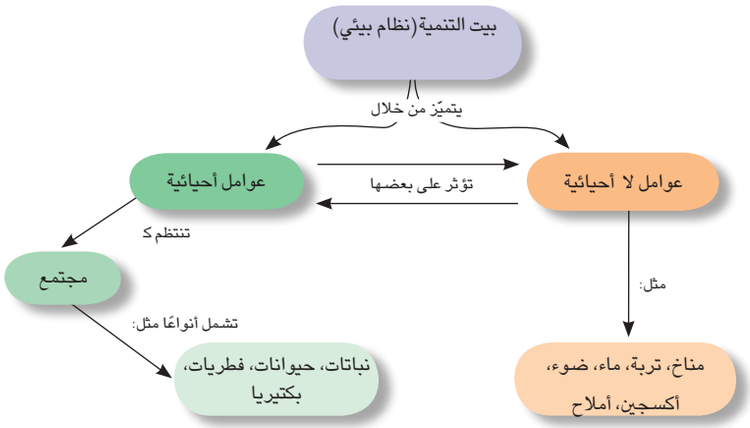
العوامل اللا أحيائية، مثل: الماء، الضوء، الأكسجين، CO_2 ظروف المناخ (درجة الحرارة، الرياح والرواسب)، هي مكونات مهمة في كل بيت تنمية وفي كل نظام بيئي، وهي تؤثر بشكل كبير جدًا على الحيوانات والنباتات.

نشاهد مناظر مختلفة في أماكن مختلفة في البلاد، يمكن الفهم من ذلك أن الأماكن المختلفة تختلف عن بعضها بمجمل العوامل اللا أحيائية التي تسودها، والتي تؤثر على طابع مجتمعات الكائنات الحية التي تتطور وتعيش فيها (الرسمة ب –1).

والمناطق المختلفة على سطح الكرة الأرضية تختلف عن بعضها أيضًا. في المناطق القريبة من القطب، تكون نباتات قليلة، وهي قصيرة وصغيرة. ويوجد أنواع قليلة فقط من الحيوانات التي تعيش في بيوت التنمية الموجودة في المناطق القريبة من القطب.

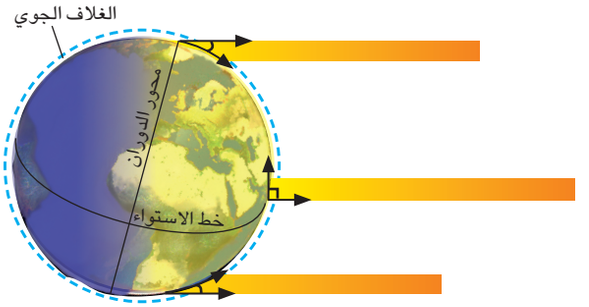
وكلما تقدمنا اتجاه خط الاستواء، فإن المنظر يتغيّر: سنشاهد غابات من أشجار إبرية كالسرو والصنوبر، وفيما بعد نشاهد غابات أشجار واسعة الأوراق مثل البلوط.

وفي منطقة خط الاستواء، نلاحظ غابات مطر غنية بنباتات وحيوانات.



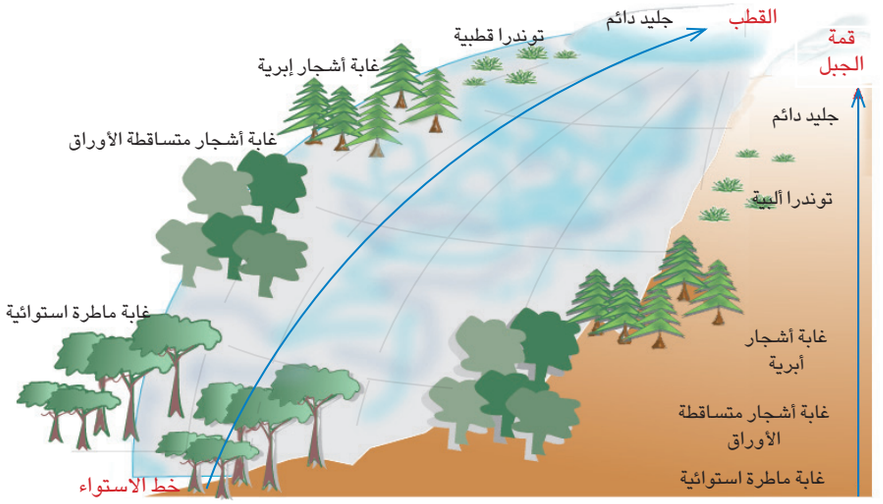
الرسمة ب – 1: خريطة مصطلحات: مميزات بيت التنمية أو النظام البيئي

السبب للفرق في أنواع النباتات بين مناطق خط الاستواء والقطب متعلق بأشعة الشمس التي تعتبر مصدرًا للطاقة الضوئية والحرارة. تصطدم أشعة الشمس بالأماكن المختلفة على سطح الكرة الأرضية بزوايا مختلفة: في منطقة خط الاستواء، تصطدم الأشعة بالأرض بزاوية قائمة، أما في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، فهي تصطدم بزاوية حادة. كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، فإنّ زاوية أشعة الشمس تصغر (الرسمة ب – 2). ونتيجةً لذلك، فإنّ كل وحدة مساحة في منطقة خط الاستواء تحصل على أشعة شمس أكثر من وحدة المساحة في منطقة الأقطاب.



الرسمة ب – 2: زاوية اصطدام أشعة الشمس بأماكن مختلفة على سطح الكرة الأرضية

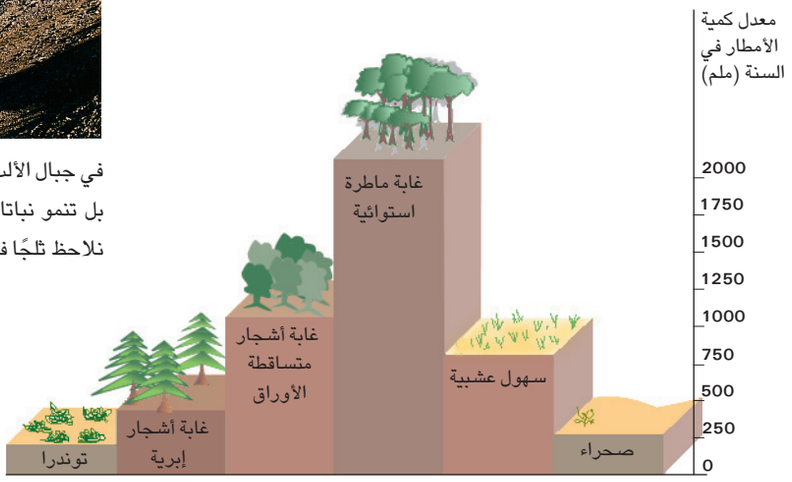
المثير للاهتمام أننا نستطيع أن نميّز بين نباتات مختلفة عندما نصعد إلى قمم جبال عالية: كلما صعدنا إلى أعلى واقتربنا من قمة الجبل، فإننا نلاحظ نباتات تشبه النباتات الموجودة في خطوط العرض العالية (القريبة أكثر للقطب)، كما نشاهد ذلك في الرسمة ب –3.



الرسمة ب – 3: مقارنة بين تغيُّر النباتات مع التقدم من خط الاستواء إلى القطب وبين تغيُّر النباتات مع الصعود إلى أعلى الجبل.

المشترك للمناطق التي تقع في قمم الجبال العالية وللمناطق القريبة من القطب هو درجة الحرارة المنخفضة وقلة المياه المتوافرة (رواسب قليلة ومعظم المياه متجمدة). نلاحظ في الرسم البياني (الرسمة ب– 4) العلاقة بين كمية الرواسب وبين أنواع النباتات.

في جبال الألب النيوزيلاندية، نلاحظ جيدًا خط الارتفاع الذي لا تنمو فوقه أشجار، بل تنمو نباتات منخفضة ("تندرا ألبية"). تخلو قمم الجبال من النباتات، لكننا نلاحظ ثلجًا في بعض الأماكن.



الرسمة ب – 4: الرسم البياني: العلاقة بين كمية الرواسب وبين أنواع النباتات

سؤال ب – 1

أ. افحصوا، ما هو معدل كمية الرواسب السنوية في الجليل الأعلى وفي النقب؟ هل يمكن أن تتطور غابة استوائية في هذه المناطق؟ اعتمدوا على الرسمة في الرسم البياني ب – 4.

ب. يوجد نباتات قليلة في الصحاري وفي خطوط العرض العالية المجاورة للقطب. ما هي أوجه الشبه والاختلاف في هذه المناطق؟

توسع: النباتات الأساسية في الكرة الأرضية

درجة الحرارة، الأشعة وكمية الرواسب السنوية تُحدد انتشار مجتمعات النباتات الأساسية على سطح الكرة الأرضية. فيما يلي النباتات الأساسية بحسب المناطق:

توندرا – تتميز هذه المناطق بنباتات منخفضة وقليلة: جنبات (شجيرات)، أعشاب، أشنات وطحالب. وتتميز التوندرا بتربة متجمدة لعدة أشهر في السنة، مثلاً: المناطق التي تحد القطب الشمالي أو قمم الجبال.

الصحراء – كمية الرواسب في الصحراء أقل من 250 ملم في السنة، وفي النهار تسودها درجات حرارة عالية جدًا وفي الليل منخفضة جدًا. نباتات الصحراء قليلة وتنتشر على مساحات واسعة، ولا يوجد فيها أشجار عالية، بل يوجد بالأساس نباتات حولية وجنبات (شجيرات) منخفضة.

القفر – ينتشر القفر في مناطق مناخها نِصف جاف (250– 500 ملم مطر في السنة)، حيث يوجد فيها موسم جفاف واضح جدًا. القفر غني بالأعشاب والنجيليات، ويوجد فيه أشجار قليلة وجنبات (شجيرات) موزعة على مساحات كبيرة. القفر الذي يُميّز المناطق الأستوائية نسمّيه "سافانا".

نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط – تتميز النباتات بأشجار قصيرة حتى متوسطة، بجنبات (شجيرات) وتحت جنبة واسعة الأوراق، دائمة الخضرة وذوات أوراق قاسية. هذه النباتات تُميز المناطق التي يوجد فيها شتاء ماطر وصيف جاف وحار.

غابة أشجار أبرية – غابات الأشجار الأبرية، مثل: أشجار السرو والصنوبر، هي غابات شائعة في النِّصف الشمالي للكرة الأرضية، وفي المناطق التي تتميز برطوبة وببرد في معظم فصول السنة. الأشجار الأبرية دائمة الخضرة.

غابات معتدلة نفضية (متساقطة الأوراق): في هذه الغابة، يوجد أشجار واسعة الأوراق التي تتساقط أوراقها في الشتاء، وهي تميِّز المناطق التي يسودها شتاء بارد ومثلج وصيف مريح وماطر.

غابة ماطرة استوائية– تتطور الغابة الماطرة في المناطق التي تكون فيها أشعة الشمس كثيرة، ويهطل المطر في كل يوم. وقد تصل كمية الرواسب في هذه المنطقة حوالي 4,000 ملم (4 م!!) في السنة. المطر الكثير ودرجة الحرارة العالية (حوالي 30°C)، يؤديان معًا إلى تكوين ظروف مناسبة لتطور نباتات كثيرة ولإنتاج بيت تنمية متنوع جدًا في أصناف النباتات وأجناس الحيوانات التي تعيش فيه.

النباتات المميزة لإسرائيل هي: نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط، النباتات الصحراوية ونباتات القفر. نباتات البحر الأبيض المتوسط ليست خاصة لحوض البحر الأبيض المتوسط ويمكن أن نجدها في كليفورنيا غربي الولايات المتحدة، في جنوب قارة إفريقيا، في غرب استراليا، وفي جنوب ومركز تشيلي التي تقع في أميركا الجنوبية.

يمكن أن نجد في إسرائيل أمثلة لمعظم النباتات التي ذُكرت باستثناء النباتات التي تعيش في توندرا والغابة الماطرة الاستوائية، مثلاً: في النقب الجنوبي، النباتات صحراوية. نجد نباتات القفر في منطقة النقب الشمالي وفي السهل الساحلي الجنوبي. ونباتات حوض

نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط في حُرش الكرمل

غابة البلوط

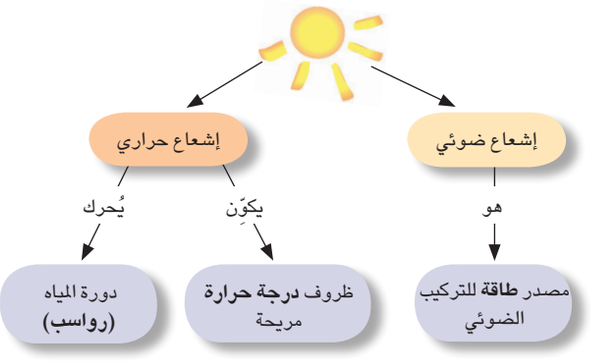
نباتات صحراوية في النقب

البحر الأبيض المتوسط، نجدها في مناطق الجبل. في الكرمل والجليل، نجد بشكل شائع أحراش الخروب، سريس، بطم وسنديان.
في جبال يهودا (في محمية المشط) وفي الكرمل، يمكن أن نجد بقايا غابات صنوبر مقدسي(معظم غابات الصنوبر في البلاد، هي غابات مغروسة وليست طبيعية). وفي بعض الأماكن، مثل: حُرش طال في الجليل العلوي، في الكرمل وفي منطقة طبعون، يمكن أن نجد بقايا غابات الملّ (غابة معتدلة نفضية). كانت هذه الأشجار شائعة في الماضي، في البلاد، لكن الإنسان قطع الكثير منها.

الرسمة ب – 5: منحدر جنوبي (في الأيمن) ومنحدر شمالي في وادي أورن في الكرمل. انتبهوا إلى الفرق في تغطية النباتات.

يمكن أن نلاحظ ظاهرة بارزة في البلاد، وهي كثرة النباتات في المنحدرات التي اتجاهها نحو الشمال، مقارنة مع النباتات القليلة في المنحدرات التي اتجاهها نحو الجنوب (الرسمة ب – 5). ينبع الفرق بين المنحدرين بسبب زوايا سطح التربة نسبة لأشعة الشمس، وهو يؤثر على درجة الحرارة وتوافر المياه في المنحدر، فزاوية اصطدام أشعة الشمس في المنحدر الجنوبي قريبة من 90°، لذا شدة الإشعاع المصطدمة بوحدة مساحة تكون أكثر مما هو الأمر في المنحدر الشمالي، لذا درجة حرارة التربة تكون عالية وتتبخر المياه بسرعة.

نتعلم من انتشار النباتات على سطح الكرة الأرضية أنه لا يوجد عامل واحد فقط يُحدد النباتات التي تعيش في بيت تنمية (موطن) معين. أشعة الشمس، درجة الحرارة، كمية الرواسب ونوع التربة، هي بالطبع عوامل لا أحيائية مهمة جدًا. لكن من المهم معرفة الظروف أو العوامل السائدة في المكان. إضافةً إلى ذلك، فإنّ هذه العوامل متعلقة ببعضها: تتأثر درجة الحرارة وكمية الرواسب من أشعة الشمس (الرسمة ب – 6). كما أن هذه العوامل تؤثر على تكوين التربة وصفاتها.



الرسمة ب – 6: تأثير أشعة الشمس على النظام البيئي في الكرة الأرضية

بعد أن تعرفنا بشكل عام على العوامل الأساسية التي تؤثر على الأنظمة البيئية في الكرة الأرضية وفي البلاد، سيتم في البنود القادمة، شرح أهمية كل عامل من العوامل اللا أحيائية لحياة الكائنات الحية، وسنصف الملاءمة لتوافره أو لمستوى هذا العامل في بيوت التنمية المختلفة.

تؤدي كثرة العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية بشكل خاص، وعلى النظام البيئي بشكل عام إلى صورة مركبة ومعقدة. عمليًا لا توجد إمكانية الحديث عن عامل واحد دون التطرق إلى تأثير العوامل الأخرى. ففي فصل **الماء**، سنبحث مشاكل التنفس في المياه التي تذوب فيها كمية قليلة من الأكسجين، وسنبرز صفة الماء في الحفاظ على **درجة حرارة** ثابتة. في فصل **التربة**، سنصف العلاقة بين بنية التربة وبين توافر المياه فيها، وبين هذين العاملين وبين توافر **الأكسجين** في التربة. في البيئة الحياتية الصحراوية، **المياه قليلة، الرطوبة** المنخفضة في الهواء، **الضوء** الكثير **ودرجة الحرارة** العالية، هي عوامل لا أحيائية تتأثر من بعضها، وتأثيرها المتبادل على الكائنات الحية يصمم الأنظمة البيئية الصحراوية. تؤثر تيارات الهواء **والرياح** على الكائنات الحية، لأنها تؤثر على المياه، درجة الحرارة والتربة.

بيت تنمية صحراوي (عين جدي)

شاطئ بحر صخري

ب2. الماء: أحد مكونات أجسام الكائنات الحية والبيئة الحياتية المحيطة

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *موازنة الماء في الجسم.*

الخلية: *المياه هي مكون أساسي في الخلية.*

المياه هي إحدى المواد الشائعة على الكرة الأرضية، وهي تُغطي ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية. المياه هي مورد ضروري للكائن الحي. وتنبع أهميتها بالأساس من كونها المكون الأساسي في أجسام الكائنات الحية، فحوالي ثُلثي وزن أجسامنا هو ماء، ولا نستطيع الحياة مدة طويلة دون ماء. البيئة المحيطة الداخلية في جسم الكائن الحي، هي بالأساس محيط مائي والماء ضروري لتنفيذ العمليات الكيميائية التي تحدث في خلاياه. إضافةً إلى ذلك، تُساعد المياه في نقل المواد المذابة داخل الخلية، وفي نقلها من مكان إلى آخر داخل الجسم.

في اليابسة، المياه ليست متوافرة كل الوقت وفي كل مكان، ولهذه الحقيقة، يوجد تأثير كبير على بيوت التنمية في اليابسة، وعلى الكائنات الحية التي تعيش فيها. والمياه هي موطن (بيت تنمية) لكائنات حية كثيرة خلال فترة حياتها.

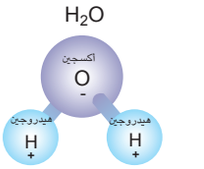
وعند البحث عن حياة في كواكب أخرى، يركز الباحثون على إيجاد أدلة لوجود مياه في الماضي أو الحاضر، لأن وجود الماء، قد يُشير إلى وجود حياة في هذه الكواكب.

صفات الماء وأهميته لحياة الكائنات الحية

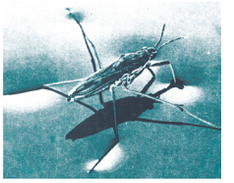
تنبع أهمية المياه للكائن الحي من الصفات الخاصة للماء.

جدول ب–1: الصفات الخاصة لجزيئات الماء وأهميتها للكائن الحي

الصفة ووصفها	تفصيل وشرح	الأهمية للكائن الحي
قطبية الجزيء: القطب الذي يوجد فيه ذرتا هيدروجين، هو قطب ذو شحنة كهربائية موجبة. والقطب الذي يوجد فيه أكسجين، فإنه يحمل شحنة كهربائية سالبة.	تنجذب جزيئات مواد أخرى ذات شحنة كهربائية إلى جزيئات الماء. تنجذب جزيئات الماء إلى بعضها.	**الكتلة:** تنجذب الجزيئات ذات الشحنة الكهربائية إلى جزيئات الماء، وهكذا تذوب المواد في الماء. **الجذب إلى مواد أخرى:** يساعد الجذب على صعود المياه في أنابيب النقل الموجودة في النباتات. **قوة الشّد على السطح الخارجي:** تتكون على سطح الماء مساحة ذات قوة شد قوية.
يوجد للماء سعة حرارية عالية. يستطيع الماء أن **يستوعب** طاقة حرارية كثيرة دون أن ترتفع درجة حرارته بشكل ملحوظ. والعكس صحيح أيضًا، فالماء يستطيع أن **يخسر** طاقة كثيرة دون أن يبرد بشكل متطرف.	تحتاج طاقة كبيرة جدًا لتسخين الماء، ولتحويله إلى بخار الماء.	**تنظيم درجة الحرارة:** تمنع من التغيُّرات المتطرفة في درجة حرارة البيئة الحياتية المائية في البحيرات والبحار، وفي داخل أجسام الكائنات الحية (البيئة المحيطة الداخلية). ينبع تبريد الجسم أثناء تبخر العرق من الطاقة الكثيرة المطلوبة لتبخر العرق والتي مصدرها من الجسم. تساهم عملية النتح في النباتات في انخفاض درجة الحرارة.
شذوذ الماء (انوموليا): تتمدد المياه عندما تتجمد	عندما يكون الماء في حالته الصلبة (جليد)، فإنّ حجمه أكبر وكتلته أصغر من الحالة التي يكون فيها في الحالة السائلة. لذا يطفو الجليد على سطح الماء.	تطفو طبقة الجليد – الأخف من الماء السائل – على سطح البحيرة. وهي تعزل المياه التي تحتها وتمنع من تجمدها، وهكذا تستمر الحياة في البحيرة خلال فترة الشتاء البارد.



صيغة ورسم تخطيطي لجزيء الماء


حشرة (بق الماء) على سطح الماء

سؤال ب – 2

اذكروا عمليتين في الكائنات الحية، وصفتين للبيئة المحيطة التي تتأثر من الصفات الخاصة للماء.

في العمليات التي تحدث في **الخلايا**، تُستعمل المياه **كمادة متفاعلة وكناتج**. مثلاً:

- في عملية التركيب الضوئي، يرتبط هيدروجين من جزيء الماء بـ CO_2 ويَنْتُج سكر.
- في عملية تحليل النشا إلى جزيئات صغيرة (جلوكوز)، يشترك الماء كمادة متفاعلة في العملية.
- في عملية التنفس الخلوي، يَنْتُج ماء وهو يشكل مصدرًا مهمًا للحيوانات في الصحراء (انظروا صفحة 45).
- في عملية بناء البروتينات، تتحد الحوامض الأمينية ببعضها لإنتاج سلسلة من البروتينات. وفي هذه العملية، ينطلق جزيء ماء من كل رابط يَنْتُج.

يوجد وظائف إضافية للماء في مستوى تنظيم **الكائن الحي**:

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *جهاز النقل: من أين وإلى أين يُنقل الأكسجين، نواتج الهضم، الأجسام المضادة والفضلات في جسم الإنسان؟*

1. نقل مواد مذابة

إنّ قدرة الماء على إذابة مواد، تساعد على نقل مواد مذابة من مكان إلى آخر داخل الخلية ذاتها، وبين الأقسام المختلفة في الكائن الحي المتعدد الخلايا. في الكائنات الحية المتعددة الخلايا الكبيرة والمتطورة، تنتقل المواد من مكان إلى آخر من خلال أجهزة النقل. جهاز الدم، هو مثال لجهاز نقل ينتقل فيه الأكسجين، الأجسام المضادة، نواتج الهضم ومواد فضلات مذابة.

يوجد في النباتات جهازا نقل وهما يعملان بشكل موازٍ: جهاز ينقل الماء والأملاح المذابة التي استُوعبت من التربة عبر الجذور إلى كل قسم من أقسام النبات حتى قمة الشجرة، والجهاز الثاني ينقل نواتج عملية التركيب الضوئي المذابة في الماء، حيث يتم نقل هذه النواتج من الأوراق إلى الأقسام الأخرى للنبتة.

2. نقل الخلايا التناسلية (جاميطات)

يوجد كائنات حية تعيش في اليابسة، لكن على الرغم من ذلك، فإنها متعلقة بالماء لكي تتكاثر. مثلاً: الخلايا التناسلية الذكرية للحزازيات والسرخسيات التي تعتبر نباتات يابسة بسيطة، هي خلايا ذات أسواط وتحتاج إلى ماء، لكي تصل إلى الخلايا الأنثوية لإخصابها، على الرغم من أن النبات ذاته يعيش في اليابسة.

مثال إضافي على ذلك هو الضفدع وبرمائيات أخرى. يضع الضفدع بيضه في الماء، وتُفرز الخلايا الذكرية أيضًا إلى الماء. ويتم الإخصاب في الماء، وشرغوف (دعموس) حديث السن الذي يتطور من البويضة المخصبة، يعيش أول حياته في الماء. على الرغم من أن الضفدع البالغ يستطيع العيش على اليابسة، لكنه متعلق ببيئة محيطة مائية لتكاثره.

السرخ (أ) حزاز (ب)

علاقة بموضوع

الخلية: *مبان في خلية النبات – الفجوة العصارية.*

3. الحفاظ على التوازن في النباتات

في أعضاء صغيرة السن، في نباتات متعددة السنوات، وفي نباتات حولية، تطورت أنسجة داعمة بشكل قليل نسبيًا، ويتعلق انتصابها بشكل كبير جدًا بالماء الذي يملأ الفجوة العصارية التي تحتل قسمًا كبيرًا من حجم الخلية. عندما نتمعّن في نباتات، لم يتم ريها، فمن السهل تمييز أهمية الماء للحفاظ على ثبات النبات. وهذه النباتات تكون منكمشة وذابلة. هذه المشكلة ليست موجودة في الأشجار، لأن أقسامًا كثيرة منها تكون قاسية (خشبية)، وأثناء النقص في الماء تبقى معتدلة ومنتصبة.

يحدث نقص الماء بالأساس في الأوراق والأغصان الحديثة السن.

نبات منتصب ونبات ذابل

المياه هي عامل محدِّد في البيئة المحيطة في اليابسة

يُشير اسم البيئة المحيطة اليابسة إلى أنها جافة، ومورد الماء ليس متوافرًا في كل لحظة وفي كل مكان: توجد مواسم كثيرة الأمطار ومواسم دون أمطار، ويوجد بيوت تنمية فيها ماء بكثرة، ويوجد بيوت تنمية شحيحة/ صحراوية.

إضافةً إلى ذلك، الهواء الذي تكون فيه – عادةً – رطوبة منخفضة، يؤدي إلى تبخر ماء كبير من مساحة السطح الخارجي للكائن الحي، ويؤدي إلى فقدان الماء.

الكائنات الحية التي تعيش في بيئة محيطة جافة تكون ذات ملاءمة لظروف النقص المؤقت أو الدائم في المياه.

■ ملاءمة للحياة في اليابسة

إلى جانب التنوع الكبير في الملاءمة – لنقص الماء – التي سنصف قسمًا قليلاً منها فيما بعد. يوجد ثلاث ملاءمات مشتركة لجميع الكائنات الحية التي تعيش في اليابسة:

1. تغطية مساحة الجسم بغطاء غير نفّاذ للماء

كوتيكولا النباتات، كيتين الحشرات وجلد الحيوانات، تساعد جميعها على تقليص تبخر الماء من مساحة السطح الخارجي للجسم.

المصطلحان كوتيكولا (أدمة) وكيتين

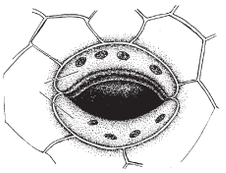
كوتيكولا: طبقة من المركبات الدهنية الشمعية التي تفرزها جدران طبقة الخلايا الخارجية (الأبيدرميس) التي تحيط الأقسام العلوية للنباتات – التي تقع فوق سطح التربة (بالأساس الأوراق والسيقان) – وتغطيها.
كيتين: متعدد السكريات، وهو يُغطي أجسام الحشرات والفطريات.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: الجهاز التنفسي.

2. حماية المناطق التي يتم فيها تبادل الغازات

تبادل الغازات مع الهواء، هو جزء من عملية التنفس (التي تتم في جميع الكائنات الحية الهوائية) ومن عملية **التركيب الضوئي** (الذي يتم في النباتات). تتم عملية **تبادل الغازات**، إذا كان السطح الخارجي للخلايا رطبًا. في الثدييات وفي حيوانات أخرى، يتم تبادل الغازات المتعلق بالتنفس في الرئتين الموجودة داخل جسم الكائن الحي، لكي نحميها من الجفاف، حيث يوجد أنابيب خاصة تقوم بالربط بينها وبين الهواء الخارجي. في أوراق النباتات، يوجد فتحات خاصة – **ثغرات** (الرسمة ب– 7) من خلالها يتم استيعاب CO_2 وإطلاق أكسجين وبخار ماء. يوجد آلية خاصة تقوم بإغلاق فتحة الثغرات عندما يكون النبات في حالة نقص في المياه، وهكذا يحمي داخل الأوراق من الجفاف (للمزيد من المعلومات، انظروا صفحة 42).



الرسمة ب – 7 : ثغر مفتوح

3. تكاثر غير متعلق بالماء

الخلايا التناسلية كالخلايا الذكرية والبويضات، لا تستطيع العيش في بيئة محيطة ليست مائية.

كيف تُنقل الخلايا التناسلية بين الكائنات الحية في اليابسة؟ وكيف يتم الالتقاء فيما بينها؟

في النباتات (التي يتم اخصابها بشكل ذاتي أو بإخصاب متبادل)، تصل حبيبات اللقاح – المحمية جيدًا بغلاف غير نفّاذ للماء – من الأسدية إلى الميسم الذي يقع في رأس المتاع.
بعد إنبات حبيبات اللقاح، يتم استغلال إحدى النوى لتخصيب البويضة الموجودة في عمق المبيض.
في الزواحف، الطيور والثدييات، يتم إخصاب داخلي. حيث يتم إدخال الخلايا الذكرية إلى داخل جسم الأنثى، وهي لا تتلامس مع الهواء الخارجي الجاف. فبهذه الطرق، يتم الالتقاء بين الخلايا التناسلية في مكان محمي جيدًا من الجفاف وهو "بيئة مائية داخلية".
بعد الإخصاب، يكون الجنين محميًا من الجفاف أيضًا. ففي النباتات يكون محميًا بواسطة تغليف البذور، وفي الزواحف والطيور يكون محميًا داخل بيضة فيها محلول مائي، والأغشية والقشرة تسمح بتبادل الغازات، لكنها تقلل من خطر الجفاف، أما في الثدييات، يتطور الجنين داخل بيئة مائية موجودة في رحم أمه.

بعد أن وصفنا ملاءمات تُميز جميع الكائنات الحية في اليابسة، فسوف نَصف بشكل منفصل ملاءمات النباتات والحيوانات.

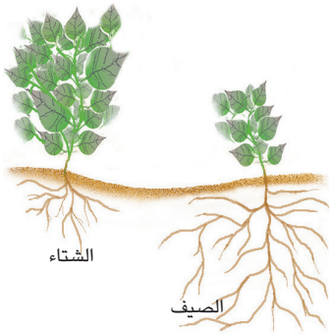
■ ملاءمة النباتات للحياة في بيئة محيطة جافة

النباتات ساكنة، ولا تستطيع أن تتحرك من مكانها، لكي تبحث عن مصادر مياه. الملاءمات التي نَصفها فيما بعد، هي التي تساعد النباتات في الوصول إلى المياه الموجودة في التربة، وهكذا تُقلص النبتة من فقدان المياه من أقسامها الموجودة فوق سطح التربة.

ملاءمة الجذور والأوراق للبيئة المحيطة الجافة

تتم عملية استيعاب المياه والأملاح من التربة بواسطة الجذور التي نجد فيها "شعيرات" نسمّيها **شعيرات ماصة** (الرسمة 8 – ب). الشعيرات الماصة دقيقة جدًا، ومساحة سطحها الخارجي كبيرة جدًا نسبةً إلى حجمها. وهكذا تكبر مساحة السطح الخارجي العامة للجذور. النباتات الصحراوية، يوجد لها أحيانًا أنظمة (شبكات) جذور عميقة ومتشعبة، وهكذا يزداد حجم التربة التي يتم استيعاب المياه منها (الرسمة ب – 9).

الرسمة ب 8: شعيرات ماصة (ذُرة)



الرسمة ب – 9: نظام (شبكة) الجذور في نبات صحراوي في الصيف والشتاء

سؤال 3–ب

عندما نفحص جذور نباتات، فإننا نجد الشعيرات الماصة – بالأساس – في الأقسام الحديثة السن التي تنمو بسرعة في أطراف الجذور. ما هي برأيكم أفضلية هذا الوضع للنبتة؟

تفقد النباتات معظم المياه – التي تستوعبها عبر الجذور – من خلال عملية التبخر إلى البيئة المحيطة، وذلك بالأساس عبر الثغور الموجودة في الأوراق.
كمية المياه التي تمر في النبتة أكبر بكثير من كمية المياه التي تحتاجها النبتة للنمو، للحفاظ على الدعامة، للنشاطات الكيميائية ولنقل المواد (الرسمة ب – 10).

الرسمة ب – 10: كميات المياه التي تنطلق أثناء عملية النتح نسبةً لِما تحتاجه النبتة

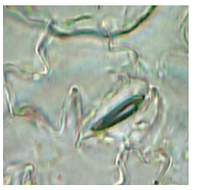
من الجدير بالمعرفة

في نبتة الذُرة، تستغل النبتة 1% فقط من المياه التي تستوعبها لبناء جسمها، أما 99 % من المياه، فإنها تمر عبر النبتة وتتطاير إلى الهواء عبر الثغور.

ما هو سبب فقدان المياه بكميات كبيرة في النباتات؟

يتم استيعاب ثاني أكسيد الكربون CO_2 المطلوب لعملية التركيب الضوئي عبر الثغور. كلما كانت الثغور مفتوحة، فإنّ CO_2 يتم استيعابه، لكن في نفس الوقت، ينطلق عبرها بخار ماء كثير إلى الهواء الذي رطوبته أقل من الرطوبة الموجودة داخل الورقة. عملية انطلاق بخار الماء من الورقة نسمّيها عملية **النتح**. ونتيجةً لذلك، يرافق فقدان الماء عملية التركيب الضوئي. إنّ أفضلية مبنى الثغور وآلية عملها أنها تكون مغلقة في معظم النباتات أثناء الظلام، الذي لا تتم فيه عملية التركيب الضوئي، وهكذا نمنع من فقدان زائد للماء.

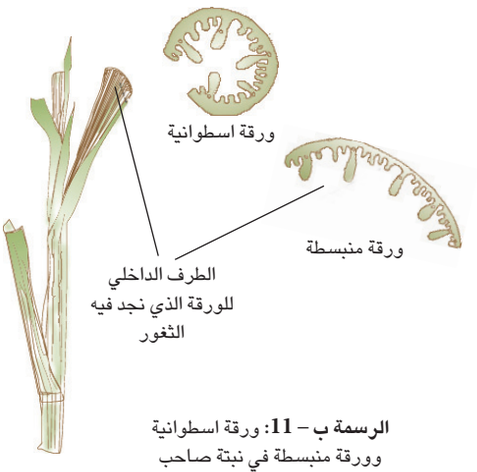
إضافةً إلى ذلك، فإن الثغور لا تُغلق في الظلام فقط، بل تُغلق في حالة نقص المياه في النبتة. عندما تكون الثغور مغلقة، لا يتم فقدان الماء، لكن في نفس الوقت، لا يدخل CO_2 إلى النبتة، وتنخفض عملية التركيب الضوئي. وينخفض أيضًا نقل المياه والمواد المذابة من الجذور إلى الأجزاء الحديثة السن في النبتة، ونتيجةً لذلك، ينخفض نمو النبتة.


ثغر مغلق

ثغر مفتوح

نعرف في النباتات عن ملاءمات كثيرة في مبنى الورقة وهي تقلل من فقدان الماء. أمثلة:

1. تغطية الأوراق بطبقة سميكة من الشمع (كوتيكولا)، مثلاً: أوراق الخروب.
2. ثغور غائرة في الورقة، أو مغطاة بشعيرات، مثلاً: أوراق شجر الزيتون.
3. مساحة صغيرة للسطح الخارجي للأوراق و/أو تساقط الأوراق في الصيف، مثلاً: الرتم.
4. أوراق أسطوانية، مثلاً: صاحب الرمال (الرسمة ب – 11).
5. تبديل أوراق الشتاء بأوراق الصيف: أوراق الشتاء كبيرة وأوراق الصيف صغيرة: أمثلة: النتش (الرسمة ب – 12)، الهنبل والليباد.



الرسمة ب – 11: ورقة اسطوانية وورقة منبسطة في نبتة صاحب الرمال

"نبتة صاحب الرمال"

الرسمة ب – 12: نبات النتش مع أوراق الشتاء

سؤال 4 – ب

أ. "مبنى الورقة هو عبارة عن حل وسط بين الملاءمة لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، وبين الملاءمة للحفاظ على موازنة مياه موجبة في النبتة". اشرحوا هذه العبارة.

ب. اشرحوا، كيف تساهم كل ملاءمة من الملاءمات أعلاه في تقليل فقدان المياه؟

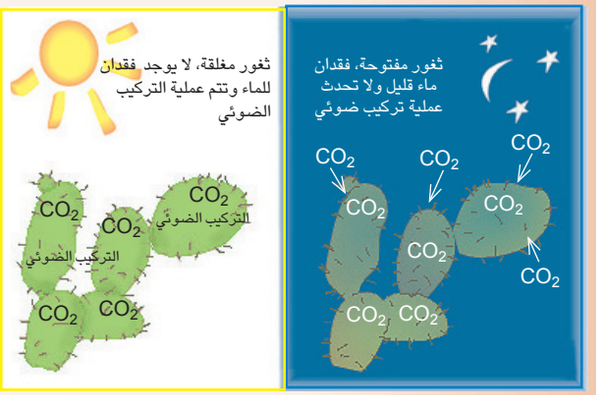
توسع: نباتات CAM – تنفيذ عملية التركيب الضوئي أثناء إغلاق الثغور

يتأثر فقدان المياه أثناء عملية النتح من الظروف الفيزيائية في البيئة المحيطة، وهو يزداد في ساعات الإضاءة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية والرطوبة منخفضة. إنّ تقليل فقدان الماء من خلال إغلاق الثغور، يؤدي في أعقابه إلى تقليل عملية التركيب الضوئي.

في نباتات الـ CAM، تطورت آلية فسيولوجية – بيوكيميائية بالطريقة الآتية: تكون الثغور مفتوحة في ساعات الليل، يتم استيعاب الـ CO_2 في هذه الساعات، ويرتبط من خلال عمليات كيميائية ويُحفظ بمركب خاص.

عند فتح الثغور أثناء الليل، يتبخر ماء، لكن هذه الكمية أقل من الكمية التي تتبخر خلال النهار (لماذا؟).
خلال النهار وفي ساعات الضوء، تكون الثغور مغلقة، لكن تتم عملية التركيب الضوئي بمساعدة ضوء الشمس وَ CO_2 الذي تمّ استيعابه وتخزينه أثناء الليل (الرسمة ب – 13).
نباتات الـ CAM ملائمة للحياة في ظروف الجفاف، وهي شائعة أكثر في مناطق حارة وجافة.

نباتات CAM: صبار



الرسمة ب – 13: عملية التركيب الضوئي في نباتات الـ CAM

ملاءمة دورة الحياة للبيئة المحيطة الجافة

تبدأ دورة حياة النبات **الحولي** من البذرة وتنتهي بإنتاج جيل جديد من البذور ونشرها. إنَّ دورة الحياة التي تنبت فيها البذور، وتنمو النبتة، وتُزهر وتنضج الثمار في الفترة التي يتواجد فيها الماء بكثرة، هي عبارة عن ملاءمة للتغيُّرات الموسمية في توافر المياه. وهذا السلوك للنبات الحولي، يعتبر "هروب" من مواجهة النقص في المياه، في فصل الصيف الجاف.
تستطيع البذور أن تصمد في ظروف الجفاف، وأن تجتاز الصيف في حالة **سبات**، وتستيقظ وتنبت عند قدوم المطر.
نلاحظ عند النباتات الحولية – في البلاد – ظاهرة **الإنبات** مع قدوم المطر الأول وإكمال دورة حياة النبات حتى بداية فصل الصيف.

سؤال ب – 5

افحصوا (في كتاب تعريف النباتات، أو في مصدر معلومات آخر) موسم إزهار خمس نباتات حولية وخمس نباتات معمرة. ركزوا نتائجكم ونتائج أصدقائكم في جدول. ماذا يمكن الاستنتاج حول العلاقة بين دورة الحياة وبين توافر المياه؟

دورة الحياة القصيرة للنباتات الحولية، هي إحدى الطرق التي تضمن بقاءها في المناطق التي يوجد فيها موسم جاف. هناك ظاهرة شبيهة عند قسم من النباتات المعمرة. في النباتات ذات البصيلات، أو الدرنات، أو الجذور السميكة الموجودة تحت الأرض، والتي تُسمّى **نباتات أرضية** (**جيوفيتات**: جيو= أرض، فيتات = نباتات)، مثل: بُصيل، شقائق النعمان والعوصل، فإنها تنمو بالأساس في موسم المطر، وتجتاز هذه النباتات موسم الجفاف مع أقسام علوية جافة وميتة. ويُحفظ فقط عضو التخزين الموجود تحت الأرض والذي فيه براعم التجدد للموسم القادم.

يتجدد النمو في فصل الخريف مع قدوم الموسم الماطر، كما يحدث عند البُصيل والحيلوان (اللذين يبشران بقدوم فصل الخريف)، أو يتجدد النمو بعد بدء هطول الأمطار، كما يحدث عند .شقائق النعمان، صابون الراعي، النرجس، العوصل وغيرها.

جيوفيتات (نباتات أرضية) من اليسار إلى اليمين: صابون الراعي، حيلوان، شقائق النعمان، خبيزة

نبحث البيئة: «ساعة مطر» في نبتة شوك الدب

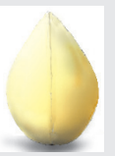
(تمّ إعداد الموضوع من: جوترمن، ي.، فيتستوم، أ.، بن آري، (1969) ساعات مطر في شوك الدب، **מדע י"ג**، 276–281).

عند شوك الدب الذي ينمو في النقب، يوجد نظام نشر بذور معقد ومثير الاهتمام. تُحفظ البذور في الثمار، وهي تنتشر – فقط – بعد أن تتم عملية فتح الثمار. هذا النظام مرتبط بثلاثة مقاييس المطر أو "ساعات المطر" التي تقوم بتفعيل نظام نشر البذور – فقط– بعد أن هطلت كمية مطر في الحد الأدنى. يمكن التعرف على عمل إحدى "ساعات المطر" من خلال النتائج المعروضة في الجدول الآتي:

زمن نقع الثمار بالماء (بالدقائق)					
180	60	40	20	10	5
52	52	36	8	2	0

النسبة المئوية للثمار التي "انفجرت" وأطلقت بذورًا

شوك الدب



ثمرة مغلقة

ثمرة في بداية عملية الفتح

ثمرة مفتوحة

سؤال ب 6

أ. ارسموا رسمًا بيانيًا للنتائج التي تظهر في الجدول.

ب. ماذا يمكن الاستنتاج من النتائج؟

ج. ما هي الأفضلية التي تكتسبها النباتات الصحراوية نتيجةً لوجود "ساعة المطر"؟ اشرحوا.

من وجهة نظر زراعية: الماء كعامل محدد في الزراعة

النباتات الزراعية التي تُشكل مكونًا مهمًا في غذائنا، تحتاج إلى كميات مياه كبيرة لنموها. لذا توافر مورد المياه، هو عامل محدد ومهم في الزراعة. في إسرائيل التي مصادر مياهها ضئيلة، لا نستطيع دائمًا أن نقوم بري الحقول أو الكروم بكميات المياه المطلوبة، وهناك من يعتمد على مياه الأمطار فقط. الزراعة التي تعتمد على مياه المطر فقط نسمّيها زراعة بعلية. الحنطة، الشعير، العنب، النخيل، الرمان، التين والزيتون، هي أنواع يمكن تنميتها – في البلاد– في ظروف بعلية (على الأقل 200 ملم مطر في السنة)، ففي البلاد، ننمي عادةً دون ري القمح والشعير في شمال النقب، وكروم الزيتون في الجليل الأسفل. أما الزراعة التي تعتمد على ضخ المياه عبر القنوات والأنابيب، فإننا نسمّيها زراعة الري. ففي البلاد، كروم الفواكه والمزروعات الصيفية، مثل: الخضروات والقطن، هي أمثلة لزراعة الري.

للمزيد عن

الري واستعمال مياه المجاري المكرّرة، انظروا الفصل السابع.

■ ملاءمات الحيوانات للبيئة المحيطة الجافة

المشكلة الأساسية لدى الحيوانات التي تعيش في بيوت تنمية (مواطن) جافة، هي الوصول والحصول على مياه الشرب. تتغيّر كمية المياه المتوافرة مع فصول السنة ومن سنة إلى أخرى، وأحيانًا يجب أن تقطع الحيوانات مسافات كبيرة جدًا لإيجاد مصدر مياه. أمامكم جدول ب – 2، وهو يعرض تلخيص مصادر المياه وطرق فقدان المياه في الحيوانات.

جدول ب – 2: مصادر المياه وطرق فقدانها في الحيوانات

مصادر المياه	طرق فقدان المياه
مياه الشرب	تتبخر من سطح الجسم
غذاء: ثمار وأقسام نباتات أخرى، لحوم	تتبخر من أجهزة التنفس
نواتج التأكسد (الماء الناتج خلال عمليات الأيض)	إفراز ماء في البراز والبول

فيل قرب مصدر مياه

توسع: استغلال مياه ناتجة من عملية الأيض (مياه أيضية)

المياه الناتجة من عملية الأيض، هي مصدر المياه المهم والأساسي للقوارض التي تعيش في الصحراء، مثل: اليربوع والقنفع (بسمون) اللذين غذاؤهما يشمل بالأساس بذور جافة.

عند أكسدة المواد العضوية التي مصدرها من الغذاء (جدول ب – 3)، كما هو الأمر في التنفس الخلوي، فإنّ الأكسجين يرتبط بالهيدروجين وينتج ماء. هذه هي المياه الأيضية.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

للمزيد عن

التأكسد – الاختزال، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية.

جدول ب – 3: كمية المياه الناتجة أثناء أكسدة 1 غرام من المادة العضوية

نوع المادة	كمية الماء (غم)
نشا	0.56
دهنيات	1.07
بروتينات	0.39

قنفع (بسمون)، ثدي صحراوي لا يشرب الماء

في الحيوانات، كما هو الأمر في النباتات، هناك أنواع مختلفة من الملاءمة التي تساهم في تقليل فقدان الماء.

العيش في أماكن مظللة ورطبة

إنّ فقدان المياه من السطح الخارجي للجسم نتيجةً للتبخر، يؤدي إلى مشكلة كبيرة جدًا للكائنات الحية التي جلدها الخارجي رطب وينقصه غطاء حماية، مثل: جلد دودة الأرض أو الضفدع. تتبخر كمية مياه كبيرة جدًا عبر السطح الخارجي للجسم، وقد تصل إلى 0.4 ملغم ماء في الساعة، من كل واحد سنتمتر مربع من جلد الدودة (1 ملغم يساوي واحد على ألف من الغرام)، وعند الضفدع، تصل إلى 0.3 ملغم ماء في الساعة، من كل واحد سنتمتر مربع من جلد الضفدع. (للمقارنة: الإنسان الذي لا يعرق، فإنه يفقد في الساعة فقط 0.048 ملغم ماء من كل واحد سنتمتر مربع من جلد جسمه).

يقل فقدان المياه عند دودة الأرض والضفدع بفضل الأماكن الرطبة والمظللة التي تعيش فيها، وغير مكشوفة للشمس، مثل: داخل التربة، أو بين نباتات كثيفة بالقرب من مجمعات مياه.

إعادة امتصاص الماء في الأمعاء والكليتين

كمية كبيرة من المياه التي تمر عبر الجهاز الهضمي للحيوانات، لا تُفرز مع البراز، بل يتم امتصاصها عبر الأمعاء إلى الدم. إضافة إلى ذلك، فإنّ كمية قليلة من المياه الراشحة عبر الكليتين، يتم امتصاصها في الجسم، ولا تُفرز في البول.

تستطيع الثدييات والطيور أن تُنْتِج بولاً فيه تركيز أملاح أعلى من بلازما الدم.

يَنْتُج البول المركّز في أعقاب إعادة امتصاص الماء في نفرون الكلى، في منطقة الأنبوبة البولية، وهكذا لا نفقد الماء في البول.

تُشير الأبحاث إلى أن هناك علاقة بين عرض لب الكليتين الذي تقع فيه الأنابيب البولية وبين البيئة المحيطة الحياتية: في الثدييات التي تعيش في بيئات حياتية جافة وحارة، يكون لب الكليتين أعرض وفيه أنابيب بولية أطول مقارنةمع الثدييات التي تعيش في بيئات حياتية ليست جافة وحارة، لذا كمية المياه التي يتم امتصاصها في كلية الثدييات الأولى تكون أكبر من الثدييات الأخرى التي تعيش في بيئات حياتية أخرى.

علاقة بموضوعه

بيولوجيا الإنسان: جهاز الإفراز.

إفراز فضلات نيتروجينية صلبة

في بول الحيوانات، يتم أيضًا إفراز نفايات نيتروجينية مذابة فيه، مثلاً: **اليوريا**، لكن إفراز البول بكميات كبيرة معناه فقدان مياه بكميات كبيرة. الحشرات، الزواحف والطيور، لا تفرز مواد النفايات كيوريا مذاب في الماء، بل **كحامض يوريك** غير قابل للذوبان في الماء، لذا هذا النوع من الإفراز، لا يرافقه فقدان ماء.

إنّ إفراز نفايات النيتروجين على شكل حامض يوريك غير ذائب، يُعتبر ملاءمة تساهم في تقليص إفراز الماء من الكائن الحي.

من الجدير بالمعرفة

يفقد الإنسان حوالي 200 ملل من الماء أثناء عرقه خلال يوم عادي.

ملاءمة للحياة في بيئة محيطة مائية

■ المياه كبيئة حياتية مائية

المياه في المحيطات، البحيرات والوديان، تعتبر بيوت تنمية لكل فترة حياة الكائنات الحية المختلفة التي تعيش فيها. وتشكل المياه بيئة حياتية سهلة:

1. لا يوجد فيها خطر لجفاف الخلايا.

2. لا توجد تغيُّرات متطرفة في درجة الحرارة بين النهار والليل، وبين فصول السنة أيضًا.
3. يوجد في الماء مواد مذابة كثيرة وضرورية لحياة الكائنات الحية.
4. يوجد دعم فيزيائي كافٍ للكائنات الحية التي تعيش في المياه، وتستطيع أن تعيش فيها أيضًا كائنات حية، لا يوجد لها هيكل داخلي أو خارجي، مثل: قنديل البحر، الهيدرا أو الطحالب، على سبيل المثال، خسة البحر.
5. يوجد تيارات من الماء التي تُسهل على حركة الكائنات الحية والجاميطات (الخلايا التناسلية)، وهي تستطيع أن تنتقل من مكان إلى آخر، دون أن تبذل طاقة كثيرة.

قنديل البحر

■ ملاءمة الحيوانات للبيئة الحياتية المائية

على الرغم من أن البيئة الحياتية المائية سهلة، إلا أنها تضع محدوديات أمام الكائنات الحية، وفيما يلي هذه المحدوديات:

1. صعوبة الحركة في المياه بشكل فعّال (دون أن تنجرف).
2. تنظيم موازنة المياه والأملاح في الجسم.
3. ذوبان منخفض للأكسجين.
4. درجة حرارة منخفضة جدًا للماء في مناطق الأقطاب وفي عمق المياه.

سنصف هنا، قسمًا من الملاءمات الخاصة لهذه المحدوديات.

ملاءمة مبنى الجسم للحركة في المياه

صحيح أن تيارات الماء تؤدي إلى الجرف، وهكذا تسهل الحركة غير الفعّالة للكائنات الحية في الماء، لكن المياه أكثر كثافةً (لزوجةً) من الهواء، لذا من الصعب أن تسبح، وأن تتقدم فيها الكائنات الحية مقارنةً مع الهواء الحر. تتم الحركة السريعة للكائنات الحية في الماء، إذا كان مبنى جسمها ملائمًا للحياة في هذه البيئة الحياتية: إنّ أجسام الأسماك والثدييات التي تعيش في الماء ملساء، وشكلها يساهم في تقليل الاحتكاك، وتقليل مقاومة الحركة في الماء. أغشية السباحة التي تُميّز الطيور المائية ومبنى أطراف أجسام الثدييات، تُسهل هي أيضًا على السباحة والحركة في الماء (الرسمة ب – 14).

الرسمة ب 14: ملاءمة للحركة في الماء: كلب البحر والبجع

من الجدير بالمعرفة: أيهما يتقدم أسرع، الكائن الحي الذي يركض في الهواء أم الكائن الحي الذي يسبح في الماء؟

الرقم القياسي العالمي في ركض 100 م هو 10 ثوانٍ، والرقم القياسي العالمي في سباحة 100 م (سباحة حرة) هو 50 ثانية تقريبًا!

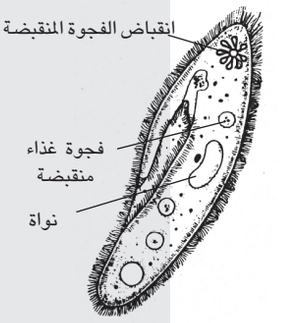
تنظيم موازنة المياه والأملاح في الجسم

صحيح أن الحياة في الماء تمنع من خطر الجفاف، لكن " لا يوجد أشياء جيدة دون أشياء سيئة " . في المياه العذبة أو الحلوة (مياه فيها تركيز الأملاح منخفض) يكون تركيز الأملاح داخل الكائن الحي أعلى من تركيز الأملاح في البيئة المحيطة المائية، لذا يحدث اسموزا (تنافذ) للماء من البيئة المحيطة إلى داخل الكائن الحي. تتم هذه الظاهرة في الكائنات الحية الأُحادية الخلية، مثلاً: البراميسيوم، وفي كائنات حية متعددة الخلايا، مثل: السرطانات، الرخويات (الأصداف) وأنواع الأسماك المختلفة.

كيف تواجه الكائنات الحية فائض المياه؟

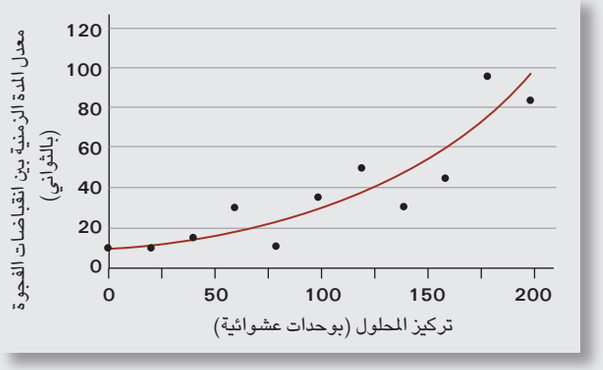
أثناء نشوء وارتقاء الكائنات الحية، تطورت آليات وأعضاء لمواجهة فائض الماء. في البراميسيوم الأُحادي الخلية (الرسمة ب – 15)، تنقبض الفجوة المنقبضة، وهي تمتلئ بالماء وتفرغ من مرة إلى أخرى بدورية ثابتة، وهكذا يتم إبعاد فائض المياه.

نبحث البيئة: إفراز فائض الماء من البراميسيوم



الرسمة ب – 15: براميسيوم (كائن حي أُحادي الخلية) مع فجوة منقبضة

في البحث الذي أُجري لفحص تأثير تركيز المواد المذابة في المحلول على وتيرة نشاط الفجوة المنقبضة، تمّ إدخال براميسيوم إلى محاليل بتراكيز مختلفة، وقياس المدة الزمنية التي تمر بين انقباض معين للفجوة المنقبضة وبين الانقباض الذي يليها. وقد حصلوا على النتائج المعروضة في الرسمة ب – 16.



الرسمة ب – 16: معدل المدة الزمنية التي تمر بين انقباض الفجوة كدالة لتركيز المحلول

سؤال ب– 7

اشرحوا العلاقة بين المدة الزمنية التي تمر بين انقباض الفجوة وبين تركيز المحلول.

علاقة بعمى ضوء

بيولوجيا الإنسان: جهاز الإفراز.

في الكائنات الحية المتعددة الخلايا، يوجد أجهزة إفراز تقوم بإبعاد فائض المياه. ومع هذه المياه الزائدة، يتم أيضًا إبعاد مواد فضلات مختلفة مذابة فيها. الكليتان عند الثدييات، هما جزء من جهاز الإفراز الذي يساعد على إبعاد فائض المياه في بيوت تنمية مائية عذبة، وتساعد على إبعاد فائض الأملاح أيضًا. لذا الكليتان، هما جهاز يقوم بالاتزان البدني وينظم كمية الماء والأملاح في الجسم.

وماذا يحدث مع الكائنات الحية التي تعيش في بيئة مائية مالحة؟

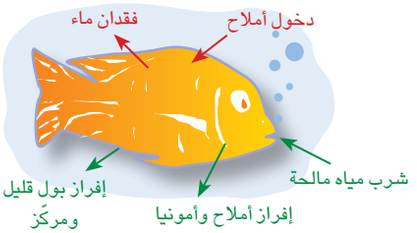
في بيوت التنمية المائية المالحة، مثل: المحيطات، البحار، أو البحيرات المالحة، يوجد للكائنات الحية مشكلتان:

- فقدان مياه من الكائن الحي إلى البيئة المحيطة (لماذا؟).
- تراكم الأملاح في الجسم نتيجةً لعملية انتشار الأملاح من تركيزها العالي في مياه البحر إلى تركيزها المنخفض داخل الكائن الحي.

الأملاح المختلفة ضرورية للنشاط السليم للكائن الحي، لكن تراكمها بكميات كبيرة، قد يضر نشاطات الخلايا. ويمكن أن يحدث ضرر مضاعف: من ناحية معينة، الخلايا والأعضاء الموجودة داخل الكائن الحي، تفقد مياها في عملية التنافذ ويتضرر نشاطها، ومن ناحية ثانية، قد يكون تأثير سلبي للأملاح ذاتها، وأحيانًا تؤدي إلى تسمم العمليات في الخلية.

لكي نفهم، كيف يواجه الكائن الحي الذي يعيش في البحر هاتين المشكلتين؟ يجب أن نفحص ما يحدث عند السمكة:
تركيز الأملاح في جسم السمكة أقل من تركيز الأملاح في البحر. نتيجةً لذلك:
(أ) تدخل أملاح إلى جسم السمكة مع الماء والغذاء، ومن خلال الانتشار عبر السطح الخارجي.
(ب) تفقد السمكة مياهًا عبر سطح جسمها الخارجي.
يوجد ثلاث آليات تساعد السمكة في الحفاظ على موازنة المياه والأملاح (الرسمة ب – 17):

1. الشرب الكثير.
2. إفراز فائض الأملاح والأمونيا (فضلات نيتروجينية) من خلال خلايا خاصة موجودة في الخياشيم.
3. إفراز كمية قليلة من البول.



الرسمة ب – 17: موازنة الماء والأملاح في سمكة البحر (الشرح موجود في النص)

فكرة مركزية: الاتزان البدني

يتم الحفاظ على موازنة المياه بشكل تدريجي وهو يرافق الحفاظ على موازنة الأملاح. الآليات الموجودة في الحيوانات التي تعيش في البحر واليابسة، تعمل على تنظيم موازنة المياه والأملاح، والحفاظ عليهما معًا. يتحقق الاتزان البدني بمساعدة هذه الآليات، وهذا يعني: يتم الحفاظ على محيط داخلي ثابت تقريبًا، على الرغم من التغيُّرات في البيئة المحيطة الخارجية.

سؤال 8

صنفوا ملاءمات توافر المياه في البيئة المحيطة والحفاظ عليها في الحيوانات إلى أنواع:
ملاءمة المبنى، ملاءمة سلوكية وملاءمة فسيولوجية – بيو كيميائية.

■ ملاءمة النباتات للحياة في الماء

المميزات البارزة للنباتات في بيت التنمية المائية أنها لا تشمل أشجارًا وجنبات (شجيرات)، بل معظمها طحالب (نباتات بسيطة، تعيش مغمورة في الماء). النباتات التي يوجد لها ساق، أوراق وأزهار، والتي كل جسمها أو قسم منه مغمور في الماء وأوراقها مكشوفة للهواء، فإنها تعيش بالأساس في أطراف بيوت التنمية المائية، وفي مكان فيه تربة لتثبت نفسها بها، وتكون أوراقها مكشوفة لضوء الشمس. النباتات المائية، مثلاً: الألوديا التي تكون كلها مغمورة في الماء، تستطيع أن تنمو في مياه صافية، في أعماق كبيرة تصل حوالي 10 أمتار.
فيما يلي ملاءمات المبنى التي تميز النباتات التي تعيش مغمورة في الماء:

- يوجد لها أنسجة دعم ونقل قليلة.
- يوجد حيزات هوائية في الساق وفي عنق الأوراق.
- يوجد طبقة أدمة (كوتيكولا) دقيقة جدًا على سطوح الأوراق.
- الأوراق دقيقة جدًا، لا يوجد فيها ثغور، وأحيانًا مجزأة إلى فصوص كثيرة.

جميع هذه الملاءمات، تكسب النباتات المائية أفضليات لاستغلال الضوء الموجود بكمية قليلة في الماء، وتزيد من نجاعة تبادل الغازات واستيعاب الأملاح. المبنى المجزأ للأوراق يكسبها الصمود أمام تيارات الماء القوية، ويمنع من تمزقها ومن انفصالها عن النبتة.

الألوديا

في عنق ورقة ياقوتية الماء (الرسمة ب –18)، يوجد أنسجة تهوية تساعد النبتة أن تطفو، وتشكل مكانًا لتخزين الأكسجين الناتج عن عملية التركيب الضوئي.

الرسمة ب 18: ياقوتية الماء (نلاحظ في الصورة اليمنى أنسجة تهوية في عنق الورقة)

توسع: غابات المنجروف

تنمو غابات المنجروف بالأساس في المناطق الاستوائية، في الأماكن التي تصب فيها أنهر كبيرة إلى المحيطات وتختلط المياة المالحة مع المياه العذبة (الحلوة). تسمى مجموعات أشجار المنجروف " غابات البحر " . تتميز هذه الأشجار بقدرتها على البقاء في مياه البحر المالحة. وفي هذه الأشجار، يوجد آليتان لإبعاد فائض الأملاح:

1. ترشيح: الأملاح التي تدخل مع المياه عبر جذور الشجرة، تمر بسلسلة أغشية خاصة تمنع من دخول الأملاح إلى داخل الشجرة.
2. يوجد " غدد" خاصة على سطح الأوراق، وهي تؤدي إلى تراكم الأملاح ببلورات صغيرة. وتقوم المياه والرياح بإبعاد هذه البلورات عن الأوراق.

ب 3: الضوء: مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي ومحفز في البيئة المحيطة

ضوء الشمس هو مصدر الطاقة الأولي لإنتاج مواد عضوية خلال عملية التركيب الضوئي. يصف الجدول ب – 4 أنواع أشعة الشمس وتأثيرها على النظام البيئي.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان:
تأثير أشعة UV على الإنسان.

جدول ب – 4: أنواع أشعة الشمس وتأثيرها على النظام البيئي

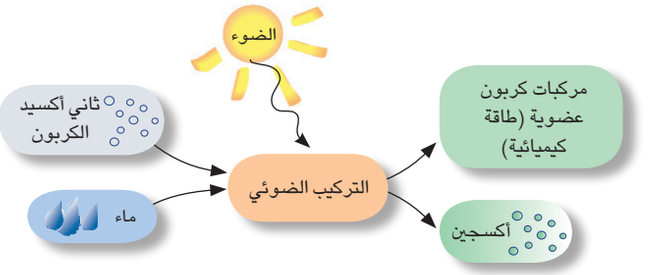
نوع الأشعة	مجال أطوال الأمواج (نانومتر*)	النسبة المئوية من مجموع الأشعة	التأثير على كائنات حية وعلى أنظمة بيئية
فوق بنفسجية (UV)	300-3	10%	تساعد على إنتاج فيتامين D في الجلد، تؤدي إلى سرطان الجلد وإلى تعكر عدسة العين (كترات). تساعد على إنتاج الأوزون.
ضوء مرئي	700-400	44%	مصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي، ومحفز في البيئة المحيطة لعمليات تطور في الكائنات الحية.
تحت الحمراء	3000-700	45%	تسخين الغلاف الجوي، تحريك دورة المياه.

* نانومتر = 0.0000001 سم

علاقة بموضوع

الخلية: عملية التركيب الضوئي كعملية تحويل طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية.

على الرغم من أن قسمًا قليلاً جدًا (حوالي 2%–1%) من أشعة الضوء المرئي يتحول إلى طاقة كيميائية أثناء عملية التركيب الضوئي، لكن من المعروف أن هذه العملية، هي العملية الأساسية التي تزوّد الكائنات الحية بمركبات عضوية (غذاء) وأكسجين (الرسمة ب – 19). لذا الضوء هو مصدر الطاقة الوحيد لمعظم الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية. موارد الوقود للمجتمع الصناعي العصري، مثل: النفط، الفحم والغاز، هي أيضًا نواتج مباشرة وغير مباشرة لعملية التركيب الضوئي التي تمّت في عصور قديمة.



الرسمة ب – 19: رسم تخطيطي لعملية التركيب الضوئي: نحصل على مادة عضوية وأكسجين من ثاني أكسيد الكربون وماء.

ملاءمات نباتات لاستيعاب معظم الضوء

عندما نتمعّن في أشكال الأوراق المختلفة وترتيبها في النبتة، فإننا نلاحظ أن هناك ملاءمة بين مبنى الورق والنبتة لاستيعاب كمية عظمى من الطاقة الضوئية.

كيف يتلاءم مبنى النبتة مع استيعاب كمية عظمى من الضوء المطلوب لعملية التركيب الضوئي؟

نتمعّن أولاً في أشكال الأوراق التي تعتبر العضو الأساسي الذي تتم فيه عملية التركيب الضوئي.

أشكال مختلفة للأوراق

المساحة الكبيرة للأوراق نسبةً إلى حجمها، هي إحدى الصفات التي تميز أوراقًا كثيرة، وهذه الصفة تشكل ملاءمة لاستيعاب الضوء.

ليس شكل الورقة فقط، والنسبة بين مساحة السطح الخارجي للورقة إلى حجمها، هما اللذان يساعدان على زيادة نجاعة استيعاب الضوء، بل هناك عوامل أخرى، مثلاً: ترتيب الأوراق على النبتة.

عندما نتمعّن من أعلى في نبتة ذات أوراق سوارية وفي نبتة الجريح، فإننا نلاحظ ترتيبًا خاصًا للأوراق (الرسمة ب – 20).

الرسمة ب 20: نبتة ذات أوراق سوارية (على اليمين)، وترتيب الأوراق في نبتة الجريح (على اليسار)

من السهل أن نلاحظ أن ترتيب الأوراق في حالة الأوراق السوارية ونبتة الجريح يُقلل من أن تحجب الأوراق بعضها للضوء (تظليل متبادل). وهذا الترتيب يساعد الأوراق على استيعاب كمية عظمى من الضوء. الترتيب المضاد للأوراق، أو الترتيب على التوالي على الساق يقلل هو أيضًا من أن تحجب الأوراق بعضها للضوء.

ليس فقط النبتة المنفردة، توجد فيها ملاءمة لاستيعاب الضوء. بل نجد أيضًا الملاءمة لاستيعاب الضوء عندما نفحص تنظيم مجموعة نباتات في غابة. ففي الغابات الكبيرة، تنمو النباتات بكثافة كبيرة وهي تحجب الضوء قليلاً عن بعضها البعض. على الرغم من وجود تنافس على الضوء إلا أن الغابة تعتبر بيت تنمية مريحًا لنباتات كثيرة.

كيف تتلاءم النباتات للحياة في ظروف تنافس على الضوء؟

نبتة جريح تتسلق شجرة

فيما يلي عدة ملاءمات لنباتات (جنبات وأعشاب) تنمو بين أشجار عالية في غابة كثيفة:

- تتم دورة حياة النباتات الحولية والجيوفيتات في الفترة التي تتساقط فيها أوراق الأشجار العالية.
- ملاءمة مبنى الأوراق وملاءمات فسيولوجية بيوكيميائية لآلية عملية التركيب الضوئي التي تتم في شدة إضاءة منخفضة (نباتات الظل). يمكن أن نلاحظ عدة ملاءمات عند النباتات التي تنمو في الظل: مساحة الأوراق واسعة بالنسبة إلى حجمها، الأوراق مرتّبة بشكل أفقي (قائمة لاتجاه الأشعة) والكلوروبلاستيدات الموجودة في الخلايا مركزة في مستوى قائم للأشعة. إضافةً إلى ذلك، في نباتات الظل، يوجد كلوروبلاستيدات كثيرة وهي كبيرة نسبيًا.
- تستطيع النباتات أن تتسلق الأشجار لكي تتكشف إلى الضوء.

سؤال ب–9

في صفحة 42، وُصفت ملاءمات أوراق لحالات فيها نقص في المياه.
ما هو برأيكم تأثير هذه الملاءمات على كمية الضوء الذي تستوعبه الأوراق، وعلى التركيب الضوئي؟

من الجدير بالمعرفة: لا يوجد شيء جيد دون سيئات

تؤدي كمية ضوء كبيرة إلى أضرار في عملية التركيب الضوئي. نعرف اليوم آليات فسيولوجية – بيوكيميائية تقوم بحماية خلايا النباتات من هذه الأضرار.

الضوء في بيئة حياتية مائية

يتعرض سطح الماء في بيت التنمية المائي إلى الضوء، وإلى تقلبات في توافره وشدته خلال ساعات اليوم وفصول السنة. كما هو الأمر في بيوت التنمية في اليابسة، فإنّ أهمية مورد الضوء في بيوت التنمية المائية تكمن بكونه مصدرًا للطاقة المطلوبة لعملية التركيب الضوئي التي تتم في بكتيريا تقوم بعملية التركيب الضوئي وفي الطحالب.

لكن الضوء ليس متوافرًا بنفس المقدار في حيز بيت التنمية، لأن شدة الضوء ومكوناته (أطوال الأمواج) تتغيّر مع العمق ومع مدى تعكر الماء. تبدو لنا مياه البحر والبحيرات على أنها شفافة وصافية، لكن في المياه الصافية وفي عمق أكثر من 100 متر، لا تكفي كمية الطاقة الضوئية لعملية التركيب الضوئي. في البحيرات التي توجد فيها نباتات تطفو على سطح الماء وطحالب صغيرة جدًا (مجهرية – ميكروسكوبية)، وفي مجمعات مياه فيها مياه عكرة، نلاحظ في عمق عدة أمتار أن شدة الضوء ليست كافية لعملية التركيب الضوئي (الضوء هو عامل محدد). النتيجة من هذا الوضع أن توافر الأكسجين المطلوب للمستهلكات المختلفة يقل تدريجيًا أيضًا، كلما نزلنا في أعماق الماء.

وتتغيّر مكونات الضوء (أطوال الأمواج) أيضًا، كلما نزلنا في أعماق الماء. ففي الطبقات العليا للماء، تبتلع الكائنات الحية (نباتات تطفو على سطح الماء وطحالب ميكروسكوبية) التي تقوم بعملية التركيب الضوئي معظم الضوء المناسب لعملية التركيب الضوئي، لأنها تعيش قريبًا من سطح الماء.

تتغلغل إلى أعماق الماء بالأساس أطوال أمواج في مجال الضوء الأخضر، وهناك نجد طحالب لونها بني أو أحمر، وإضافةً إلى الكلوروفيل الذي تحتويه، فإنها تحتوي أصباغًا أخرى تقوم باستيعاب الضوء الأخضر. وطاقة الضوء التي يتم استيعابها في هذه الأصباغ تستغلها الطحالب للقيام بعملية التركيب الضوئي.

الضوء كمحفز من البيئة المحيطة

إضافةً إلى أهمية الضوء الكبرى كمصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي، فإنّ للضوء تأثيرات أخرى على النباتات والحيوانات. نحن نعيش في بيئة محيطة متغيّرة، وخلال اليوم تتبدل فترات ضوء النهار بفترات ظلام الليل. ويتغيّر طول النهار والليل خلال فصول السنة. فمنطقة الأقطاب يسودها ظلام لعدة أشهر طويلة في فصل الشتاء، أما في فصل الصيف، يسودها ضوء لأشهر متتالية. التناوب بين الضوء والظلام خلال يوم واحد وخلال السنة كلها، له تأثيرات كبيرة على حياة جميع الكائنات الحية. يعرض الجدول ب – 5 أمثلة لهذه التأثيرات وللتأثيرات الأخرى للضوء.

أشجار تتساقط أوراقها (الولايات المتحدة)

جدول ب 5: تأثير الضوء على الكائنات الحية

الكائن الحي	العملية	مثال لتأثير الضوء
أحادي الخلية	حركة	الحركة في اتجاه الضوء أو الابتعاد عنه.
نباتات	إنبات	يوجد بذور تنبت بوجود الضوء فقط (أمثلة: كبار، حيلوان، خس، شب الليل).
	نمو	تنمو الأوراق والسيقان في اتجاه الضوء. أما الجذور تنمو باتجاه مضاد للضوء.
	تطور كلوروفيل	الضوء ضروري لتطور الكلوروفيل، والنباتات التي تنمو في الظلام تكون عادةً بيضاء.
	إزهار	يتم تحديد موعد الإزهار بحسب طول النهار (مدة الليل).
	تساقط أوراق واستيقاظ من سبات شتوي (توريق)	يوجد نباتات تتساقط أوراقها في فصل الخريف كرد فعل للنهار الذي يقصر طوله. النسبة بين عدد ساعات النهار إلى عدد ساعات الظلام، هي التي تؤدي إلى تحفيز نمو البراعم.
حيوانات	حركة	الحركة في اتجاه الضوء أو الابتعاد عنه.
	تكاثر	• الضوء يُنشط البلوغ الجنسي لدى الدجاج. • الضوء يؤثر على مستوى الهورمونات المتعلقة بسلوك الغزل. • يتأثر موعد الإباضة والشبق من طول النهار.
	ترحال	يتم تحديد موعد الترحال بحسب طول اليوم.

للمزيد عن
الشبق و الإباضة، انظروا الفصل السابع

مصطلحات: توقيت ضوئي

هي عبارة عن ردود فعل الحيوانات والنباتات لدوريةالضوء والظلام خلال اليوم.

عند النباتات، تؤثر دوريةالضوء والظلام على موعد الإزهار، على تساقط الأوراق وعلى النهوض من السبات الشتوي (توريق). وعند الحيوانات، تؤثر دورية النهار والليل على موعد التكاثر وعلى السلوك المتعلق به. إنّ قدرة رد الفعل على دورية النهار والليل متعلقة بوجود آلية حسية تقوم برد فعل للضوء.

من وجهة نظر زراعية

إنّ إضاءة أقنان الدجاج في الليل، تؤدي إلى زيادة عدد البيض الذي يضعه الدجاج.

ب4. الأكسجين: نحتاجه لاستخراج طاقة في الخلايا

في الغلاف الجوي للكرة الأرضية، يوجد حوالي 20 % أكسجين مصدره من عملية التركيب الضوئي التي تتم في النباتات، الطحالب الخضراء وبكتيريا معينة. يخمِّن الباحثون أن الغلاف الجوي للكرة الأرضية، كان خاليًا بتاتًا من الأكسجين في أيامه الأولى، أو أن كميته كانت قليلة جدًا مقارنةً مع اليوم. إنّ تطور عملية التركيب الضوئي التي من خلالها تتحلل جزيئات الماء وينتج وينطلق أكسجين، ساهمت وتساهم اليوم في وجود الأكسجين المطلوب لجميع الكائنات الحية الهوائية.

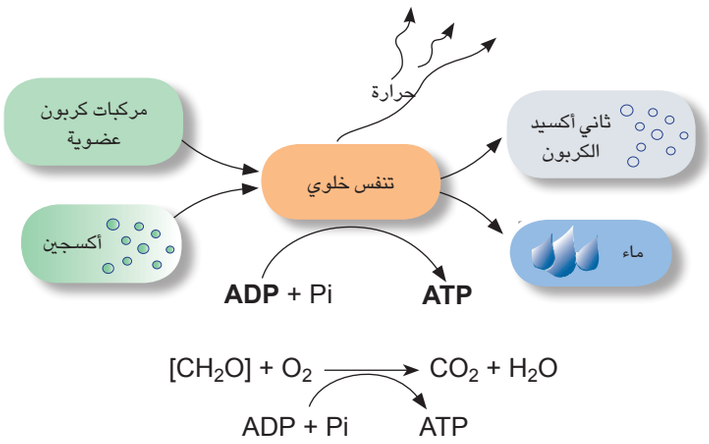
علاقة بموضوع

الخلية: التنفس الخلوي هو عملية إنزيماتية متعددة المراحل، من خلالها تنتج طاقة كيميائية.

بمساعدة الأكسجين، تتأكسد المركبات العضوية (مثلاً: السكر) في الخلية من خلال عملية التنفس الخلوي، وينتج الـ ATP الذي يُستعمل كمصدر متوافر للطاقة الكيميائية المطلوبة لنشاطات الحياة في الخلية. وبشكل عام، يمكن تلخيص عملية التنفس الخلوي كالتالي (الرسمة ب – 21).

للمزيد عن

الـ ATP، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية.



الرسمة ب – 21: رسم تخطيطي وصياغة كيميائية لعملية التنفس الخلوي

انتبهوا:

بسبب أهمية الأكسجين للحياة، يعتقد البعض بطريقة خاطئة أن الأكسجين ذاته هو مصدر الطاقة لكل عمليات الحياة. يوضح التمعُّن في الصياغة أعلاه أن الأكسجين يشترك في عملية إنتاج الـ ATP.

إذا لم تتواجد طبقة الأوزون، فيجب أن نحمي أنفسنا من أشعة الشمس (بحسب لافتة المنظمة لحماية جودة البيئة المحيطة)

من الجدير بالمعرفة: معلومات عن الأكسجين، الأوزون والإشعاع

إنَّ تراكم الأكسجين الناتج من خلال عملية التركيب الضوئي في الغلاف الجوي، كان له تأثير مهم على تطور الحياة على سطح الكرة الأرضية. تؤثر الأشعة فوق البنفسجية (أشعة UV) التي تصل من الشمس على جزيئات الأكسجين وتُنْتِج طبقة **الأوزون** (الأوزون هو جزيء مكون من ثلاث ذرات أكسجين) التي تبتلع قسمًا من الأشعة فوق البنفسجية التي تسبب أضرارًا، وهكذا تمنع من وصولها إلى الكرة الأرضية. إنّ تكوين طبقة الأوزون في ارتفاع الغلاف الجوي أدى إلى تطور الحياة على اليابسة. قبل ذلك، على ما يبدو أن الحياة، كانت موجودة في عمق معين في الماء.

تتناقص طبقة الأوزون بسبب التلوث الناتج في البيئة المحيطة، لذا تزداد كمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصل الكرة الأرضية.

الأكسجين كعامل محدد في البيئة الحياتية المائية

في البيئات الحياتية المائية، يعتبر الأكسجين عاملاً محددًا وذا تأثير كبير، وهو موجود بكميات أقل بكثير من الغلاف الجوي بسبب ذوبانه المنخفض في الماء. ويصل تركيزه في الماء حوالي 6 ملل من الأكسجين المذاب في كل لتر ماء، وهذا يعني أن تركيز الأكسجين في الماء أصغر بـ 30 ضعفًا من تركيزه في الهواء (الذي يصل حوالي 20 %). إضافةً إلى ذلك، ينخفض تركيز الأكسجين في الماء، كلما نزلنا إلى الطبقات العميقة، وينخفض تركيزه أيضًا مع ارتفاع درجة الحرارة (جدول ب – 6).

جدول ب – 6: العلاقة بين درجة حرارة الماء وذوبان الأكسجين

	درجة الحرارة (°C)				
	1	10	15	20	30
ذوبان الأكسجين في المياه العذبة (ملل أكسجين/لتر ماء)	10.3	8.0	7.2	6.6	5.6

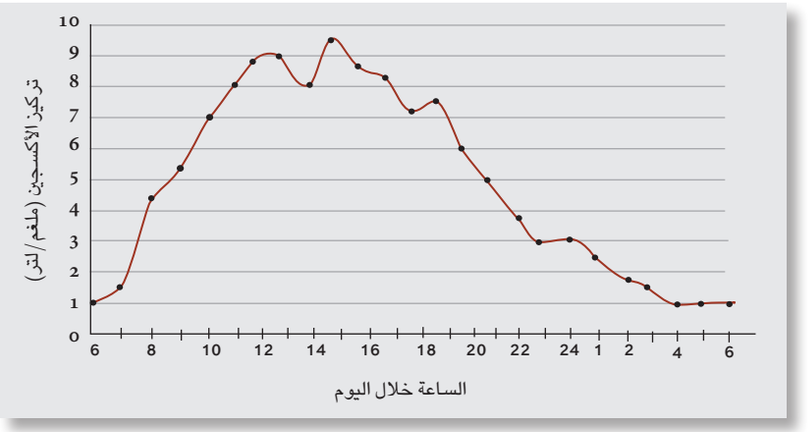
تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية في الماء: *أكسجين – ضوء – درجة حرارة.*

سؤال ب – 10

أ. ما هو تأثير العلاقة بين ذوبان الأكسجين ودرجة حرارة الماء على تركيز الأكسجين في الماء خلال فصول السنة المختلفة؟

ب. كيف تؤثر هذه العلاقة على عشائر الكائنات الحية التي تعيش في بيئة حياتية مائية؟

نجد الأكسجين في الماء بسبب انتقاله من الهواء وذوبانه في الماء، ولأنه أحد نواتج عملية التركيب الضوئي التي تتم في الطحالب والنباتات التي تعيش في الماء. لذا تتأثر كميته في الماء من درجة الحرارة، ومن العمليات التي تحدث خلال الضوء والظلام في الكائنات الحية التي تعيش في الماء.



الرسمة ب – 22: تغيُّر تركيز الأكسجين المذاب في مياه بحيرة خلال اليوم

سؤال ب – 11

بناءً على الرسمة ب – 22، اشرحوا التغيُّرات في تركيز الأكسجين في الماء، من خلال التطرق إلى العمليات التي تحدث في الكائنات الحية في ساعات النهار المختلفة.

هناك عوامل إضافية تؤثر على كمية الأكسجين في الماء، مثل:

الخلط: إنّ خلط الماء يزيد من ذوبان الأكسجين (الذي مصدره من الهواء) في الماء.

التدفق: المياه المتدفقة بسرعة، مثلاً: مياه الشلالات، تحتوي على أكسجين أكثر من المياه التي تتدفق ببطء.

تركيز المواد العضوية: في المياه الغنية بمواد عضوية، تتكاثر بكتيريا محلِّلة، وهي تستهلك أكسجين بكميات كبيرة. في حالات متطرفة، يقل تركيز الأكسجين بشكل كبير جدًا، حيث يشكل ذلك خطورة على حياة الأسماك والحيوانات الأخرى التي تعيش في الماء.

تبرز هذه الظاهرة في المياه التي تدفقت إليها مياه مجارٍ بيتية.

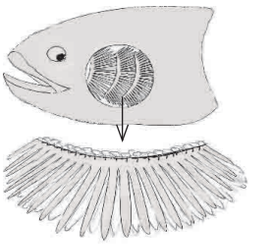
خلاط ماء في بركة أسماك

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: مبنى الرئتين، جهاز التنفس وتبادل الغازات.
الخلية: تنفس خلوي.

ملاءمات لتركيز أكسجين منخفض في بيئة حياتية مائية

العضو الذي يتم فيه تبادل الغازات في السمكة هو **الخياشيم**. إنّ مساحة السطح الخارجي الكبير للخياشيم بالنسبة إلى حجمها، تعتبر ملاءمة لنقل كميات كبيرة من الماء (خلال حركة الأسماك) إلى سطح أوعية الدم في الخياشيم، وهكذا يتم استيعاب الأكسجين بنجاعة.



خياشيم

سؤال ب – 12

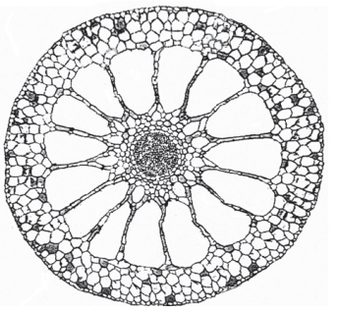
أعطوا مثالاً إضافيًا لمبدأ مبنى الخياشيم وأهميته في الاستيعاب الناجع للأكسجين.

من الجدير بالمعرفة

تعيش في الماء ثدييات أيضًا، مثل: الحوت، الدولفين وكلب البحر، وهي تتنفس الهواء (ليس الأكسجين المذاب في الماء) من خلال الرئتين. تعلو الحيتان إلى سطح الماء – من حين إلى آخر – لكي تتنفس هواءً، وبعد ذلك تغوص في الماء لمدة 20 دقيقة تقريبًا وأكثر من ذلك.

الأكسجين ضروري أيضًا للنباتات التي تعيش في الماء. تتميز النباتات الزهرية المتطورة بوجود نسيج ذي شبكة متفرعة من حيزات هوائية كبيرة في الأعضاء (الأوراق، السيقان والجذور) (الرسمة ب – 23).

يُستعمل هذا النسيج لتخزين ونقل الأكسجين بين أقسام النبتة.



الرسمة ب – 23: حيزات هوائية في ساق نبتة مائية (مقطع عرضي)

ب5. ثاني أكسيد الكربون: يتفاعل في التركيب الضوئي، ناتج عملية التنفس وغاز الدفيئة (الاحتباس الحراري)

يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء إلى حوالي 0.04 % (وهذا مقارنةً مع تركيز الأكسجين في الهواء الذي يصل حوالي 20 % والنيتروجين حوالي 80 %). على الرغم من أن تركيز ثاني أكسيد الكربون منخفض في الهواء، إلا أنه هو مصدر الكربون الوحيد لعملية إنتاج الكربوهيدرات أثناء عملية التركيب الضوئي. عبروا عن رأيكم حول الحقيقة المذهلة أن معظم المواد في أنسجة شجرة ضخمة أو في ملايين بذور القمح التي نحصدها من الحقول، قد نتجت من مادة تركيزها منخفض جدًا في البيئة المحيطة للنبات!

بسبب التركيز المنخفض لثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء، فهو العامل المحدد لوتيرة عملية التركيب الضوئي (وتيرة إنتاج المواد العضوية). إنّ ملاءمة النباتات لتركيز ثاني أكسيد الكربون المنخفض CO_2 تعتبر ملاءمة فسيولوجية – بيوكيميائية: تُفتح الثغور التي عبرها يتم استيعاب CO_2، عندما ينخفض تركيزه في الورقة. لكن تذكروا أن هناك "ثمن" لفتح الثغور، وهو فقدان الماء عبر هذه الفتحات (انظروا صفحة 41). إنَّ إغلاق الثغور أثناء نقص الماء في النبتة، يؤدي إلى تقليص فقدان الماء، لكن مع مرور الوقت، يمنع من دخول CO_2 ويؤدي إلى تباطؤ في عملية التركيب الضوئي.

من وجهة نظر زراعية

في الدفيئات المغلقة، يمكن إثراء الهواء بـ CO_2، وهكذا نزيد من المحاصيل.

للمزيد عن

دورة الكربون ومصدر CO_2 انظروا الفصل الثالث.

أحد مصادر ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء، هو العمليات البيولوجية التي من خلالها تتحلل مركبات عضوية: عمليات التنفس الهوائية واللا هوائية، هي مثال إضافي لتأثير العوامل الأحيائية على البيئة المحيطة اللاأحيائية. منذ أن بدأ الإنسان في حرق الفحم والنفط (في نهاية القرن الثامن عشر) لاستعمال وسائل نقل وآلات في الصناعة، فقد ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي.

تأثير عوامل أحيائية على عوامل لا أحيائية: تؤثر عمليات التنفس على تركيز الأكسجين وَ CO_2.

وهذا يعني أن ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي كان مخزونًا في أعماق الكرة الأرضية كمركبات عضوية نتجت أثناء عملية التركيب الضوئي في العصور القديمة، ينضم إلى موازنة ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي، في يومنا هذا، إنّ ارتفاع تركيز CO_2 في الهواء، يؤدي إلى قلق كبير جدًا لدى العلماء، لأن CO_2 هو "غاز دفيئة" يساهم في ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي (يزيد من **تأثير الدفيئة**، أي الاحتباس الحراري)، وقد تكون له انعكاسات ضارة على الحياة على سطح الكرة الأرضية (على الرغم من أنها ليست واضحة بشكل مطلق حتى الآن). لكن بالمقارنة مع ذلك، هناك من يتوقع ارتفاعًا في كمية المحاصيل في أعقاب ارتفاع عملية التركيب الضوئي التي ترتفع هي أيضًا في أعقاب ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

وبالمقارنة مع الأكسجين (الذي ذوبانه في الماء حوالي 6 ملل في لتر ماء، في درجة حرارة 20°C)، فإن ثاني أكسيد الكربون CO_2 ذو ذوبان عالٍ جدًا في الماء (حيث يصل ذوبانه في الماء إلى 880 ملل CO_2 في 1 لتر ماء). لذا فهو لا يشكل عاملاً محددًا لعملية التركيب الضوئي في بيئة حياتية مائية. مصادر CO_2 الموجود في الماء هي: تنفس الكائنات الحية التي تعيش في الماء، CO_2 المذاب في مياه الأمطار ومياه الوديان وعمليات كيميائية مختلفة. ينخفض تركيزه مع ارتفاع درجة الحرارة كما يحدث في تغيُّر ذوبان الأكسجين في الماء.

ب6. درجة الحرارة: تتم الحياة في مجال معين من درجات الحرارة

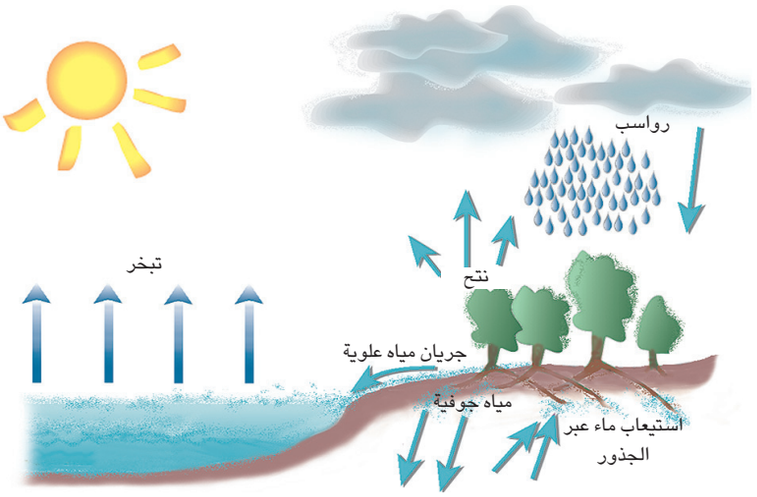
تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية: ضوء ودرجة حرارة، درجة حرارة وماء.

أحيانًا نميل إلى تجاهل الحقيقة أن أشعة الشمس تشمل أيضًا أشعة غير مرئية للإنسان، لكننا نشعر بها كحرارة. فهذه الأشعة، هي في مجال الأشعة تحت الحمراء. الإشعاع يُسخن الغلاف الجوي للكرة الأرضية لمجال درجات حرارة يكون فيها الماء في حالته السائلة ومتوافرًا للكائنات الحية، وهذا يعني، مجال درجات حرارة يُتيح حدوث عمليات حياتية.

أشعة الشمس التي تصل من الشمس مهمة جدًا لحياة الكائنات الحية، نعرف أنواعًا من الزواحف التي تُسخن نفسها تحت أشعة الشمس، ودون هذه الحرارة التي تُستوعب بهذه الطريقة لا تستطيع الزواحف القيام بأدائها بشكل سليم. فكروا في منطقة الأقطاب أيضًا، التي درجة الحرارة المنخفضة التي تسودها، هي أحد العوامل التي تمنع من تطور أنظمة بيئية معقدة وغنية.

يوجد أهمية إضافية لحرارة الشمس، فهي تُحرك دورة المياه: تقوم حرارة الشمس بتزويد الطاقة المطلوبة لتبخر الماء من المحيطات والنباتات. يتكاثف بخار الماء إلى غيوم تتحرك مع تيارات الهواء في الغلاف الجوي (وهي أيضًا نتيجةً لارتفاع درجة حرارة الهواء)، وبعد ذلك تسقط المياه كرواسب (الرسمة ب – 24).

الضوء المرئي يساهم أيضًا في تسخين الكائنات الحية والغلاف الجوي. الضوء المرئي الذي يبتلعه جسم قاتم، يمكن أن يتحول إلى أشعة في مجال الضوء تحت الأحمر. وهذا هو سبب ارتفاع درجة حرارة السطوح القاتمة المضاءة بأشعة الشمس (مثلاً: قاعدة مستوعبات الشمس مطلية بالأسود).



الرسمة ب – 24: دورة المياه في الطبيعة

علاقة بموضوع

الخلية: يتأثر نشاط الانزيمات من درجة الحرارة.

تتأثر عمليات في الكائنات الحية من درجة الحرارة

يمكن التعميم والقول: إنّ عمليات الحياة محدودة لدرجات الحرارة التي تكون فيها المياه سائلة، وهذا يعني من 0–100 درجة سلزيوس. إضافةً إلى ذلك، فإنّ مجال **درجة الحرارة المُثلى** لمعظم الانزيمات في الخلايا هو ضيق جدًا، حيث يتضرر نشاطها في درجات حرارة خارج هذا المجال. في درجات حرارة منخفضة، تؤدي حركة الجزيئات البطيئة إلى تباطؤ في العمليات الإنزيماتية. وارتفاع درجات الحرارة حتى 40–50 درجة سلزيوس، يؤدي إلى تسريع العمليات الإنزيماتية، وعمليات الانتشار في الخلايا. فالحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات، وهكذا يتم تنشيط العمليات الكيميائية. حتى درجة حرارة 50°C، تزداد نسبة العمليات البيولوجية بضعفين حتى 4 أضعاف مع ارتفاع كل 10 درجات حرارة. أما إذا ارتفعت درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة المُثلى، فإن ذلك يؤدي إلى تغيُّر في مبنى البروتينات (تخثر)، ونتيجةً لذلك إلى تباطؤ، وإلى حدوث خلل في نشاط الانزيمات، وفي نهاية الأمر إلى إصابة مبانٍ ضرورية، مثل: أغشية وعضيات الخلايا.

ينبع تأثير درجة الحرارة على الكائنات الحية والأنظمة البيئية من تأثير درجة الحرارة على الماء الموجود في الخلايا. ففي درجات حرارة أقل من 0°C، تنتج بلورات جليد داخل الخلية، وهي تؤدي إلى هدم الأغشية الداخلية وإلى توقف عمليات الحياة.

من الجدير بالمعرفة: حقائق مهمة للحياة

تصل درجة حرارة الشمس إلى حوالي 6,000°C، وفقط 10 % من هذا الإشعاع في مجال الأشعة فوق البنفسجية الضارة، حيث تبتلع طبقة الأوزون قسمًا من هذه الأشعة.

لو كانت درجة حرارة الشمس أعلى بـ 10 %، لازدادت كمية الأشعة فوق البنفسجية إلى مقاييس لا تتيح الحياة، وتصبح درجات

الحرارة عالية جدًا لمعظم الكائنات الحية.
ولو كانت درجة حرارة الشمس أقل بـ % 10، ينخفض معدل درجة الحرارة على سطح الكرة الأرضية إلى 14°C- ، وتتجمد المياه ولا تتم حياة.

تنظيم درجة الحرارة

إنّ القيام بعمليات الحياة، يحتاج للحفاظ على مجال درجات حرارة تُتيح حدوث عمليات ضرورية في الخلايا. لكن معظم الكائنات الحية تعيش في بيئة محيطة فيها درجة الحرارة ليست ثابتة بل متغيّرة. أحيانًا تنخفض بشكل كبير، وأحيانًا ترتفع إلى مستويات تُشكل خطرًا على الكائنات الحية. تختلف الكائنات الحية عن بعضها بقدرتها على تنظيم درجة حرارة أجسامها أو الحفاظ عليها. في النباتات، لا توجد آليات لرفع درجة الحرارة، لذا انتشارها محدود لتلك المناطق التي درجة حرارتها ليست منخفضة بشكل خاص. ومع ذلك، فإن عملية النتح في النباتات تساعد على فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية نسبيًا.

حرذون

تنقسم الحيوانات إلى مجموعتين من ناحية قدرتها على تنظيم درجة حرارة أجسامها:
أ. كائنات حية **متغيّرة درجة الحرارة**: لا توجد آلية داخلية لتنظيم درجة الحرارة في الحيوانات التي تنتمي لهذه المجموعة، لذا تكون درجة حرارة أجسامها متعلقة بدرجة حرارة البيئة المحيطة وبتغيُّراتها. تنتمي اللافقريات إلى هذه المجموعة، وقسم من الفقريات، مثل: الأسماك، البرمائيات والزواحف.
يتم تنظيم درجة الحرارة في الكائنات الحية متغيّرة درجة الحرارة، من خلال تغيُّر السلوك: الانتقال من منطقة ساخنة إلى منطقة باردة بحسب الحاجة. عندما تكون درجة حرارة السحالي والحرذين منخفضة، فإنها تكشف أجسامها إلى أشعة الشمس، وعندما تكون درجة الحرارة عالية، فإنها تقف على أرجلها، وهكذا تُبعد أجسامها عن التربة الحارة.
تختبئ الأفاعي داخل الرمال، عندما تكون درجة حرارة البيئة المحيطة عالية.

ب. كائنات حية **ثابتة درجة الحرارة (درجة حرارة داخلية)**: في هذه المجموعة من الحيوانات، يوجد آلية معقدة لتنظيم درجة حرارة أجسامها، وبفضل ذلك، تكون درجة حرارتها ثابتة تقريبًا. تنتمي الكائنات الحية الأكثر تطورًا من بين الفقريات (مثل: الطيور والثدييات من بينها الإنسان) إلى مجموعة الكائنات الحية الثابتة درجة الحرارة.
انحراف قليل جدًا من مجال درجة الحرارة السليمة، يؤدي إلى تفعيل نظام مردودية (تغذية مرتدة) يقوم بإفراز هرمونات إلى الدم، وقد يؤدي تأثيرها إلى تنشيط أو تباطؤ إنتاج الحرارة في الأنسجة، حيث يتم ذلك من خلال تغيُّر وتيرة إنتاج الطاقة في التنفس الخلوي. إضافةً إلى ذلك، فإن معظم الكائنات الحية ثابتة درجة الحرارة، تقوم بتنظيم درجة الحرارة، من خلال تغيُّر سلوكها الذي يساهم في تقليص فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة و/أو ازدياد استيعاب الحرارة منها. مثلاً: يلبس الإنسان ملابس من الصوف، لكي يمنع من فقدان الحرارة إلى البيئة المحيطة الباردة.

مبادئ تنظيم درجة الحرارة

تعتمد قدرة تنظيم درجة الحرارة على ثلاثة مبادئ:

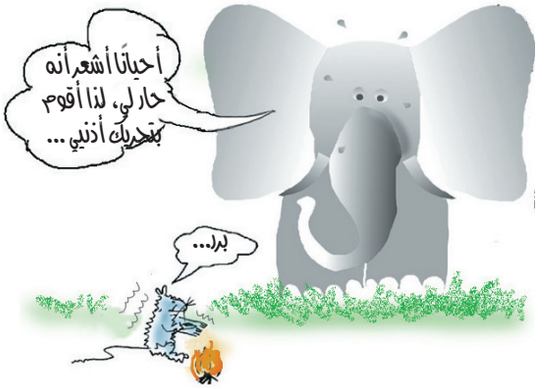
1. النسبة بين مساحة السطح الخارجي إلى الحجم

يوجد أهمية كبيرة للنسبة بين مساحة السطح الخارجي للكائن الحي وبين حجمه، في تنظيم درجة الحرارة. يتم استيعاب وفقدان الحرارة بشكل غير فعّال عبر مساحة السطح الخارجي للكائن الحي، وكلما كانت هذه المساحة كبيرة، فإنّ استيعاب وفقدان الحرارة يزداد. لكن ليست مساحة السطح الخارجي وحدها، هي التي تحدد نجاعة هذه الوسيلة في تنظيم درجة الحرارة. بل لحجم الجسم "المحصور" داخل غلاف مساحة السطح الخارجي، يوجد تأثير كبير جدًا على موازنة الحرارة.

علاقة بموضوع

الخلية: طاقة الحرارة التي تَنْتُج في التنفس الخلوي تساهم في حرارة جسم الكائنات الحية ثابتة درجة الحرارة.

تُشير الحسابات الرياضية البسيطة إلى أن الكائنات الحية الصغيرة تتميَّز بمساحة سطح خارجي كبير بالنسبة إلى حجمها. أما في الكائن الحي الكبير، فالعكس هو الصحيح، وهذا يعني أن مساحة السطح الخارجي أصغر بالنسبة إلى حجم جسمه.
عمليات الأيض التي تتم في جسم الفيل الذي حجمه وكتلته كبيران، تؤدي إلى إطلاق طاقة حرارية تكفي لمنع انخفاض درجة الحرارة. إضافةً إلى ذلك، توجد آذان كبيرة للفيلة التي تعيش في المناطق الحارة، حيث تساعد مساحة سطحها الخارجية على انطلاق الحرارة الزائدة.



تساهم أذنا الفيل بمنع ارتفاع درجة حرارته

عند الثدييات الصغيرة، نجد أن مساحة سطحها الخارجي أكبر من حجمها، لكن كتلتها صغيرة، وهذا يجعل تنظيم درجة الحرارة عندها أمرًا صعبًا. المولود الجديد، قد يخسر كميات حرارة كبيرة، لذا من المهم الحفاظ على حرارة جسمه وحمايته من خلال استعمال لباس مناسب.
النسبة بين مساحة السطح الخارجي إلى الحجم، هي عامل يحدد كبر جسم الكائنات الحية الثابتة درجة الحرارة.

2. انخفاض درجة حرارة تجمد الماء

تتجمد المياه (تتحول إلى جليد صلب) عند درجة حرارة 0°C.
يمكن تخفيض درجة حرارة تجمد المياه، إذا قمنا برفع تركيز المواد المذابة فيها. مثلاً: درجة حرارة تجمد مياه البحر هي -1.9°C.
الدم وأنسجة جسم معظم الفقريات، تحتوي على تركيز أملاح يساوي نِصف تركيز الأملاح في مياه البحر، لذا فهي تتجمد بدرجة حرارة أقل بقليل من 0°C، فلو ارتفع تركيز الأملاح في الدم، لاستطعنا العيش في مناطق باردة جدًا أيضًا. لكن ارتفاع تركيز الأملاح، يؤدي إلى حدوث أضرار في البروتينات، لذا فهذا الحل غير مناسب. عند كائنات حية كثيرة (بالأساس أسماك، حشرات ونباتات أيضًا)، تنخفض درجة حرارة التجمد إلى أقل من 0°C بسبب وجود مواد ليست أملاحًا، مثلاً الجليسيرول، وهي تعمل بالضبط كالسائل الذي يمنع التجمد (Anti–Freeze) الذي يُضاف في فصل الشتاء إلى مياه التبريد في السيارات.

3. بروتينات ضائقة حرارية (Heat Shock Proteins)

في النباتات والحيوانات أيضًا، يوجد بروتينات تساعد على تثبيت المبنى الثلاثي للبروتينات. في حالة حدوث ضائقة حرارية (درجات حرارة عالية في البيئة المحيطة)، يزداد إنتاج هذه البروتينات وهي تحمي بروتينات الخلايا من التخثر. وهي وسيلة تحمي أداء البروتينات في الكائنات الحية التي تتعرض إلى درجة حرارة عالية لفترة زمنية قصيرة. الحماية التي تقوم بها بروتينات الضائقة الحرارية، تضر – بشكل مؤقت – أداء بروتينات الجسم "المحمية".

الملاءمة لدرجات حرارة متطرفة

إنّ سُبل الحماية من درجات حرارة متطرفة (منخفضة جدًا أو عالية جدًا)، هي جزء من ملاءمة الكائنات الحية إلى بيئتها المحيطة، ويمكن إيجاد ذلك عند كائنات حية متغيِّرة درجة الحرارة وثابتة درجة الحرارة أيضًا. أمامكم جدول، وهو يعرض طرق ملاءمة مختلفة.

للمزيد عن

أنواع الملاءمات، انظروا الفصل الأول.

جدول ب – 7: ملاءمات للحفاظ على درجة الحرارة عند النباتات والحيوانات

	نوع الملاءمة	مثال	
		حيوانات	نباتات
منع التسخين الزائد	مبنى (شكل خارجي)	آذان كبيرة فيها أوعية دم كثيرة تساعد على توزيع وانتشار الحرارة	غطاء لامع للأوراق، "شعيرات"، شكل الورقة وكبرها: أوراق مفصصة ومتشعبة.
	فسيولوجية – بيوكيميائية	ازدياد العرق، وتوسع الأوعية الدموية في أطراف الجسم	نتح
	سلوكية	الاختباء في أماكن مظللة ورطبة، يلهث	–
منع أضرار ناجمة عن درجة حرارة عالية	بيوكيميائية	بروتينات الضائقة الحرارية.	
منع البرودة أو التجمد	مبنى (شكل خارجي)	فراء سميك، طبقة عزل تحت الجلد	تساقط أوراق في الشتاء
	فسيولوجية – بيوكيميائية	ازدياد عملية الأيض، إنتاج مواد مضادة للتجمد	إنتاج مواد مضادة للتجمد، ارتفاع تركيز السكر في الخلايا
	سلوكية	الاختباء تحت سطح التربة، التقرفص	–

من وجهة نظر زراعية: تخفيف العبء الحراري

1. بعد أن نقوم بتقليم أشجار الفواكه، وبعد أن تصبح الأشجار بدون أوراق. فإننا نقوم عادةً بطلاء جذوعها باللون الأبيض، لأن هذا اللون يعكس قسمًا كبيرًا من الأشعة التي تصطدم بالجذوع، وهكذا يقل ارتفاع درجة الحرارة، الذي يؤذي عمليات نمو النبات.
2. لتخفيف الحرارة الزائدة في حظائر الأبقار والأقنان، يقوم المزارع برش الماء على الأبقار وعلى سطوح الأقنان، ويتم تشغيل مراوح.
3. يقوم المزارعون برش النباتات بالماء، في حالة تعرضها إلى خطر الصقيع. إنّ تجمد قطرات الماء على الأوراق، يؤدي إلى انطلاق حرارة (انظروا الجدول ب – 1)، وهكذا نقلل من خطر تجمد أنسجة الأوراق.

تتعرض نبتة أبو ركاب إلى تأثير الرياح على شاطئ البحر

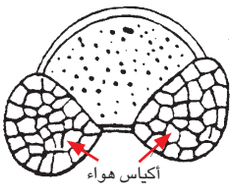
ب7. الرياح: حركة الهواء

الغلاف الجوي ليس ثابتًا، بل يتحرك من مكانه كل الوقت. هذه الحركة للهواء من حولنا، هي الرياح، ونحن نشعر بها، ونلاحظ نشاطها عندما تتحرك الأشجار وتمر الغيوم من فوقنا. تتأثر شدة الرياح واتجاهها من فروق الضغط الجوي (يتدفق الهواء من ضغط جوي عالٍ إلى ضغط منخفض)، من فروق درجات حرارة كتلة الهواء ومن المبنى الطوبوغرافي (مبنى السطح الخارجي للتضاريس).

كيف تؤثر الرياح على الكائنات الحية؟

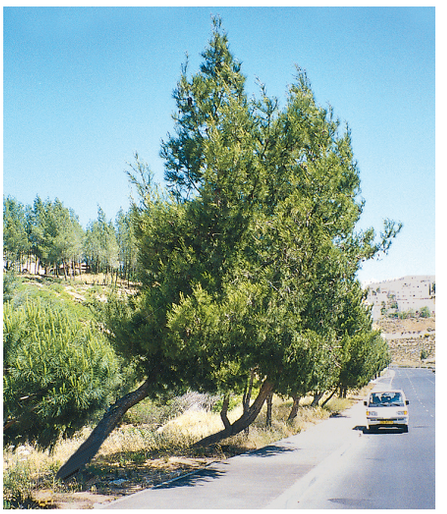
رياح تنشر بذورًا

تأثيرات ضارة ونافعة للرياح على النباتات والحيوانات	
تأثير على الحيوانات	تأثير على النبات
تبريد الجسم من خلال التبخر السريع للعرق	نشر حبيبات اللقاح، بذور وثمار
تساعد في تحليق وطيران حشرات وطيور أثناء ترحالها	ازدياد النتح (فقدان الماء) وتبريد النبتة
كشف الأماكن التي تختبئ فيها حيوانات صغيرة، والتي تجد فيها مخبأً تحت الأوراق المتساقطة	كسر فروع وتأثيرها على اتجاه النمو
	كشف الجذور وقلع النبتة من التربة
	جرح الأوراق بحبيبات الرمال المتطايرة مع الرياح
	تغطية النباتات بالرمال
	تغيُّر مكونات التربة في أعقاب جرف حبيبات التربة



حبيبة لقاح صنوبر (مكبرة حوالي 600 ضعف).
تساعد أكياس الهواء على الانتشار.

ثمرة شجرة قيقب



تأثير الرياح على نمو الصنوبر

حماية بيارات من الرياح بواسطة أشجار صنوبر تحيطها

من الجدير بالمعرفة

تمّ تحديد مسارات ترحال الطيور خلال عملية النشوء والارتقاء بسبب تأثير تيارات الهواء في مسارات الترحال، مثلاً: يتم ترحال الطيور في الخريف من أوروبا إلى جنوب إفريقيا عبر مناطق ضيقة في اليابسة كدولة إسرائيل ومضيق جبل طارق.

ما هو السبب لذلك؟ لماذا لا ترحل الطيور في المسار القصير الذي يُنصِّف البحر الأبيض المتوسط؟

الإجابة لذلك أن الهواء أكثر حرارةً فوق اليابسة. يصعد الهواء الحار إلى أعلى وتستغل الطيور هذه الصفة، وتحوم بمساعدة الهواء الساخن وهكذا توفر طاقة.

فوق مجمعات مائية كبيرة كالبحر الأبيض المتوسط، يكون الهواء أبرد، لذا المرور منه خلال الطيران يحتاج إلى بذل جهد كبير جدًا.

ب8. التربة: وسط تنمية، بيئة حياتية ومورد للمزارع

التربة ليست كباقي العوامل اللا أحيائية الأخرى، مثل: درجة الحرارة، الضوء، الرطوبة والأكسجين، فهي مكونة من عدة عوامل أحيائية ولا أحيائية، مثل: الأملاح التي مصدرها من صخور الأم التي نتجت منها التربة، مواد عضوية في مراحل تحلُّل مختلفة، ماء، مواد مذابة في الماء، غازات وكائنات حية أخرى تعيش في التربة التي تعتبر بيئتها الحياتية الطبيعية.

التربة هي نظام معقد، وهي تتأثر من عوامل أحيائية ولا أحيائية، وتحدث فيها تغيُّرات باستمرار:

- تغيُّرات فيزيائية – يساهم التغيُّر في درجة الحرارة على تحليل الصخور وتفتتها، وعلى ازدياد ملوحة التربة بسبب تبخر الماء، وتقوم مياه الأمطار بشطف الأملاح من التربة.
- تغيُّرات كيميائية– تفاعلات بين مكونات التربة وهي غير متعلقة بوجود كائنات حية.
- عمليات بيولوجية – تحليل مواد عضوية إلى مواد غير عضوية بواسطة كائنات حية دقيقة، استيعاب أملاح عبر الجذور وإفرازات من الجذور.

تؤثر صفات التربة على النباتات التي تعيش فيها، وعلى الحيوانات التي تعيش داخلها وفوقها، وهي التي تُحدد مدى استغلال التربة للزراعة.

أرض محروثة

مكونات التربة وصفاتها

يوجد أربعة مكونات للتربة: المادة العضوية، المادة غير العضوية، الماء والهواء.

في معظم أنواع التربة، نجد أن المادة غير العضوية، هي المكون الذي كميته هي الكبرى، أما المادة العضوية، فهي المكون الذي كميته هي الأقل. في أنواع التربة المختلفة، مع مرور الوقت، تتغيّر النسب الكمية بين المكونات المختلفة، ويؤثر الري على هذه النسب (كلما ازداد الماء، يقل الهواء).

هذه النسب (الكمية) بين مكونات التربة، هي التي تحدد صفات التربة وخصوبتها.

1. المادة غير العضوية

مصدر المادة غير العضوية هي "صخور الأم" التي نتجت منها التربة. وهذه المادة غير العضوية، هي التي تُحدد مكونات الأملاح في التربة، وكبر الجسيمات، وتؤثر على بنية (نسيج) التربة. مواد غير عضوية أخرى في التربة، مثلاً: أيونات الأمونيا (NH_4^+)، هي ناتج تحليل مواد عضوية.

يتم استيعاب عناصر أملاح التربة عبر جذور النباتات مع الماء، وهي ضرورية للتطور السليم للنباتات (جدول ب 8). أمثلة: يعتبرعنصر النيتروجين (N) مكونًا ضروريًا في البروتينات، يُشكل عنصر المغنيزيوم (Mg) جزءًا من مبنى جزيء الكلوروفيل، وبدونه لا يتطور الكلوروفيل الضروري لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، يُشكل عنصر الفوسفور (P) جزءًا من مبنى جزيء الـ ATP ومن الحوامض النووية في خلايا النباتات.

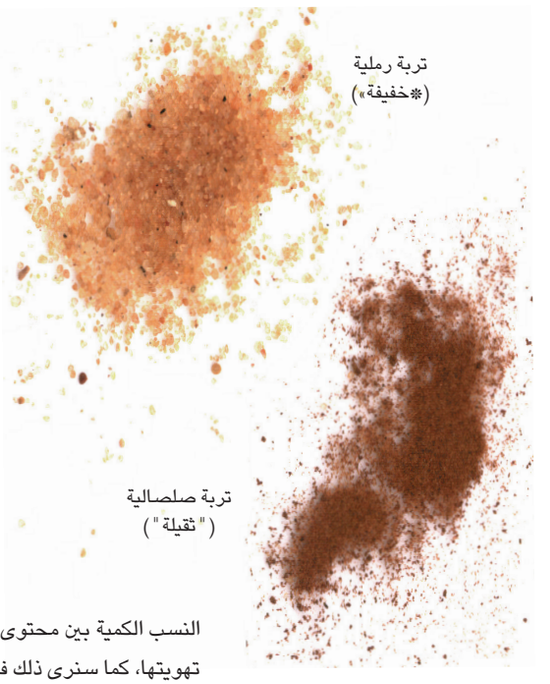
جدول ب – 8: عناصر مهمة لتطور النباتات وأداءها

	العنصر	الأهمية لتطور النباتات
عناصر تحتاجها النبتة بكمية **كبيرة نسبيًا** لبناء ذاتها	النيتروجين N	من مكونات الحوامض الأمينية، البروتينات، النوكلوئوتيدات، الحوامض النووية، الكلوروفيل، الـ ATP، الهورمونات والكوإنزيمات (مرافق الإنزيم).
	البوتاسيوم K	يشترك في الحفاظ على تركيز اسموزي سليم، وهو يشترك في مراقبة فتح وإغلاق الثغور. وضروري لنشاط إنزيمات كثيرة.
	الكالسيوم Ca	يحتاجه النبات لنشاط الإنزيمات. يشترك في مراقبة أداء الأغشية والإنزيمات، ويشترك في بناء جدران الخلايا.
	المغنيزيوم Mg	أحد مكونات جزيء الكلوروفيل، وتحتاجه إنزيمات كثيرة للقيام بنشاطاتها.
	الكبريت S	أحد مكونات بعض الحوامض الأمينية، البروتينات والكوإنزيمات.
	الفوسفور P	أحد مكونات الـ ATP، الـ ADP، حوامض نووية، كوإنزيمات ودهنيات (فوسفولبيدات).
عناصر تحتاجها النبتة بكمية **قليلة نسبيًا** لبناء إنزيمات وتفعيل عمليات	الحديد Fe	أحد مكونات نواقل الإلكترونات في عملية التركيب الضوئي والتنفس الخلوي، ويحتاجه النبات لبناء الكلوروفيل.
	المنغنيز Mn	تحتاجه إنزيمات معينة للقيام بنشاطها. وهو ضروري لإكمال بناء أغشية الكلوروبلاستيدات، ولإطلاق الأكسجين أثناء عملية التركيب الضوئي.
	البور B	يؤثر على استغلال الكالسيوم، على بناء الحوامض النووية وعلى ثبات مبنى أغشية الخلايا.
	الخارصين Zn	يشترك في بناء أو تفعيل إنزيمات كثيرة. ويحتاجه النبات لبناء هورمونات معينة.

للمزيد عن

التسميد، انظروا الفصل السابع.

تختلف أنواع التربة عن بعضها **بكبر جسيماتها** التي تكوّنها: الرملية (جسيمات كبيرة)، السيلت والصلصال أو (جُسَيْمات صغيرة). يعرض الجدول ب – 9 تصنيف جُسَيْمات التربة بحسب كبرها.



جدول ب – 9: جُسَيْمات التربة وقطرها

نوع الجُسَيْمات	قطر الجسيم (ملم)
رمل خشن	2.00–0.200
رمل دقيق	0.20–0.020
سيلت (Silt) (*)	0.02–0.002
الصلصال (**)	أصغر من 0.002

* السيلت نسمّيه غبارًا أو طينًا أيضًا

** الصلصال نسمّيه طينًا أيضًا

كبر جُسَيْمات التربة

النسب الكمية بين محتوى الرمل، السيلت والصلصال، هي التي تُحدد بُنية التربة، وهي تؤثر على كمية المياه في التربة وعلى تهويتها، كما سنرى ذلك فيما بعد (صفحة 66).

من وجهة نظر زراعية

يُصنِّف عادةً المزارعون التربة إلى نوعين أساسيين: **تربة خفيفة وتربة ثقيلة**.

تحتوي **التربة الخفيفة** على نسبة كبيرة من الجسيمات الكبيرة (الرمل)، وهي **سهلة** الاستعمال في الزراعة.

تحتوي **التربة الثقيلة** على نسبة كبيرة من الجسيمات الصغيرة (الصلصال)، وهي **ليست سهلة** الاستعمال في الزراعة، لأنه يوجد تلاصق قوي بين الحبيبات.

انتبهوا:

يتطرق المصطلحان "خفيفة" وَ "ثقيلة" إلى سهولة استعمال التربة من الناحية الزراعية، وليس لكتلة (وزن) التربة. على الرغم من ذلك، يوجد تطابق معين بين البنية وبين نوع التربة: التربة الثقيلة معرّفة أيضًا على أنها تربة صلصالية.

2. المادة العضوية

إنّ مصادر المواد العضوية في التربة هي: أغصان وأوراق وثمار النباتات التي تساقطت على الأرض، إفرازات حيوانات، أقسام الجذور الميتة، إفراز مواد من أطراف الجذور (كربوهيدرات وحوامض أمينية) وكائنات حية ميتة. تتحلل هذه البقايا بشكل تدريجي داخل التربة، حيث تقوم بتحليلها الكائنات الحية التي تعيش في التربة وهي: الفطريات، البكتيريا والحيوانات، مثلاً: دودة الأرض التي تتغذى على بقايا الكائنات الحية. وبعد عملية التحلُّل الأولي، تبقى في التربة مواد عضوية تتحلل بشكل بطيء جدًا، وهذا هو **الدُبال** (Humus) الذي فيما بعد نحصل منه على مواد غير عضوية كأملاح النيتروجين (NO_3^-) والأمونيا (NH_4^+) التي تستوعبها النباتات لتبني منها البروتينات.

هناك نواتج أخرى لهذا التحلل وهي مركبات الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكبريت، الحديد، المغنيزيوم وغير ذلك، وهي مهمة جدًا لتطور النباتات (الجدول ب – 8 أعلاه).

تؤدي المادة العضوية الموجودة في التربة إلى تكوين **كتل** في التربة، مما يساعد ذلك على تهوية التربة، وتماسك الماء والأيونات بجسيمات التربة، كما يساعد ذلك على تغلغل الجذور في التربة.

للمزيد عن

مدورة المواد، انظروا الفصل الثالث.

سؤال ب – 13

ماذا يحدث إذا لم تتحلل بقايا الكائنات الحية التي ماتت؟

3. المياه في التربة

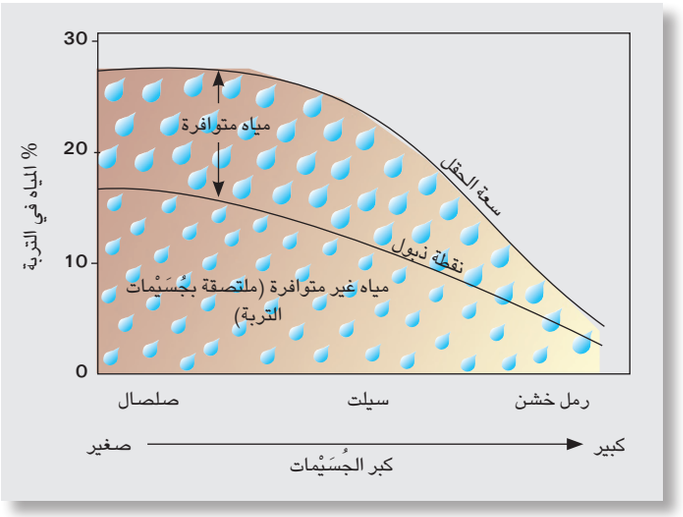
المياه في التربة، ليست مياه نقية، بل هي محلول مُذاب فيه أملاح مختلفة ضرورية للنبات. ليس جميع المياه متوافرة كل الوقت للنباتات التي تنمو فيها.

مع هطول المطر مباشرةً، أو بعد الري، تمتلئ فراغات الهواء – الموجودة بين جُسَيْمات التربة – بالماء. وهذا الوضع نسميه **إشباعًا**.

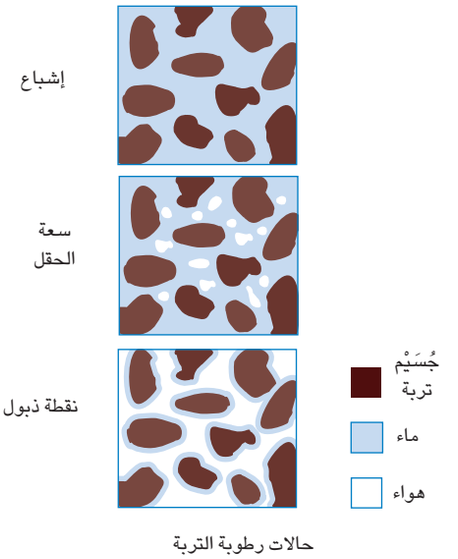
الجاذبية الأرضية تؤدي إلى أن يتغلغل قسم من المياه ("مياه التثاقل") مباشرةً إلى الطبقات السفلية في التربة، وهي ليست متوافرة للنباتات التي جذورها موجودة في الطبقات العلوية للتربة.

لكن لا تتغلغل جميع المياه إلى أعماق التربة. والتربة التي تحتوي على المياه التي بقيت فيها، بعد أن تغلغلت المياه التثاقلية، تكون في وضع نسميه **سعة الحقل**. في هذه الحالة، يوجد ماء متوافر للنبتة بين جُسَيْمات التربة (نظام "المبنى الشعيري للتربة") وحولها. وكلما كان قطر المبنى الشعيري للتربة أصغر، فإنّ النبتة بحاجة إلى بذل قوة أكبر، لكي يتم تفريغ التربة من الماء، وكذلك الأمر، كلما التصقت طبقات جزيئات ماء أقل بجُسَيْمات التربة، فإن النبتة بحاجة إلى قوة أكبر، لكي تمتص جزيئات الماء. وفي نهاية الأمر، نصل إلى وضع تكون فيه جسيمات الماء ملتصقة بجسيمات التربة، لكن النبتة لا تستطيع استغلالها. هذه المياه، **ليست مياه متوافرة**. هذا الوضع نسمّيه **نقطة ذبول**، لأن النباتات التي تنمو في هذه التربة تذبل وتنكمش، على الرغم من أن التربة ليست جافة تمامًا.

كل نوع تربة، يوجد له سعة حقل ونقطة ذبول تميِّزُهُ، وحسب ذلك تتغيّر كمية المياه المتوافرة للنبتة في كل نوع تربة. تعرض الرسمة ب – 25 العلاقة بين كبر جُسَيْمات التربة وبين سعة الحقل ونقطة الذبول.



الرسمة ب – 25: العلاقة بين كبر جُسَيْمات التربة وبين سعة الحقل ونقطة الذبول



حالات رطوبة التربة

سؤال ب – 14

أ. صفوا العلاقة بين كبر الجُسَيْمات وبين سعة الحقل ونقطة الذبول.

ب. صفوا العلاقة بين كبر الجُسَيْمات وبين كمية المياه المتوافرة التي تستطيع النبتة أن تستغلها.

ج. تمعنوا في الرسم البياني، ثم اشرحوا الفرق بين التربة "الثقيلة" والتربة "الخفيفة".

علاقة بموضوع

الخلية: *نقل فعّال واستهلاك أكسجين.*

4. الهواء في التربة

الهواء في التربة هو مصدر الأكسجين المطلوب لتنفس جذور النبتة، الأبصال، الدرنات، البذور التي تنبت والكائنات الحية الأخرى الموجودة في التربة. التهوية غير الصحيحة، تؤذي أداء الجذور، وبالأساس الاستيعاب الفعّال للأيونات. إنّ استيعاب الأيونات يحتاج إلى الطاقة التي تقوم بتزويدها خلايا الجذور من خلال عملية التنفس الهوائية. تتأثر تهوية التربة من بُنيتها ومن العمليات التي تتم فيها. كلما كانت التربة غنية بجسيمات صغيرة (تربة ثقيلة)، فإن التربة تكون مضغوطة أكثر، والتهوية فيها تكون قليلة. تؤدي عمليات تنفس الكائنات الحية في التربة إلى اختلاف مكونات الهواء في التربة عن مكونات الهواء الطبيعي. في أعماق التربة، وفي تربة لا توجد فيها تهوية، نجد أن تركيز الأكسجين منخفض، وتركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 أعلى من تركيزه في الهواء الطبيعي (الغلاف الجوي).

تأثير متبادل بين عوامل لا أحيائية في التربة: ماء – أكسجين.

التربة المغمورة بالماء، لا توجد فيها تهوية كافية، وبسبب ذوبان الأكسجين المنخفض في الماء، فإنّ الجذور ينقصها أكسجين.

حموضة وملوحة التربة

يوجد مجال pH معين في التربة للكائنات الحية التي تعيش فيه، في هذا المجال فقط، تستطيع أن تعيش هذه الكائنات الحية. التربة الحامضية التي فيها الـ pH منخفض (5 وأقل من ذلك)، أو قاعدية (pH أعلى من 7.5)، لا تعيش فيها مجموعات من النباتات والحيوانات المختلفة. السلبية الأساسية في التربة الحامضية (pH منخفض) أنه يحدث تغيُّر في موازنة الأيونات الموجبة، حيث ينخفض تركيز أيونات الكالسيوم (Ca^{++})، ويرتفع تركيز أيونات أخرى، مثل: الألومينيوم والحديد اللذين قد يكونان سامين للنبتة.

تصبح التربة حامضية في المناطق التي تهطل فيها مياه كثيرة: تشطف مياه المطر الأيونات القاعدية من التربة، وإضافةً إلى ذلك، فإنّ التربة تحتوي على حامض الكربونيك الذي نتج من إذابة CO_2 من الهواء. أما قلة الأمطار، وهذا يعني عدم شطف الجير (كربونات الكالسيوم)، فإنها تؤدي إلى pH قاعدي، وفي هذه الحالة، قسم من العناصر لا تذوب في محلول التربة، بل ترسب كأملاح ترفع الـ pH.

تنبع **ملوحة التربة** من مبنى الصخور الأساسية التي نتجت منها التربة ومن كمية الأمطار والري. تُذيب مياه المطر الصخور وتنقل المواد المذابة إلى أعماق التربة. في المناطق الماطرة، تُذيب مياه الأمطار الكثيرة الأملاح وتشطفها إلى المياه الجوفية، لكن في المناطق الجافة (قليلة الأمطار)، يؤدي تبخر المياه من سطح التربة إلى تراكم الأملاح في طبقات التربة العلوية. في إسرائيل، تتميّز تربة النقب والعربا بمشكلة الملوحة. ويمكن أن تحدث الملوحة أيضًا، إذا استعملنا للري مياهًا ذات ملوحة منخفضة.

تضر ملوحة التربة النباتات بعدة طرق:

- يتم استيعاب الأملاح في النبتة، وهي تتراكم فيها وتؤذي العضيات والعمليات التي تحدث في الخلايا.
- في التربة المالحة، التركيز الأسموزي فيها أعلى من التركيز الأسموزي في خلايا الجذور، وهذا يجعل امتصاص المياه من التربة أمرًا صعبًا.

من وجهة نظر زراعية: ملوحة التربة

أحد أسباب ملوحة التربة، هو ري مساحات زراعية **بمياه مالحة**، وهي أملح من مياه الشرب (**المياه النظيفة**)، لكنها أقل ملوحة من مياه البحر. نستعمل أحيانًا الري بالمياه المالحة، لأنه لا توجد إمكانيات أخرى، مثلاً: في مناطق النقب والعربا نستعمل المياه المالحة للري بسبب نقص مياه ذات تركيز أملاح منخفض.

تُشكل ملوحة التربة مشكلة صعبة للمزارع. وهو يقف أمام إمكانيتين: تنمية نباتات ذوات قدرة على الصمود أمام الملوحة، مثل: النخيل، الرمان، الشمندر وأصناف مختلفة من العنب والبندورة. والإمكانية الثانية، تقليل ملوحة التربة من خلال شطفها بمياه ذات تركيز أملاح منخفض. استعمل أوائل المستوطنين هذه الطريقة في كيبوتس بيت العربا الذي يقع على شاطئ البحر الميت. ففي ذلك الوقت، اعتُبر نجاح الزراعة – في بيت العربا – معجزة حقيقية.

سؤال ب – 15

بحسب معرفتكم عن الأسموزا (التنافذ)، اشرحوا، لماذا تركيز الأملاح العالي في التربة، يؤدي إلى صعوبة امتصاص الماء في الجذور؟

يوجد نباتات تنمو بشكل جيد في التربة المالحة. في هذه النباتات، تطورت أثناء النشوء والارتقاء آليات ملاءمة لظروف الملوحة. إنّ إفراز فائض الأملاح عبر أوراق نبتة الغسول يُشير إلى وجود هذه الآلية. إذا تذوقنا الأوراق، فإننا نشعر بملوحتها.

غسول: انتبهوا إلى شعيرات الملح البلورية على الأوراق.

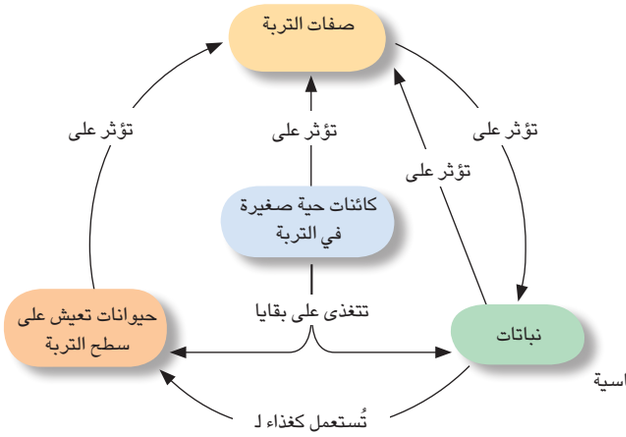
العلاقة المتبادلة بين التربة وبين الكائنات الحية التي تعيش في التربة (بيت التنمية)

ذكرنا في البنود السابقة عدة عوامل مهمة تؤثر على صفات التربة، مثل: الصخور الأساسية التي نتجت منها التربة، المناخ وَ "عُمرُ" التربة. تؤثر النباتات أيضًا على صفات التربة. من ناحية واحدة، صفات التربة هي التي تُحدد – بشكل كبير – أنواع النباتات التي تنمو فيها، لكن من ناحية أخرى، فإن النباتات ذاتها تؤثر على صفات التربة، وتساهم في تطورها وفي المواد العضوية الموجودة فيها. وهكذا تؤثر التربة بطريقة غير مباشرة على الحيوانات التي تعيش في بيت التنمية (التربة)، وتتغذى على النباتات التي تنمو فيها. يصف الجدول ب – 10 والرسم التخطيطي ب – 26 العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وبين التربة.

تأثير عوامل أحيائية على عوامل لا أحيائية.

جدول ب – 10: العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وبين التربة

الكائن الحي	تحصل من التربة / تجد في التربة	تأثير على التربة
جذور النباتات	مياه وأملاح	– تحليل "صخور الأم" بشكل آلي – بقايا وإفرازات الجذور تُثري التربة بمواد عضوية
دودة الأرض	غذاء، مخبأ وحماية من الجفاف	تجويد التربة
خُلد، فئران	مخبأ أو تعشيش	تفكيك (تنعيم) وتهوية التربة من خلال حفر أوكار
فطر، بكتيريا (محللات)	غذاء	تجديد (مدورة) مخزون مواد التغذية، أملاح متوافرة للنباتات



الرسمة ب – 26: تأثير العلاقات المتبادلة الأساسية بين الكائنات الحية وبين التربة وصفاتها

التربة كبيت تنمية (كموطن)

التربة مهمة جدًا لحياة الكائنات الحية التي تعيش على سطحها، لكن إضافةً إلى ذلك، فهي تُشكل موطنًا متنوعًا وخاصًا. تعيش في التربة كمية كبيرة من الكائنات الحية. تتركز معظم الكائنات الحية في الطبقة التي يتواجد فيها الدُبال، وعمقهما بين 5 إلى 25 سم تقريبًا.

يوجد هناك كائنات حية تعيش في التربة بشكل دائم، وهي تنتمي إلى مجتمع الكائنات الحية في التربة، وتظهر على سطح التربة بشكل نادر.

الكائنات الحية الدقيقة في التربة: البكتيريا، الفطريات والكائنات الحية الأُحادية الخلية المختلفة، نجدها في التربة بكميات كبيرة، مثلاً: يمكن أن نجد 100 مليون بكتيريا في 1 غم من التربة. توجد للفطريات والبكتيريا وظيفة مهمة جدًا في مدورة المواد في التربة وإثرائها بمواد غير عضوية متوافرة للنبتة. فهي تُحلل قسمًا من الكائنات الحية التي ماتت، وهي تُطلق نواتج التحليل إلى التربة. تمتص جذور النباتات نواتج التحليل (غير العضوية) عبر الجذور مع الماء، وهي تستغلها لاحتياجاتها. وهكذا تساهم الفطريات والبكتيريا في مدورة المواد في الغلاف الحياتي.

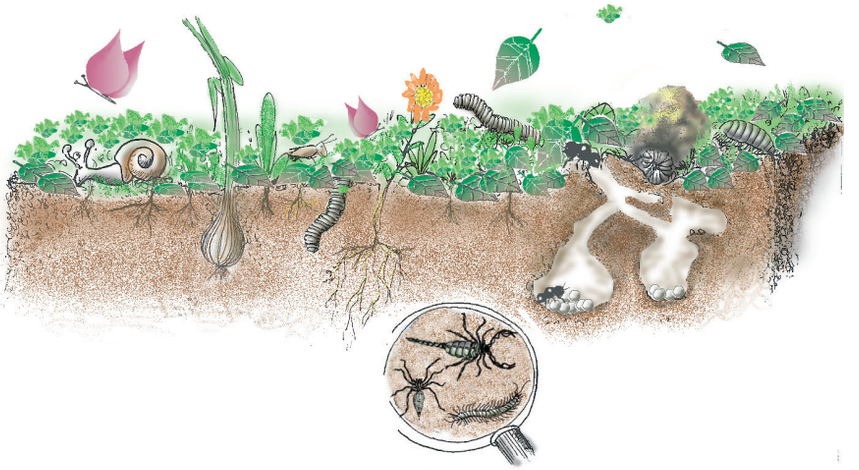
للمزيد عن
مـــدورة المـــواد وتـثـبـيـت النيتروجين، انظروا الفصل الثالث.

بودنا أن نذكر **البكتيريا التي تقوم بربط النيتروجين**. هذه البكتيريا، هي الكائنات الحية الوحيدة التي تستطيع أن تستعمل النيتروجين الحر الموجود في الهواء لإنتاج مركبات نيتروجينية (تثبيت النيتروجين بطريقة بيولوجية). يعيش قسم من هذه البكتيريا بشراكة مع نباتات مختلفة، وبالأساس مع نباتات من عائلة البقوليات. في هذه النباتات، تعيش البكتيريا في مبانٍ خاصة (درنات) تتطور على جذور النباتات. تحصل البكتيريا على كربوهيدرات من النبتة، وهي تزودها بمركبات النترات (النباتات لا تستطيع أن تثبت النيتروجين الحر وأن تُنْتِج بذاتها مركبات النترات).

درنات نيتروجين في البقوليات

إضافةً إلى البكتيريا والفطريات، يوجد في التربة كائنات حية كثيرة، مثل: دودة الأرض، نماتودا، هدبيات، قراد النباتات، يرقات الذباب، يرقات الخنافس وأيضًا الخُلد ينتمي إلى هذا المجتمع.

للمزيد عن
حياة المشاركة، انظروا الفصل الرابع.



الكائنات الحية في التربة

من وجهة نظر زراعية: المزارع يؤثر على مبنى التربة ومكوناتها

التربة هي المورد الأساسي للمزارع. تستغل النباتات مخزون المياه والمواد الموجودة في التربة، لذا للحصول على محاصيل لسنوات عديدة، يجب أن نُدير مورد التربة بالشكل الصحيح. فيما يلي النشاطات التي يقوم بها المزارع: معالجة التربة بطريقة آلية، إضافة زبل عضوي، تسميد وري. تتم معالجة التربة بطريقة آلية بواسطة المحراث وأدوات زراعية أخرى. فمن خلال حَرْث التربة نُحقق عدة أهداف في نفس الوقت: تهوية التربة، قلع أعشاب تتنافس مع النباتات المزروعة، خلط وطمر بقايا نباتات في التربة (التي بقيت من الموسم الماضي)، أسمدة، زبل ومواد لمكافحة الآفات الزراعية. تساهم كل هذه الأمور في خصوبة التربة، وتتيح للنباتات المزروعة النمو في ظروف جيدة.

إنّ إضافة الزبل العضوي، تُحسِّن من تهوية التربة، فالزبل يضيف وسطًا حياتيًا لنشاطات الكائنات الحية الموجودة في التربة، وهكذا يتم إثراء التربة بنواتج تحليل المواد العضوية بطريقة غير مباشرة.

للمزيد عن
التسميد والري، انظروا الفصل السابع.

ب 9: الحياة في ظروف بيئية متطرفة

حتى الآن، ذكرنا بإيجاز أن الحياة تتم وتتطور في بيئات محيطة تسودها ظروف لا أحيائية ليست مثلى لمعظم الكائنات الحية. خلال عشرات السنوات الأخيرة، اكتشف باحثو علم البيئة المزيد من الأنظمة البيئية التي تسودها ظروف بيئية محيطية متطرفة. سنعرض فيما يلي بعض الأمثلة حول ذلك. وقد أدت هذه الاكتشافات إلى استنتاجات مثيرة الاهتمام حول تطور الحياة على الكرة الأرضية القديمة التي كانت تسودها ظروف متطرفة أكثر بكثير من الظروف السهلة نسبيًا التي تسود الكرة الأرضية في هذه الأيام. الكائنات الحية التي تعيش، في يومنا هذا، في بيئات محيطة متطرفة، يمكن أن تكون بقايا الكائنات الحية القديمة.

مثال 1: تنوع بيولوجي غني في ينابيع حارة ومظلمة في أعماق المحيطات

في سنوات السبعينيات، من القرن العشرين، اكتُشفت في أعماق المحيطات أنظمة بيئية بالقرب من المناطق التي تتدفق منها ينابيع مياه حارة جدًا تصل إلى 300 درجة سلزيوس، والتي مصدرها من باطن الكرة الأرضية. تختلط المياه الحارة مع المياه الباردة جدًا، وتنخفض درجات الحرارة حول هذه الينابيع إلى 100 درجة سلزيوس تقريبًا. بالقرب من هذه الينابيع، لم يكتشفوا فقط البكتيريا المعروفة منذ زمن طويل على أنها تستطيع أن تعيش في درجات حرارة عالية، بل اكتشفوا كائنات حية متعددة الخلايا وحقيقية النواة، مثل: الديدان والصدف. في هذه المناطق حار جدًا ومظلم (لا يوجد ضوء)، لذا لا تتم عملية التركيب الضوئي. تعتمد السلسلة الغذائية على البكتيريا (تقوم بعملية تركيب كيميائية) التي تُنْتِج مواد عضوية دون وجود ضوء.

نظام بيئي في أعماق المحيط

للمزيد عن:
التغذية الذاتية بطريقة كيميائية، انظروا الفصل الثالث.

مثال 2: بكتيريا في ينابيع حارة

إنّ اكتشاف البكتيريا قبل حوالي 300 سنة تقريبًا، أدى إلى اكتشاف عالَم من الكائنات الحية الصغيرة جدًا التي لم يتم اكتشافها بشكل كامل. اعتقد الباحثون في كل مكان في العالَم تقريبًا، أنه لا يوجد حياة في الينابيع الحارة، المياه المالحة، أعماق الجليد وأعماق التربة، لكن مع مرور الوقت تمّ اكتشاف بكتيريا ملائمة للحياة في هذه البيئات المحيطة. فقد تمّ بحث البكتيريا التي تعيش في الينابيع الحارة ،واكتشف الباحثون أن هذه البكتيريا تحتوي على إنزيمات ذات مبنى خاص يكسبها قدرة الصمود في ظروف تسودها درجات حرارة عالية جدًا وملوحة متطرفة.

نبع مياه حارة في متنزه يوستون (الولايات المتحدة)

في الينابيع الحارة، في متنزه يلوستون في الولايات المتحدة، تمّ اكتشاف بكتيريا فيها إنزيمات تقوم بمضاعفة الـ DNA، وهي ذات قدرة على الصمود في درجات حرارة عالية جدًا. وقد أدى اكتشاف هذا الإنزيم إلى ثورة في مجال البيوتكنولوجيا، لأنه يستطيع أن يضاعف كميات DNA كبيرة جدًا من كميات قليلة جدًا، وهذه العملية نسمّيها: PCR (Polymerase Chain Reaction). إنّ مضاعفة الـ DNA من عينة قليلة جدًا، هي خطوة مهمة جدًا في البحث العلمي وفي العمليات البيوتكنولوجية.

مثال 3: الحياة في البحر الميت

سُمِّي البحر الميت بهذا الاسم، لأن العلماء اعتقدوا أنه لا توجد حياة في مياه البحر المالحة. لكن في المدة الأخيرة، تمّ اكتشاف طحالب وبكتيريا تعيش جيدًا في المياه المالحة. يعيش الطحلب دونيلا في الطبقة العلوية لمياه البحر بشكل شائع. جدار الطحلب ليس قاسيًا، لذا تستطيع الخلايا أن تُغيِّر حجمها (تفقد أو تستوعب ماء) دون أن يصيبها ضرر. يستطيع الطحلب العيش في مياه تركيزها الأسموزي عالٍ جدًا بفضل تركيز الجليسيرول العالي جدًا الموجود داخل الخلية، والذي يرفع تركيز المواد المُذابة في الخلية، لكنه لا يؤذي العمليات الحياتية في الطحلب.

البحر الميت

تلخيص الفصل

1. يتم تحديد انتشار أنواع النباتات على سطح الكرة الأرضية بحسب شدة إشعاع الشمس، وهو يتأثر من عوامل لا أحيائية، مثل: الرواسب ودرجة الحرارة.
2. إنّ كثرة العوامل التي تؤثر على الكائنات الحية وعلى النظام البيئي، تؤدي إلى تكوين صورة معقدة، وعمليًا لا توجد إمكانية أن نبحث عاملاً معينًا، دون أن نبحث تأثير العوامل الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تؤثر العوامل اللا أحيائية على بعضها، كما أن العوامل الأحيائية تؤثر على العوامل اللا أحيائية.
3. الماء هو مكون أساسي في أجسام الكائنات الحية، وهو يشترك في عمليات الخلايا، وينقل مواد مذابة وخلايا تناسلية. يعتبر الماء في اليابسة عاملاً محددًا، والكائنات الحية مهددة بخطر الجفاف ويوجد لديها ملاءمات في المبنى، ملاءمات فسيولوجية بيوكيميائية وملاءمات في السلوك، لكي تحافظ على موازنة مياه سليمة. العامل المحدد في الماء، هو الأكسجين، لكن على الرغم من ذلك، فإنّ الماء بيت تنمية سهل.
4. تشمل أشعة الشمس ما يلي: أشعة فوق بنفسجية، أشعة حرارية وأشعة ضوئية. الأشعة فوق البنفسجية، قد تؤذي الخلايا والمادة الوراثية، لكنها تساهم في إنتاج طبقة الأوزون التي تحمينا منها. الاشعة الحرارية تُسخن الغلاف الجوي.
5. أشعة الضوء هي مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي. لذا فهي مصدر الطاقة الأولي لمعظم الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية. الضوء هو إشارة بيئية محيطية أيضًا، وهو يؤثر على عمليات التكاثر وتطور النباتات والحيوانات.
6. الأكسجين هو مادة متفاعلة ضرورية في عملية إنتاج الطاقة خلال عملية التنفس الخلوية. في البيئة الحياتية المائية، الأكسجين عامل محدد. ومن الأكسجين يَنْتُج الأوزون الذي يحمينا من أشعة UV.
7. ثاني أكسيد الكربون هو مصدر الكربون في عملية التركيب الضوئي، وذلك على الرغم من تركيزه المنخفض في الهواء. CO_2 هو "غاز الدفيئة" ويساهم في تسخين الغلاف الجوي.
8. تتم العمليات الحياتية في الكائنات الحية التي تستطيع العيش في مجال درجات حرارة يكون فيها الماء في حالته السائلة. تتأثر العمليات في الكائنات الحية من درجة حرارة البيئة المحيطة، لأن الإنزيمات والبروتينات في الخلايا تكون فعّالة في مجال ضيق من درجات الحرارة، ويزداد نشاطها عند ارتفاع معين في درجة الحرارة، لكن في درجات حرارة عالية (أعلى من $50°C$)، يتغيّر مبنى البروتينات، وهي لا تستطيع القيام بنشاطها. تستطيع أنواع قليلة جدًا من الكائنات الحية أن تعيش في ظروف تسودها درجات حرارة متطرفة.

9. هناك الكثير من الملاءمات للموارد المحددة، مثل: الماء، الضوء والأكسجين وأيضًا ظروف درجات حرارة مختلفة، لكن تعتمد جميع هذه الملاءمات على مبدأ تكبير مساحة السطح الخارجي للعضو نسبة إلى حجم العضو، مثل: الأوراق، الخياشيم والشعيرات الماصة.
10. تساعد الرياح على نشر أبواغ، حبيبات اللقاح والبذور، كما تساعد في ترحال الطيور وطيران الحشرات. وهي تزيد من عملية النتح في النباتات وتؤثر على درجة حرارة الجسم.
11. التربة مكونة من مواد عضوية وغير عضوية، ويوجد فيها هواء وماء أيضًا. يُحدد كبر الجسيمات بُنية التربة وكمية المياه فيها، هي التي تحدد كبر جسيمات التربة. التربة هي مورد مهم للمزارع. يؤثر مبنى التربة وصفاتها على النباتات التي يمكن تنميتها فيها. التربة هي بيت تنمية لكائنات حية كثيرة تساهم في مبناها وتهويتها، وهي أيضًا مكان تتماسك به جذور النباتات.
12. تعقيد العوامل الكبيرة في كل بيت تنمية وكثرة تراكيب الظروف المختلفة، هي التي تُنْتِج الثراء الهائل في بيوت التنمية في عالمنا. ففي كل واحد منها، تطورت مجتمعات من الكائنات الحية الملائمة لتراكيب معينة من الظروف السائدة فيها. وفي بيوت التنمية التي تسودها ظروف متطرفة جدًا (درجات حرارة عالية جدًا أو منخفضة جدًا، ملوحة وما شابه)، تعيش أيضًا كائنات حية ذات ملاءمات خاصة لهذه الظروف.

مصطلحات مهمة

اتزان بدني

اسموزا

أشعة الشمس (فوق بنفسجية، ضوء مرئي، تحت الحمراء)

أوزون

أنواع نباتات

تبادل غازات في التنفس وعملية التركيب الضوئي

تربة: خفيفة، ثقيلة

تربة، جُسَيْمات: سيلت، رمل، صلصال

تربة، كمية المياه: نقطة ذبول، سعة الحقل

تربة: مكونات وصفات (بُنية، حامضية وملوحة)

تربة: وسط نمو، بيت تنمية

تركيب ضوئي

تنفس خلوي

ثابتة درجة الحرارة (كائنات حية)

ثغور

جيوفيتات

حولية

درجة حرارة مُثلى

رياح

شعيرات ماصة

ضوء: مصدر طاقة ومحفز من البيئة المحيطة

طاقة: ضوء، حرارة

عامل محدد

عوامل لا أحيائية

عوامل أحيائية

غاز دفيئة، تأثير الدفيئة

فجوة منقبضة

متغيِّرة درجة الحرارة (كائنات حية)

ملاءمة (مبنى، فسيولوجية– بيوكيميائية، سلوكية)

مياه: صفاتها وأهميتها

مياه أيضية

نتح

نسبة مساحة السطح الخارجي إلى الحجم (أوراق، خياشيم، جذور)

يوريا

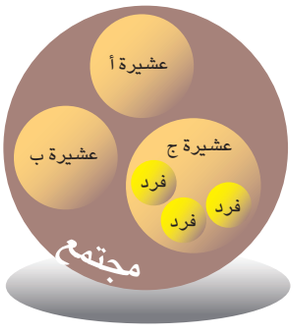
الفصل الثالث (ج)

العوامل الأحيائية: تنظيم وعمليات في المجتمع

الفصل الثالث (ج) العوامل الأحيائية: تنظيم وعمليات في المجتمع

ج1. عوامل أحيائية: أفراد، عشيرة (مجموعة) ومجتمع

جميع الكائنات الحية، تُشكل **العوامل الأحيائية** في بيت التنمية (موطن). تنتمي العوامل الأحيائية إلى عدة مستويات تنظيم: **جميع الأفراد** – من نوع معين – الذين يعيشون في نفس المكان، في زمن معين، هم **عشيرة** (مجموعة). وإذا كانت عدة عشائر (مجموعات) لأنواع مختلفة، تعيش الواحدة بجانب الأخرى في نفس بيت التنمية، فإنّها تُشكل معًا **المجتمع** (الرسمة ج– 1)، حيث يكون تنوع الأنواع أحد مميزاته. المجتمع والبيئة المحيطة الفيزيائية تشكل معًا **نظامًا بيئيًا**.



الرسمة ج– ١ مجتمع

في الفصل الثاني، بحثنا **مستوى تنظيم** الفرد: وهذا يعني ملاءمة الأفراد للظروف ولموارد بيت التنمية. في هذا الفصل، سنبحث مستوى تنظيم المجتمع والنظام البيئي. من المهم أن نفهم أنه كلما صعدنا في مستوى التنظيم، فإننا نكتشف ظواهر لا نستطيع أن نتوقعها ونتعلم عنها من خلال بحث المستوى السابق (وهذا يعني الأقل)، مثلاً: إنّ بحث تصرفات **فرد** معين، لا يكفي، كي نفهم ظواهر وعمليات، مثل: نسبة الولادة والوفيات في مجموعة كبيرة مكونة من أفراد مماثلة للفرد الذي تمّ بحثه، وهذا يعني **في العشيرة**. كما أننا لا نستطيع من خلال تعلّمنا عن عشيرة معينة أن نتعلّم عن فهم عمليات في **المجتمع** والنظام البيئي. مثل: **تحولات (نقل) الطاقة** وتغييرات تحدث فيها مدة طويلة.

الجنبة والعصافير التي تقف عليها تشكل مجتمعًا

للمزيد عن

مستويات تنظيم عوامل أحيائية، انظروا الفصل الأول، الرسمة أ–1).

ج2. الموارد المطلوبة للعوامل الأحيائية

كما لاحظنا في الفصل السابق، فإنّ الكائنات الحية تعيش في ظروف بيئية متنوعة، وحتى في المتطرفة منها. إضافةً إلى ذلك، معظمها ملائمة للبيئة المحيطة التي تعيش فيها، وهذا يعني للعوامل الأحيائية والعوامل اللاأحيائية التي تميزها. التنوع الكبير للكائنات الحية – التي تعيش في بيئات محيطية مختلفة – يميّزه "عامل مشترك"، وهو الحاجة إلى **موارد** بقائه، مثل:

1. **مصدر طاقة** لتنفيذ عمليات الحياة، مثل: بناء مركبات ونقلها من مكان إلى آخر في الكائن الحي (إلى الخلية ومنها، وبين أعضاء في الجسم)، بناء مكونات الخلية (غشاء الخلية وعضيات)، انقسام خلايا، نمو وحركة.
2. **مواد** مختلفة تُستعمل للبناء، النمو، التكاثر ومصدر طاقة لعمليات الحياة:

- **مركبات كربون عضوية**: مركبات مبنية من العنصرين كربون (C) وهيدروجين (H)، وعلى الأغلب تشمل أكسجين (O) وعناصر أخرى، مثل: النيتروجين (N)، الفوسفور (P) والكبريت (S). الكربوهيدرات (السكريات)، الدهنيات، البروتينات والحوامض النووية، هي مركبات عضوية: قسم من المركبات العضوية، يوجد لها وظيفة مزدوجة: فهي تُستخدم لبناء أجسام الكائنات الحياة، ومصدر طاقة لنشاطاتها.
- **مواد غير عضوية (أملاح)**: هي عناصر ومركبات، مثل: البوتاسيوم (K)، الكالسيوم (Ca)، الفوسفور (P) والحديد (Fe).
- **ماء**: والماء هو مادة غير عضوية أيضًا، لكن بسبب أهميته سنتحدث عنه في بند منفصل.

للمزيد عن

مصطلحات **غذاء، مادة عضوية وطاقة**، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: الغذاء هو مصدر لمواد البناء ولإنتاج الطاقة

للمزيد عن

أهمية المياه، انظروا الفصل الثاني، بند ب2.

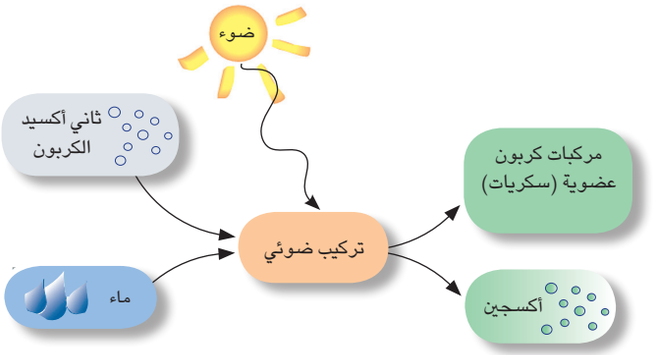
مصادر الطاقة والمواد: طرق التغذية

من أين وكيف تحصل الكائنات الحية على الموارد المختلفة التي تحتاجها؟

العملية التي تحصل فيها الكائنات الحية على مركبات كربون عضوية، ماء وأملاح نسمّيها **تغذية**. وبحسب نوع التغذية، فإننا نُقسِّم الكائنات الحية إلى مجموعتين: **ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية**.

التغذية الذاتية

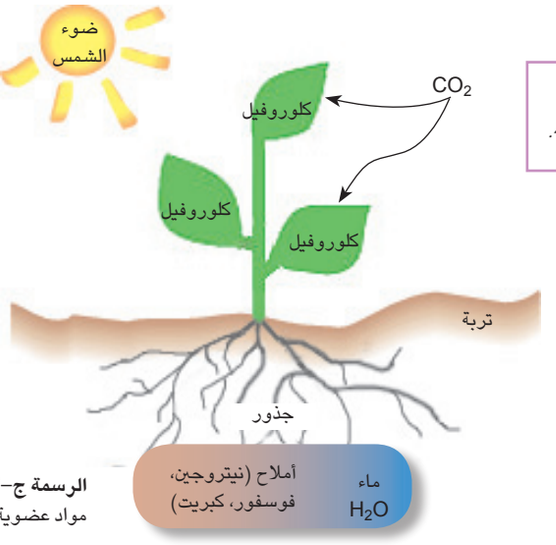
يوجد للكائنات الحية الذاتية التغذية طريقة خاصة من خلالها تستطيع أن تحصل على طاقة وعلى مركبات كربون عضوية، فهي تبني بذاتها مركبات كربون عضوية من مركبين غير عضويين تستوعبهما من البيئة المحيطة وهما ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وماء (H_2O)، حيث يتم ذلك في عملية **التركيب الضوئي** بمساعدة **الطاقة الضوئية** (الرسمة ج – 2). النباتات الخضراء، هي المجموعة المعروفة لكم على أنها الكائنات الحية التي تُنفِّذ عملية التركيب الضوئي. من الجدير أن تعرفوا أن عملية التركيب الضوئي تتم أيضًا في طحالب أحادية الخلية ومتعددة الخلايا تعيش في بحيرات وبحار، كما تتم هذه العملية في مجموعات بكتيريا معينة.



$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{انزيمات}]{\text{ضوء، كلوروفيل}} [CH_2O] + O_2$$

الرسمة ج 2: صيغة ورسم تخطيطي لعملية التركيب الضوئي

نواتج التركيب الضوئي: مركبات الكربون العضوية كالسكريات تُستخدم "كهيكل" لبناء سائر المركبات العضوية، مثل: الدهنيات والبروتينات التي تبني جسم النبتة. في هذه العملية من بناء البروتينات والدهنيات، يشترك الماء وأملاح أخرى (مثل: النيتروجين والفوسفور) يستوعبها النبات مع الماء من التربة عبر الجذور (الرسمة ج–3). ناتج مهم آخر لعملية التركيب الضوئي، هو الأكسجين الذي يُستخدم للتنفس الخلوي الهوائي الذي يتم في معظم الكائنات الحية.



الرسمة ج–3: جميع العوامل التي تشترك في إنتاج مواد عضوية في النباتات

للمزيد عن

الضوء والاكسجين، *انظروا الفصل الثاني، البندان ب3، ب4.*

توسع: تغذية ذاتية – مع ضوء ودونه

الكائنات الحية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي هي: نباتات، طحالب وبكتيريا معينة، وهي ذاتية التغذية ضوئية. قسم من البكتيريا، تُنْتِج مركّبات عضوية من الكربون، لكنها لا تستخدم الضوء كمصدر للطاقة لبناء مواد عضوية. إنّ مصدر الطاقة لهذه البكتيريا، هو مركبات غير عضوية مُختَزَلة، مثل: الآمونيا (NH_3)، الميثان (CH_4)، كبريتيد الهيدروجين (H_2S). و تأكسد هذه المركّبات، يزوّد الطاقة والهيدروجين (H) لاختزال الكربون ولبناء مركبات عضوية من CO_2. هذه البكتيريا، هي **ذاتية التغذية كيميائية**.

غير ذاتية التغذية

جميعنا يعرف أن **الغذاء** هو مصدر للحصول على مواد وطاقة، وهذا يعني أن **نأكل كائنات حية أخرى** (أو أقسامها)، وأن نشرب الماء. يأكل الإنسان الخبز المصنوع من دقيق حبوب القمح، والعصافير تتغذى البذور، الثمار والحشرات الصغيرة، والأبقار تتغذى الأعشاب الموجودة في حقول المراعي، والأفعى يتغذى الفئران.

إنّ أكل كائنات حية أخرى وشُرب الماء هو تغذية غير ذاتية، وهذا يعني أن غذاء الكائنات الحية **غير ذاتية التغذية** هو مركبات كربون عضوية ومواد أخرى تبني أجسام الكائنات الحية التي تتغذى عليها.

المصطلحات: غذاء وطرق التغذية – ماذا نقصد؟

"الغذاء" (أو الأكل) – هو كلمة نستعملها كثيرًا في حياتنا اليومية، فنحن نشتري غذاءً من السوق والحوانيت ونستمتع به بوجباتنا. في هذا الكتاب، نتطرق إلى المعنى الواسع للمصطلح غذاء وهو: **جميع المواد التي تُستخدم كمصدر للمواد المطلوبة لبناء الجسم، ولإنتاج الطاقة**. وبحسب هذا التعريف، فإنّ ذاتية التغذية، تُنْتِج بذاتها قسمًا من غذائها، وقسمًا آخر كالماء والأملاح (تغذية أملاح معدنية)، فإنها تستوعبها من البيئة المحيطة.

للمزيد عن

الغذاء، انظروا ملحق المصطلحات الأساسية

خراف

فطريات عفن على برتقال

فطريات

يرقة فراش

غير ذاتية التغذية

يلخص الجدول ج –1 ما تعلّمناه حتى الآن عن كائنات حية ذاتية التغذية وكائنات حية غير ذاتية التغذية

الجدول ج – 1: مصادر الطاقة ومصادر المواد الذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية

	ذاتية التغذية		غير ذاتية التغذية
	ذاتية التغذية ضوئية: نباتات، طحالب، بكتيريا	ذاتية التغذية كيميائية: بكتيريا	حيوانات (بما في ذلك الإنسان)، فطريات، بكتيريا
مصدر طاقة أولي (أول) لإنتاج مركبات عضوية من مركبات غير عضوية	ضوء الشمس	أكسدة مركّبات غير عضوية، مثل: H_2S (كبريتيد الهيدروجين)، CH_4 (ميثان)، NH_3 (آمونيا).	لا تحتاجه، لأنها لا تُنْتِج مركبات عضوية من مركبات غير عضوية
مواد خام لإنتاج مواد عضوية للنمو والتكاثر	مواد غير عضوية: CO_2، ماء وأملاح من البيئة المحيطة (الهواء، التربة والماء)		مركبات كربون عضوية، مركبات غير عضوية من البيئة المحيطة (غذاء، بقايا وفضلات كائنات حية) وماء
مصدر طاقة لإنتاج ATP لتنفيذ عمليات الحياة	مركبات كربون عضوية		

انتبهوا إلى الفروق المهمة التي تنبع من الجدول:

1. تتميز الكائنات الحية الذاتية التغذية أنها تستغل مصدر طاقة (ضوء أو أكسدة مركّبات غير عضوية) ومواد غير عضوية (CO_2) لإنتاج مواد عضوية، لكن الكائنات الحية غير ذاتية التغذية **لا تستطيع** أن تستغل المواد غير العضوية لإنتاج مواد عضوية.
2. الكائنات الحية غير ذاتية التغذية، تستخدم مركّبات كربون عضوية كمصدر للطاقة وكمواد أساسية لمركّبات يحتاجها الجسم للبناء.
3. جميع الكائنات الحية الذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية، تُنْتِج طاقة لنشاطات الحياة، حيث يتم ذلك من خلال أكسدة مركبات عضوية في **التنفس الخلوي** الهوائي و/ أو في عمليات لا هوائية كعملية التخمر.

ج3. تنظيم الآكل والمأكول في بيت التنمية

مُنْتِجون، مستهلكون ومحللون

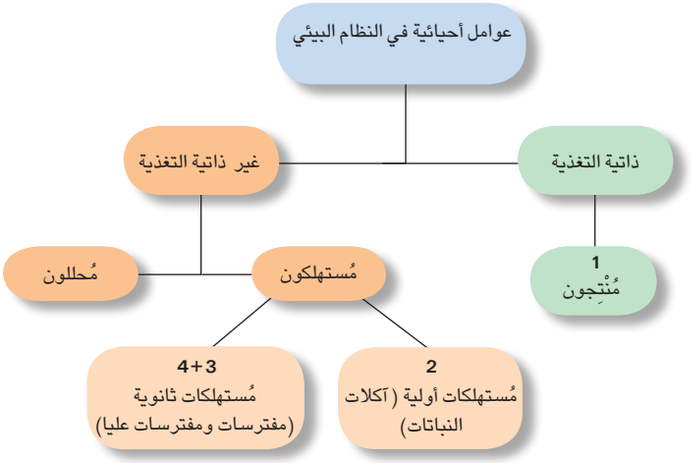
إنّ الحاجة إلى مصدر طاقة ومواد، تؤثر على العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية (عوامل أحيائية)، وهي تشكل قاعدة لفهم تنظيم المجتمع في بيت التنمية ولفهم العمليات التي تحدث فيه. عندما نتمعّن في الطبيعة، فمن الصعب أن نَصف التنظيم الموجود فيها، مثل: الأشجار، الجنبات (الشجيرت)، الأعشاب التي تنمو في الحرش، الحيوانات التي تتجول فيها وعليها، والتي تعطي طابعًا على وجود فوضى وعشوائية. لكن الاختلاف الجوهري في طريقة التغذية، هو الذي يُحدّد علاقة التغذية بين الكائنات الحية، وهذا يعني بين الآكل والمأكول. الكائنات الحية الذاتية التغذية، هي **المُنْتِجات** في بيت التنمية، لأنها هي التي تُنْتِج المواد العضوية التي تستهلكها النباتات ذاتها وسائر الكائنات الحية أيضًا. من هنا ينبع أن بقاء الكائنات الحية غير ذاتية التغذية متعلق بذاتية التغذية.

الكائنات الحية غير ذاتية التغذية، تستهلك مواد عضوية، وهي تنقسم إلى مجموعتين: **مُستهلكات ومحللات**. وتنقسم المُستهلكات إلى مجموعتين ثانويتين: **مُستهلكات أولية** (أولى)، وهي التي تتغذى نباتات فقط، **ومستهلكات ثانوية** (الثانية)، وهي التي تتغذى حيوانات حية، أو حيوانات بعد موتها.

تعمل المحللات بالأساس في التربة، وهي تقوم بتحليل المواد العضوية الموجودة في الإفرازات وفي بقايا الكائنات الحية التي ماتت. الرسمة ج– 4، تصف العلاقة بين طريقة التغذية وبين المُنْتِجين، المستهلكين والمحللين.

المحللات تستهلك مركبات عضوية أيضًا، لكنها تتميز بالعملية التي تحصل، أو تستوعب فيها المركبات العضوية. يُدخل المُستهلكون الغذاء **إلى داخل** أجسامهم. وهكذا الأمر عند البراميسيوم، الآميبا، دودة الأرض، أنواع من الحشرات، الأسماك، الزواحف والإنسان. وفي داخل الجسم، يمر الغذاء بعمليات هضم، مثلاً: تحليل بواسطة انزيمات إلى جزيئات صغيرة، مثل: أحادية السكر وحوامض أمينية. تُنقل الجزيئات الصغيرة إلى الخلايا، وتُستخدم هناك للبناء ولإنتاج الطاقة.

أما المحللات (البكتيريا والفطريات)، فهي **تُفرز إنزيمات إلى بيئتها المحيطة**، وهذه الإنزيمات تساعد في تحليل المواد العضوية. كمية قليلة من نواتج التحليل، هي جزيئات عضوية صغيرة ذات ذائبية تُمتص داخل أجسام المحللات (كما هو الأمر في نواتج الهضم لدى الكائنات الحية المستهلكة)، وتُستخدم كمصدر للطاقة ولمركبات الكربون. أما نواتج تحليل أخرى، مثلاً: مواد غير عضوية (أملاح)، فهي تبقى في البيئة المحيطة وتَستغلها الكائنات الحية التي تعيش في التربة، أو النباتات التي تمتصها من خلال جذورها. وبهذه الطريقة، تقوم المحللات **بمدورة** (إعادة بناء) مواد كثيرة، وتوجد لها وظيفة مهمة جدًا في دورات المواد في الطبيعة (صفحة 91).



الرسمة ج 4–: تصنيف كائنات حية بحسب طريقة التغذية (تتطرق الأعداد إلى مستويات التغذية، انظروا صفحة 80)

علاقة مع الموضوع

بيولوجيا الإنسان: الجهاز الهضمي

انتبهوا:

لا تنسوا، ليس المحللون فقط، وإنما كل الكائنات الحية، وفي معظمها المستهلكات والمُنْتِجات، تقوم بتحليل مواد عضوية خلال عملية التنفس وتُفرز مادة غير عضوية إلى البيئة المحيطة، وهي ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

سؤال ج – 1

هل النظام الاصطناعي (مثلاً: حوض سمك) الذي جميع عشائره مُستهلكة يمكن أن يعيش مدة طويلة؟ عللوا.

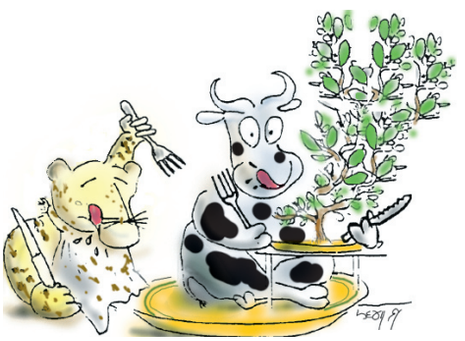
السلسلة الغذائية، الشبكة الغذائية وأهرام بيئية

الكائنات الحية المستهلكة والمحللة في بيت التنمية تكون متعلقة بالمُنْتِجات وببعضها لتزويد المواد والطاقة المطلوبة لبقائها. العلاقة المتبادلة بين المُنتِجات، المستهلكات والمحللات في بيت التنمية يمكن عرضها بطريقتين:

1. عرض كيفي، من خلال **سلسلة الغذاء وشبكة الغذاء**.
2. عرض كمي، من خلال **أهرام بيئية**.

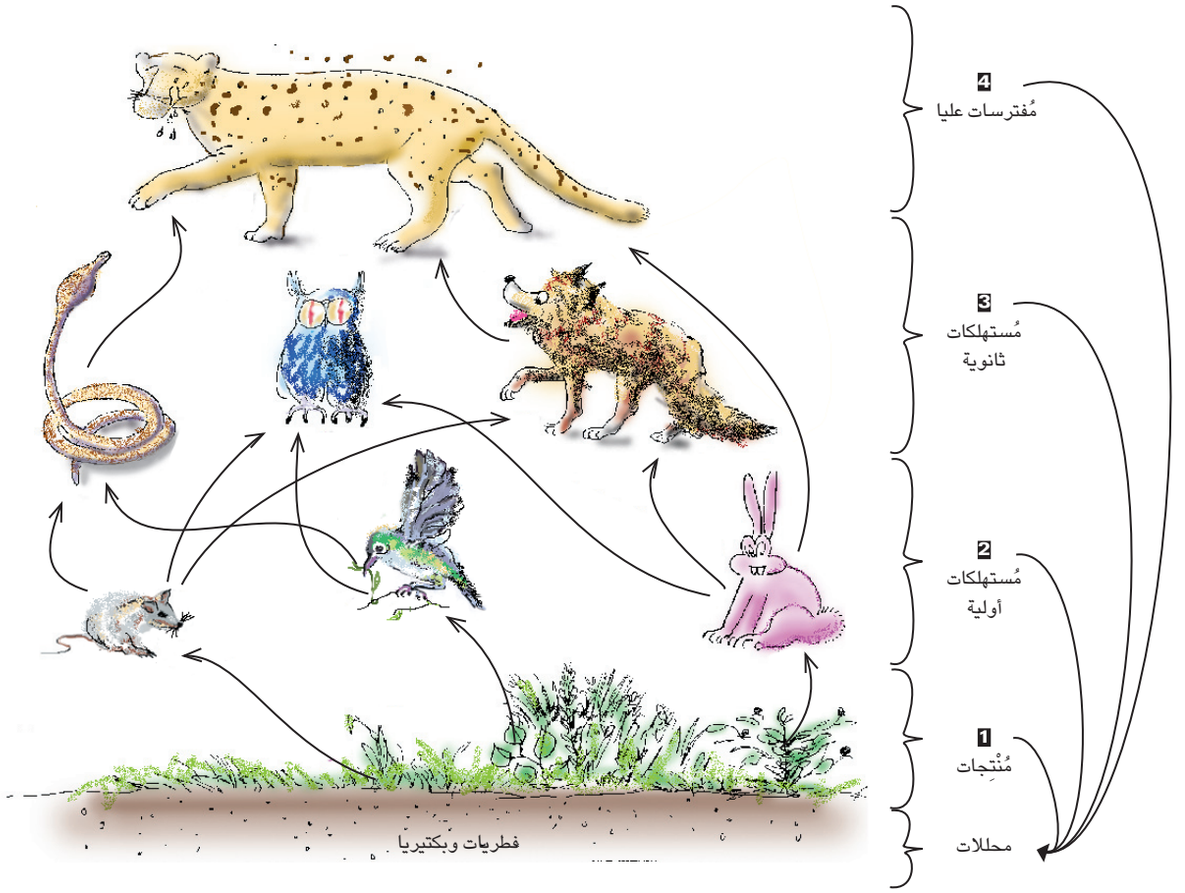
عرض كيفي: سلسلة الغذاء وشبكة الغذاء

في سلسلة الغذاء، وفي شبكة الغذاء نعرض الكائنات الحية الآكلة والمأكولة بأسمائها، وهكذا نعرف الآكل والمأكول في النظام البيئي الذي نبحثه.



سلسلة غذاء

في **السلسلة الغذائية**، نعرض **تسلسلاً واحدًا** للآكل والمأكول، لكن الواقع الموجود في كثير من الأنظمة البيئية معقد أكثر من ذلك: يوجد كائنات حية تتغذى أكثر من نوع واحد من الغذاء، ويوجد فريسة واحدة لأكثر من نوع واحد من المفترسات. أما **شبكة الغذاء**، فهي تعرض مُجمل العلاقات المتبادلة بين الآكل والمأكول في بيت التنمية (الرسمة ج– 5).



الرسمة ج – 5: شبكة غذائية

سؤال ج – 2

اكتبوا السلسلة الغذائية التي تُمثِّل مزرعة تعتمد على تربية الأبقار للحوم والحليب في مرعى طبيعي.

نبحث البيئة: الشبكة الغذائية في بحيرة طبريا

بحيرة طبريا، هي مجمّع المياه الكبير في دولة إسرائيل، وهي عبارة عن مركز سياحة ومورد اقتصادي للصيادين. وبالقرب من البحيرة، يعمل مختبر لبحث البحيرة، ويتابع الباحثون – خلال عدة سنوات – التغييرات التي تحدث في المميزات الأحيائية واللا أحيائية في البحيرة. الشبكة الغذائية – في بحيرة طبريا – معقدة، وهي تشمل أسماكًا (مثل: سردين البحيرة، مشط الجليل ومشط طبريا)، **عوالق حيوانية** (مثل: السوطيات والهدبيات وسرطانات صغيرة مثل: يرغوف الماء (دافنية)، **عوالق نباتية** (مثلاً: طحالب البيريدينيوم) وبكتيريا (الرسمة ج – 6).

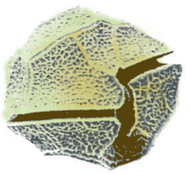
مصطلحات

الكائنات الحية الصغيرة جدًا التي تطفو على الماء، أو تعوم فيها، تُقسم إلى مجموعتين:

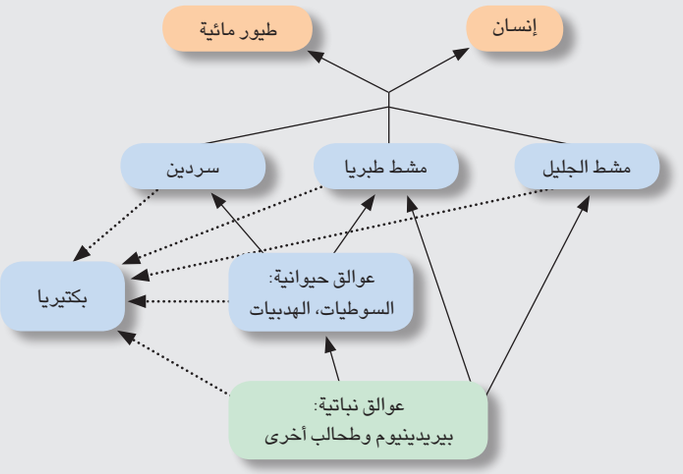
عوالق حيوانية: حيوانات صغيرة جدًا آكلة نباتات أو مفترسة.

عوالق نباتية: طحالب تقوم بعملية التركيب الضوئي.

بحيرة طبريا



بيريدينيوم (مكبر 600 ضعف تقريبًا)



الرسمة ج – 6: جزء من الشبكة الغذائية في بحيرة طبريا

في هذه الرسمة، لم نُعبِّر عن التغيُّرات الموسمية التي تحدث في الشبكة الغذائية في البحيرة خلال السنة. مثلاً: في فصل الربيع، تكبر كمية الطحالب من نوع بيريدينيوم بكمية كبيرة جدًا، وفي هذا الفصل، تُستغل كمصدر غذائي لأسماك مشط الجليل.

نبحث البيئة: شبكة غذائية في النقب

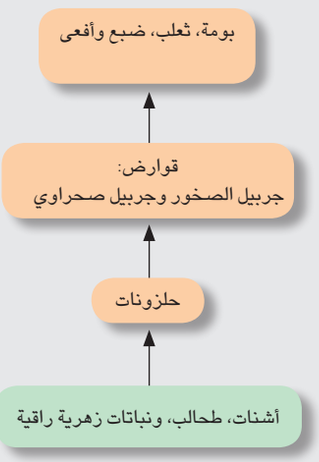
تعرض الرسمة ج – 7 شبكة غذائية تمّ بحثها في النقب. تشمل الشبكة الغذائية مفترسات، قوارض وحلزونات من أنواع مختلفة تتغذى على نباتات، طحالب وأشنات.

ثعلب

أفعى

حلزون

جربيل



الرسمة ج – 7: جزء من الشبكة الغذائية في النقب

سؤال ج – 3

أ. كيف يؤثر الصيد الكثير جدًا على العوالق الحيوانية والبكتيريا في بحيرة طبريا؟ عللوا بناءً على الرسمة ج–6.

ب. في بحث أُجري في النقب (الرسمة ج – 7)، تمّ تحضير مخبأً، لكي يحمي القوارض من المفترسات. كيف أثر الأمر على مكونات أخرى في الشبكة الغذائية؟ اشرحوا.

عرض كمّي: هرم بيئي لمستويات التغذية

يمكن أن ينتمي الكائن الحي في الشبكة الغذائية إلى عدة **مستويات تغذية** (الرسمة ج – 5، صفحة 80). **المُنْتجات** هي قاعدة الشبكة الغذائية، وهي تشكل مستوى التغذية الأول (مستوى تغذية 1). الكائنات الحية التي تتغذى نباتات فقط، هي **مستهلكات أولية**، وهي تُشكل مستوى التغذية الثاني (مستوى تغذية 2). الحيوانات المفترسة التي تتغذى حيوانات أخرى (عادةً أصغر منها)، هي **مستهلكات ثانوية**، وهي تُشكل مستوى التغذية الثالث، أما في مستوى التغذية الرابع، نجد المجموعة الأخيرة للمستهلكات، وهي **المفترسات العليا**. نُسمّيها بهذا الاسم لأنه لا يوجد حيوانات تفترسها. يعرض الجدول ج – 2 أمثلة لكائنات حية في مستويات تغذية مختلفة.

*بحسب ما وَرَدَ أعلاه، يمكن أن نعرّف **مستوى التغذية** كالتالي:*
مجموعة من الكائنات الحية التي تأخذ / تحصل على غذائها مباشرةً، أو بطريقة غير مباشرة من المُنْتِجات بعدد متماثل من المراحل. ووفقًا لهذا التعريف، كل الحيوانات التي تتغذى نباتات فقط (المُنْتِجات) تنتمي إلى مستوى التغذية – مستهلكات أولية (مستوى تغذية 2).

في سنة 1942، اقترح الباحث لندمن استعمال مصطلح **مستوى التغذية** لوصف أنظمة بيئية.

من المهم الانتباه إلى أن أنواعًا كثيرة يمكن أن تنتمي إلى أكثر من مستوى تغذية واحد. المثال البارز على ذلك، هو الإنسان الذي يتغذى مباشرة من النباتات والحيوانات أيضًا (المستويان 2+3). مثال آخر، هو أُحادي الخلية يوجلينا (Euglena= طحالب سوطية) الذي يتغذى بحسب ظروف البيئة المحيطة بطريقة التغذية الذاتية (مستوى تغذية 1)، وبطريقة غير ذاتية التغذية (مستوى تغذية 2).

في أي مستوى تغذية أنا موجود؟

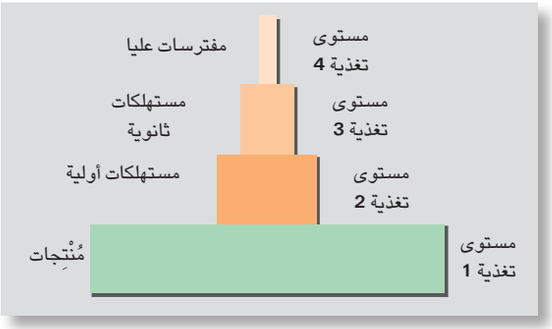
جدول ج – 2: أمثلة لكائنات حية تنتمي إلى مستويات مختلفة

مستوى التغذية	أمثلة
1. مُنْتِجات	النباتات الخضراء، الطحالب والبكتيريا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي
2. مُستهلكات أولية – تأكل نباتات فقط	نباتات طفيلية حشرات: جندب زواحف: سلحفاة طيور: بلبل، قمير ثدييات: غزال، ضبي، بقرة، جمل، خروف
3. مُستهلكات ثانوية – تأكل حيوانات	مفصليات الأرجل: عناكب، جنادب، عقارب، أنواع من السرطانات البرمائيات: ضفدع زواحف: حرباء، أفعى طيور: أبو زريق، بجع ثدييات: كلب البحر، ابن أوى، كلب، ثعلب
4. مفترسات عليا	زواحف: تمساح طيور: نسر، باشق ثدييات: أسد، نمر، حوت

إنّ وجود المكونات الأحيائية في مستويات التغذية، وفي النظام البيئي، يعرض مبدأ مهمًّا جدًا وهو أن بقاء مجتمع كائنات حية في بيت تنمية معين متعلق **بالمواد العضوية** التي تُنْتِجها المُنْتِجات (ذاتية التغذية)التي تُشكل أساس المجتمع في بيت التنمية.

هذه المواد، تستعملها المُنْتِجات أولاً، وجميع الكائنات الحية غير ذاتية التغذية التي تتغذى عليها. **وكذلك الأمر بالنسبة للغذاء الذي تأكله المستهلكات (غير ذاتية التغذية)** التي تأكل النباتات، ففي البداية تستعمله الكائنات الحية الآكلة النباتات، لكن بعد ذلك، تستعمله المفترسات التي تتغذى عليها. لذا كمية المواد العضوية التي تُنْتِجها المُنْتِجات، يجب أن تزود احتياجات جميع الكائنات الحية التي تتغذى عليها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في جميع مستويات التغذية.

إذا رسمنا **كمية المواد** في كل مستوى تغذية، في بيت تنمية معين، نحصل على شكل هرم قاعدته كمية المواد (الكتلة الإحيائية) في مستوى التغذية الأول: المُنْتِجات (الرسمة ج – 8).

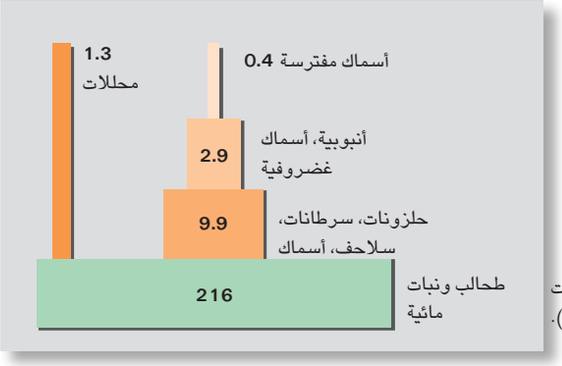


الرسمة ج – 8: هرم بيئي يُمثِّل الكتلة الأحيائية في مستويات التغذية، في نظام بيئي في اليابسة

كُبر الدرجة في **هرم الكتلة الأحيائية**، يُمثِّل كمية المواد الكامنة في مستوى تغذية واحد، ويتم التعبير عنها بوحدات الوزن الجاف للمادة العضوية لوحدة مساحة (غم/متر مربع). في معظم الأنظمة البيئية في اليابسة تكون الكتلة الأحيائية للمُنْتِجات في مستوى التغذية 1 هي الأكبر. الكتلة الأحيائية للمُستهلكات أصغر من الكتلة الأحيائية للمُنْتِجات، وكلما "صعدنا" في مستويات التغذية في الهرم، فإنّ الكتلة الأحيائية تصغر، وهكذا نحصل على شكل هرم.

ما هو مكان المحللات في الهرم البيئي؟ لأي مستوى تغذية تنتمي؟

الهرم البيئي المعروض في الرسمة ج – 8 ، لا يشمل المحللات على الرغم من أهميتها الكبرى. السبب لذلك أنه من الصعب أن نُمثِّلها بالشكل الصحيح، لأنها موجودة في كل مكان، وهي تُحلل البقايا التي لم تؤكل في كل مستوى. وعددها كبير جدًا، ولا نعرف عدد هذه الكائنات الحية الصغير جدًا الموجودة في كل بيت تنمية، ولا نعرف كتلتها الأحيائية. تعرض الرسمة ج – 9 حلاً معينًا لتمثيل المحللات، فهي مُمثَّلة بخط متواصل يُرافق جميع مستويات التغذية الموجودة فوق المُنْتِجات.

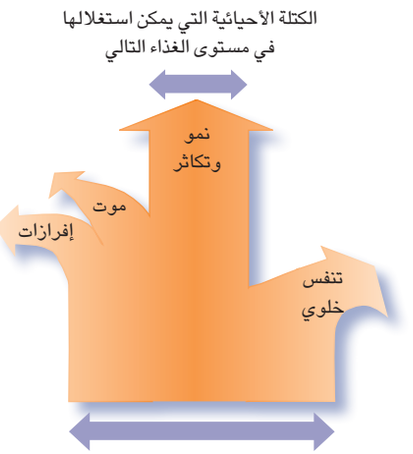


الرسمة ج – 9: هرم الكتلة الأحيائية في بيت تنمية رطب (في فلوريدا في الولايات المتحدة). تمّ التعبير عن القيم بوحدة غم لمتر مربع.

لماذا تقل الكتلة الأحيائية كلما صعدنا في مستويات التغذية في الهرم؟

ينبع شكل الهرم من الحقيقة أن كل كائن حي يستعمل **المواد** التي يُنْتِجُها، أو التي يأكلها أولاً ليلبي احتياجاته، مثل: إنتاج الطاقة المطلوبة له (من خلال التنفس الخلوي)، النمو والتكاثر. المركبات العضوية التي تأكسدت في عملية التنفس في الخلية إلى CO_2 (الذي ينطلق إلى الهواء) والماء، لا تستطيع أن تستغلها المستهلكات الموجودة في مستوى الغذاء التالي. وكذلك الأمر بالنسبة للمواد العضوية التي تُفرز في براز وبول الحيوانات، والأغصان التي ماتت، والأوراق التي تسقط على الأرض وتُحللها المحللات، فجميعها لا تستطيع أن تستغلها المستهلكات الموجودة في مستوى الغذاء التالي. لذا إذا فحصنا، ماذا يحدث للمواد التي تأكلها البقرة؟ نلاحظ أنه ليس جميع المواد العضوية الموجودة في العشب الذي أكلته خلال حياتها يستغله الإنسان الذي يأكل من لحمها ويشرب من حليبها، فقسمًا قليلاً من المواد التي أكلتها البقرة استغلتها لتنفسها، وقسمًا قليلاً أفرزته كفضلات (بول، بُراز).

وبهذه الطريقة، فإنّ **قسمًا** من المواد التي أنتجتها المُنْتِجات، أو أكلتها المستهلكات تُستغل في مستوى التغذية الآتي، كما نلاحظ ذلك في الرسمة ج – 10.



الرسمة ج – 10: ماذا يحدث للمواد التي أكلتها البقرة؟

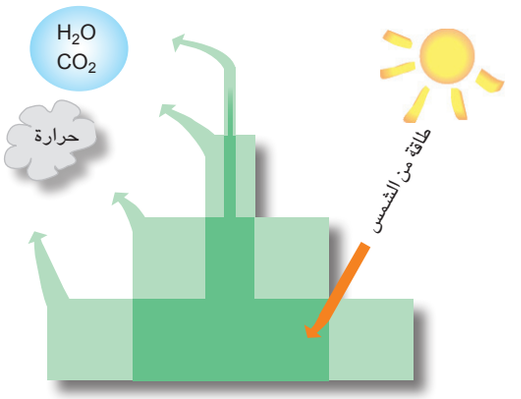
الكتلة الأحيائية والطاقة

للمزيد عن
الطاقة انظروا ملحق المصطلحات الأساسية

هرم الكتلة الأحيائية هو هرم طاقة أيضًا، لأن الكتلة الأحيائية تعكس كمية الطاقة الكيمائية في كل مستوى تغذية.

الكتلة الأحيائية، هي عبارة عن مواد نَتجت في عملية التركيب الضوئي، وتنتقل من كائن حي إلى آخر في شبكة الغذاء، وتُستغل لإنتاج الطاقة خلال التنفس الخلوي، وينطلق ثاني أكسيد الكربون وماء إلى البيئة المحيطة، وتتحول كل الطاقة الكيميائية إلى حرارة (نوع طاقة غير ميسرة).

عرضنا هذه الفكرة في الرسم التخطيطي ج – 11.



الرسمة ج – 11: الطاقة والكتلة الأحيائية المتوافرة للكائنات الحية في مستوى التغذية التالي

الطاقة والكتلة الأحيائية التي تفقدها الكائنات الحية إلى البيئة المحيطة أثناء حياتها

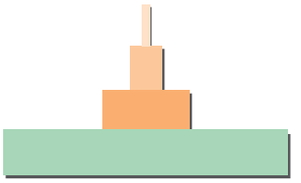
هرم الأعداد

نجد في بيوت تنمية كثيرة أن عدد النباتات (المُنْتِجات) أكبر من عدد آكلات النباتات، وعدد الكائنات الأخيرة أكبر من عدد المفترسات.

مثال على ذلك: في الحقل المفتوح، يوجد عدد كبير جدًا من النباتات، وعدد آكلات النباتات أصغر من عدد النباتات، وعدد المفترسات التي تتغذى على آكلات النباتات أصغر من عدد آكلات النباتات.

يمكن وصف النظام البيئي لحقل مفتوح من خلال هرم أعداد (الرسمة ج – 12). في هذا الهرم، عدد المُنْتِجات هو الأكبر، وكلما "صعدنا" في الهرم، يقل عدد الكائنات الحية في كل مستوى تغذية.

يوجد ظاهرة أخرى تُميز هرم الأعداد، وهي متعلقة بعدد **الأنواع** في مستويات التغذية المختلفة: في معظم الحالات يكون عدد أنواع المُنْتَجات أكبر من عدد أنواع المفترسات العليا.



الرسمة ج – 12: هرم الأعداد في حقل: عدد كبير من المُنْتَجات الصغيرة، وهي نباتات حوليّة.

يوجد سلبية واضحة لهرم الأعداد: جميع الأفراد في مستوى تغذية معين تُمثّل بشكل متماثل على الرغم من أن كتلتها مختلفة، مثلاً: الفيل الذي وزنه عدة أطنان والحشرة الصغيرة يُمَثّلان بنفس الطريقة. 100 فيل وَ 100 حشرات مُمَثّلان بنفس الطريقة بالضبط. لذا هرم الأعداد لا يعكس **كمية المواد** العضوية الموجودة في مستويات التغذية، وهذه هي السلبية البارزة لهرم الأعداد.

حقل: عدد كبير من المُنْتِجات الصغيرة

سؤال ج – 4

كيف يبدو هرم الأعداد الذي يُمثِّل الحالة التي فيها:

أ. حشرات كثيرة تتغذى على شجرة كبيرة، وعصافير تتغذى على الحشرات؟

ب. طفيليات كثيرة تعيش داخل عائل أو عليه؟

أهمية طرق الوصف والتمثيل لمعرفة النظام البيئي

لمعرفة بيت التنمية، مثلاً: البيئة المحيطة في البيت، أو البيئة المحيطة في المدرسة، يجب أن نعرف تنوع الأنواع التي تعيش في بيت التنمية، لكن هذا لا يكفي، لأن العلاقات بين الكائنات الحية التي تنعكس في شبكة الغذاء وفي الهرم البيئي لا تقل أهمية. ومن هذه العلاقات يمكن أن نحصل على صورة كاملة وشاملة عن بيت التنمية وعمّا يحصل فيه. يقارن عادةً باحثو علم البيئة بين بيوت التنمية من خلال تحليل شبكات الغذاء الموجودة فيها، ويقارنون بينها من خلال مقارنة مبنى الأهرامات التي تُمثِّل العلاقة المتبادلة في بيت التنمية بالمستوى الكمي، وبحسب شبكة الغذاء، يمكن – على سبيل المثال – أن نشرح ظواهر، أو نتنبأ التغييرات التي تحدث في النظام البيئي، في أعقاب تغيير أحد المكونات.

سؤال ج – 5

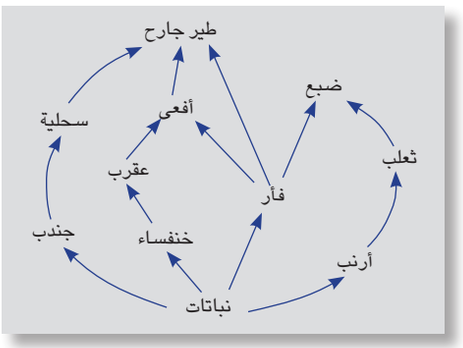
أمامكم شبكة غذاء في بيت تنمية في اليابسة. تمعّنوا فيه، ثم أجيبوا عن الأسئلة الآتية:

أ. صنِّفوا الكائنات الحية في شبكة الغذاء إلى مُنْتِجات ، مستهلكات أولية، مستهلكات ثانوية ومفترسات عليا.

ب. ماذا يحدث لمكونات شبكة الغذاء إذا نشب حريق وأدى إلى إبادة جميع النباتات؟

ج. في سنة ماطرة بشكل خاص، نلاحظ ظاهرتين مختلفتين: (أ) نمو كبير لجميع النباتات في بيت التنمية (ب) تغرق جراء الفئران في أوكارها.

لخصوا التأثيرات المتوقعة لهاتين الظاهرتين.



شبكة غذاء

ج4. عمليات في بيت التنمية: دورات المواد ونقل الطاقة

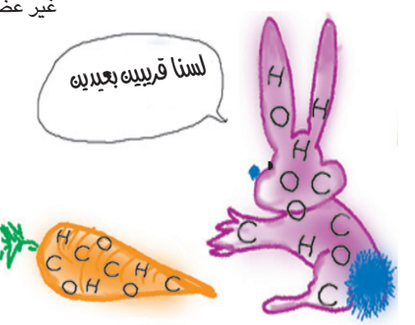
علاقة بموضوع

الخلية: *معظم المواد التي تبني خلايا الكائنات الحية، هي مركبات كربون عضوية من أنواع مختلفة. وفي الخلايا، يوجد أملاح أيضًا.*

إحدى الظواهر الرائعة في الحياة، هي تجانس المبنى الكيميائي للكائنات الحية.
تحتوي كل الكائنات الحية على نسبة عالية من الماء، وهي مبنية من سكريات، دهنيات بروتينات وحوامض نووية.

ما هي أهمية التشابه في المبنى الكيميائي؟

من حسنات التشابه في المبنى الكيميائي أن نفس المواد (**عناصر ومركبات**) مطلوبة لبقاء جميع الكائنات الحية، وكائن حي معين يستطيع أن يحصل على المطلوب له من خلال أكل جسم (أو قسم من جسم) كائن حي آخر. هكذا الأمر عند الكائنات الحية **غير ذاتية التغذية** التي تحصل على مواد عضوية من أكل كائنات حية أخرى أو تحليلها، ومن خلال ذلك تحصل أيضًا على مواد غير عضوية (أملاح)، وعلى قسم من الماء الذي تحتاجه.



ما هو المشترك بين الأرنب والجزرة؟

إنّ انتقال المواد من كائن حي إلى آخر في شبكة الغذاء وبين مستويات التغذية في الهرم البيئي، وإعادة استعمال المواد من خلال مكونات شبكة الغذاء، هي جزء من عملية **استرجاع (مدورة) المواد** في الغلاف الجوي وفي الكرة الأرضية بشكل عام. عند نقل المواد، تشترك جميع الكائنات الحية التي تعيش في بيت التنمية، ويرافقها **تغيير كيميائي** في المواد الموجودة فيها، وفي تحولات الطاقة أيضًا: من طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية، ومن ثم إلى طاقة حرارية.

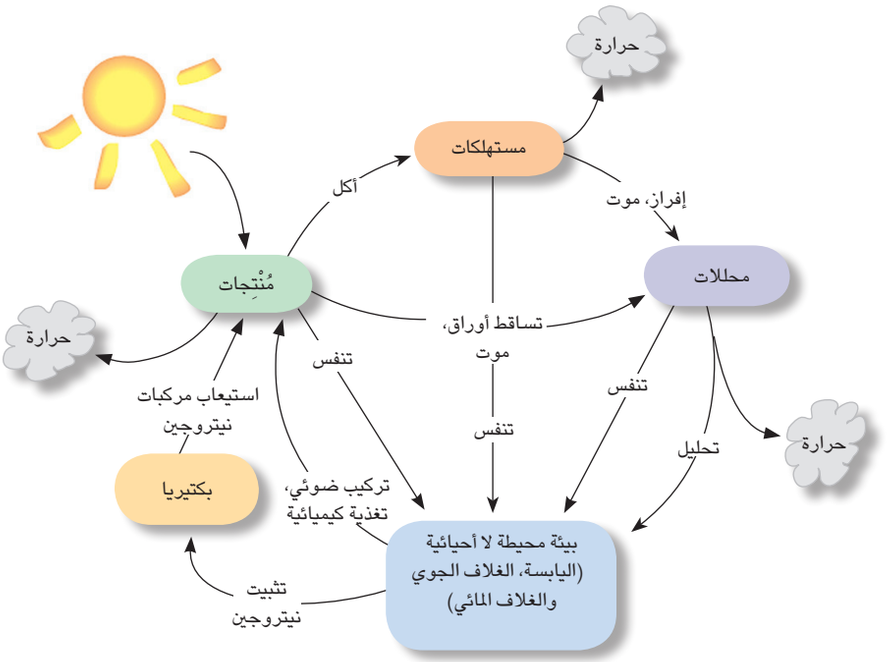
استرجاع (مدورة) مواد

الكرة الأرضية والغلاف الجوي الذي يُحيطها، يُشكلان **نظامًا مغلقًا** للمواد، وهذا يعني أن مواد لا تدخل الكرة الأرضية من الخارج، ولا تخرج مواد من الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي (باستثناء النيازك التي تدخل الغلاف الجوي وتصل الكرة الأرضية، وباستثناء السفن الفضائية والأقمار الاصطناعية التي تُطلق من الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي، ولا تعود إلى الكرة الأرضية، ومن الناحية الكمية، فإنّ مساهمتها وتأثيرها ضئيلانِ).

أين نجد جميع المواد؟

جميع المواد العضوية وغير العضوية نجدها في المجمعات الآتية:
الغلاف الحياتي: الكائنات الحية والميتة
الغلاف اليابسي: الصخور والتربة
الغلاف الجوي: غلاف الغازات الذي يحيط الكرة الأرضية
الغلاف المائي: المجمعات المائية على أنواعها الموجودة على سطح الكرة الأرضية: أنهار، ينابيع، وديان، بحيرات بحار ومحيطات.

العمليات الكيميائية – البيولوجية التي تتم في الكائنات الحية تؤدي إلى نقل هذه المواد بشكل دوري بين هذه المجمّعات الأربعة.
(العمليات الفيزيائية، كإذابة الصخور بواسطة المطر، تؤدي هي أيضًا لحركة المواد، لكن لا نبحثها هنا).
في الرسمة ج – 13، نلاحظ المسار العام للمواد التي تنتقل بين المكونات الأحيائية واللا أحيائية.



الرسمة ج – 13: مكونات النظام البيئي التي تشترك في مدورة المواد والعمليات التي تحدث فيها

سؤال ج – 6

أ. تمعّنوا في الرسمة ج– 13. ماذا يحدث لأشعة الشمس التي تستوعبها المُنْتِجات؟

ب. صنّفوا العمليات التي وردت في الرسم التخطيطي إلى ثلاث مجموعات:

(1) عمليات من خلالها تُنقل مواد من البيئة المحيطة اللا أحيائية إلى العوامل الأحيائية.

(2) عمليات من خلالها تُنقل مواد من العوامل الأحيائية إلى البيئة المحيطة اللا أحيائية.

(3) عمليات من خلالها تُنقل مواد بين العوامل الأحيائية.

لتجسيد فكرة مدورة (استرجاع) المواد، هيا بنا نتابع المسار الذي تمر به ذرة الكربون، من المرحلة التي تنتقل بها من الغلاف الجوي كـ CO_2 إلى النبتة في عملية التركيب الضوئي، ويتحول إلى جزء من جزيء عضوي معين (سكر، دهنيات أو بروتينات) في جسم النبات.

يمكن أن تنبعث هذه الذرة من الكربون خلال فترة قصيرة إلى الغلاف الجوي كجزء من عملية التنفس الخلوي للنبتة. معظم ذرات الكربون التي استوعبها النبات تتحول إلى قسم من جسمه، وعندما يؤكل النبات يصبح الكربون جزءًا من مركبات جسم الحيوان الذي أكله. وفي نهاية الأمر ينطلق إلى الغلاف الجوي (كـ CO_2) كناتج لعملية التنفس التي تحدث في خلايا الحيوان أو خلايا المحللات التي تُحلل إفرازات الحيوانات أو أجسامها بعد موتها.

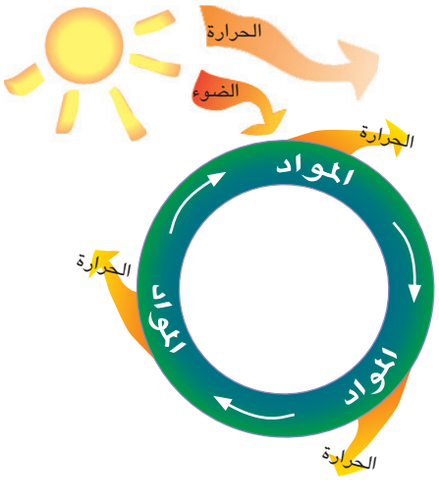
تحولات الطاقة في الطبيعة

العمليات في الكائنات الحية ومدورة المواد في النظام البيئي متعلقة بطاقة الشمس. ومن خلال عملية التركيب الضوئي "تُستوعب" طاقة الضوء من الشمس وتتحول إلى **طاقة كيميائية** في المواد العضوية التي هي نواتج عملية التركيب الضوئي. من هذه اللحظة، يكون تحول (انتقال) الطاقة الكيمائية في الطبيعة **مرافقًا** لمدورة المواد.

المواد العضوية هي مصدر لمواد البناء، وتُستعمل أيضًا لإنتاج الطاقة في جميع الكائنات الحية (المُنْتِجات، المُستهلكات والمحللات) (جدول ج – 1، الرسمة ج – 10). من المهم الانتباه إلى أنه يوجد فرق أساسي بين تحول الطاقة وبين تحول المواد (جدول ج – 1، الرسمة ج – 10).

في القطعة السابقة، شرحنا كيفية تدوير المواد، ولاحظنا أنه بعد أن تتحلل إلى عناصرها يمكن أن نستعملها مرةً أخرى لبناء مواد جديدة. أما بالنسبة للطاقة، فإنّ الأمر يختلف تمامًا: العمليات الحياتية للكائن الحي، التنفس الخلوي، الحركة، النقل الفعّال، البناء وغير ذلك يُرافقها إطلاق **طاقة حرارية.**

الطاقة الحرارية التي ليست كالطاقة الكيمائية، هي شكل (نوع) من أشكال الطاقة التي لا يستطيع الكائن الحي أن يستعملها خلال العمليات التي تحدث فيه. في الغلاف الجوي، الطاقة الحرارية ليست متوافرة بشكل كامل لتنفيذ عمل، أو لتحريك عمليات، لذا بقاء الحياة على سطح الكرة الأرضية متعلق بالتزويد المستمر للطاقة من الشمس.



الرسمة ج – 14: مدورة مواد مقارنة مع تحولات الطاقة

للمزيد عن

الطاقة في الأنظمة البيولوجية، انظروا **ملحق المصطلحات الأساسية**.

عكس المواد التي تتم إعادة بنائها من جديد دون توقف، فإنّ انتقال الطاقة في الغلاف الجوي وفي الأنظمة البيئية، هو عملية ذات اتجاه واحد: من الشمس إلى العوامل الأحيائية، وتنبعث كحرارة إلى الفضاء (الرسمة ج – 14).

أشعة الشمس – مصدر الطاقة الأولي

للمزيد عن

درجة الحرارة ودورة المياه، انظروا الفصل الثاني، بند ب 6.

الشمس هي مصدر الطاقة الأولي لمعظم الأنظمة البيئية. إضافةً إلى ذلك، فإنّ الشمس أيضًا، هي مصدر الطاقة الأولي للإنسان. الشجرة، النفط، الغاز والفحم هي أشكال للطاقة الكيميائية التي تُستعمل لتشغيل السيارات والأجهزة الصناعية، ولتوليد الكهرباء ولتسخين وإضاءة البيوت. النفط والفحم نتجا من نباتات وحيوانات قديمة، لذا يمكن القول أنها نتجت نتيجةً لعمليات التركيب الضوئي التي نفّذتها النباتات القديمة قبل ملايين السنين بمساعدة الطاقة الضوئية من الشمس. ينبع من ذلك بطريقة غير مباشرة أن الشمس تُشكل مصدر طاقة أوليًا لإنتاج الطاقة الكهربائية أيضًا في محطات القوة التي تعمل بواسطة الفحم، الغاز أو الوقود السائل.

الشمس هي مصدر الطاقة الأولي لمحطات القوة التي تعمل بواسطة شلالات المياه أو الرياح.

في هذه الأيام، تُستعمل أيضًا الطاقة النووية التي تُنْتَج في المفاعلات النووية كمصدر طاقة بديل.

محطات لإنتاج الكهرباء من الرياح

في المجتمع الحديث الذي نعيش فيه اليوم، تتحول كميات كبيرة من الطاقة الكيميائية (نفط، وقود، غاز، خشب وفحم) إلى أشكال طاقة أخرى. لكن من المهم أن نتذكر أن **الطاقة الكيميائية هي مورد يتنافذ**. نتيجةً لنشاط الإنسان، فإن **الطاقة الكيميائية** تتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة (مثلاً: كهرباء، حركة)، وتنطلق في نهاية الأمر كحرارة إلى الفضاء، ولا نستطيع أن نستخدمها ثانيةً. لذا يجب علينا أن نوفّر في استخدام المورد الغالي للطاقة الكيميائية التي تراكمت في التربة خلال فترات قديمة.

سؤال ج – 7

أ. لماذا يعتبر النفط والفحم موردين متنافذين. هل يمكن تجديد هذين الموردين؟ عللوا.

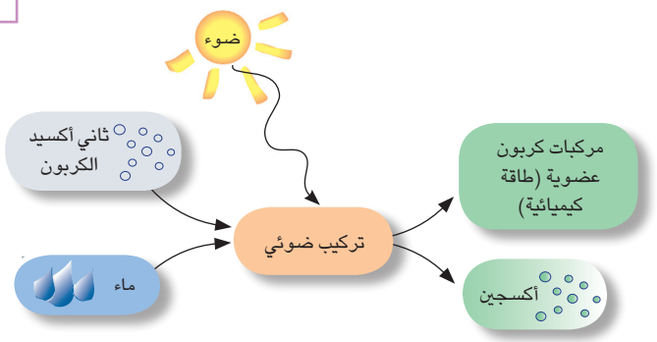
ب. هل الطاقة الكهربائية التي تُنْتَج في محطات القوى التي تعمل بواسطة الماء هي مورد يتنافذ؟ عللوا.

علاقة بموضوع

الخلية: تتم في الخلايا عمليات تحليل، بناء وتغيير – تبادل مواد (عمليات أيضية)، وترافقها تغييرات في الطاقة، وتنشطها إنزيمات.

الترافق بين مدورة المواد وبين تحولات الطاقة

لكي نفهم مدورة المواد وعمليات تحول الطاقة في النظام البيئي، يجب علينا أن نفهم عمليات البناء وعمليات الهدم الكيميائية التي تحدث في **خلايا** الكائن الحي. من المهم أن نتذكر أن جميع العمليات البيوكيميائية في الكائن الحي متعلقة ببعضها كالشبكة المكونة من عدة مسارات لعمليات أيضية (تبادل مواد). يُستعمل قسم من نواتج عملية **التركيب الضوئي** لبناء بروتينات ودهنيات، وتُستعمل نواتج وسطية من تحليل البروتينات والدهنيات أثناء عمليات البناء في الخلايا. عملية التركيب الضوئي، هي مثال لعملية بناء: بفضل الطاقة الشمسية، يتم بناء مركبات عضوية في النبات، مثل: السكر أو النشا، حيث يتم بناء ذلك من مركبات غير عضوية، مثل: ثاني أكسيد الكربون CO_2 وماء (H_2O) (الرسمة ج – 15).



الرسمة ج – 15: مدورة مواد وتحويل الطاقة في عملية التركيب الضوئي

تمّت هنا عمليتان في نفس الوقت:

1. تحويل (نقل) طاقة: تحولت **طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية**.
2. مدورة عناصر الكربون، والأكسجين (من CO_2)، والهيدروجين من الماء. هذه العناصر كانت جزءًا من جزيئات غير عضوية، والآن أصبحت جزءًا من جزيء عضوي.

فمن خلال عملية التركيب الضوئي، انتقلت العناصر كربون، أكسجين وهيدروجين من المكون اللا أحيائي للنظام البيئي إلى المكون الأحيائي، والطاقة الضوئية من الشمس، تتحول إلى طاقة كيميائية يستغلها الكائن الحي لإنتاج طاقة **متوافرة** (ATP) لنشاطاته.

من الجدير بالمعرفة

فقط حوالي 1% – 2% من كمية الطاقة الضوئية للشمس تتحول إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التركيب الضوئي. ومن هذه النسبة الصغيرة جدًا تعيش معظم الكائنات الحية في العالَم.

معدل إنتاج التركيب الضوئي خلال سنة واحدة في المناطق المختلفة هو: 2000 غم للمتر المربع في الغابات الاستوائية، 600 غم للمتر المربع في السهول العشبية، 155 غم للمتر المربع في المحيطات. على الرغم من ذلك، يصل مجموع إنتاج عملية التركيب الضوئي في المحيطات حوالي 34% من مجموع إنتاج عملية التركيب الضوئي في العالم، وذلك بسبب مساحتها الهائلة، فمساحة المحيطات حوالي 71%من مساحة السطح الخارجي للكرة الأرضية.

يُنْتِج النبات جميع المواد العضوية – التي تبني جسمه – من نواتج عملية التركيب الضوئي. من أجل ذلك، يستعمل عناصر أخرى تُستوعب من التربة، مثلاً: لبناء بروتينات يستعمل مركبات نيتروجين وكبريت غير عضوية، ولبناء حوامض نووية يستعمل فوسفور (الرسمة ج – 3، صفحة 76).

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: الطاقة الحرارية هي ناتج التنفس الخلوي.

التنفس الخلوي هو عملية يتم فيها **تحليل مركبات عضوية**. وفي التنفس الخلوي يوجد ترافق بين تحويل الطاقة ومدورة المواد: فمن الطاقة الموجودة في المواد العضوية (الطاقة الكيميائية)، تَنْتُج طاقة كيميائية متوافرة كـ **ATP** وحرارة (الرسمة ج – 16).

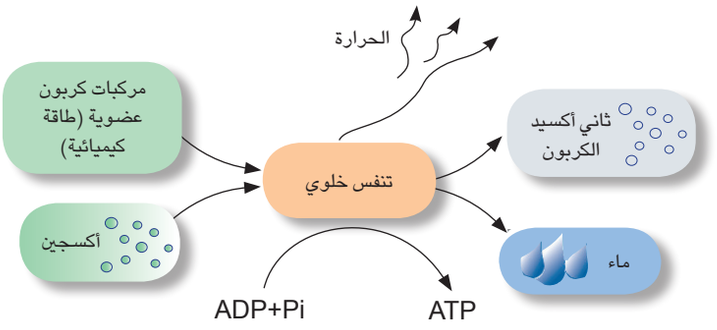
بماذا تختلف الطاقة الكيميائية في المواد العضوية وفي الـ ATP؟

تحتاج عمليات الحياة في الخلايا (بناء مواد، نقل فعّال وغير ذلك) إلى **طاقة كيميائية متوافرة** كالـ ATP، وهو ناتج عملية التنفس الخلوي الذي يتم فيه تأكسد مركبات عضوية.

يُستعمل قسم من الطاقة المنطلقة أثناء التأكسد لبناء الـ ATP الذي يُستخدم كمصدر طاقة للعمليات التي تتم في الخلية. الـ ATP لا ينتقل من خلية إلى أخرى ولا يُخزَّن في الخلايا. أما مواد عضوية أخرى كالسكريات، النشا والجلايكوجين، فهي تُنقل بين الكائنات الحية وفي داخلها، وتُخزّن فيها، لكنها لا تشكل مصدرًا متوافرًا للطاقة.

علاقة بموضوع

الخلية: التنفس الخلوي، هو عملية إنزيماتية متعددة المراحل، حيث يتم فيها إنتاج طاقة كيميائية ATP، وهي تُستعمل لتنفيذ جميع عمليات الحياة في الخلية.



الرسمة ج – 16: مدورة مواد وتحويل طاقة في التنفس الخلوي

وماذا حدث للمواد؟

حُلِّلت المواد العضوية في مراحل كثيرة إلى مركبات بسيطة. ومن التحليل الكامل للجلوكوز في عملية التنفس الخلوي، فإننا نحصل على CO_2 وماء. وهكذا يعود الكربون، الأكسجين والهيدروجين لتصبح جزءًا من المكون اللا أحيائي.

التنفس وعملية التركيب الضوئي، هما عمليتان مهمتان في تحويل الطاقة ومدورة المواد في الغلاف الجوي، لكنهما ليستا العمليتين الوحيدتين. فهناك عمليات إضافية تحدث في دورة الكربون، ودورة النيتروجين (سنشرح لاحقًا عن هاتين الدورتين).

سؤال ج – 8

أ. ادمجوا الرسوم التخطيطية التي تصف عمليّتَي التركيب الضوئي والتنفس في رسم تخطيطي واحد، بحيث يعرض مدورة المواد وتحول الطاقة.

ب. التركيب الضوئي والتنفس، هما عمليتان **تُكملان** الواحدة الأخرى في توازن المواد في الغلاف الجوي. اشرحوا هذه الجملة.

ج. هل يصح القول: "إنّ التركيب الضوئي والتنفس، هما عمليتان متعاكستان"؟ علّلوا.

د. هل يمكن القول: إنّ نسبة التنفس في الغلاف الجوي أكبر أو أصغر من نسبة التركيب الضوئي؟ عللوا.

أمثلة لدورات مواد

في دورة المواد، تشترك جميع الكائنات الحية التي تُشكل المجتمع في بيت التنمية. وكل عنصر يمر بمسار مدورة خاص به. تختلف الأنظمة البيئية عن بعضها بكمية المواد التي يُعاد بناؤها من جديد (مدورة) وبوتيرة المدورة.

دورة الكربون في الطبيعة

العناصر كربون (C)، أكسجين (O) وهيدروجين (H) مدمجة ببعضها في دورات المواد في الطبيعة، ولذلك يوجد سببان:

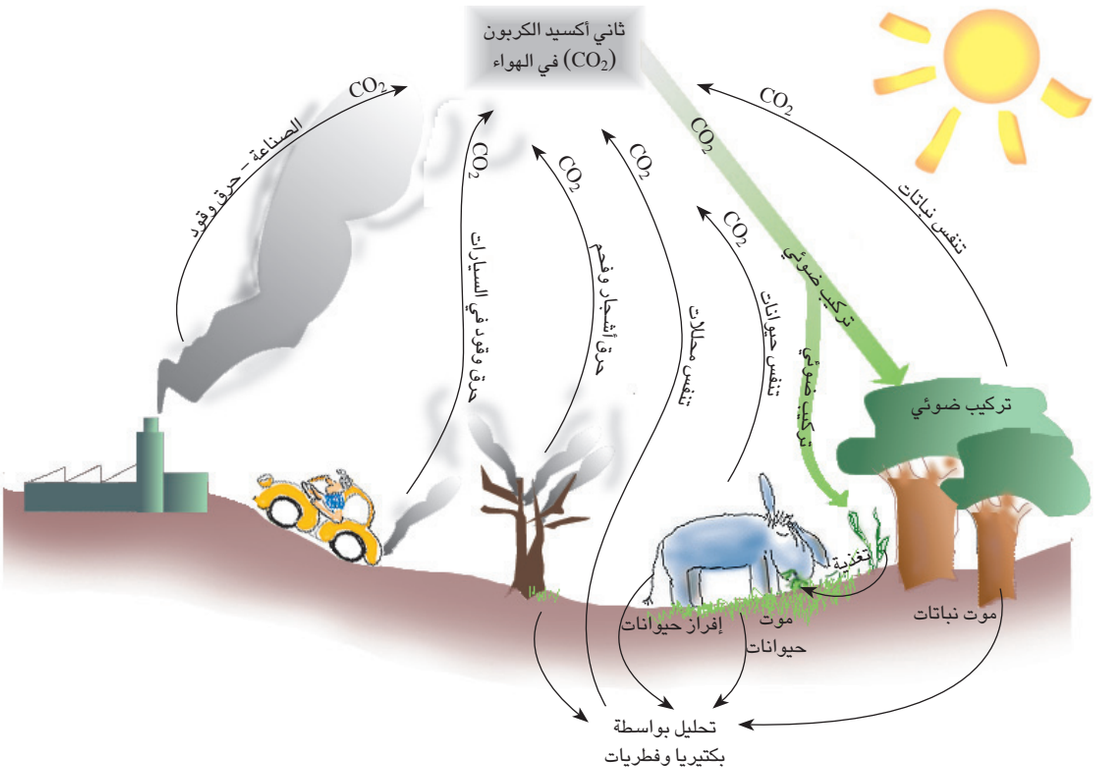
1. يظهر الكربون، الأكسجين والهيدروجين معًا في مركبات عضوية تبني أجسام الكائنات الحية.
2. العمليتان الأساسيتان اللتان تشتركان في دورة الكربون – التركيب الضوئي والتنفس – هما العمليتان الأساسيتان في دورتي الأكسجين والهيدروجين، وهما يُكملان بعضهما في دورة المدورة.

سؤال ج – 9

أ. أعطوا أمثلة لمركبات عضوية يوجد فيها كربون وأكسجين أيضًا.

ب. عودوا وافحصوا: ما هو مصدر الأكسجين المنبعث في عملية التركيب الضوئي؟

الرسمة ج – 17، تعرض رسمًا تخطيطيًا جزئيًا لدورة الكربون. تمر ذرة الكربون دورة كاملة واحدة كل 400 سنة تقريبًا.



الرسمة ج – 17: دورة الكربون في الطبيعة

سؤال ج – 10

أجيبوا عن الأسئلة الآتية بمساعدة الرسم التخطيطي الذي وَرَدَ في الرسمة ج – 17:

أ. ما هي العملية الأساسية التي يرتبط بها كربون غير عضوي بمركب كربون عضوي؟

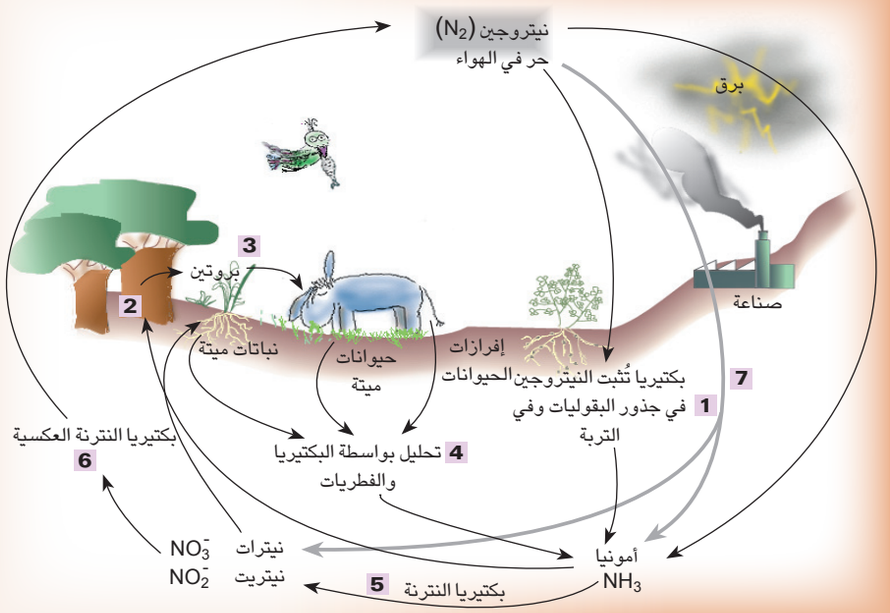
ب. ماذا يمكن أن يكون تأثير زيادة السيارات وحرق الغابات التي قُطعت على دورة الكربون؟

توسع: دورة النيتروجين

النيتروجين هو عنصر مهم جدًا في جسم الكائن الحي. فهو يكوّن جزيئات بروتينات وأحماضًا نووية. دورة النيتروجين، عكس دورة الكربون، لأن دورة النيتروجين غير مرتبطة مباشرةً بعمليتَي التركيب الضوئي والتنفس. مجمّعات النيتروجين الأساسية موجودة في الهواء والتربة كبقايا عضوية لكائنات حية مَيتة وكمركبات غير عضوية. تعتبر دورة النيتروجين خاصة لعدة أسباب:

1. يُشكل النيتروجين % 79 (!) من الغلاف الجوي (الأكسجين يُشكل حوالي % 20 وثاني أكسيد الكربون حوالي % 0.04)، لكن معظم الكائنات الحية **لا تستطيع** أن تستغل مجمّع النيتروجين الضخم الموجود في الهواء.
2. توجد **للبكتيريا** وظيفة مركزية في دورة النيتروجين في الطبيعة وفي دورات عناصر أخرى. إنّ مدورة النيتروجين في الطبيعة متعلقة بقدرة بكتيريا معينة على تنفيذ عمليات لا تُنفِّذها كائنات حية أخرى. مثلاً: تثبيت نيتروجين حُرّ من الهواء إلى مركبات نيتروجين متوافرة للنباتات وإطلاق نيتروجين حر إلى الهواء من المركبات.
3. معظم العمليات المتعلقة بدورة النيتروجين تتم في التربة.

نتابع دورة النيتروجين من خلال الرسم التخطيطي في الرسمة ج – 18 (الأعداد في الرسمة مناسبة للعمليات التي نَصفها فيما بعد).



الرسمة ج – 18: دورة النيتروجين

فيما يلي العمليات التي تتم في دورة النيتروجين:

1. **تثبيت** نيتروجين حر من الهواء بواسطة بكتيريا موجودة في التربة بالأساس.
2. النباتات تقوم باستيعاب مركبات النيتروجين.
3. نقل مركبات النيتروجين (كبروتينات) في شبكة الغذاء.
4. تقوم الفطريات والبكتيريا بتحليل المادة العضوية التي مصدرها من الكائنات الحية الميتة، من الأوراق والثمار التي سقطت، من الإفرازات، وإطلاق النيتروجين على شكل أمونيا.
5. أكسدة النيتروجين من الأمونيوم حتى النيترات.
6. تقوم البكتيريا باختزال النيترات إلى نيتروجين حر.
7. تثبيت النيتروجين لصناعة الأسمدة.

ترمس – نبات من عائلة البقوليات

درنات نيتروجين على الجذور

إنّ استغلال النيتروجين الموجود في الهواء لاحتياجات الكائنات الحية في النظام البيئي يتم بفضل النشاط الخاص **للبكتيريا التي تقوم بتثبيت النيتروجين**. وعملية تثبيت نيتروجين الهواء في مركبات متوافرة (الرقم 1 في الرسمة)، هي عملية مهمة جدًا للنظام البيئي كله، لأنها تستغل مصدر نيتروجين **غير متوافر** لباقي الكائنات الحية.

البكتيريا التي تستغل نيتروجين الهواء، يعيش قسم منها بشكل حر في التربة، وقسم آخر يعيش بالتعاون مع جذور نباتات خاصة من عائلة البقوليات. وتعيش البكتيريا في درنات خاصة في الجذور وتزوّد النباتات بنيترات، لكي تستغلها النباتات. وتقوم نباتات من عائلة البقوليات بإثراء التربة **بمركبات نيتروجينية متوافرة** للنبات، لذا يزرع المزارعون بقوليات في حقولهم كل عدة سنوات، لكي يُجدِّدوا مخزون مركبات النيتروجين في التربة.

وسيلة أخرى شائعة لإثراء التربة الزراعية بمركبات النيتروجين المتوافرة للنباتات، هي تسميد التربة بمركبات نيتروجينية صناعية.

للمزيد عن

- ***حياة المشاركة،*** *انظروا الفصل الرابع.*
- ***دورة المزروعات والتسميد،*** *انظروا الفصل السابع*

تدخُّل الإنسان في دورات المواد

نشاطات الإنسان المتنوعة في مجالات الحياة المختلفة، يوجد لها تأثير على دورات المواد في الغلاف الجوي، ونتيجةً لذلك، يوجد تأثير على الأنظمة البيئية وعلى جودة البيئة المحيطة. في هذا البند، سنعرض ثلاثة أمثلة لهذا التأثير.

1. قَطع الغابات

إنّ قَطع غابات المطر وحرقها، هو أحد العوامل لارتفاع تركيز CO_2 في الغلاف الجوي. يقوم الإنسان بقَطع الغابات، لكي يستعمل الأراضي للزراعة، ولكي يستخدم الأشجار كمصدر للطاقة، ولصناعة الأوراق والأثاث.

إنّ تأثير قَطع الغابات على تركيز CO_2 في الغلاف الجوي مزدوج:

1. تقل بشكل كبير جدًا مساحات الغابات التي تقوم بتثبيت CO_2 في عملية التركيب الضوئي.
2. يؤدي حرق الشجرة المقطوعة إلى انطلاق CO_2 مرةً واحدة، ومن المعروف أن هذا الغاز تراكم في الأقسام الخشبية في الشجرة خلال مئات (وربما آلاف السنين).

للمزيد عن

تأثير الإنسان على الأنظمة البيئية، *انظروا الفصل السادس.*

من الجدير بالمعرفة

بحسب وثيقة كيوطو من سنة 1997، تستطيع الدول الصناعية أو الشركات التجارية التي تؤدي إلى انبعاث CO_2 أكثر من المستوى المتفق عليه، أن تقوم بتمويل غرس غابات في دول أخرى، بدلاً من أن تُقلص انبعاث CO_2 إلى الغلاف الجوي.

من وجهة نظر زراعية

يدعي الأشخاص الذين يقطعون غابات المطر أن تحويل الغابات إلى مساحات زراعية يجعل المحاصيل الزراعية وفيرة، لأن أراضي هذه الغابات خصبة، لكن بعد عدة سنوات تنخفض خصوبة التربة بشكل ملحوظ، وهي لا تُعطي المحاصيل المتوقعة منها، لذا يجب تسميدها (ومن المعروف أن سعر السماد باهظ، وفي معظم الحالات لا يتوفر لدى هؤلاء المزارعين في هذه المناطق).

ما هو سبب تناقص خصوبة التربة؟ اتضح أن مدورة المواد في تربة الغابة الاستوائية تكون سريعة جدًا، لأنّ كل ورقة تسقط أو كل كائن حي يموت يتحللان بسرعة، وتقوم النباتات باستيعاب العناصر واستغلالها لبناء جذوعها، أوراقها وثمارها، ومن هنا معظم العناصر مخزونة في الكتلة الأحيائية وكميتها في التربة تكون قليلة. تُباع الأشجار التي يتم قطعها، ويؤدي إخراجها من الأرض إلى إبعاد المواد الموجودة فيها، وهكذا تبقى أرضًا فقيرة بالمواد الغذائية (الأملاح)، وإضافة إلى ذلك، يؤدي حرق المواد المتبقية إلى فقدان هذه العناصر (بالأساس النيتروجين) إلى الغلاف الجوي.

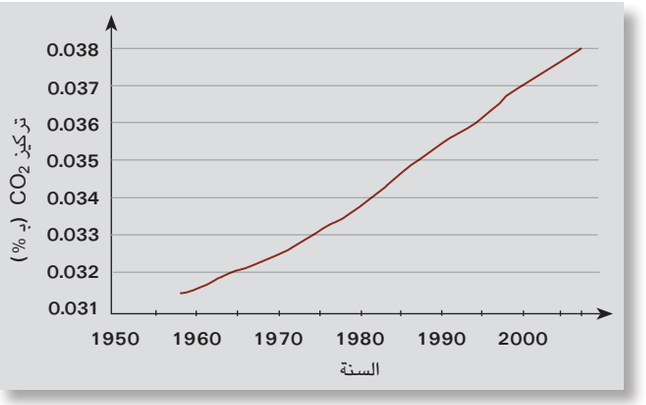
2. استعمال الوقود السائل والفحم بشكل متزايد

إن الاستعمال المتزايد للوقود السائل والفحم في الصناعة، وفي تشغيل السيارات، وإنتاج الكهرباء، يؤدي إلى إطلاق CO_2 (جدول ج – 3) وارتفاع تركيزه في الغلاف الجوي (للتذكير: النفط والفحم، هما ناتجا عملية التركيب الضوئي في الفترات القديمة).

جدول ج –3: نشاطات احتياجات الإنسان التي تؤدي إلى ارتفاع كمية CO_2 في الغلاف الجوي

نشاط الإنسان	مساهمة النشاط في إطلاق CO_2 (بالنسبة المئوية)
محطات قوة لإنتاج الكهرباء (بالأساس المحطات التي تحرق فحمًا)	33
مواصلات	31
صناعة	24
تسخين وتدفئة	12

يعتقد العلماء أن ارتفاع تركيز CO_2 (الرسمة ج – 19) في الهواء يؤدي إلى **زيادة تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)** – وهو عبارة عن ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي بشكل بطيء. وفي أعقاب ذلك، يتوقع العلماء ارتفاع درجة الحرارة بـ 3 – 4 درجات، وقد يؤدي ذلك إلى **تغييرات كبيرة في مناخ** مناطق واسعة على سطح الكرة الأرضية، مثلاً: تحويل مناطق مغطاة اليوم بنباتات إلى صحارى (تصحُّر)، ذوبان الجليد الذي في أعقابه يرتفع مستوى سطح مياه البحر، حيث يؤدي ذلك إلى غمر المدن التي تقع على شواطئ اليابسة.



الرسمة ج – 19: ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

من الجدير بالمعرفة

من المهم أن تعرفوا أن تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري) بحد ذاته هو ظاهرة إيجابية، لأنه يؤدي إلى ظروف درجة حرارة مريحة، وبفضل ذلك، تتم الحياة على سطح الكرة الأرضية. تساهم غازات أخرى في تأثير الدفيئة، مثل: أكاسيد النيتروجين والكبريت، الميثان وغير ذلك. المشكلة في أيامنا، هي الزيادة السريعة في تأثير الدفيئة، وفي أعقابها ارتفاع درجة الحرارة.

للمزيد عن

تأثير درجة الحرارة، انظروا الفصل الثاني، بند ب 6.

3. استعمال مواد التسميد بشكل متزايد

للمزيد عن

طلب الغذاء، الزراعة والتسميد، انظروا الفصل السابع.

إنّ عدد سكان العالم يتزايد، وفي أعقاب ذلك، يزداد الطلب إلى الغذاء. لذا يستعملون الأسمدة في الزراعة (بالأساس الأسمدة التي تُنْتَج في عمليات صناعية تقوم بتثبيت النيتروجين من الهواء إلى مركبات، مثل: أملاح الأمونيا والنيترات) لزيادة المحاصيل. عندما نضيف مواد تسميد إلى التربة، فإن كمية المحاصيل الزراعية التي نحصل عليها من كل قطعة أرض ترتفع بشكل ملحوظ. لكن إلى جانب الفائدة، يوجد ضرر أيضًا. إنّ الاستعمال الزائد للأسمدة التي تحتوي على نيتروجين وفوسفور يؤدي إلى فائض في كمية السماد الذي لا تستوعبه النباتات الزراعية ويبقى في التربة. يُشطف فائض السماد إلى المياه الجوفية ويصل إلى مجمعات الماء الأخرى. وفي أعقاب ذلك، تنخفض جودة المياه، وتحدث أضرار في صحة الإنسان.

إنّ فائض مركبات النيتروجين والفوسفور يؤدي إلى تكاثر الطحالب في البحيرات. وعندما تصل البحيرة مياه من أراضٍ زراعية تمّ تسميدها، فإنَّ ذلك يؤدي إلى إضافة مركّبات نيتروجين وفوسفور كثيرة تؤدي إلى تكاثر الطحالب بشكل كبير جدًا. إذا لم تتوفر في البحيرة كائنات حية كافية لأكل الطحالب، فإن ذلك يؤدي مع مرور الوقت إلى أن البكتيريا تقوم بتحليل معظم الطحالب. وتؤدي عمليات التحليل إلى تناقص مصادر الأكسجين في البحيرة (البكتيريا التي تُحلِّل الطحالب، تستغل الأكسجين لتنفسها!)، وفي حالة النقص في الأكسجين، فإن ذلك يؤدي إلى موت الأسماك، وفي نهاية الأمر يتغيّر النظام البيئي بشكل ملحوظ. وفي حالات كثيرة، يؤثر هذا الوضع على جودة المياه، وعلى اقتصاد الإنسان الذي يعيش على شاطئ البحيرة ويرتزق منها. يحدث ضرر إضافي للنظام البيئي، لأن قسمًا من الطحالب يُفرز مركبات سامة. يصل الفوسفور إلى الوديان وإلى مجمّعات المياه من خلال مواد أخرى، مثلاً: مياه مجارٍ غير نقية تحتوي على بقايا مساحيق غسيل. في دول عديدة في العالم، يستعملون مساحيق غسيل لا تحتوي على فوسفور، لكي يحافظوا على جودة المياه.

سؤال ج – 11

في الأمثلة التي عُرضت أعلاه، عرضنا تدخُّل الإنسان في دورات المواد. ما هو الفرق بين تدخُّل الإنسان في التسميد وبين تدخُّله في استعمال الوقود؟

من وجهة نظر زراعية: مدورة (إعادة بناء) مواد في الزراعة

النشاطات التي يقوم بها المزارع لزيادة المحاصيل الزراعية تؤثر على دورات المواد. من ناحية معينة، يؤدي تسميد الحقول والكروم إلى زيادة النيترات والفوسفات وعناصر أخرى في التربة، والتي قسم منها تُشطف إلى مناطق طبيعية، ومن ناحية أخرى، فإنّ المحاصيل التي نجمعها تؤدي إلى "إبعاد" مواد – تقوم النباتات باستيعابها –من التربة. إفرازات الحيوانات، مثل: الأبقار والطيور، قد تؤدي إلى تلويث مصادر المياه والتربة إذا لم تتم معالجتها بالشكل الصحيح.

إحدى الطرق لمنع تلوث البيئة المحيطة، هي تسميد التربة بإفرازات حيوانات **وبكومبوست**، ويُعتبر الأخير مادة عضوية تُنْتَج من زبل عضوي، حيث يتم إنتاجه من بقايا مواد عضوية (بقايا غذاء، أوراق تساقطت وغير ذلك) بمساعدة كائنات حية دقيقة وبوجود أكسجين.

تلخيص الفصل

1. العوامل الأحيائية في النظام البيئي هي: المُنْتِجات، المُستهلكات والمحللات، وهي متعلقة ببعضها بالتغذية.
2. إنّ بقاء مجتمع من الكائنات الحية في بيت تنمية معين متعلق بالمواد العضوية التي تُنْتِجها مُنْتِجات ذاتية التغذية.
3. علاقة الآكل والمأكول، هي أحد الأمثلة المهمة جدًا للعلاقة المتبادلة في النظام البيئي.
4. السلسلة الغذائية، شبكة الغذاء والهرم البيئي، هي طرق مختلفة لتمثيل العلاقة المتبادلة بين الآكل والمأكول، ولتمثيل مستويات التغذية التي تنتمي إليها. تختلف طرق التمثيل بالجوانب التي تُبرزها، فمن خلال السلسلة الغذائية وشبكة الغذاء، نعرض الجانب الكيفي للعلاقة بين الآكل والمأكول، ومن خلال الهرم البيئي، نعرض الجانب الكمي.
5. تقل كمية المواد التي تنتقل من مستوى تغذية معين إلى المستوى الأعلى منه، لأن قسمًا قليلاً من المواد استُغل لإنتاج الطاقة، أو أُفرز إلى البيئة المحيطة كبراز، أو بول، أو بقايا كائنات حية.
6. إنّ تنظيم عشائر (مجموعات) الكائنات الحية والعلاقة المتبادلة بينها ينبع من العمليات البيوكيميائية التي تحدث في خلايا الكائن الحي، حيث يتم التعبير عنها في العمليات التي تحدث في مستوى تنظيم النظام البيئي، وهذا يعني: في عمليات مدورة المواد ونقل الطاقة.
7. تنتقل المواد بدورية من خلال المكونات الأحيائية واللا أحيائية في البيئة المحيطة. تتم عملية نقل الطاقة باتجاه واحد من الشمس إلى العوامل الأحيائية ومنها تنطلق حرارة إلى الفضاء، وهذا عكس مدورة المواد التي تتم دون توقف.
8. التركيب الضوئي، التنفس والتحليل (في عمليات التعفن والاحتراق)، هي عمليات مهمة جدًا في دورات المواد، وفي نقل (تحويل) الطاقة.
9. إنّ نشاطات الإنسان كالتسميد بالأساس، حرق الغابات واستعمال الوقود تؤثر على دورات المواد، وقد تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي (زيادة تأثير الدفيئة).

مصطلحات مهمة

غلاف جوي

طاقة (تحويل، نقل)

طاقة كيميائية

طاقة حرارية

تأثير الدفيئة

الكتلة الأحيائية

التسميد

التغذية (ذاتية التغذية، غير ذاتية التغذية)

غير ذاتية التغذية

مواد (عضوية وغير عضوية)

بكتيريا

نيتروجين (توافر)

مفترس

مُنْتِجات

شبكة الغذاء

دورات مواد (كربون، نيتروجين، ماء)

مدورة (إعادة بناء) مواد

تنفس خلوي

تركيب ضوئي

كربوهيدرات

هرم بيئي (كتلة أحيائية، طاقة، أعداد)

مُستهلكات (أولية، ثانوية)

تثبيت نيتروجين

مستوى تغذية

سلسلة غذائية

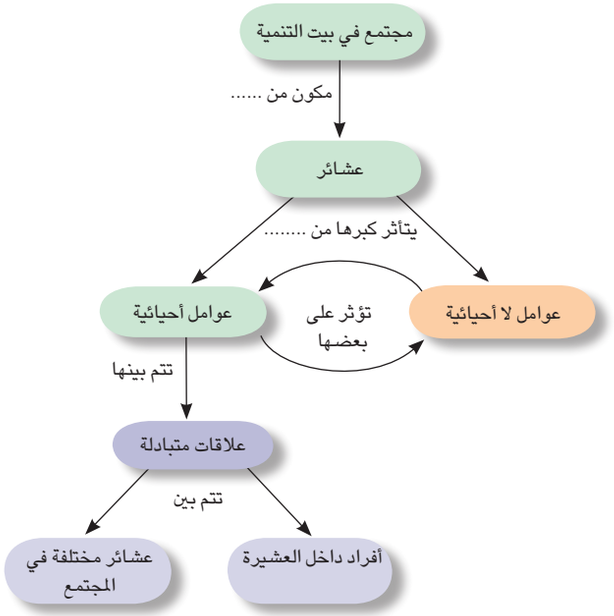
الفصل الرابع

العلاقة المتبادلة
بين الكائنات الحية

د العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية

في هذا الفصل، سنبحث **العلاقة المتبادلة** بين الكائنات الحية في بيت التنمية (الموطن)، وسنصف أنواعًا أساسية من العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية وتأثيرها على العشيرة (المجموعة) في المجتمع. عندما نَصف العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية، فمن المهم أن نتذكر ما يلي:

- تحتاج الكائنات الحية الذاتية التغذية إلى ضوء ومواد غير عضوية.
- تحتاج الكائنات الحية غير ذاتية التغذية إلى مواد عضوية، وهي تُعتبر مصدرًا للطاقة ولمواد البناء.
- تحتاج جميع الكائنات الحية إلى ماء.
- تحتاج الحيوانات إلى أماكن للتعشيش وللاختباء.
- تحتاج النباتات إلى تلقيح وانتشار البذور.



الرسمة د – 1: خريطة مصطلحات: علاقات متبادلة في المجتمع

لا يوجد في الطبيعة بيت تنمية فيه موارد بكمية غير محدودة تُتيح نموًا دائمًا لجميع العشائر. في بيوت تنمية كثيرة، الغذاء وموارد أخرى (مثل: أماكن الاختباء، أماكن التعشيش، عوامل التلقيح، ضوء وأملاح في التربة)، لا تتوفر بكمية كافية للجميع. الاحتياجات الضرورية للكائن الحي – من ناحية – وكمية الموارد المحدودة من ناحية أخرى، تؤثر على العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وعلى توجّهها.

العلاقات المتبادلة التي نبحثها في هذا الفصل، سنفحصها بمستويي تنظيم وهما المجتمع وبيت التنمية:

1. علاقات متبادلة بين **الأفراد** (من نفس النوع) في العشيرة.
2. علاقات متبادلة بين أفراد من أنواع **عشائر** مختلفة في المجتمع الذي يعيش في بيت التنمية.

د1. علاقات متبادلة بين أفراد في العشيرة

تنافس داخل العشيرة

تحتاج جميع أفراد العشيرة إلى موارد متشابهة: فهي تتغذى على نفس نوع الغذاء، وتبحث عادةً عن مخبأ في أماكن متشابهة. هذه الحقيقة البسيطة تكفي، لكي تؤدي إلى **تنافس** – على الموارد– بين أفراد من نفس العشيرة. عندما تكون كمية الغذاء غير كافية، فإن الغذاء يكون **عاملاً محددًا** تتنافس عليه جميع أفراد العشيرة.

عندما نرى مجموعة من الطيور تنقض على قطعة خبز، فمن الواضح أن لا تحظى جميعها بوجبة غذائية، وسيضطر قسم منها بالبحث عن غذائه في مكان آخر، أو تكتفي بالبقايا (إذا كانت بقايا كهذه).

للمزيد عن
الموارد والعوامل المحددة، انظروا الفصل الأول.

تنافس على الغذاء بين أفراد العشيرة

الحدث اليومي الذي وصفناه من قبل، يعرض تنافسًا بين أفراد العشيرة، ويعرض الوظيفة التي يقوم بها التنافس في تحديد قدرة بقاء الأفراد. من المعقول الافتراض أن الذي يفوز بالغذاء الكثير والجيد، هو الفرد الأقوى، أو الأنشط من بين جميع أفراد نوعه. وقسم من صفاته المفضلة (مثلاً: الكبر أو الحجم) ينتقل بالوراثة إلى الأبناء، وستكون لهم أيضًا أفضلية عندما يتنافسون مع أبناء نوعهم على الطعام. وهذا مثال للطريقة التي تعمل بها آلية **الانتخاب الطبيعي**. التنافس داخل العشيرة، يؤثر تأثيرًا ملحوظًا على كبر العشيرة (بند د3).

نجد تنافسًا بين أفراد نباتات من نفس النوع أيضًا، حيث تنمو هذه الأفراد بكثافة كبيرة جدًا على مساحة صغيرة، فهي تتنافس فيما بينها على موارد، مثل: الماء، الضوء، الأملاح في التربة، المساحة التي تنمو عليها، العوامل التي تقوم بتلقيحها، والعوامل التي تؤدي إلى انتشار البذور. لا تنجح جميع الأفراد في البقاء، ولا تصل إلى مرحلة إنتاج الثمار ونشر البذور، أو أن كمية الثمار والبذور تكون قليلة جدًا.

للمزيد عن
الانتخاب الطبيعي واللياقة، انظروا الفصل الأول.

مصطلحات: تنافس استغلال وتنافس تشويش

يتم التنافس بطريقتين:

***تنافس استغلال**: تقوم أفراد معينة باستغلال موارد بيت التنمية (مثل: الغذاء، الضوء، الماء، موارد التربة وأماكن الاختباء) بشكل كبير جدًا، مما يؤدي إلى أن لا تكون موارد كافية للأفراد الأخرى.*

***تنافس تشويش**: تقوم أفراد معينة بالتشويش الفعّال على أفراد أخرى، وتمنعها من التزاوج ومن الوصول إلى الموارد.*

يتم هذان النوعان من التنافس بين أفراد نفس العشيرة، وبين أفراد تنتمي إلى عشائر مختلفة (أنواع مختلفة) في المجتمع.

سؤال د – 1

يقوم المزارعون عادةً بتقليل عدد نباتات القطن التي تنمو في الحقل، حيث يتم ذلك من خلال قلع قسم من البادرات التي تظهر بعد الإنبات. لماذا – بحسب رأيكم – تتم هذه العملية؟

إضافة إلى التنافس على استغلال الموارد، نلاحظ أحيانًا أن أفرادًا من نفس العشيرة تشوش – أيضًا – بشكل فعّال على أفراد آخرين. فيما يلي مثالان لتنافس تشويش في العشيرة وهما:

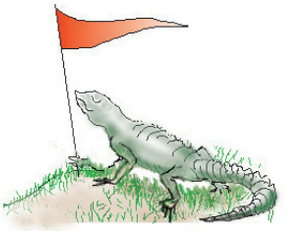
أ. سلوك السيطرة على منطقة معينة.

ب. بناء نظام طبقي في العشيرة.

أ. سلوك السيطرة على منطقة معينة

تتميز سلوك السيطرة على منطقة معينة بأن كل فرد (أو مجموعة أفراد وأنسالها) في عشيرة معينة يتمركز في قسم معين من بيت التنمية، ويصبح هذا القسم "منطقته" أو "نفوذه"، وهذا الفرد لا يسمح، أو يشوش على الأفراد الآخرين أن تبحث عن غذاء ومخبأ في هذه المنطقة. وكل من يتجرأ، ويدخل هذه المنطقة فإنه يُطرد دون تردد.

إنّ سلوك السيطرة – على منطقة معينة شائعة – عند أنواع عديدة من الزواحف (مثلاً: الحرذون) وعند الطيور والثدييات، مثل: الكلاب والقطط البيتية التي "تؤشر" حدود منطقتها من خلال إفرازات من أجسامها.



هذه هي منطقتي!

التنظيم الاجتماعي عند الحرذون (قطعة من مقال)
تأليف: أربيل أبراهم، **من: טבע וארץ כ"ג**، (3) 103 – 108 (1981).

في كل منطقة تعيش فيها الحراذين، يوجد عدة أجسام بارزة على سطح الأرض. تُستخدم هذه الأجسام كمواقع للمشاهدة. المساحة التي تقع حول موقع المشاهدة، هي المنطقة التي يسيطر عليها الذكر ويحميها من غزو الآخرين، وخاصة الحراذين التي تنتمي إلى نوعه. يصل قطر المساحة التي يسيطر عليها الحرذون إلى 10 أمتار تقريبًا. إنّ دخول غازٍ إلى المنطقة، وبالأساس حرذون آخر، يؤدي إلى سلوك عنيف من قبل صاحب المنطقة. فهو يشد جلد حلقه ويحني رأسه، لكي يطرد الغازي.

ذَكَر الحرذون هو الذي يوجد له سلوك السيطرة على منطقة معينة، أما الأنثى التي تعيش في مجال عيش ثابت، لا تحمي المنطقة، ولا تُبدي سلوك السيطرة عليها.

حرذون

إنّ السيطرة على منطقة والعيش في مجال ثابت، هما كما يبدو شرطان مهمان لبقاء العائلة.

الذكر الذي أسس لنفسه مجال عيش ثابتًا، ويحمي منطقة معينة، يستطيع أن يبني عائلة بسرعة. عندما تغزو منطقته إناث، فهو يقترب منهنّ ويفحصهنّ، ويشمهنّ ويلحسهنّ، وإذا ميزهنّ كإناث، فإنّه يسمح لهنّ البقاء في مجال عيش. انضمام الإناث يكون بارزًا في فصل الربيع وفي بداية الصيف. الذكر هو العامل الثابت في العائلة ولا يتركها، إلا إذا قام ذَكَر آخر بغزو مجال عيشه، وطرده وسيطر على مجال العيش والعائلة .

***هل «الفوز» الذي يتحقق من خلال السيطرة على منطقة معينة يُحرر الذكر من التنافس مع أفراد** آخرين؟*

إذا نجح فرد معين أن يُسيطر على منطقة معينة، وأن يطرد خصمه من هناك، وأن يحميها من الغزو، فهذا يعتبر تنافس تشويش. الأفراد الذين لياقتهم قليلة في القدرة على التنافس يضطرون إلى الاكتفاء بمناطق فقيرة بالغذاء، وصغيرة في المساحة، أو أنهم يعيشون في منطقة محمية من الأعداء بشكل قليل. ومن ناحية أخرى، فإنّ سلوك السيطرة للحرذون الذكر على المنطقة، يُتيح له أن يتهرب، أو يمتنع بشكل مؤقت من التنافس مع أفراد آخرين في العشيرة.

بناء تنظيم طبقي في العشيرة

أحيانًا، يوجد عند الثدييات والطيور تنظيم طبقي اجتماعي في العشيرة. يعتمد التنظيم الطبقي على أن فردًا معينًا، أو عدة أفراد تكون ذات مركز عالٍ في التنظيم الاجتماعي، وتحظى بغذاء ذي جودة عالية، وبفرصة جيدة للتزاوج ووضع أنسال كثيرة.

كيف يصل فرد معين إلى قمة التنظيم الطبقي؟

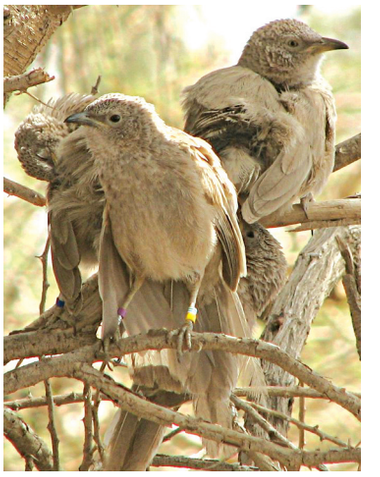
في عشيرة الثدييات، يتم الحصول على قمة التنظيم الطبقي في أعقاب تنافس تشويش بين أفراد العشيرة، وتُحفظ هذه القمة على الأغلب للأفراد البالغين الأقوياء وليس صغار السن. عند القردة الكبيرة (مثلاً: الشمبانزي)، النَسَب يلعب دورًا في تحديد مكانة الأفراد، حيث يحظى نسل الأنثى المرغوبة عند الذكر بعلاقة جيدة، واحتمال وصولهم إلى قمة التنظيم الطبقي يكون عاليًا.

المنصب العالي للفرد الذي يتربع على قمة التنظيم الطبقي (الذكر المسيطر في مجموعة الأسود أو القردة) يُقلل من حاجة الفرد الذي حظي بهذا المنصب للتنافس مع أبناء نوعه، وهو يشوش عليهم الوصول إلى الموارد، مثل: الغذاء أو الإناث. لكن منصبه مهدد دائمًا بالخطر من قبل أفراد صغيرة السن وبالغة في العشيرة، والتي تسعى للحصول على قمة التنظيم الطبقي، أو أن منصبه مهدد من قبل مهاجرين وغازين وصلوا إلى المنطقة.

من الجدير بالمعرفة

في قطعان الفيلة يوجد توزيع اجتماعي للعائلات، حيث تقود كل منها أنثى. العائلة تشمل إناثًا صغيرة السن ونسلها. عندما يصل عُمرُ الذكور إلى سن 6 سنوات، يبدأ هؤلاء الذكور بالتجوال بشكل منفرد. والذكور البالغون يتجولون بمجموعات منفردة في القطيع، ومن بينهم يتم تحديد الفرد المسيطر، وهو يحظى بإخصاب الأنثى المسيطرة.

من الجدير بالمعرفة: ليس تنافسًا فقط – وإنما مساعدة متبادلة في العشيرة



طيور الثرثارة

الأفراد التي تنتمي إلى نفس العشيرة لا تتنافس بينها دائمًا، لكن يوجد حالات تساعد بعضها. للمساعدة المتبادلة في العشيرة توجد تعابير مختلفة، والبارزة من بينها، هي التعاون بعناية أنسال أفراد آخرين في المجموعة، والتحذير من خطر يقترب من خلال المخاطرة على الذات. أُجريت أبحاث كثيرة حول هذا الموضوع في عشائر طيور الثرثارة في البلاد وفي الثدييات (Suricata suricata) في أفريقيا. هذه الظواهر تُثير أسئلة متعلقة بتأثيرها على **لياقة** الفرد الذي يبذل جهدًا وطاقة، لكي يعتني بنسل ليس له ويخاطر على ذاته. يقترح الباحثون إجابات من مجال البحث الذي نسمّيه **بيولوجيا اجتماعية**، حيث تتطرق هذه الإجابات إلى مساهمة هذه السلوكيات في بقاء الصفات الوراثية للفرد في نسله وأقربائه، وليس المساهمة للفرد ذاته.

د2. علاقة متبادلة بين عشائر في المجتمع

أنواع العلاقات المتبادلة بين أفراد من **أنواع** عشائر مختلفة **في المجتمع**، هي كثيرة ومتنوعة أكثر من العلاقات المتبادلة الموجودة بين أفراد نفس العشيرة. نَصف هنا العلاقات المهمة من بينها: التنافس، الافتراس والتكافل (حياة مشاركة).

تنافس بين الأنواع (species)

كما رأينا بالنسبة للأفراد في العشيرة، هكذا يحدث بين العشائر (أنواع) ذاتها، فهي تتنافس فيما بينها على استغلال الموارد المحدودة في بيت التنمية. يحدث هذا التنافس – على سبيل المثال – عندما تتغذى أنواع مختلفة على نفس النوع من الغذاء، أو عندما تُعشش على نفس الشجرة، أو عندما تستعين بنفس عوامل التلقيح. وهذا يعني أن يتم التنافس بين الأنواع عندما تكون **ظروف وموارد** قليلة، وهي مطلوبة لبقاء أكثر من نوع واحد. النباتات عكس الحيوانات، فهي تتنافس بالأساس على موردين وهما: الضوء وموارد التربة (الماء والأملاح).

كيف نعرف أن الأنواع تتنافس فيما بينها؟

من المعقول الافتراض أن التنافس بين أفراد عشائر من أنواع مختلفة في المجتمع، يؤثر على عدد الأفراد في العشائر المتنافسة. يمكن أن يكبر تعداد إحدى العشائر نتيجةً لهذا التنافس، ويقل تعداد العشيرة الأخرى، أو تهاجر إلى مكان آخر، أو تنقرض. يستعين باحثو علم البيئة بطرق مختلفة، لكي يتعلموا عن التنافس القائم بين أنواع المجتمع.

توسع: كوّة بيئية

جميع الشروط والموارد المطلوبة لبقاء وتكاثر نوع معين نسمّيها **كوّة بيئية** للنوع. الكوّة البيئية هي مصطلح مركزي لفهم العلاقة المتبادلة بين أنواع مختلفة في بيت التنمية. كوّة نوع معين في النظام البيئي، تشمل أماكن في بيت التنمية، حيث يجد فيها الكائن الحي غذاءه، ساعات اليوم التي يكون فيها فعّالاً، الموسم السنوي الذي يربي فيه نسله، كما نجد فيها علاقة تغذيته في شبكة الغذاء والعلاقة المتبادلة مع كائنات حية أخرى. كل هذه، هي "المقاييس" أو "الأبعاد" الكثيرة التي تُميّز كوّة نوع معين. يتضح معنى المقياس، إذا شاهدنا – على سبيل المثال – توزيع نباتات على شاطئ البحر: يتغيّر مقياس الملوحة في شريط الشاطئ، وكلما ابتعدنا عن البحر، وجدنا أنواع نباتات مختلفة في الأحزمة المختلفة بحسب ملاءمتها للمستويات المختلفة لمقياس الملوحة. وكل ذلك في بيت تنمية واحد وهو شاطئ البحر.

تختلف عادةً كوّات أنواع مختلفة عن بعضها بعدة مقاييس. وأحيانًا تتطابق بمقياس واحد، مثلاً نوع الغذاء، لكنها تختلف بمقاييس أخرى مثلاً: الوقت أو الساعة التي تكون فيها أنواع مختلفة نشطة وتبحث عن غذاء. كلما كان تطابق كبير بين مقاييس كوّات نوعين، فمن المعقول أن يكون بينها **تنافس على استغلال** الموارد التي يحتاجها النوعان.

كيف نبحث العلاقة المتبادلة بين عشائر أنواع مختلفة؟

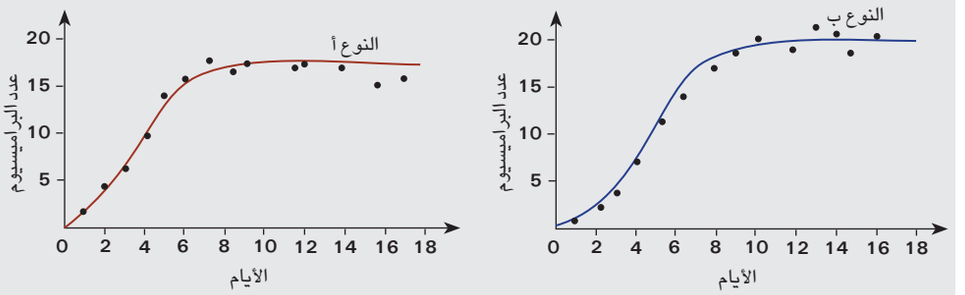
لا توجد إجابة بسيطة لهذا السؤال. عند بحث علاقات متبادلة وظواهر أخرى في النظام البيئي، يجب أن نأخذ بالحسبان جميع العوامل في النظام، لأنه من الصعب أن نشرح ظاهرة معينة بناءً على تغيير **واحد** فقط في أحد العوامل. يستعين باحثو علم البيئة بطرق مختلفة، لكي يتعرفوا على التنافس الموجود بين أنواع المجتمع، ولكي يتعرفوا على علاقات متبادلة أخرى (سنعرض بعض الأمثلة فيما بعد في هذا الفصل).

طريقة أخرى لبحث التنافس، هي **مشاهدة** عشائر أنواع تحتاج إلى موارد متشابهة، وتعيش في نفس المنطقة، حيث تتم متابعة التغيّرات في تعداد (كبر) العشائر خلال مدة زمنية معينة. إنّ انخفاض تعداد عشيرة نوع معين، يمكن أن يكون نتيجةً لتنافس مع نوع آخر. يوجد تغييرات معينة في تعداد العشيرة، ويمكن أن نلاحظها إذا قمنا بمشاهدات لمدة سنين كثيرة، ووثقنا المكتشفات (كما سيرد في صفحة 109 مع صيادي وتُجار الفرو في غابات شمال أميركا). في أبحاث أخرى، يُبادر الباحثون إلى **التدخُّل في الطبيعة**. فهم يُبعدون أفرادًا من نوع معين، أو يُضيفون أفرادًا من نوع آخر، ومن نتائج التدخُّل، يتعرفون على تأثيره مقارنة مع عدم التدخُّل (الضابط). يجب أن يتم التدخُّل والضابط في نفس الوقت، وفي نفس شروط البيئة المحيطة (صفحة 110).

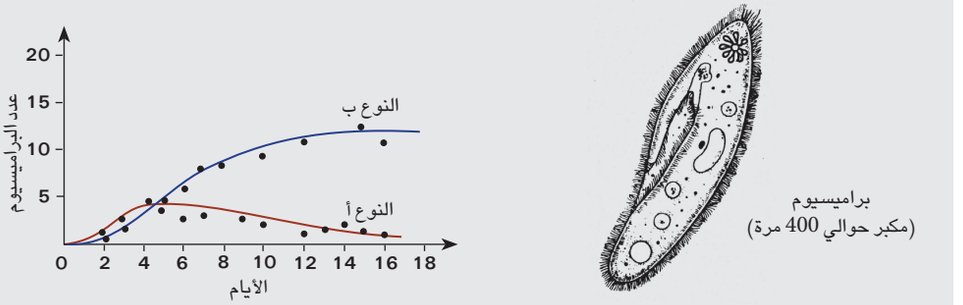
إنّ إجراء التجارب في المختبر، يُعتبر حلاً جزئيًا للتعقيد الكبير الموجود في الأنظمة الطبيعية، وللصعوبة في تنفيذ التجارب التي نراقبها. عند إجراء **تجربة في المختبر**، يمكن أن نبني نظامًا بسيطًا نسبيًا، وأن نغيّر عاملاً واحدًا فقط، وهو المتغيّر غير المتعلق، وأن نفحص خلال فترة زمنية قصيرة تأثيره على العامل المتعلق، بحيث تبقى العوامل الأخرى ثابتة (مثل: درجة الحرارة وكمية الغذاء). من الصعب جدًا أن نُنفِّذ هذه التجربة في الطبيعة، لأن الباحث لا يستطيع أن يحافظ على عوامل ثابتة، ولا يستطيع دائمًا أن يغيّر العامل المؤثر، المتغيّر غير المتعلق، كما يريد. كمثال لبحث علاقة متبادلة من خلال تجربة في المختبر، سنصف (في القطعة التالية وفي صفحة 110) تجربتين للباحث جاوس الذي عاش في روسيا من سنة 1910 – 1986.

نبحث البيئة: تنافس بين نوعين من البراميسيوم

في سنة 1934، قام الباحث جاوس بتربية نوعين من البراميسيوم في المختبر. يتغذى هذان النوعان على نفس الغذاء. في البداية، قام بتنمية كل نوع بشكل منفصل (الرسمة د– 2:أ) وبعد ذلك قام بتنمية النوعين معًا في نفس الوعاء (الرسمة د – 2:ب).



أ. تغيّر عدد الأفراد خلال أيام التجربة عندما نُميت بشكل منفصل



ب. تغيّر عدد الأفراد خلال أيام التجربة عندما نُميت معًا

براميسيوم
(مكبر حوالي 400 مرة)

النوع أ – Paramecium caudatum

النوع ب – Paramecium aurelia

الرسمة د–2: نتائج تجربة جاوس مع البراميسسيوم

سؤال د – 2

تمعنوا في الرسوم البيانية في الرسمة د– 2، ثم أجيبوا عن الأسئلة الآتية:

أ. صفوا نتائج التجربة.

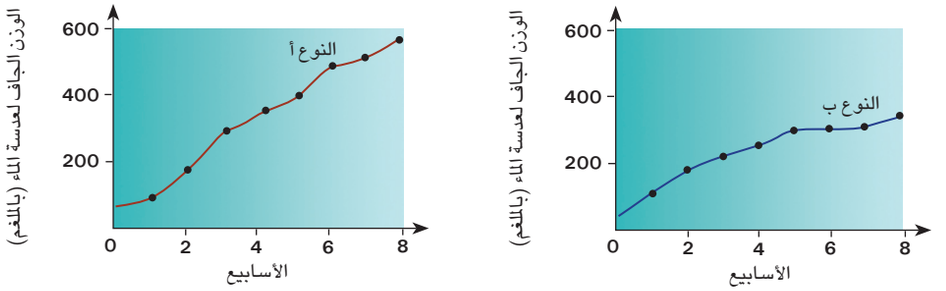
ب. ما هو تأثير النمو **معًا** على كل واحد من النوعين؟ اشرحوا.

ج. ما هو نوع التنافس (استغلال أو تشويش) الذي تمّ بحثه في التجربة؟ اشرحوا.

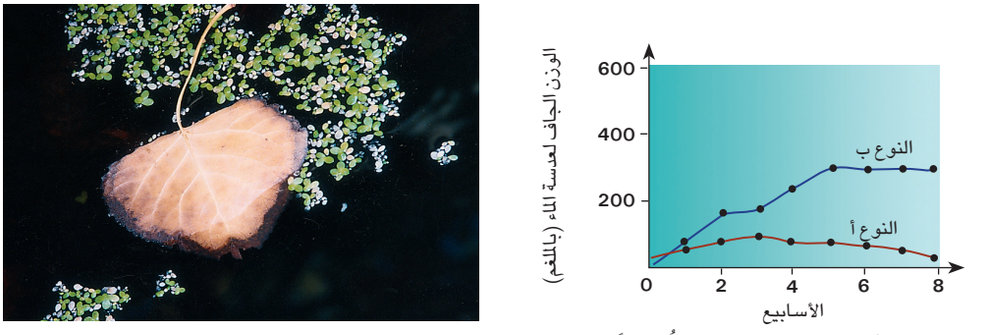
توسع: تزاحم تنافسي

الظاهرة التي شاهدناها في تجربة جاوس نسمّيها **التزاحم التنافسي**. يحدث التزاحم التنافسي عندما يكون تطابق كبير بين كوّات النوعين، وفي أعقاب ذلك، يُبعد نوع واحد من بيت التنمية. ينقرض النوع الذي يُبعد (كما كان في التجربة السابقة) أو يضطر أن يهاجر. يمكن أن يكون التزاحم التنافسي نتيجةً لتنافس استغلال أو تنافس تشويش. قبل عشر سنوات من إجراء تجارب جاوس، كانت فرضية سائدة وهي أن الأنواع التي تتنافس تتزاحم وتُبعد بعضها، وهنا نلاحظ أن تجارب جاوس دعمت هذه الفرضية.

تعرض الرسمة د – 3 نتائج التجربة التي أُجريت على نوعين من نبات عدسة الماء



أ. عدد أفراد نوعي عدسة الماء عندما نُميت بشكل منفصل



عدد أفراد نوعي عدسة الماء عندما نُميت معًا

نباتات عدسة الماء تطفو على سطح الماء وبجانبها ورقة نبات

الرسمة د– 3: نتائج تجربة عدسة الماء

سؤال د – 3

أ. قارنوا بين نتائج تجربة جاوس على البراميسيوم وبين نتائج تجربة عدسة الماء.

ب. هل يمكن من نتائج تجربة عدسة الماء أن نحدد ما إذا كان تنافس استغلال أم تنافس تشويش؟ عللوا.

التضاد الحيوي (اليلوباتيا): مثال لتنافس تشويش بين الأنواع

يمكن أن نجد في الطبيعة علاقة متبادلة تشترك فيها مواد كيمائية يُفرزها كائن حي معين إلى البيئة المحيطة، وهذه المواد تشوش على نمو وتطور كائنات حية أخرى. الفطريات التي تُفرز مضادًا حيويًا يؤدي إلى موت البكتيريا التي تعيش في بيئتها المحيطة، هذا هو أحد الأمثلة المعروفة لنا عن **التضاد الحيوي**. وكما هو معروف لكم، تُستعمل المضادات الحيوية بشكل شائع كأدوية لأمراض تُصيب الإنسان والحيوان.

مواد التضاد الحيوي التي تُفرزها النباتات إلى البيئة المحيطة تضر بالأساس نباتات أخرى، لكن أحيانًا تشوش على إنبات بذور النبتة التي تفرزها.

الرسمة د– 4: تضاد حيوي: بقعة جرداء تحت شجرة الكينا

على الرغم من ذلك، يمكن الافتراض أن إفراز مواد التضاد الحيوي، يمنع من التنافس مع نباتات أخرى، ويعطي أفضلية للنباتات التي تُفرزها.

من بين النباتات التي تنمو في البلاد، نعرف بعض النباتات التي تفرز مواد تضاد حيوي، مثل: شجر الكينا، ريحان، عاذرة، خويخة وإثل.

توجد دلالة في الطبيعة لتأثير إفراز مواد تضاد حيوي، مثلاً: يوجد عدد قليل من النباتات حول شجرة الإثل وشجرة الكينا (الرسمة د – 4). وأحيانًا لا نرى نمو نباتات بتاتًا بالقرب منها.

من وجهة نظر زراعية: مكافحة بيولوجية من خلال مواد تضاد حيوي

النباتات التي تفرز مواد تضاد حيوي، يمكن أن تفيد الزراعة بشكل كبير، وبالأساس كمواد تساعد على إعاقة عشائر (مجموعات) أعشاب ضارة. والشرط بالطبع أن النباتات التي تفرز مواد التضاد الحيوي تقوم بإعاقة النوع الضار فقط، وأن لا تضر النباتات الزراعية ذاتها، وأن لا تتنافس معها بشكل ملحوظ. مثال على ذلك: ذرة الدخن هو نبات زراعي يُفرز مواد تضاد حيوي، ويُستعمل هذا النبات لمكافحة عشائر نباتات ضارة (مثل: بشيت، حماض مفصص، لبلاب الحقل). إنّ استعمال نباتات تُفرز مواد تضاد حيوي، هو طريقة إضافية لتقليص استعمال مواد مكافحة كيميائية في الزراعة.

للمزيد عن

المكافحة البيولوجية، انظروا إلى الفصل السابع

تنافس بين الأنواع من وجهة نظر النشوء والارتقاء

في مجال الفترة الزمنية القصيرة لحياة الكائن الحي، فإنّ التنافس يؤذي النوعين المتنافسين، لأنهما لا يستطيعان التطور والتكاثر بشكل جيد (بالمستوى المثالي) بحسب قدرة تحمل بيت التنمية. ويضطر كل نوع أن يكتفي بموارد أقل، ويجب عليه أن يبذل طاقة كثيرة للحصول على موارد ولحماية نفسه من المتنافسين. أما في مجال الفترة الزمنية المكونة من عشرات آلاف السنين (مجال زمني "نشوء وارتقاء") ، يؤدي التنافس إلى **انتخاب طبيعي**، ونتيجةً لذلك، تتطور أنواع جديدة تختلف (ولو بشكل قليل) عن بعضها في نوع الغذاء الذي تستهلكه، أو بمقياس (شرط) آخر للكوّة البيئية. إنّ عملية التخصص تؤدي إلى إنتاج أنواع جديدة، حيث يكون بينها تطابق قليل في متطلباتها. أما إنتاج الأنواع من خلال الانتخاب الطبيعي يُقلص التنافس بينها، ويمكن أن يؤدي إلى استغلال مكمل، أو كامل للموارد. ونتيجةً لذلك، يقل التنافس بين الأنواع (العشائر)، ويستطيع النوع الواحد أن يعيش بجانب الآخر.

نبحث البيئة: تقليص التنافس والحياة معًا لأنواع مختلفة

على الرغم من التنافس المتوقع بين أنواع تستهلك موارد متشابهة، إلا أنه توجد عشائر أنواع مختلفة تستطيع البقاء الواحدة بجانب الأخرى في بيت التنمية، وذلك بفضل فروق معينة في شروط (مقاييس) كوّاتها، مثال على ذلك: أنواع القوارض من نوع فأر الغابة، فأر الغابة الصغير، فأر الغابة الكبير التي تعيش في الحرش بشكل متجاور، وتمّ اصطيادها بمصائد متجاورة أيضًا.

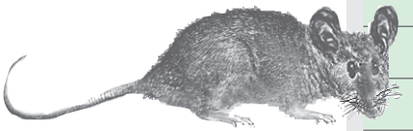
يعرض الجدول د – 1 مكتشفات الأبحاث حول طريقة حياة فئران الغابة.

فأر الغابة

جدول د – 1: مميزات طريقة حياة فئران الغابة

الميزة	فأر غابة صغير	فأر غابة كبير
معدل الوزن	الذكر: حوالي 26 غم، الأنثى: حوالي 26 غم	الذكر: حوالي 40 غم، الأنثى: حوالي 38 غم
الانتشار في البلاد	جبل الشيخ، الجولان، شمال غور الحولة، جبل ميرون، الجليل الأعلى، الجليل الغربي والكرمل.	جبل الشيخ، الجولان، شمال غور الحولة، جبل الجرمق (ميرون)، الجليل الأعلى، الجليل الغربي، الكرمل وجبال يهودا.
مكونات الغذاء	آكل بذور. يُفضل: اللوز، بذور النجيليات، حشرات، ويأكل ثمرة البلوط.	يُفضل ثمرة البلوط وعندما لا يكون بلوط، فإنه يأكل بذور نباتات حولية، نباتات، أوراق خضراء، ثمار وحشرات.
الحاجة إلى الماء	لا يشرب	لا يشرب
ساعات النشاط	الليل	الليل
تغيير في كبر العشيرة	يزداد تعداد العشيرة في الربيع، وبعد ذلك ينخفض، ثم يحدث ارتفاع إضافي في الخريف	يزداد تعداد العشيرة في الربيع، وبعد ذلك ينخفض، ثم يحدث ارتفاع إضافي في الخريف
الأوكار ومكانها	يحفر أوكارًا	يستغل أوكارًا موجودة في الصخور
بيت التنمية	مساحات مفتوحة في وسط الحرش	غابة بلوطيات فوق الصخور والحجارة
لياقات خاصة	القدرة على الحفر	القدرة على التسلق

(*) أُعِدّ من: **ביולוגיה משווה של עכברים מהסוג יערון החיים באותו אזור**، تأليف: يجال جرنوت، **ראם** 3، 20–29، 1984



فأر غابة كبير

سؤال د – 4

أ. ما هي الموارد التي يتنافس عليها نوعا فئران الغابة؟

ب. اذكروا عاملاً واحدًا، قد يكون عليه تنافس **داخل** عشيرة نوع معين من فأر الغابة.

ج. كيف يمكن شرح الحقيقة (اعتمادًا على الجدول) أن نوعيْ فئران الغابة يعيشان الواحد بجانب الآخر؟

الافتراس

يعتمد تنظيم المجتمع في بيت التنمية على أن الكائنات الحية تأكل أو تفترس بعضها. **الافتراس** هو ظاهرة مركزية في الطبيعة، لذا فمن الطبيعي أن تُثير حُب استطلاع باحثي البيئة على بحثها. على الرغم من أننا اعتدنا أن نعتبر الافتراس عندما يأكل حيوان كائنًا حيًا آخر، أو قسمًا منه، لكن هناك من يعتبر أن المفترسين، هم أيضًا آكلو الأعشاب و أنواع من الطفيليات.

إنّ شبكة الغذاء، هي طريقة لوصف العلاقة المتبادلة بين الآكل والمأكول، وبين المفترس والفريسة في بيت تنمية معين.

كيف يؤثر الافتراس على كبر عشيرة المفترس وكبر عشيرة الفريسة؟

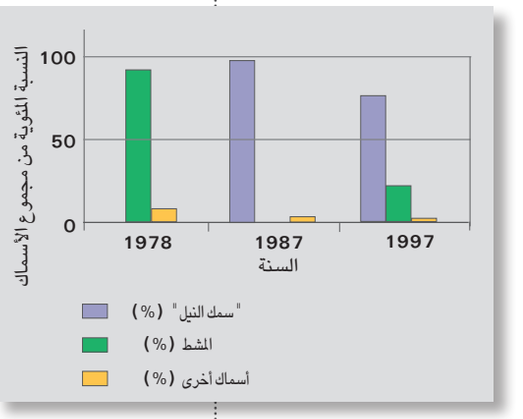
من الواضح أن الافتراس مفيد للمفترس وضار للفريسة. إنّ التأثير على الفريسة متعلق بكبره ونوعه. في ظروف معينة، يستطيع المفترس أن يقضي على عشيرة كاملة كما حدث في بحيرة فكتوريا، في منتصف القرن العشرين.

للمزيد عن
تنظيم المجتمع وشبكة الغذاء، انظروا الفصل الثالث.

قصة بحيرة فكتوريا

تقع بحيرة فكتوريا في قلب قارة إفريقيا، ومياهها تُغذي نهر النيل في مصر الذي يصب في نهاية الأمر في البحر الأبيض المتوسط. مياهها عذبة، وهي البحيرة الثانية في كبرها في العالَم. خلال ملايين السنين، تطورت ويعيش فيها مجتمع متوازن من عوالق النباتات، عوالق الحيوانات والأسماك، بالأساس من مجموعة الأسماك القريبة من أسماك المشطيات المعروفة لنا في بحيرة طبريا. تتغذى الأسماك على عوالق نباتية، وهي مصدر تغذية ورزق للسكان الذين يعيشون في المنطقة.

في منتصف القرن العشرين، اقتُرحت الفكرة أن يقوموا بتوطين البحيرة بسمك مفترس معروف باسم "سمك النيل" (وهذا السمك يُباع في حوانيت اسرائيل). قبل أن يفحصوا الفكرة جيدًا، حدث خلل في البركة المغلقة التي كانت فيها أسماك "سمك النيل"، وقد انجرفت إلى البحيرة وبدأت تتكاثر فيها. قضت الأسماك المفترسة على الأسماك المحلية (وقد كانت أنواع كثيرة منحسرة (لا مثيل لها) للبحيرة)، وتغيّرت شبكة الغذاء في البحيرة بشكل كبير جدًا. إنّ انقراض الأسماك التي تأكل عوالق النباتات أدى إلى تراكم عوالق النباتات وبقايا المواد العضوية في البحيرة. وتراكم المواد العضوية، أدى إلى زيادة عمليات التحليل التي تقوم بها البكتيريا التي تستهلك الأكسجين في البحيرة، وفي أعقاب ذلك، انخفض تركيز الأكسجين في الماء، وماتت أسماك كثيرة بسبب نقص الأكسجين. إنّ غزو "سمك النيل"، أدى إلى انعكاسات بيئية في البيئة المحيطة للبحيرة. لقد تمّ حفظ السمك السابق الذي اصطاده سكان المنطقة، وهو سمك المشطيات، من خلال تجفيفه بالشمس، أما حفظ "سمك النيل"، فإنه يتم من خلال الدخان، لذا احتاج سكان المنطقة إلى قطع الأشجار من الغابات الموجودة حول البحيرة، مما أدى ذلك إلى زيادة الضرر للبيئة المحيطة في اليابسة.



في سنة 2000، وجد الباحثون مكتشفين مهمين:

(1) انخفاض ملحوظ بكمية جميع أنواع الأسماك التي يتم اصطيادها في البحيرة: في سنة 1978، كانت كمية الاصطياد 1156 كغم في الساعة، وقد انخفض الإنتاج، في سنة 1997، إلى 199 كغم في الساعة.

(2) طرأ انتعاش معين عند أنواع مشطيات في البحيرة، وأصبحت 21% من مجموع الأسماك في البحيرة (الرسمة د – 5).

الرسمة د– 5: النسبة المئوية للأسماك في بحيرة فكتوريا

سؤال د – 5

أ. ماذا يمكن أن نتعلم مما حدث في بحيرة فكتوريا؟

ب. كيف يمكن شرح التغييرين اللذين تمّ التقرير عنهما في سنة 2000؟

في بحيرة فكتوريا، قامت أسماك "سمك النيل" بافتراس أنواع أسماك منحسرة (لا مثيل لها)، وقد تضررت هذه العشائر بشكل كبير. أحيانًا لا يكون الافتراس مطلقًا، بل **افتراسًا انتقائيًا**. في النباتات، تؤكل أقسام معينة فقط من النبتة، مثلاً: الأوراق الحديثة السن فقط، أو الثمار فقط، والنبتة تنتعش وتستمر في النمو. الافتراس الانتقائي موجود أيضًا بين الحيوانات. وكثيرًا ما يختار المفترس الفريسة الضعيفة أو البطيئة من بين أفراد العشيرة التي يتم افتراسها، وهكذا تبقى الأفراد السليمة، القوية والسريعة.وقد يكون الأمر غريبًا، إذا قلنا أن الافتراس يكون مفيدًا أحيانًا للعشائر.

على الرغم من أن الافتراس يُقلل من عدد أفراد النوع الذي تمّ افتراسه (بند د3)، وهذه ظاهرة سلبية تؤدي إلى انخفاض كبر العشيرة، وإلى انخفاض احتمال بقائها، إلا أنه عندما يعيش أفراد العشيرة (الذين يتم افتراسهم) بكثافة، ويكون تنافس داخل العشيرة على الموارد المحدودة، فإنّ افتراس قسم من الأفراد، يؤدي إلى انخفاض كبر العشيرة، وفي نهاية الأمر، يؤدي إلى

تقليل التنافس في العشيرة، ويحسِّن من ظروف نمو الأفراد الذين لم يتم افتراسهم (الملائمون للهروب من الافتراس)، ويزيد من احتمال بقائهم وتكاثرهم.

سؤال د – 6

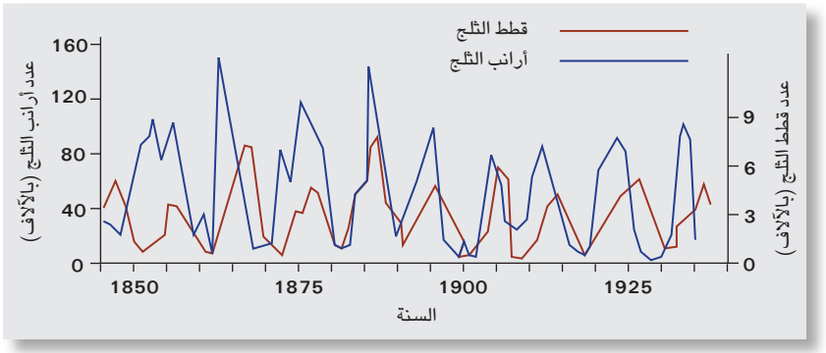
أ. لخصوا حسنات وسيئات الافتراس لكل من العشيرة التي تَفترس والعشيرة التي يتم افتراسها.

ب. كيف يؤثر الافتراس الانتقائي على عملية الانتخاب الطبيعي، وعلى لياقة النوع الذي يتم افتراسه؟

الدورية في كبر عشيرة المفترس وعشيرة الفريسة

أحد الأمثلة – المثيرة الاهتمام– لتغيير كبر عشيرة المفترس وعشيرة الفريسة في الطبيعة، هو التغيير في كبر عشيرة أرانب الثلج (Snowshoe hare) وقطط الثلج (Lynx) في شمال أميركا. خلال سنين عديدة، تمّ اصطياد هذين النوعين، وقد بيعت فرواتهم. الصيادون، وتُجار الفرو، سجّلوا بالضبط عدد الأفراد الذين اصطادوهم من كل نوع، في كل سنة. وبفضل ذلك، تمّت متابعة التغييرات في كبر العشيرتين.

عندما عُرضت النتائج في الرسم البياني (الرسمة د – 6)، اتضح أن هناك علاقة دورية في كبر عشائر أرانب الثلج وقطط الثلج. نلاحظ في الرسم البياني أنه يوجد انخفاض في عدد أرانب الثلج كل عشر سنوات، وفي أعقاب ذلك، يطرأ انخفاض في عدد الحيوانات التي تفترسها.

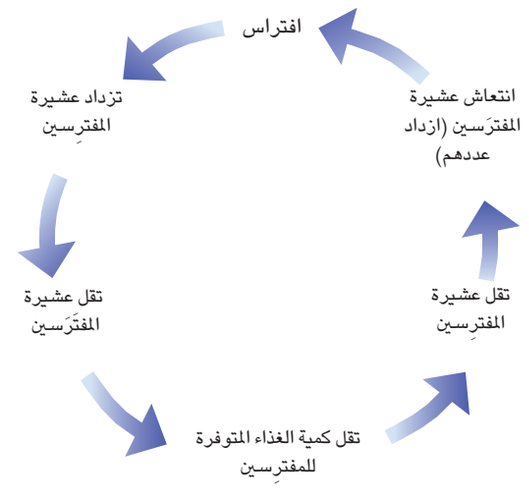


الرسمة د – 6: الدورية في عدد أرانب الثلج وقطط الثلج التي تمّ اصطيادها في شمال أميركا، في السنوات 1845–1953

كيف يمكن شرح هذه الدورية؟

يمكن شرح دورية كبر العشيرة كما هو معروض في الرسمة التخطيطية اليسرى.

هذا الشرح معقول، لكنه لا يأخذ بالحسبان عوامل كثيرة أخرى موجودة في الطبيعة، وتؤثر هي أيضًا على كبر العشيرتين. أحد هذه العوامل هو كمية الغذاء النباتي المتوفر للأرانب. أشارت أبحاث أخرى إلى أن كمية الغذاء للأرانب تتغيّر بدورية أيضًا، وتأثيرها على عدد الأرانب أكبر من تأثير الحيوان الذي يفترسها. إنّ كبر عشيرة الأرانب يؤثر على كبر عشيرة الحيوان الذي يفترسها.



نبحث البيئة في الطبيعة: المزيد عن الأرانب ومفترساتها

في السنوات 1976–1994، أُجريت تجارب في غابات تقع في شمال أميركا، وقد تمّ فحص بعض الفرضيات حول العوامل التي تؤدي إلى تغيُّر كبر عشيرة أرانب الثلج. قام الباحثون بتسييج قطع من الأرض، حيث كانت مساحة كل منها 1 كيلومترًا مربعًا. يعرض الجدول د – 2 سير التجربة والنتائج.

جدول د – 2: تأثير العلاجات المختلفة على بقاء أرانب الثلج

رقم العلاج	مكونات العلاج			بقاء الأرانب بالنسبة المئوية
	تسييج (يمنع دخول المفترسات)	إضافة غذاء للأرانب	إضافة سماد للتربة	
1	كلا	كلا	كلا	**1**
2	نعم	كلا	كلا	**10**
3	كلا	نعم	كلا	**4**
4	نعم	نعم	كلا	**21**
5	كلا	كلا	نعم	**2**

سؤال د – 7

أ. ما هي الفرضيات التي تمّ فحصها في التجربة بخصوص العوامل التي تؤثر على كبر عشيرة الأرانب؟

ب. اكتبوا استنتاجًا واحدًا من التجربة.

ج. اذكروا حسنة واحدة وسيئة واحدة للتجربة.

نبحث البيئة في المختبر: دورية كبر عشائر المفترس والفريسة

في التجربة التي أجراها جاوس (تعرفنا عليه في صفحة 104)، بيّن الدورية في كبر عشائر المفترس والفريسة. في هذه التجربة، تمّ إدخال البراميسيوم (كائن حي أحادي الخلية) ومفترسه ديدينيوم إلى داخل وعاء وقد نُميا معًا. وكل ثلاثة أيام، أضيف إلى الوعاء براميسيوم واحد وديدينيوم واحد.

سؤال د – 8

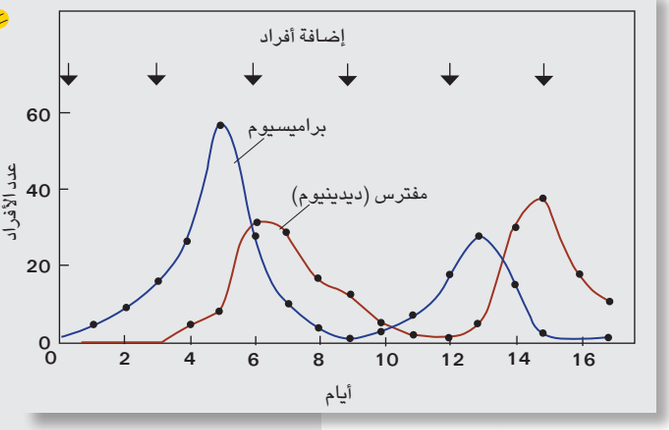
أ. صِفوا النتائج المعروضة في الرسمة د – 7.

ب. ما هي المتغيِّرات المتعلقة، وما هو المتغيِّر غير المتعلق في هذه التجربة؟

ج. اشرحوا التغيُّرات في كبر عشيرتَي البراميسيوم والمفترس.

د. من مرة إلى أخرى، أضاف جاوس أفرادًا من المفترس وأفرادًا من الفريسة إلى وعاء التجربة. أي عمليات في الطبيعة توازي العملية التي نفذها جاوس؟ اشرحوا.

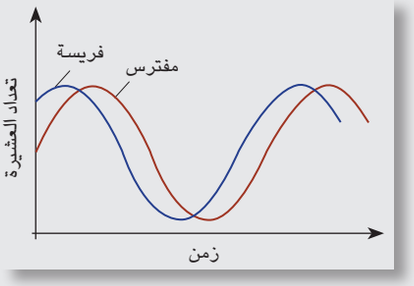
هـ. اذكروا حسنات وسيئات التجربة التي تُنفَّذ في المختبر.



الرسمة د – 7: التغيُّرات في عدد البراميسيوم ومفترسها (ديدينيوم) مع مرور الوقت

نبحث البيئة بمساعدة الرياضيات

تُشير العلاقة المتبادلة بين المفترس والفريسة إلى قانونية معينة: يؤدي ارتفاع تعداد المفتَرسين إلى انخفاض تعداد الفريسة، وبعد ذلك، يحدث انخفاض في تعداد المفتَرسين. انتعاش عشيرة الفريسة، يؤدي في أعقابه إلى ارتفاع تعداد المفترسين وهكذا دواليك. في سنة 1925، نجح الباحثان لوتكا وفولترا بالتعبير عن هذه القانونية بواسطة صيغة رياضية (قاعدة رياضية)، ويمكن بمساعدتها أن نحسب التغيُّرات في تعداد عشيرتَي الفريسة والمفترس. هذه الصيغة، هي عبارة عن نموذج من خلاله يمكن تنبؤ التغيُّرات المستقبلية في تعداد العشائر بناءً على معطيات هاتين العشيرتين، مثلاً: كبرها الابتدائي، نسبة الولادة ونسبة النجاح في الافتراس (الرسمة د – 8).



الرسمة د – 8: التغيُّر في تعداد عشيرتَي المفترس والفريسة مع مرور الوقت، وقد تمّ حسابه بحسب نموذج لوتكا وفولترا.

أين يختبئ فرس النبي؟

الهروب من الافتراس

إنّ قدرة الكائن الحي على الهروب من الافتراس، هي بالطبع صفة ناجعة. يوجد في الطبيعة ملاءمات كثيرة تساعد على الهروب، الاختباء وتقليل خطر الافتراس.

كما هو الأمر مع الملاءمات الأخرى التي وُصفت (في الفصل الأول)، فإنّ هذه الملاءمات المذكورة يمكن تصنيفها إلى 3 أنواع: ملاءمة في المبنى، ملاءمة فسيولوجية – بيوكيميائية وملاءمة سلوكية (جدول د – 3).

جدول د – 3: ملاءمة للهروب من الافتراس

نوع الملاءمة	أمثلة	
	حيوانات	نباتات
ملاءمة في المبنى	درع وَ "سلاح للدفاع عن النفس": أشواك النيص ودرع السلحفاة، غطاء جسم الصدفة، الحلزون والسرطان. التمويه من خلال التقليد باللون أو الشكل، مثل: الحشرات التي تشبه أوراق النباتات، نموذج ألوان تهديد عند الفراش، ألوان بارزة تُشير إلى السُمية.	أشواك عند الورد، أوراق قاسية عند البلوط، شُعيرات لاسعة عند القراص، بذور محمية بقشرة قاسية. تتجدد براعم مجاورة لسطح الأرض (لا تستطيع آكلة العشب أن تأكلها)، وتتجدد النبتة بعد أن أُكلت أوراقها أيضًا.
ملاءمة فسيولوجية – بيوكيميائية	إنتاج و/أو إفراز مواد تُبعد/سموم (الظربان، حشرات، سُم أفاعي، مواد لاسعة عند قنديل البحر)، كهرباء عند الأسماك.	إنتاج مواد حماية سامة (دفلة)، إفراز مواد تحذير متطايرة من النبات إلى البيئة المحيطة، يفرز التين سائلاً لاسعًا يشبه الحليب، ويفرز الصنوبر صمغًا.
ملائمة في السلوك	الهروب. تقليد: الأوبسوم (حيوان جراب أميركي) "يتصرف كأنه ميت". مشاهدة وإخراج أصوات تحذير (نمس، دولفينات، طيور). عرض موقف يُهدد: انتصاب الشعر، الكشف عن الأسنان (قط).	

ألوان التمويه عند الكروان

التقليد كوسيلة للهروب من الافتراس

هناك ظاهرة خاصة تساعد الكائن الحي على الهروب من الافتراس وهي التقليد. توجد طرق تقليد مختلفة: تقليد بالشكل واللون، تقليد بالسلوك وتقليد بيوكيميائي. يؤدي تقليد الفريسة إلى "بلبلة" المفترس ويجعله يفكر أنه يقف أمام جماد، أو كائن حي غير لذيذ الطعم، سام أو خطير، وهكذا ينجو من الافتراس.

المقلد وَ "النموذج" يعيشان معًا (قطعة من مقال: لا تكن وحدك أبدًا – المشاركة تفيد المشاركين)
تأليف: ليف فشلزون. من: **טבע וארץ, ל"ה** (5)، 15 – 19 (1992).

نجد التقليد المتقن عند الجيترات، وهي أسماك صغيرة تعيش في بيئة المرجان. ففيها تعيش جيترات سامة لونها أزرق – أصفر، وفي فمها غدًّتا سُم صغيرتان وأسنان بواسطتها تستطيع أن تحقن السُم عندما تُهاجم. تُشير تجارب كثيرة إلى أن أسماكًا مفترسة كثيرة تعرف هذه السمكة، وهي لا تهاجمها، وعلى غرار ذلك، بالقرب من أسماك الجيترات السامة، تعيش سمكة أخرى اسمها سيراسيوم المقلدة، وهي تقوم بتقليد السمكة السامة، وهي تشبهها – بشكل كامل تقريبًا – بالشكل، باللون وحتى بالسلوك. المفترسات التي تحذر من افتراس الجيترات السامة، تحذر أيضًا من افتراس سيراسيوم المقلدة. إنّ نجاح السمكة المقلدة متعلق بوجود النموذج في بيئته المحيطة ، وفي هذه الحالة، أسماك الجيترات السامة.

إذا لم يتوفر النموذج التعاوني للتمويه، تقوم المفترسات بافتراس سمكة سيراسيوم المقلدة دون أي تردد.

جيترات سامة

سيراسيوم

سؤال د– 9

اشرحوا، لماذا يتعلق نجاح حياة السمكة المقلدة بوجودها بالقرب من النموذج؟

سحلب النحلة

من الجدير بالمعرفة

أحيانًا توجد وظيفة مهمة أخرى للتقليد، ليس بالضرورة منع الافتراس، مثلاً: زهرة سحلب النحلة التي تقوم بتقليد النحلة، وهذا التقليد يساعد النبتة على جذب النحل لتلقيح الأزهار.

حياة مشاركة (سمبيوزا)

إلى جانب العلاقات المتبادلة التي وُصفت حتى الآن، مثل: التنافس والافتراس، فهناك علاقات متبادلة أخرى في بيت التنمية، وهي تعتمد على **حياة المشاركة** بين الأنواع. الاسم الذي أُعطي لهذه العلاقات المتبادلة هو **المشاركة** (سمبيوزا) .

ففي هذه المشاركة، توجد علاقة وطيدة بين الشريكين لفترة زمنية طويلة، قد تكون أحيانًا طيلة الحياة كلها. يوجد في الطبيعة أنواع مشاركة مختلفة ومتنوعة، ونصنفها عادةً بحسب مدى المشاركة بين الشريكين، وبحسب مدى الضرر الذي يحدث، والفائدة التي يجنيها كل واحد منهما من هذه العلاقة.

سنصف في البنود القادمة ثلاثة أنواع من حياة المشاركة: التطفل، التعايش والتكافل.

التطفل

تعتمد المشاركة من نوع **تطفل** على أن أحدهما متعلق بالآخر، وهذا هو الطفيلي، أما الكائن الحي الآخر فهو العائل. يعيش الطفيلي داخل **العائل** أو عليه، وهو يتغذى منه ويستمتع من بيئة حياتية سهلة وفيها حماية.

فيما يلي مميزات العلاقة بين المتطفل – العائل:

1. الطفيلي يكون عادةً أصغر من العائل.
2. عدد كبير من الطفيليات تعيش "على حِساب" عائل واحد.
3. يوجد علاقة خاصة وكبيرة بين الطفيلي والعائل، وهذه العلاقة تعتمد على الملاءمة الكبرى بين المبنى وبين أداء الشريكين.

هدال على شجرة لوز

عنب الب

أحيانًا يؤدي الطفيلي إلى موت العائل، لذا يمكن اعتبار هذه العلاقة على أنها علاقة مفترس – فريسة.

أمثلة لطفيليات:

1. طفيلي الملاريا والإنسان.
2. فطريات تتطفل على نباتات (مثل: البياض الدقيقي، الصدأ في النباتات الزراعية).
3. نباتات تتطفل على نباتات أخرى (هدال، عنب الب وعلقه).
4. فيروسات (بكتيريوفاج) تتطفل على البكتيريا.
5. بكتيريا وفيروسات تؤدي إلى أمراض عند الإنسان، النباتات والحيوانات.

عفص (نمو على عضو النبتة كرد فعل للعدوى التي قام بها الطفيلي)

هالوك

سؤال د – 10

قارنوا بين التطفل والافتراس. تطرقوا إلى علاقة الآكل والمأكول في الهرم البيئي، إلى الخاصية وإلى نسبة الكبر.

تُثير ظاهرة التطفل أسئلة كثيرة مهمة، ولقسم منها لا توجد إجابات حتى يومنا هذا. ينبع الاهتمام الكبير بالتطفل، لأنها ظاهرة مهمة جدًا للزراعة ولحياة الإنسان وصحته. فيما يلي بعض الأسئلة:

- كيف يمكن شرح تطور الملاءمة الخاصة بين الطفيلي والعائل أثناء النشوء والارتقاء؟
- ما هي الأفضلية للطفيلي من الملاءمة الكبرى بينه وبين العائل؟ هل يوجد لهذه الملاءمة نقص أيضًا؟
- في حالات كثيرة، لا يؤدي الطفيلي إلى موت العائل. ما هي الأفضلية للطفيلي من ذلك؟

من وجهة نظر زراعية

يواجه المزارعون الطفيليات بواسطة طرق مكافحة مختلفة: كيميائية، بيولوجية و مدمجة، ومن خلال تطوير أصناف ذات قدرة على الصمود أمام الطفيليات.

للمزيد عن

طرق مكافحة الآفات الزراعية، انظروا الفصل السابع.

تطفل سلوكي – اجتماعي

مثال خاص للتطفل الذي يتم فيه استغلال كائن حي معين وإلحاقه بأضرار، هو **التطفل الاجتماعي** للوقواق. يضع الوقواق بيضه في عُش طير آخر، وعندما يفقس البيض، وتخرج أفراخ الوقواق، فإنها تقوم بإبعاد بيض الطير العائل، وهكذا يضطر الطير الآخر أن يعتني ويُنمي أفراخ الوقواق. تطفل الرقود على البيض ليست خاصة للوقواق، بل هي موجودة عند أنواع أخرى. وقد شوهدت بين أفراد من نفس النوع وبين أنواع مختلفة أيضًا. يوجد أنواع من الطيور التي تتبع "سياسة مزدوجة"، فهي ترقد على قسم من بيضها بذاتها، والقسم الآخر تضعه في أعشاش طيور غريبة بطريقة تطفلية.

وقواق

سؤال د – 11

أ. ما هي موارد العائل التي يستغلها الوقواق؟

ب. اذكروا أفضليات "السياسة المزدوجة": رقود ذاتي على البيض وتطفل الرقود.

التعايش

هو شكل آخر لحياة المشاركة التي تكون ناجعة لكائن حي معين دون أن تضر أو تفيد كائنًا حيًا آخر. مثال لهذه العلاقة، هي النباتات التي تنمو على نباتات أخرى، لكنها لا تتطفل عليها (نباتات جذورها في الهواء).

النباتات التي جذورها في الهواء شائعة في الغابات، وتتيح لها طريقة حياتها الخاصة أن تحصل على الضوء دون أن تنمو على التربة.

النباتات التي جذورها في الهواء، هي ذاتية التغذية وتُنْتِج المواد العضوية من خلال عملية التركيب الضوئي. فبمساعدة جذور هوائية خاصة تقوم بامتصاص الماء من الهواء الرطب الموجود من حولها، وتمتص الأملاح من الغبار والتراب المتراكمين في شقوق قشرة الشجرة. قسم من النباتات التي جذورها في الهواء، يوجد لها أوراق لحمية تقوم بتخزين المياه، كما هو الأمر عند النباتات الصحراوية.

نباتات جذورها في الهواء (اكوادور)

سؤال د – 12

على الرغم من أن العلاقة المتبادلة بين نباتات جذورها في الهواء وبين الشجرة معرّفة على أنها تعايش، هل يمكن أن تتضرر الشجرة من هذه المشاركة؟ عللوا.

التكافل

التكافل هو شكل آخر لحياة المشاركة التي يستفيد منها طرفان. مثال معروف لكم، هو الأشنات المبنية من فطر وطحلب أخضر (الرسمة د– 9). يقوم الطحلب الأخضر بعملية التركيب الضوئي، ويستفيد الفطر من نواتجها أيضًا. أما الفطر، فإنه يزود الطحلب ببيئة حياتية محمية، رطبة وغنية بالأملاح.

الرسمة د – 9: أشنات على شجرة مقطوعة

الكائنات الحية الدقيقة، يوجد لها دَور مهم في علاقة التكافل كما سنلاحظ ذلك في الأمثلة الآتية:

طحالب ومرجان: المرجان الذي يعيش في الشعيبات، هو حيوان ثابت المكان. وهو يحصل على غذائه بطريقتين: التجميع من الماء واستغلال نواتج عملية التركيب الضوئي التي تُنْتِجها طحالب أُحادية الخلية المسماة زيؤوكسنتلة والتي تعيش داخل المرجان.

البكتيريا في درنات جذور نباتات البقوليات: تستطيع هذه البكتيريا أن تثبت النيتروجين الحر من الهواء إلى مركبات متوافرة لاستعمال النبتة. يستفيد النبات من مركبات النيتروجين، وهو يزوّد البكتيريا بمركبات كربون عضوية وببيئة حياتية مناسبة لنموها.

البكتيريا التي تعيش في الجهاز الهضمي للإنسان: الأمعاء هي بيئة حياتية غنية بالغذاء وبالرطوبة، وذات درجة حرارة ثابتة وجيدة تساعد البكتيريا على النمو السريع. تُنْتِج البكتيريا فيتامينات مختلفة (من مجموعة B)، وهذه الفيتامينات لا يستطيع الإنسان أن يُنْتِجها بذاته، وهكذا يستفيد الإنسان من هذه المشاركة.

بكتيريا في الجهاز الهضمي للحيوانات المجترة: تقوم هذه البكتيريا بهضم السيلولوز الذي كميته كبيرة جدًا في غذاء الحيوانات الآكلة الأعشاب، لكنها لا تستطيع أن تهضمه، فهذه البكتيريا تستفيد من بيئة حياتية جيدة تزودها بمواد خام لتغذيتها، كما هو الأمر عند البكتيريا التي تعيش في أمعاء الإنسان.

للمزيد عن
البكتيريا في درنات جذور البقوليات، انظروا الفصل السابع.

علاقة بمعوضة
بيولوجيا الإنسان: لا يستطيع الإنسان أيضًا أن يهضم السيلولوز وهو يُفرز في البراز.

من الجدير بالمعرفة

البكتيريا بحد ذاتها، تُشكل غذاءً بروتينيًا غنيًا للبقرة. فهي تستغل نواتج هضم البقرة لبناء بروتينات أجسامها. الحيوانات المجترة، هي حلقة في سلسلة غذائية خاصة:

نباتات ← بكتيريا ← بقرة.

سؤال د – 13

كيف يبدو هرم بيئي عددي يُمثِّل سلسلة غذائية موجودة في أمعاء حيوانات مجترة؟ ارسموا واشرحوا.

في السنوات الأخيرة، يزداد الوعي حول أهمية العلاقة المتبادلة من نوع تكافل بين جذور النباتات والفطريات، وهذه المشاركة في الحياة نسميها ميكوريزا mycorrhiza (والتي معناها في اللغة اللاتينية: rrhiza = جذور و myco = فطر). وهي معروفة أيضًا عند شجرة الصنوبر التي تعيش حياة مشاركة مع الفطر، وهي موجودة لدى معظم النباتات العشبية بما في ذلك البقوليات والنجيليات.

يدخل قسم من خيوط الفطر داخل الجذور، ويمتد القسم الآخر من الخيوط حول الجذور ويكوِّن شبكة معقدة من الخيوط (المسماة خيوط المغزل للفطر). وتعمل هذه الشبكة على أنها استمرار للجذور وتقوم بامتصاص أملاح وماء عن بُعد أكبر من البُعد الذي تصله جذور النبتة والشعيرات الماصة. وهكذا يزيد الفطر من قدرة استيعاب الجذور الماء والأملاح، وبالأساس مركبات الفوسفور المتوافرة في التربة بكميات قليلة، خاصةً في التربة الحامضية. أفضلية إضافية للنباتات من حياة المشاركة مع الفطر، هي حماية جذور النباتات من مسببات الأمراض (مثل: البكتيريا وفطريات أخرى طفيلية).

وما هي الفائدة للفطر؟

الفائدة الأساسية للفطر، أن الجذور تُشكل مصدرًا متواصلاً ومتوافرًا لمركبات الكربون العضوية، ولنواتج عملية التركيب الضوئي التي تمّ نقلها من الأوراق إلى الجذور.

مثال آخر للتكافل، هو العلاقة المتبادلة بين الأزهار وملقحاتها. الأزهار تزوّد الحشرات والعصافير التي تزورها بالرحيق. وتقوم الملقحات بتزويد **خدمات التلقيح**، فهي تقوم بنقل حبيبات اللقاح من زهرة إلى أخرى وتساعد في التلقيح المتبادل (الرسمة د – 10).

الرسمة د –10: حشرة تلقح زهرة

من وجهة نظر زراعية

توجد قيمة اقتصادية زراعية لخدمات التلقيح. فبدونها لا يتم الحصول على ثمار في أشجار الفواكه وفي المزروعات الحقلية، كما لا يتم إنتاج العسل في المنحلة.

في قسم من أنواع الأشجار (التفاح، اللوز، الحمضيات، الأفوكادو)، لا يتم فيها تلقيح ذاتي، وإنتاج الثمار مشروط بتلقيح خلطي.

لذا نغرس أشجارًا من أصناف مختلفة في الحقول والكروم. ونضع فيها بيوت نحل، لكي تقوم بنقل حبيبات اللقاح من زهرة إلى أخرى ومن صنف إلى آخر. في الولايات المتحدة، قدّر اقتصاديون قيمة خدمات التلقيح بمبلغ مقداره 400 مليون دولار في السنة.

ثمار تنشرها حيوانات

تطورت العلاقة المتبادلة بين الأزهار والملقحات خلال النشوء والارتقاء، وقد رافقها تطور ملاءمات خاصة بين مبنى الزهرة ولونها وبين مبنى وصفات الملقحات. أمثلة: التشابه بين مبنى زهرة سحلبة النحلة وبين النحلة (صفحة 112)، تنجذب الخنافس بالذات إلى اللون الأحمر في أزهار شقائق النعمان، البرقوق والخشخاش، ومن خلال "زيارتها" لهذه الأزهار تقوم بتلقيحها، وهذا يعني أن الملاءمة في مبنى الزهرة هي التي تحدد دخول ملقحات خاصة (الأزهار ذات الأنابيب الطويلة التي رحيقها موجود في عمق الأنبوب تكون ملائمة فقط لملقحات ذات منقار طويل، مثال على ذلك، طير الكُمير ونبتةالهيبسكوس).

سؤال د – 14

أ. تلتصق الثمار والبذور بفراء الحيوانات ويتم نشرها إلى أماكن بعيدة. ما هو نوع العلاقة المتبادلة في هذه الظاهرة؟

ب. يوجد أنواع من البذور التي تنبت فقط بعد أن تمر الثمرة (التي تحتوي البذرة) في الجهاز الهضمي للطيور والزواحف التي أكلتها. ما هو نوع العلاقة المتبادلة التي يتم التعبير عنها في هذه الملاءمة؟

من وجهة نظر زراعية

هناك من يعتبر الطرق الزراعية التي يستعملها الإنسان على أنها علاقة متبادلة من نوع تكافل بين المزارع ومزروعاته. فالإنسان يُتيح للنباتات أو الحيوانات أن تنمو في مزرعته في ظروف جيدة ودون تنافس. وهو يستفيد من المحاصيل. ويمكن أيضًا أن نعتبر بيوت النحل التي يضعها في الكروم على أنها علاقة متبادلة – من نوع تكافل – بين المزارع والنحل.

من الجدير بالمعرفة: النمل المزارع

عندما يزور المتنزهون غابات المطر في جنوب أميركا، فإنهم يشاهدون أحيانًا منظرًا فريدًا من نوعه: يشاهدون قافلة من قِطع الأوراق التي "تسير" الواحدة خلف الأخرى. عندما نقترب من هذا المنظر، فإننا نشاهد نملة لونها بني – أحمر تحمل في فمها قطعة ورقة، وجميع النمل يسير بخط واحد متجهًا نحو عشه تحت الأرض. لأول وهلة، نفكر أن هذه الأوراق تُستخدم كغذاء لعشيرة النمل ونسلها التي تعيش في العش. لكن اتضح أن هذا النمل لا يستطيع هضم السيلولوز والشرح لذلك معقد. وهذا

النوع من النمل (leafcutter ants) هو مزارع مفيد وناجع.

يقوم هذا النمل بطحن قِطع الورق إلى قِطع صغيرة جدًا داخل العش، وينمي عليها فطرًا، لكي يتغذى عليه. نوع العلاقة المتبادلة بين النمل والفطريات، هو من نوع تكافل. يقوم النمل بتزويد الفطر بالغذاء (الورق)، وببيئة محيطة تخلو من متنافسين (خميرة، وفطريات أخرى) ومن كائنات حية ضارة (البكتيريا).

تقوم الفطريات بهضم الأوراق وتتغذى عليها، والفطريات ذاتها تُشكل غذاءً للنمل. تُشير أبحاث إضافية أنه أثناء تحليل الأوراق، يتم إبطال مفعول المواد السامة (الموجودة في الأوراق والتي تُستخدم كوسيلة حماية ضد آكلات النباتات) وتنطلق إلى البيئة المحيطة أملاح ضرورية للنمل.

العلاقة المتبادلة بين النمل والفطريات، هي قصة نجاح. في نظام زراعي كهذا، يمكن أن تكون مليون نملة، وقد يصل عمق العش إلى حوالي 6 أمتار. وهذا العش، يؤثر بشكل إيجابي وسلبي على البيئة التي تحيطه.

التأثير الإيجابي: إثراء التربة بمواد عضوية (بقايا أوراق، فطريات ونمل). تأثير سلبي: إيذاء الأوراق (يقوم النمل بقص 12 % – 17 % من أوراق غابة المطر)، ويحدث تغيُّر في بنية التربة بسبب الأعشاش. ويؤدي النمل المزارع إلى أضرار خارج الغابة، مثلاً: المزروعات الأخرى التي يقوم بتنميتها الإنسان المزارع.

النمل المزارع
(كوستريكا)

سؤال د – 15

ما هي السلسلة الغذائية التي يشترك فيها النمل والفطريات؟

نملة الحصاد، هي "كائن حي زراعي"، فالعلاقة المتبادلة بينها وبين نبتة الخرفيش تدل على ذلك. تتغذى نملة الحصاد بالأساس على البذور والثمار التي تجمعها من أماكن بعيدة وتخزنها في عشها. وهي تأخذ الجزء الموجود في طرف بذور الخرفيش، والذي يحتوي على دهنيات مغذية، وترمي الجزء الآخر إلى خارج العش ("تزرع")، دون أن تمس بقدرته على إنبات البذرة.

تنبت وتنمو نباتات الخرفيش بعد هطول المطر، وهي تنمو حول أعشاش النمل، وتكون كبيرة بشكل ملحوظ، مما يُشير ذلك إلى أنها تنمو في تربة خصبة فيها تهوية وغنية بمركبات النيترات وبمركبات الفوسفور والبوتاسيوم التي مصدرها من بقايا المواد العضوية التي تمّ تحليلها. التركيز الكبير لنباتات الخرفيش حول العش، يقوم بتزويد النمل "بمحصول" بذوره غنية بالقسم الذي يحتوي على دهنيات مغذية لتغذية النمل الحديث السن، وإضافةً إلى ذلك، تُظلل الأوراق الواسعة لنبتة الخرفيش على العش في الأيام الحارة. تبرز من بعيد تجمعات نباتات الخرفيش التي تنمو حول أعشاش النمل، ومن خلالها يمكن تمييز ومعرفة أماكن الأعشاش.

1. مجموعات من نباتالخرفيش في الحقل
2. عُش نمل وحوله نبتة الخرفيش
3. زهرة الخرفيش

تلخيص: مميزات العلاقات المتبادلة

يعرض الجدول د – 4 العلاقات المتبادلة الأساسية وتأثيرها على الشريكين. يشمل الجدول أنواع المشاركة المختلفة والافتراس والتنافس.

جدول د – 4: جدول يُلخص العلاقات المتبادلة

	التنافس		الافتراس	حياة مشاركة		
	تنافس استغلال	تنافس تشويش (مثلاً: التضاد الحيوي)		تطفل	تعايش	تكافل
شريك أ	–	+	+	+	+	+
شريك ب	–	–	–	–	0	+

دليل: + يستفيد – يتضرر 0 لا يتضرر ولا يستفيد

هناك من يصف العلاقات المتبادلة على أنها متتالية وليست كوحدات منفردة. على طول هذا التسلسل، يمكن أن نلاحظ جميع الأوضاع الوسطية، ابتداءً من أفضلية واضحة لأحد الشريكين وحتى الإيذاء الصعب لأحد الشريكين وأفضلية للآخر.
في البند الذي يبحث الافتراس (صفحة 108)، عرضنا وجهة النظر التالية: الافتراس يضر بالفريسة، لكن إلى جانب هذا الضرر، توجد أفضليات للعشيرة. ويمكن قول أشياء شبيهة في حالة التضاد الحيوي: إنّ إفراز مواد للبيئة المحيطة يشوش على الكائنات الحية الأخرى، لكن هنالك "ثمن" لصرف الطاقة المتعلقة بإنتاج هذه المواد، وهو التشويش الذي قد يكون أيضًا على النبات الذي يفرز بذاته هذه المواد، وهكذا يمنع من إنبات بذوره.

من الجدير بالمعرفة: الفيكوس الخانق (Strangler fig): نباتات جذورها في الهواء تتحول إلى طفيلي

الرسمة د 11: فيكوس خانق: الشجرة التي تطور عليها الفيكوس

الضوء هو أحد العوامل التي تحدد عمق غابة المطر الاستوائية. النباتات المتسلقة والنباتات التي جذورها في الهواء ملائمة لهذا الوضع، وهي تنمو على أشجار أخرى، وهكذا تتعرض للضوء دون أن تضر (بشكل كبير) الأشجار التي تستعملها كـ "سلالم" للوصول إلى الضوء. وقد وصفنا هذه العلاقة المتبادلة على أنها تعايش.
تتصرف أنواع نباتات شجرة الفيكوس (وهي نباتات من عائلة التين) بشكل عدواني. ففي بداية حياتها تتصرف كـ "النباتات التي جذورها في الهواء" . تبدأ الشجرة حياتها كبذرة تنبت على الغصون العالية للشجرة. كيف تصل البذرة إلى قمة الشجرة؟ ترغب الطيور والثدييات (فيما ذلك القردة) ثمار الفيكوس، وبعد أن تأكل الثمار، تقوم بإفراز البذرة (دون أن يمسها أذى) الموجودة في البراز على غصون الشجرة. الإنبات على غصون الشجرة لا يضمن الحياة لمدة طويلة، ولكي تستطيع البادرة أن تنمو وتصبح شجرة، فهي بحاجة إلى ماء وأملاح من التربة.

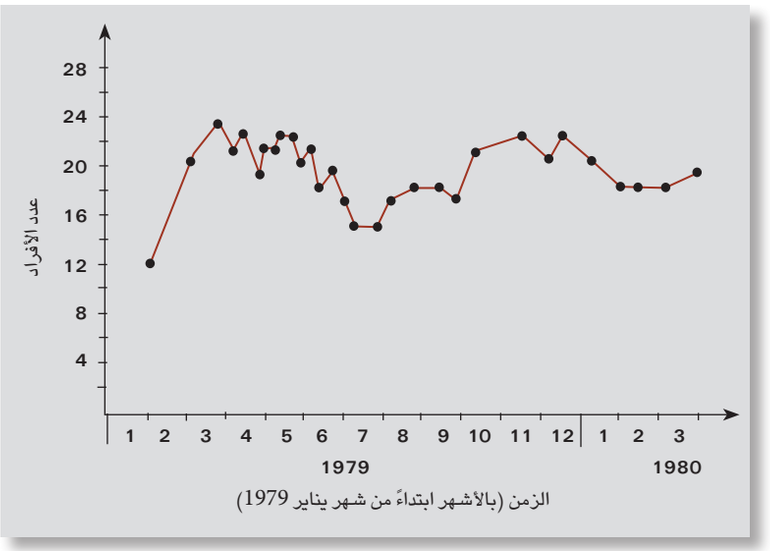
تقوم البادرة بإنبات جذور طويلة تصل إلى التربة، حيث تتطور هناك وتتنافس مع جذور الشجرة التي نبتت عليها. إنّ التزويد المستمر والكبير بالماء والأملاح والتعرض لضوء الشمس في قمة الشجرة، تؤدي جميعها إلى أن الشجرة "المضيفة" لا تستطيع النمو وهي تختنق وتموت من النقص في الموارد. العملية بطيئة وتستمر سنوات. وفي نهاية الأمر، تبقى شبكة جذور الفيكوس التي تُحيط فراغًا خاليًا (الرسمة د – 11).

د3. عوامل تؤثر على كبر العشيرة

يركز بحث علم البيئة على بحث الأسئلة المتعلقة بالعوامل التي تؤثر على **كبر العشائر**. بودنا تذكيركم أن العشيرة، هي مجموعة من الأفراد من نوع معين تعيش في منطقة معينة، وفي زمن معين. تعيش في بيوت التنمية مجتمعات لسنوات طويلة دون أن يحدث فيها تغيُّر جذري. وعلى الرغم من ذلك، فإنّ كبر أو تعداد العشيرة لا يبقى ثابتًا، بل يتغيَّر بشكل مستمر. يوجد تعقيد في مبنى وعمليات بيت التنمية، لذا يصعب على المشاهد الباحث أن يلاحظ تغيُّرات في عشيرة معينة، إلا إذا حدثت كارثة طبيعية (مرض، حريق وما شابه) أدت إلى انقراض عشيرة كاملة. من الصعب أن نلاحظ تغيُّرات صغيرة تحدث في كبر العشيرة، إلا إذا قمنا بمشاهدات دقيقة ومتابعة طويلة الأمد، وعندئذٍ يمكن أن نشير إلى هذه التغيُّرات. لا نستطيع في كل حالة، أن نقترح شرحًا لهذه التغيُّرات.

يُشير التمعُّن من حولنا في الطبيعة إلى أن كبر العشيرة يتغيّر مع الوقت وفي الحيز. مثال على ذلك، عشيرة الغزلان في هضبة الجولان: ففي سنة 1983، كان تعداد هذه العشيرة حوالي 5.000 فرد، وفي سنة 2005 أصبح تعدادها أقل من 200 فرد. ينبع الانخفاض الحاد والكبير في كبر العشيرة من الصيد، انتشار الأمراض ومن تكاثر الحيوانات المفترسة، مثل: الذئاب وابن آوى. مثال إضافي معروف لسكان القدس: في السنوات الأخيرة، ازداد تعداد الغربان الرمادية في جميع أنحاء المدينة. هذه الأمثلة التي توجد فيها تقلبات حادة في تعداد العشائر تكون بارزة للعيان بالأساس عند النباتات أو الحيوانات التي تتأثر بشكل كبير جدًا من تدخُّل الإنسان. لكن دون تدخُّل الإنسان أيضًا، استطاع علماء بحث البيئة أن يشاهدوا تغيُّرات في تعداد العشائر (الرسمة د – 12).

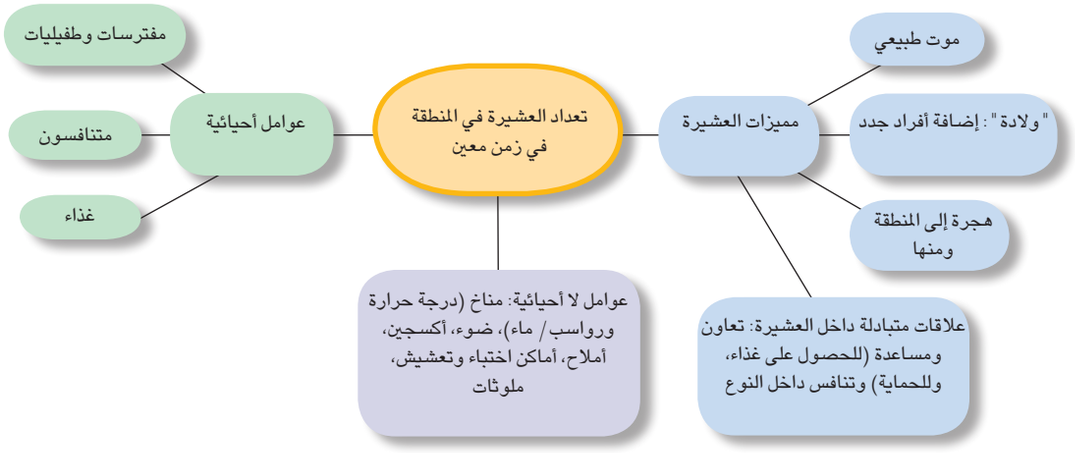
غراب رمادي



الرسمة د – 12: تغيُّرات في تعداد عشيرة جربيل الشاطئ (ثدي من القوارض) في مركز البلاد

في كل لحظة معطاة، تعداد أو كبر العشيرة هو نتيجة لنشاط عوامل كثيرة، وهذه العوامل يمكن تصنيفها إلى المجموعات الآتية (الرسمة د – 13):

- **عوامل (مميزات) العشيرة**: نسبة ولادة وموت الأفراد، التنافس بين الأفراد (تنافس داخل النوع)، علاقات تعاون ومساعدة بين الأفراد (في الحماية وفي الحصول على الغذاء)، الهجرة من المنطقة وإليها.
- **عوامل لا أحيائية في البيئة المحيطة**: ظروف المناخ (قحط، فيضانات، حريق، تغيُّرات متطرفة في درجة الحرارة)، توافر موارد لا أحيائية (ماء، أملاح، ضوء وأكسجين)، تلوث (معادن، ملح، نفط ومواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية).
- **عوامل أحيائية في البيئة المحيطة**: توافر غذاء، علاقات متبادلة وعلاقات تعاون إيجابية (تكافل) وسلبية (تطفل ومسببات أمراض، افتراس وتنافس من قبل أنواع أخرى)



الرسمة د – 13: العوامل التي تؤثر على كبر العشيرة

العوامل المذكورة في الرسمة د – 13، قد تؤثر على العشيرة باتجاهات مضادة، فهناك عوامل تساهم في زيادة تعداد العشيرة مثل: الولادة، الهجرة من منطقة أخرى وازدياد توافر الغذاء. وهناك عوامل تؤثر على تقليل تعداد الأفراد في العشيرة، مثل: القحط، انتشار طفيليات أو مسببات أمراض وارتفاع تعداد عشيرة المفترسات، أو وصول متنافسين من منطقة أخرى.

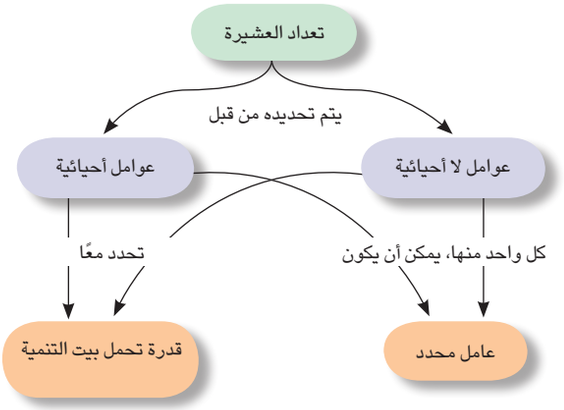
توسع: عوامل متعلقة بالكثافة وتأثيرها على تعداد العشيرة

يصبح موضوع كبر العشيرة أكثر تعقيدًا عندما نفحص تأثير كثافة العشيرة (عدد الأفراد على وحدة مساحة) على مدى تأثير عامل معين، مثلاً: يزداد التنافس بين الأفراد داخل العشيرة (بالأساس تنافس استغلال) عندما يزداد عدد الأفراد على وحدة مساحة، وهذا يعني أن الكثافة ازدادت، لذا نَصف تأثيرها كأنه " متعلق بالكثافة " . كذلك الأمر بالنسبة للأمراض والطفيليات التي يتم نقلها بين أفراد العشيرة. وليس الأمر كذلك، عندما يكون العامل المؤثر حريقًا أو قحطًا. ففي هذه الحالة، الاحتمال أن يصاب فرد في العشيرة بأذى ليس متعلقًا بكثافة العشيرة أثناء حدوث الكارثة، لذا هذا العامل " غير متعلق بالكثافة " .

وفي الظروف المثالية، لا يمكن أن يكبر تعداد أفراد العشيرة إلى ما لا نهاية. وهذا هو أحد أسباب الخوف من الزيادة المستمرة في تعداد السكان على الكرة الأرضية.

في أي ظروف يتوقف ازدياد تعداد العشيرة ويصبح عدد الأفراد ثابتًا؟

للإجابة عن هذا السؤال، يجب أن نفحص الموارد التي تحتاجها العشيرة، لكي تكبر. **كل مورد**، قد يكون **العامل المحدد** لتعداد العشيرة. إنَّ عدد الأفراد الأكبر للنوع الذي يستطيع الحياة في بيت التنمية نسمّيه **قدرة تحمل** بيت التنمية لهذا النوع. يصف الرسم التخطيطي د – 14 العلاقة بين المصطلحات.



الرسمة د – 14: العلاقة بين المصطلحات: كبر العشيرة، عامل محدد وقدرة التحمل

من وجهة نظر زراعية: المكافحة البيولوجية لعشيرة العكبر في غور بيسان

منذ سنوات طويلة، يعاني المزارعون في غور بيسان من العكبر الذي يهاجم محاصيلهم.

تُشير المتابعة التي أُجريت عدة سنوات، والتي بدأت في بداية القرن العشرين، إلى أن عشيرة العكبر تزداد كل عدة سنوات مرة واحدةً، وعندئذٍ تكون أضرارها عالية بشكل خاص. ولكي يقلل المزارعون من هذه الأضرار، فقد قاموا بنثر مواد سامة في الحقل للتخلص من العكبر. لكن تسمم العكبر أدى في أعقابه إلى تسمم الطيور التي تتغذى عليها، مثل: العويسق والباشق، وإلى تسمم ثدييات لم تؤذِ المحاصيل الزراعية. وإيذاء المفترسات، قد يؤدي إلى ازدياد تعداد عشيرة العكبر.

لمواجهة هذه المشكلة في سنوات الثمانينيات من القرن العشرين، بدأ المزارعون يضعون صناديق تعشيش لطير البومة في الحقول الزراعية، في غور بيسان. إنّ ازدياد تعداد عشيرة البومة التي تتغذى بالأساس على العكبر، أدى إلى انخفاض كبير جدًا في الأضرار الزراعية، دون أن يؤذي الحيوانات الأخرى غير الضارة.

يعرض الجدول د – 5 تسلسل الأحداث ومعناها البيئي.

جدول د – 5: تسلسل أحداث المكافحة البيولوجية من خلال البومة

الحدث	المعنى البيئي
1. إنتاج مساحات زراعية	تزيد كثرة الغذاء من قدرة تحمل العكبر
2. تكاثر العكبر	تنافس على الغذاء بين العكبر والمزارع
3. مكافحة كيميائية	إيذاء عشائر الطيور الجارحة لدرجة انقراضها تقريبًا
4. وضع صناديق تعشيش للبومة	ازدياد قدرة تحمل البومة
5. مكافحة بيولوجية	البومة تفترس العكبر وتقلل تعدادها

صندوق تعشيش للبومة (بحيرة الحولة الصغيرة)

سؤال د – 16

اقترحوا فرضيات: ماذا سيحدث في حقول غور بيسان بعد سنوات كثيرة؟

د4. تدخُّل الإنسان في العلاقة المتبادلة في الطبيعة

توجد للإنسان وظيفة مركزية، وليس بالضرورة إيجابية في العلاقة المتبادلة في الطبيعة. يؤدي الإنسان إلى انقراض أنواع مختلفة يتغذى عليها (بالأساس أسماك)، وإلى انقراض أنواع كثيرة أخرى تُستخدم لأهداف مختلفة، مثل: الطلب على زيت الحيتان، قرن الكركدان، عاج الفيل، فراء ثدييات كبيرة، وأشجار عالية الجودة لبناء أثاث.

للمزيد عن
انقراض الأنواع، استغلال زائد للأسماك، *انظروا الفصل السادس*

تؤدي هذه الاستعمالات إلى انقراض تدريجي في هذه الأنواع. وقد بُذلت جهود في السنوات الأخيرة لتقليص الإيذاء بهذه الكائنات الحية.

لافتة ضد اصطياد وحيد القرن في إفريقيا

إنّ استعمال مبيدات الآفات الزراعية، هو مثال إضافي لتدخل الإنسان في البيئة المحيطة الطبيعية. يستعمل المزارعون هذه المواد، لكي يحموا مزروعاتهم، لكن إلى جانب هذه الفائدة الكبيرة، يوجد أضرار أيضًا. إصابة أحد مكونات الشبكة الغذائية، تؤدي العلاقات المتبادلة الطبيعية، وقد تكون نتائجها سيئة جدًا.

للمزيد عن
دورة المزروعات، استعمال المكافحة البيولوجية ومواد مكافحة مختلفة بالتناوب، *انظروا الفصل السابع*

استعمال المواد الكيميائية كمبيدات للآفات الزراعية والأعشاب، يكمن في طياته أخطار إضافية. قد تكون عدة أفراد ذوات قدرة على مقاومة وصمود أمام هذه المواد، ومع مرور الوقت يزداد تكاثرها وتعدادها وتصبح هي الشائعة في العشيرة. وفي نهاية الأمر، تتطور عشيرة ذات قدرة على مقاومة المادة الكيميائية، وتصبح هذه المادة غير ناجعة. لكي نقلل من هذا الخطر، نوصي باستعمال مبيدات أعشاب متنوعة في السنوات المختلفة، وهذا يعني، في كل سنة نستعمل مبيد أعشاب آخر، بحيث تختلف آلية نشاطه عن آلية المبيدات الأخرى. واستعمال طريقة **دورة المزروعات**، تقلل أيضًا من أخطار تطور المقاومة والصمود عند الكائنات الحية.

البديل لمواد الإبادة الكيميائية هو **المكافحة البيولوجية** التي نستعمل فيها مفترسًا أو متطفّلاً يعيش على الكائن الحي الضار. في المكافحة البيولوجية، يتدخل المزارع بالعلاقة المتبادلة من خلال إدخال كائن حي لم يكن من قبل في النظام، أو يؤدي إلى ازدياد عشيرته بطريقة اصطناعية.

مثال للمكافحة البيولوجية، هو التجربة التي أُجريت في البلاد لمكافحة البعوض من خلال إضافة أسماك الجمبوزيا إلى بيوت تنمية البعوض، كما هو موصوف في المقال الآتي.

مكافحة البعوض بواسطة أسماك الجمبوزيا (قطعة من مقال)

تأليف: جيلا شنيدر **من:** **הביוספירה כ"א** (12)، 16–18 (1992).

منذ سنة 1924، تُستعمل أسماك الجمبوزيا لمكافحة البعوض في البلاد. هذه سمكة صغيرة، يصل طولها الأكبر إلى 7 سم تقريبًا. تقوم الأنثى بعملية التوالد خلال أشهر الصيف، مرة واحدة كل 3 أسابيع، وهي تلد حوالي 50 سمكة صغيرة في كل مرة. تبحث الأسماك عن غذائها الموجود على السطح الخارجي للماء، وعن يرقات البعوض التي تشكل فريسة سهلة لهم.

بعد العواصف الشديدة التي حدثت في شتاء 91/92، وُزعت 15،000 سمكة من أسماك الجمبوزيا على مجمعات المياه. وقد استمرت متابعة ورصد تطور البعوض حتى جفاف المجمعات المائية الموسمية، وتُشير المكتشفات إلى أنّه لم تتطور بؤر رقد للبعوض في المكان الذي كانت فيه أسماك الجمبوزيا.

أما في البرك التي لم تجف، فقد استمرت عشيرة الجمبوزيا في العيش أثناء فصل الصيف، وفي قسم منها، عاشت الأسماك عدة سنوات متتالية.

إنَّ استعمال أسماك الجمبوزيا لمكافحة البعوض، قد يكون بديلاً لتجفيف مجمعات الماء بواسطة أعمال الحفر التي تُكلف مبالغ طائلة. واتضح أن استعمال أسماك الجمبوزيا لمنع تكاثر البعوض أرخص بكثير من طرق بديلة أخرى، مثلاً:

المعالجة المسبقة، من خلال استعمال مواد كيميائية للمكافحة، والتي يجب استعمالها كل عشرة أيام لمدة شهرين، والتي تكلفتها أعلى من تكاليف اقتناء أسماك الجمبوزيا وتوزيعها على مجمعات المياه. إضافةً إلى التوفير في النقود، فإننا نمنع من تلوث المياه الجوفية بمواد المكافحة. وفي الآونة الأخيرة، اكتُشفت مقاومة عند البعوض لمواد كيميائية معينة. المكافحة البيولوجية توفر علينا استعمال المكافحة الكيميائية، وتساعد في الحفاظ على النظام البيولوجي، من خلال إيذاء يرقات البعوض فقط.

سؤال د – 17

ذُكر في القطعة أن البعوض طوَّر مقاومة للمواد الكيميائية. هل يمكن أن تحدث عملية شبيهة خلال المكافحة البيولوجية؟ اشرحوا.

من الجدير بالمعرفة: وأنتم أيضًا تستطيعون مواجهة مشكلة البعوض

توصي وزارة حماية البيئة المحيطة ووزارة الصحة أصحاب البرك التي أُعدت للمنظر أن يُدخلوا إلى هذه البرك أسماك الجمبوزيا التي تفترس البعوض، وهكذا نُقلص من تكاثر البعوض.

تلخيص الفصل

1. الكائنات الحية التي تعيش معًا في بيت تنمية واحد، تتقاسم الموارد الموجودة فيه، وتُقيم بينها علاقات متبادلة من أنواع مختلفة: تنافس، افتراس وحياة مشاركة.
2. تستهلك جميع أفراد العشيرة موارد متماثلة، مثل: الغذاء، أماكن اختباء، التزاوج وغير ذلك. عندما تكون الموارد عاملاً محددًا، فإن أفراد العشيرة تتنافس بين بعضها.
3. يمكن أن يتم التنافس بطريقتين:

(أ) تنافس استغلال – عندما يقوم أفراد من عشيرة معينة، أو أحد الأنواع باستغلال قسم كبير من المورد المحدد وللآخرين لا يبقى من المورد ما يكفي.

(ب) تنافس تشويش – عندما يقوم بعض أفراد عشيرة معينة، أو أحد الأنواع بالتشويش على الآخرين من الوصول إلى المورد المهم لهم.

4. الحفاظ على منطقة النفوذ (السيطرة) وعلى التنظيم التسلسلي الطبقي، هما ظاهرتان من تنافس التشويش، نتيجتهما يتقلص التنافس داخل العشيرة (بشكل مؤقت فقط!).
5. التنافس بين أنواع العشائر المختلفة، قد يؤدي إلى انقراض (أو إبعاد) نوع واحد.
6. الافتراس هو ظاهرة شائعة في شبكات الغذاء في الطبيعة. يوجد للكائنات الحية ملاءمات مختلفة ومتنوعة تساعدهم على الهروب من الفريسة، أو تُقلص من خطورتها.
7. يتغيّر كبر أو تعداد العشائر المفترِسَة والعشائر المفترَسَة بشكل دوري: ازدياد عشيرة المفترسين، يقلل من عشيرة الفريسة، وفي أعقاب نقص الغذاء للأفراد المفترِسَة، فإن هذه العشيرة تقل أيضًا.
8. التطفل، التكافل والتعايش، هي أشكال من حياة المشاركة بين الأنواع. تختلف أنواع المشاركة عن بعضها بمدى الضرر أو الفائدة التي تحدث للشريكين.

9. يتدخل الإنسان في العلاقة المتبادلة الموجودة في الطبيعة بطرق مختلفة: مكافحة كيميائية، مكافحة بيولوجية والصيد على أنواعه.
10. يتأثر تعداد العشيرة في الطبيعة من عوامل كثيرة تؤثر على العشيرة في نفس الوقت، مثل: مميزات العشيرة، عوامل البيئة المحيطة كالعوامل اللا أحيائية والعوامل الأحيائية. عوامل البيئة المحيطة (اللا أحيائية والأحيائية)، قد تكون عوامل تُحدد تعداد العشيرة، وهي التي تُحدد قدرة تحمل بيت التنمية لنوع معين.

مصطلحات مهمة

التضاد الحيوي
نبات جذوره في الهواء
انتخاب طبيعي
تعداد أو كبر العشيرة
كوّة بيئية
عامل محدد
تنافس إبعاد
مكافحة بيولوجية
تكافل
الدفاع عن منطقة النفوذ
تقليد
حياة (علاقات) مشاركة
تطفل
تطفل اجتماعي – سلوكي
افتراس (مفترس فريسة)
افتراس اختياري
علاقات متبادلة
قدرة التحمل
الميكوريزا
مورد
تكافل
عائل
تعايش
تنافس (استغلال، تشويش)
تنافس بين أفراد العشيرة
تنافس بين العشائر

الفصل الخامس

تغيّرات وثبات
في بيت التنمية

الفصل الخامس: تغيُّرات وثبات في بيت التنمية

هـ1. تغيُّرات في بيت التنمية

تحدث تغيُّرات كثيرة ومستمرة في بيت التنمية: تنمو وتكبر الكائنات الحية وتهرم، يموت قسم منها أو يتم افتراسها وتولد كائنات حية جديدة وتحتل مكانها، تنبت البذور وتتطور إلى أعشاب، أو جنبات (شجيرات)، أو أشجار. تهاجر بعض الأفراد إلى بيت التنمية وتهاجر أفراد أخرى منه، تنتقل الطاقة والمواد الغذائية من فرد إلى آخر في المجتمع وتتحلل في التربة بقايا المواد العضوية إلى مواد غير عضوية. إذا نظرنا إلى بيت التنمية بشكل سطحي، فمن الصعب أن نلاحظ هذه التغيُّرات يوميًا. ومن السهل أن نميِّز التغيُّرات الأخرى كالتي تحدث في كل سنة أثناء تغيُّر المواسم.

سؤال هـ– 1

أعطوا مثالين لتغيُّرين موسميين يحدثان في مجتمع، في بيت تنمية يقع بالقرب من منطقة سكناكم.

منظر في الصيف والشتاء (تل الجزر)

تحدث أحيانًا كوارث طبيعية، مثل: انفجار بركان، حريق أو فيضان، وهذه الكوارث تُغيِّر منظر بيت التنمية بشكل جذري. وتدخُّل الإنسان المتزايد في الطبيعة، يؤثر على بيت التنمية وعلى الأنظمة البيئية ويغيِّرها. بعد هذا التشويش، يمر بيت التنمية في عملية طويلة تستمر عشرات السنين وأحيانًا مئات السنين، حيث تتغيّر جميع مميزات بيت التنمية: العوامل الأحيائية والعوامل اللا أحيائية.

تتغيّر مكونات مجتمع الكائنات الحية التي تعيش في بيت التنمية بشكل تدريجي، ويتطور فيه مجتمع جديد.

في مرحلة معينة، يكون نوع معين شائع في بيت التنمية، وفي مرحلة أخرى، نجد في نفس بيت التنمية أنواعًا أخرى لم تكن موجودة فيه بتاتًا. وهذا يعني أن **مكونات المجتمع** تتغيّر مع الوقت.

غابة تتجدد بعد حدوث حريق. صوِّرت بعد سنة من حدوث الحريق (الجليل الأعلى)

التعاقب

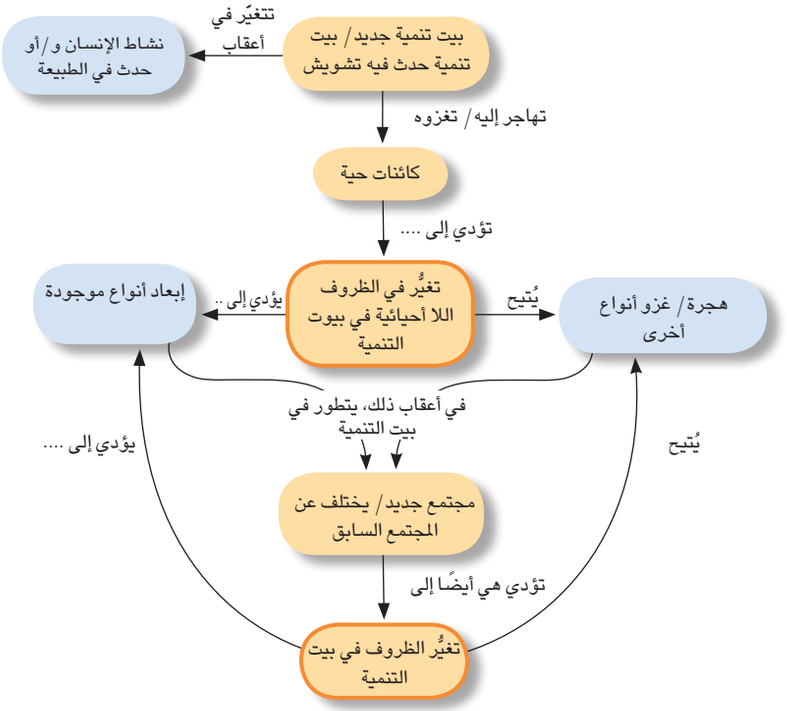
إنَّ عملية تغيُّر المجتمع في بيت التنمية نسمّيها **تعاقب**. نلاحظ أحيانًا حدوث تبديل المجتمعات بترتيب معين في مساحات أرض تمّ فيها تشويش (جرف، حريق، تعرض لكارثة معينة) أثناء التعاقب. في هذه المساحات التي تمّ فيها التشويش، نجد أولاً نباتات حولية ذات قدرة عالية على الانتشار (ينتشر عدد كبير جدًا من البذور بواسطة رياح أو حيوانات) وهي تحتاج إلى ضوء لكي تتم عملية إنبات البذور. وبعد مرور مدة من الزمن، تتمركز في هذه المساحات نباتات معمرة كالجنبات والأشجار. ظروف الظل التي تُنْتِجها الجنبات على سطح التربة، تمنع من إنبات بذور بعض النباتات الحولية، وتتطور بشكل تدريجي الأشجار والنباتات المتسلقة التي تنمو إلى أعلى.

مع حدوث هذه التغيُّرات، تتم تغيُّرات تدريجية بتنوع الحيوانات في بيت التنمية وذلك بحسب تنوع المواد الغذائية وأماكن التعشيش والاختباء المتوافرة في كل لحظة. في بيت تنمية "جديد" لم تكن فيه من قبل عشائر كائنات حية، تحدث فيه تغيُّرات شبيهة لتلك التي تحدث بعد كارثة طبيعية في بيت التنمية. فيما يلي أمثلة لبيوت تنمية جديدة: رمال متحركة، أو صخور انكشفت بعد زوال جليد، والشجرة التي تسقط في الغابة، أو الثمرة التي تسقط على الأرض، فإنَّ كل واحدة منها تشكل بيت تنمية جديد لكائنات حية تتغذى عليها أو تعيش داخلها. مع مرور الوقت، تتغيّر الظروف اللا أحيائية وتتبدل العشائر.

ويمكن أن تكون بيوت التنمية من صُنع الإنسان، مثل: طريق مُبلط، صخرة انكشفت بعد فتح شارع، أو بحيرة اصطناعية.

بيوت تنمية جديدة (من اليمين إلى اليسار): نباتات بين أحجار طريق مُبلط، أشنات على الصخور، كاكتوس في شقوق لآبة متجمدة (غالاباغوس)

تصل بيت التنمية الجديد أنواع من الكائنات الحية التي تستطيع أن تستغل الموارد والظروف التي يوفرها لها بيت التنمية الجديد، مثلاً: تتطور أشنات وحزازيات على الصخور الجافة، وهي تستطيع أن تمتص المياه التي تتكاثف في الهواء الرطب، وتستوعب الأملاح من الغبار المتراكم بين الشقوق. وعلى الرمال تنبت وتتماسك نباتات مناسبة لظروف التربة، الملوحة والجفاف السائد في مناطق الرمال المتحركة. استقرار أنواع الكائنات الحية في بيت التنمية، يُغيِّر الظروف اللا أحيائية في بيت التنمية. مثلاً: تتصدع الصخرة الجافة وتتفتت لتُنْتِج تربة. تتغيّر مكونات التربة وكميات المياه فيها عندما تُضاف إليها مواد عضوية مصدرها من الكائنات الحية التي ماتت، ومن الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا وفطريات) التي تُحللها وتثري التربة بالأملاح (نواتج عمليات التحليل وتثبيت النيتروجين). تُغيِّر النباتات ظروف الضوء، الظل والرطوبة في بيئتها المحيطة (الرسمة هـ – 1). ومع التغيُّر التدريجي في الظروف اللا أحيائية، تتغيّر مكونات المجتمع أيضًا.



الرسمة هـ– 1: رسم تخطيطي للمصطلحات: تعاقب– كائنات حية تُغيِّر بيئتها المحيطة

للمزيد عن
تأثير الإنسان على التنوع البيولوجي، *انظروا الفصل السادس*

بهذه الطريقة، وخلال مدة زمنية طويلة من عشرات السنين (وأحيانًا مئات أو آلاف السنين)، يتغيّر بيت التنمية وتتغيّر مكونات المجتمع. عملية التعاقب التي وُصفت أعلاه، لا تحدث دائمًا حسب النموذج الموصوف أعلاه. إضافةً إلى ذلك، المجتمع الجديد الذي يتطور أثناء التعاقب، قد يكون شبيهًا للمجتمع الذي كان قبل التشويش، لكن يمكن أن يختلف عنه. ينبع من ذلك أنه في حالات كثيرة، لا يمكن أن نعرف مسبقًا المجتمع الذي سوف يتطور في بيت التنمية الجديد، أو في بيت التنمية الذي حدث فيه تشويش.

ما الذي يُحدد المجتمع الذي يتطور في بيت تنمية جديد أو في بيت تنمية أُصيب بكارثة طبيعية؟

يمكن الإشارة إلى عدة عوامل تؤثر على تطور المجتمع:

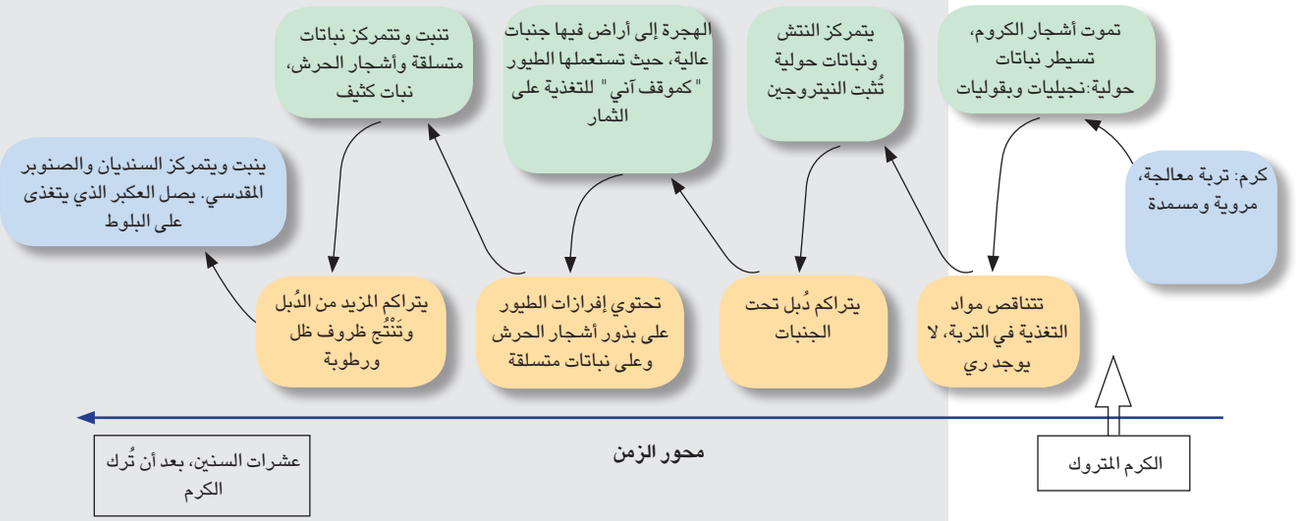
- شدة الكارثة الطبيعية، أو نوعية تدخُّل الإنسان.
- العوامل اللا أحيائية التي تَنْتُج في بيت التنمية في أعقاب التشويش.
- مجمّع الأنواع في بيوت التنمية القريبة التي يمكن أن تصل منها / تهاجر أنواع من الكائنات الحية إلى بيت التنمية الذي حدثت فيه الكارثة.
- الترتيب الذي تصل فيه الأنواع المختلفة إلى بيت التنمية وتستقر فيه (أيّ الأنواع تصل في البداية، وأيّها يصل بعدها؟).
- العلاقات المتبادلة (الإيجابية والسلبية) التي تتطور بين الأنواع التي تستقر وتعيش في كل زمن معطى في بيت التنمية.
- المدة الزمنية التي مرّت منذ أن بدأ المجتمع في التطور أو الترميم.

إنّ كثرة العوامل التي تؤثر على تطور المجتمع، توضح أن صورة بيت التنمية معقدة. صورة الوضع الذي يكتشفه الباحث الذي يصل المكان في سنة معينة، تختلف عن صورة الوضع الذي شاهده الباحث في السنة السابقة، أو الصورة التي سيشاهدها الباحث الآخر في السنوات القادمة. إضافةً إلى ذلك، من الصعب أن نتنبأ بدقة طابع العمليات التي تؤثر على التغيُّر في المجتمع، ومن الصعب أن نتوقع مسبقًا الأشياء التي سيجدها الباحث بعد عدة سنوات.

نبحث البيئة: كيف نبحث عمليات تغيُّر وتطور مجتمعات خلال مدة زمنية طويلة؟

في معظم الأنظمة البيئية تستمر عمليات التعاقب سنوات كثيرة. حتى لو كرس الباحث كل حياته لبحث عملية التغيُّر في بيت تنمية معين، فقد لا يحظى بالحصول على صورة كاملة للعملية. لكن يمكن متابعة التعاقب عندما نفحص مكونات المجتمع في بيوت تنمية شبيهة أُصيبت بفترات مختلفة، مثلاً: يمكن أن نبحث عمليات تجدد في غابة محروقة من خلال مقارنة وضعها مع غابات حُرقت في فترات مختلفة في الماضي.

في جبال يهودا، تمّ توثيق تغيُّرات مكونات المجتمع في كروم زراعية متروكة، وقد تمّ هذا التوثيق خلال فترات زمنية مختلفة.



الرسمة هـ– 2: سير الأحداث في أعقاب ترك الكرم. تغيُّرات متتالية في مكونات المجتمع (السطر العلوي) وفي مميزات بيت التنمية (السطر السفلي). (بحسب دنين أ، (1980) **חילופי חברות צמחים בשדות ובמטעים נטושים בהרי יהודה. טבע וארץ** כ"ב 69–72).

منحدر في جبال يهودا: استطاع القندول (المزهرة بالأصفر) أن يُبعد نبتة النتش ونباتات حولية لمراحل متعاقبة سابقة. تمركزت بعض أشجار الصنوبر المقدسي دون مساعدة الإنسان.

هـ2. توازن متغيِّر (ديناميكي) في النظام البيئي

النظام البيئي الذي لا يتغيّر بشكل ملحوظ للعيان، فإنه في حالة **توازن متغيِّر (ديناميكي)**.

ما الذي يُميّز نظامًا بيئيًا في حالة توازن متغيِّر؟

في النظام البيئي الموجود في حالة توازن متغيِّر، يمكن أن نلاحظ ثباتًا لميزاته في مجال معين:

1. **مكونات المجتمع**: عدد الأنواع (العشائر) ومكونات الأنواع **تكون ثابتة تقريبًا**.
2. **تعداد (كبر) العشائر**: عدد الأفراد الذي يُضاف إلى كل عشيرة (ولادة أو هجرة)، في كل فترة، يساوي **تقريبًا** عدد الوفيات، عدد الأفراد التي هاجرت أو تمّ افتراسها.
3. **الكتلة الأحيائية العامة**: كمية المواد التي تدخل بيت التنمية تساوي **تقريبًا** كمية المواد التي تخرج منه.
4. **موازنة الطاقة**: كمية الطاقة المستوعبة في النظام تساوي **بالتقريب** كمية الطاقة المنبعثة منه.

انتبهوا:

استعملنا كلمات تقريبًا وبالتقريب، لكي نبرز أنه في التوازن المتغيِّر، لا توجد مساواة مطلقة بين كميات المواد الداخلة وبين كميات المواد الخارجة، ولا توجد مساواة كاملة بين عدد المولودين وعدد الوفيات وما شابه. في توازن متغيِّر، يتم الحفاظ على ثبات جميع هذه المقاييس في مستوى معين مع تغيُّرات صغيرة فقط.

سؤال هـ – 2

أعطوا أمثلة لطرق تدخل فيها مواد إلى بيت التنمية، وطرق تخرج فيها مواد من بيت التنمية.

من المهم التذكر أنه في **حالة توازن متغيِّر** في النظام البيئي تستمر الحيوانات بالولادة والموت، وتقوم النباتات بعملية التركيب الضوئي، والمفترسات تستمر في عملية الافتراس، وتستمر البكتيريا في تحليل المواد وتشترك في مدورتها. فجميع العمليات التي تُميّز نظامًا بيئيًا تستمر في الحدوث، وفقط الشخص الذي ينظر "من الخارج" يتهيأ له أن كل شيء ثابت.

للمزيد عن

- ***العمليات في بيت التنمية***، *انظروا الفصل الثالث..*
- ***العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية***، *انظروا الفصل الرابع.*

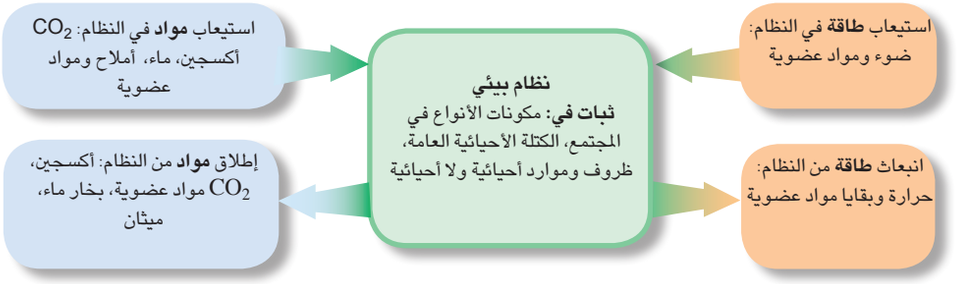
ماذا يشبه هذا الأمر؟

هذا يشبه شخصًا لا ينمو، لا يسمن ولا ينحف، وهو موجود في توازن متغيِّر: يستوعب مواد، مثل: غذاء، ماء وأكسجين من بيئته المحيطة ويُطلق إليها حرارة ومواد مختلفة (CO_2، بول وبراز). لكن الجزيئات تتغيّر في جسمه باستمرار: يتحلل قسم منها ويُبنى قسم آخر. الشخص الذي يتمعّن من الخارج لا يميّز التغيُّر من يوم إلى آخر، لكن الشخص الذي يشاهد اليوم يختلف عن شخص البارحة. أضفنا مصطلح **متغيِّر** (إلى التوازن)، لكي نُبرز الحقيقة أنه إلى جانب الثبات الذي نشاهده عندما نتمعّن في نظام من الخارج، فإنّ التغيُّرات تحدث كل الوقت داخل النظام.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: جسم الإنسان هو أيضًا نظام "معقد" يستوعب مواد وطاقة، ويُطلق إلى البيئة المحيطة مواد وطاقة.

يتميّز النظام البيئي الموجود في توازن متغيِّر بثبات في نسبة عمليات النظام، مثل: انتقال الطاقة ودورات المواد، مكونات الأنواع في المجتمع والعلاقات المتبادلة فيما بينها (الرسمة هـ – 3).



الرسمة هـ – 3: رسم تخطيطي لنظام بيئي في حالة توازن متغيِّر

بحسب المعروض في الرسمة هـ – 3، النظام البيئي الذي فيه توازن متغيِّر، يوجد فيه توازن بين كميات الطاقة والمواد المستوعبة في النظام وبين كميات الطاقة والمواد المنبعثة من النظام. لكن من المهم الانتباه إلى أنه لا يوجد تماثل بين أنواع الطاقة والمواد: في النظام، يتم استيعاب الطاقة الضوئية والكيميائية (مواد عضوية انجرفت / وصلت من نظام آخر)، وتنطلق إلى البيئة المحيطة حرارة، بقايا مواد عضوية ونواتج تحليل غير عضوية. وكذلك الأمر بالنسبة للمواد: كمية المواد (الكتلة) المستوعبة تساوي بالتقريب كمية المواد المنبعثة، لكن المواد ذاتها تختلف.

سؤال هـ – 3

كيف يؤثر الحريق على ما هو معروض في الرسمة هـ – 3: أي أسهم تكبر، وأي أسهم تصغر؟ اشرحوا.

من الجدير بالمعرفة: حالات عدم توازن في الطبيعة

الطفل الذي ينمو، أو الشجرة التي تنمو هما مثالان لنظامين بيولوجيين غير موجودين في حالة توازن متغيِّر: تكبر كتلتهما الأحيائية، وكميات الطاقة والمواد المستوعبة أكبر من الكميات المنبعثة. النظام البيئي الذي يمر في تشويش معين وينتعش منه (يحدث فيه **تعاقب**)، هو نظام غير موجود في توازن متغيِّر (تختلف الأسهم في هذا النظام بالكبر عن تلك الأسهم في الرسمة هـ – 3). تنقرض أنواع وتحتل مكانها أنواع أخرى، تتغيّر نسبة العمليات (التركيب الضوئي، التنفس والتحليل) مع مرور الوقت، وتكون الطاقة المستوعبة أكبر من الطاقة المنبعثة.

تلخيص الفصل

1. تتغيّر بيوت التنمية والأنظمة البيئية خلال مرور الوقت، بسبب أحداث طبيعية وأحداث من صُنع الإنسان.
2. في بيت التنمية الذي تغيّر أو تضرر، تحدث تدريجيًا عملية تطور المجتمع الذي خلاله تتغيّر مكونات المجتمع (الأنواع التي تكوّنه). تنبع هذه التغيُّرات من تأثير الأنواع ذاتها على ظروف بيت التنمية ومن العلاقات المتبادلة بين الأنواع.
3. مكونات المجتمع التي تتطور في بيت تنمية تضرر، أو في بيت تنمية "جديد"، لا يمكن أن نتنبأها مسبقًا، وهي تتأثر من عوامل أحيائية ولا أحيائية، ومن المدة الزمنية التي مرّت منذ أن تكوَّن أو تضرر بيت التنمية.
4. يتميّز المجتمع الموجود في توازن متغيِّر بثبات مكونات الأنواع في مجال معين، بتعداد (كبر) العشائر، بالكتلة الأحيائية العامة وبتوازن الطاقة.

مصطلحات مهمة

تعاقب *توازن متغيِّر*

الفصل السادس

التنوع البيولوجي وأهميته

الفصل السادس: التنوع البيولوجي وأهميته

في السنوات الأخيرة، ازداد القلق عند الباحثين ومحبي الطبيعة وجودة البيئة المحيطة حول الأضرار التي تؤذي **التنوع البيولوجي**. يحدث الضرر الأساسي في أنواع الحيوانات والنباتات، وهو يؤدي إلى انقراضها، ويؤذي بيوت تنمية خاصة، مثلاً: مستنقع الشتاء.

وتتضرر أيضًا أنظمة بيئية كبيرة ومعقدة، مثل: شُعيبات المرجان والغابات الاستوائية.

في كل نقاش يدور حول **انقراض الأنواع**، يُتهم الإنسان على أنه العامل الأساسي للانقراض المتزايد، في أنواع الكائنات الحية في الطبيعة.

كانت هناك أنواع شائعة في الماضي وأصبحت اليوم نادرة أكثر وأكثر، وانقرضت أنواع دون أن تعود، ومنها أنواع لم نعرف عن وجودها حتى الآن.

أ

ب

أ. دودو– طير لا توجد لديه قدرة على الطيران، وقد عاش في الماضي، في جزيرة ماوريتسيوس، وانقرض بعد أن استوطن الإنسان في هذه الجزر وقام باصطياده.

ب. الفقمة الراهبة– ثدي بحري يعيش في البحر الأبيض المتوسط وهو مهدد بخطر الانقراض.

تصلنا معلومات حول انقراض أنواع أو انخفاض تعداد عشائر من سائحين، صيادين وباحثين. من مجموع المعطيات التي جُمعت والمستمرة في التراكم، نلاحظ أن نسبة الانقراض اليوم أعلى من نسبة تكوين أنواع جديدة. يتفق الباحثون على أن هناك خطرًا كبيرًا جدًا يُهدد انقراض أنواع كبيرة، **وأنواع منحسرة (لا مثيل لها)** موجودة في مكان معين فقط، وغير موجودة في أي مكان آخر في العالم، وأنواع تعيش في مساحات صغيرة كالجُزر والبحيرات التي مياهها عذبة.

من الجدير بالمعرفة

منذ القدم، كان معروف أن دُبًا أحمر سوريًا يعيش في البلاد. اليوم لا يوجد دُببة في كل المنطقة، ومن المعروف أنه في بداية القرن الـ 20 ، شوهد الدب الأخير في جنوب سوريا. وأيضًا النباتات التي كانت شائعة في الماضي في البلاد كالبشنين، أصبحت نادرة جدًا اليوم.

فيما يلي أمثلة لأنواع منحسرة في إسرائيل: الأفعى السوداء، جربيل الرمال (ثدي) والنباتات سوسن فقوعة واللوف.

سوسن فقوعة – نوع منحسر (لا مثيل له) في البلاد

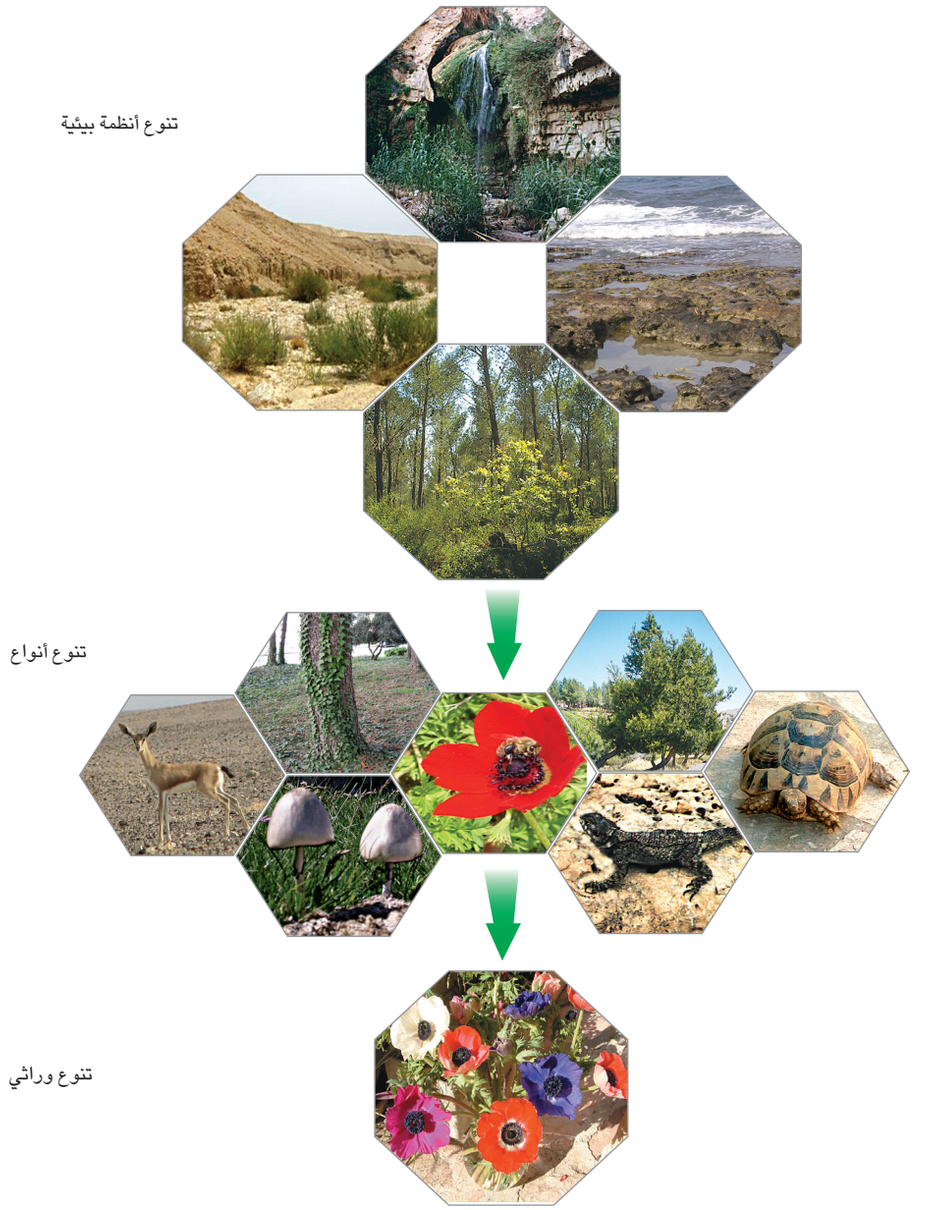
ينبع التأثير الكبير للإنسان على البيئة المحيطة الطبيعية من التزايد المتواصل في تعداد الإنسان، من التكنولوجيا التي طورها ومن ارتفاع مستوى الحياة التي تحتاج إلى استعمال الموارد المحدودة للكرة الأرضية. قام العلماء بحساب مجموع المساحة التي يحتاجها حوالي 6.6 مليارد نسمة (سنة 2007)، لكي يعيشوا على سطح الكرة الأرضية، ووجدوا أن هذه المساحة أكبر من المساحة التي يمكن استغلالها للزراعة، للسكن، للبنية التحتية للمواصلات والصناعة. وكذلك الأمر بالنسبة للمياه الصالحة للزراعة والشرب. وهذا يعني أن **قدرة تحمل** الكرة الأرضية، غير كافية لحياة جميع أبناء البشر عليها.

إضافةً إلى ذلك، من المهم التذكر أن انقراض الأنواع هو ظاهرة طبيعية. وذلك بناءً على حقائق لمتحجرات، وبناءً على أنواع كثيرة انقرضت تدريجيًا أثناء عملية **النشوء والارتقاء**، ويُشير أحد التقديرات إلى أن أكثر من 99 % من الأنواع التي كانت تعيش على الكرة الأرضية، غير موجودة اليوم على سطح الكرة الأرضية.

خلال عملية النشوء والارتقاء، حدثت خمسة **انقراضات هائلة**، وقد انقرضت فيها أنواع كثيرة خلال فترة زمنية قصيرة. حدث أشهر هذه الانقراضات قبل حوالي 65 مليون سنة، وقد أدى إلى اختفاء الديناصورات عن سطح الكرة الأرضية.

و 1. ما هو التنوع البيولوجي؟

إنّ وجود كائنات حية كثيرة ومختلفة عن بعضها، هو ظاهرة معروفة ومفهومة ضمنًا تقريبًا. من سن صغير، يُميِّز الطفل بين الكلب والعصفور وبين الشجرة والعشب. في الرحلات التي نجريها في أنحاء البلاد، نلتقي في كل منطقة بنباتات وحيوانات تميزها. التنوع البيولوجي هو مصطلح عام، وهو يشمل جميع مقاييس التباين في **مستويات التنظيم** في الطبيعة: **التنوع الوراثي** عند الأفراد في العشيرة، **تنوع الأنواع** في المجتمع وتنوع **الأنظمة البيئية** في منطقة، أو على الكرة الأرضية (الرسمة و – 1). عندما نتحدث عن **التنوع البيولوجي**، فإننا نقصد **تنوع الأنواع**. عدد الأنواع الموجودة في بيت تنمية معين نسمّيه **ثراء الأنواع**، وهو مقياس شائع للتنوع البيولوجي في بيت التنمية.



الرسمة و – 1: تنوع بيولوجي في مستويات تنظيم مختلفة

التنوع في مستويات التنظيم في الطبيعة، يُثير أسئلة مثيرة الاهتمام: لماذا تختلف أفراد العشيرة عن بعضها؟ كيف تطورت الأنواع المختلفة؟ ما الذي يؤدي إلى الفروق بين مكونات المجتمعات في بيوت التنمية المختلفة، وإلى الفروق بين الأنظمة البيئية؟

مما تنبع الفروق التي نشاهدها في جميع مستويات التنظيم؟

يعرض الجدول و – 1 والرسم التخطيطي و – 2 بعض النقاط المهمة المتعلقة بمصادر التنوع في مستويات التنظيم.

جدول و – 1: مصادر التنوع في مستويات التنظيم في الطبيعة

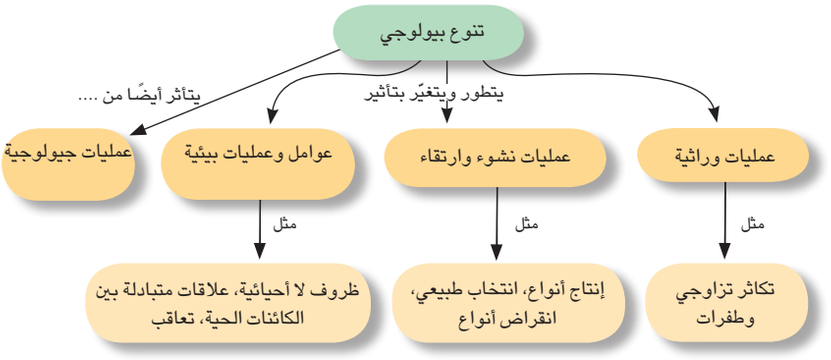
مستوى التنظيم	مصادر التنوع
أفراد في العشيرة	ينبع التباين بين أفراد العشيرة من العوامل الآتية: الفروق الوراثية بينها (التنوع الوراثي)، تأثير البيئة المحيطة والانتخاب الطبيعي. مصادر الفروق الوراثية هي: الطفرات، عمليات العبور الذي يتم أثناء إنتاج خلايا التناسل (الجاميطات) والالتقاء العشوائي بين خلايا التناسل أثناء عملية التكاثر التزاوجية.
أنواع	تتطور أنواع جديدة من أنواع قديمة أثناء عملية النشوء والارتقاء التي تستمر أجيال كثيرة.
مجتمعات	تتأثر مكونات الأنواع في المجتمع من عوامل مختلفة: عوامل لا أحيائية، عوامل أحيائية (مثلاً: وجود مفترسات)، أحداث خاصة كالحريق وعمليات انتشار وهجرة. تنبع الفروق بين المجتمعات المتطورة في مناطق متشابهة بالظروف اللا أحيائية، من مرحلة التعاقب الموجودة فيها المجتمعات، ومن أحداث حدثت خلالها.
أنظمة بيئية	تتأثر الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية من نفس العوامل والظروف التي يتأثر منها المجتمع، وهي تختلف عن بعضها بالظروف الأحيائية واللاأحيائية. ويمكن أن ينبع التباين بين الأنظمة البيئية من العمليات الجيولوجية (مثلاً: حركة القارات) والتاريخية (مثلاً: استيطان الإنسان).

للمزيد عن
التعاقب، انظروا الفصل الخامس.

للمزيد عن
تأثير العوامل اللا أحيائية على الأنظمة البيئية، انظروا الفصل الثاني، بند ب1.

من المعطيات المعروضة في جدول و – 1، نتعلم أن التنوع البيولوجي يتطور في أعقاب تأثيرات مدمجة لعوامل نشوء وارتقاء (عملية الانتخاب الطبيعي وتكوين الأنواع)، وبسبب عوامل وراثية (طفر وتكاثر تزاوجي)، وعوامل بيئية (ظروف لا أحيائية، علاقة متبادلة بين كائنات حية وتعاقب) (الرسمة و – 2).

إحدى الآليات التي تؤدي خلال النشوء والارتقاء **لتكوين أنواع** جديدة من نوع موجود هي الفصل بواسطة الحاجز **البيو–جغرافي** بين عشيرتين من نفس النوع. يمكن أن يكون الحاجز البيو – جغرافي الطبيعي نهرًا، جبلًا، بحرًا وصخورًا. هذا الحاجز الفيزيائي لا يُتيح انتقال أفراد من عشيرة معينة إلى الأخرى، ولا يُتيح أيضًا التقاءً وتكاثرًا بين الأفراد. إذا كانت الظروف الأحيائية واللاأحيائية مختلفة من كِلا طرفي الحاجز، فإن العشيرتين تتطوران بشكل تدريجي بتأثير **الانتخاب الطبيعي** إلى عشيرتين مختلفتين بالصفات، وفي نهاية العملية، نحصل على نوعين مختلفين عن النوع الأصلي.



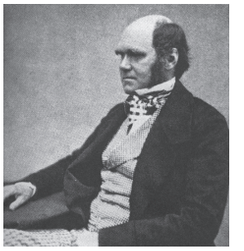
الرسمة و – 2: رسم تخطيطي للمصطلحات: مصادر التنوع البيولوجي

توسع: القليل عن نظرية النشوء والارتقاء

قبل حوالي 3.8 مليارد (3،800،000،000) سنة، بدأت تتطور الحياة على الكرة الأرضية. هذه فترة زمنية طويلة ومن الصعب استيعابها. وعمر الكرة الأرضية أطول من ذلك، وقد يصل حوالي 4.6 مليارد سنة، وقد نتجت الكرة الأرضية في المجموعة الشمسية التي عُمرها حوالي 5 مليارد سنة.

تُثبت الحقائق المعروفة اليوم أن أنواعًا تطورت وتغيّرت مع مرور العصور. في سنة 1858، عرض تشارل داروين (1809–1882) والفرد وولس (1823–1913) نظرية تطور الأنواع.

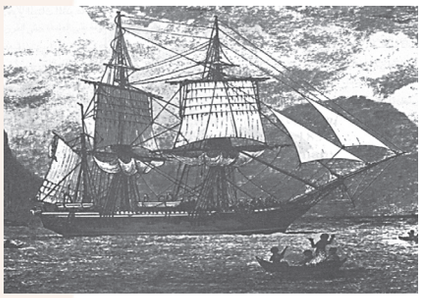
نشر داروين نظريته في كتابه "أصل الأنواع بطريقة الانتخاب الطبيعي" (The Origin of Species by Means of Natural Selection) الذي صدر في سنة 1859. وأعطى في كتابه تفسيرًا جديدًا وكاملاً حول مشاهداته الكثيرة التي أجراها خلال حملته حول العالَم في السفينة التي سُميت "بيجل"، وقد استمرت حملته 5 سنوات كاملة.



داروين (عُمره 45)

أسس داروين نظريته على مشاهداته وعلى الحقائق الآتية:

1. يوجد تباين بين أفراد العشيرة.
2. ينتقل قسم من التباين **بالوراثة** من الوالدين إلى الأبناء.
3. يضع كل جيل نسلاً كثيرًا، لكن لا تبقى جميعها.



سفينة "بيجل"

فيما يلي الآلية التي اقترحها داروين لشرح تطور أنواع جديدة من أنواع قديمة:

الأفراد التي تبقى، هي الأفراد التي اكتسبت من والديها صفات أفضل من الأفراد الأخرى: فهي تتنافس جيدًا على الموارد المحدودة في البيئة المحيطة، وهي تنجح في الهروب من المفترسين المختلفين. وخلال أجيال كثيرة، ازدادت في العشيرة تكرارية الأفراد الملائمة للبيئة المحيطة وهكذا تغيّر النوع بشكل تدريجي، وهذا هو **الانتخاب الطبيعي**. وُسعت نظرية النشوء والارتقاء، في القرن العشرين، في أعقاب اكتشاف طرق نقل الصفات الوراثية، الطفرات العشوائية والآليات الجزيئية للوراثة.

للمزيد عن
الانتخاب الطبيعي، *انظروا الفصل الأول*

و2. كبر التنوع البيولوجي

كم نوعًا مختلفًا يوجد على سطح الكرة الأرضية؟

على الرغم من المشاهدات والحملات الكثيرة التي أُجريت في جميع أنحاء العالَم، لا توجد حتى الآن إجابة لهذا السؤال.

اليوم يعرف باحثو الطبيعة أسماء حوالي 1،600،000 نوع من الأنواع المختلفة للكائنات الحية. على الرغم من هذا العدد الهائل، إلا أن معظم الأنواع الموجودة غير معروفة للباحثين بتاتًا، وهناك من يُقدر العدد الكلي للأنواع على أنه بين 10 ملايين إلى 100 مليون نوع! أُجريت تقديرات أخرى بدقة كبيرة وبحذر، وهي تُشير إلى أن العدد الكلي للأنواع هو 30–50 مليونًا. لهذه الأعداد الهائلة والمختلفة، يوجد وجهتا نظر مهمتان:

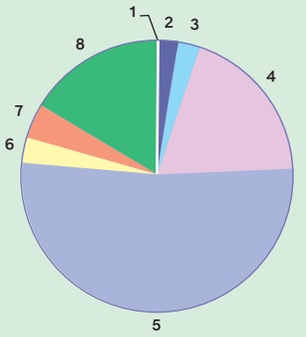
1. التنوع هائل.
2. غير المعروف هائل.

اليوم واضح للباحثين أن المعلومات المتوفرة لديهم بعيدة جدًا عن التنوع الحقيقي للأنواع الذي معظمه غير معروف بتاتًا. في كل سنة، نجد أنواعًا جديدة في أماكن لم يصلها الباحثون حتى الآن، ولم تكن معروفة لهم. وأحيانًا نكتشف أنظمة بيئية، لم تكن معروفة حتى الآن، مثل: قمم الأشجار في الغابات الاستوائية، وفي أماكن تمّ الاعتقاد أنه لا تستطيع أن تكون فيها حياة، مثل:

أعماق المحيطات، جليد الأقطاب والينابيع الحارة.

يعرض الجدول و– 2 تقدير عدد الأنواع المعروفة أسماؤها. المعلومات الموجودة اليوم عن تنوع الحشرات، الثدييات، الطيور والنباتات الزهرية المتطورة هي كاملة تقريبًا. أما المجموعات المهمة جدًا (لكنها لا تجذب الأبصار ....)، مثل: الفطريات، نماتودا (دود يعيش في التربة كمتطفل على جذور النباتات والحيوانات)، أحادية الخلية (حقيقة النواة)، بكتيريا (غير حقيقة النواة)، فإن المعلومات غير المعروفة كثيرة جدًا، مثلاً: على الرغم من أنه تمّ تمييز 70،000 نوع من الفطريات، لكن العلماء يخمنون أن عددها العام أكثر من مليون نوع (1،000،000). انتبهوا إلى عدد الحشرات الهائل نسبة إلى عدد الحيوانات الأخرى.

جدول و – 2: تقدير عدد الأنواع المعروفة أسماؤها

المجموعة	عدد الأنواع	النسب العددية بين الأنواع المعروفة أسماؤها في المجموعات المختلفة
1. بكتيريا	5,000	
2. طحالب	40,000	
3. أحادية الخلية	40,000	
4. حيوانات لا فقريات (ليس حشرات)	303,000	
5. حيوانات لا فقريات: حشرات	840,000	
6. فقريات	46,500	
7. فطريات	70,000	
8. نباتات زهرية راقية	256,000	
المجموع	**1,600,500**	الأعداد في الرسمة مناسبة للأعداد في الجدول

و3. التنوع البيولوجي والتغيُّر

نلاحظ في مناطق جغرافية على سطح الكرة الأرضية أن التنوع البيولوجي يختلف.

إحدى الظواهر البارزة التي بُحثت كثيرًا هي التغيُّر البيولوجي من خط الاستواء حتى القطبين، حيث نلاحظ في خط الاستواء أن غابات المطر الاستوائية هي الشائعة، وفيها عدد أنواع كبير جدًا من البكتيريا، الفطريات، النباتات والحيوانات. وكلما ابتعدنا عن خط الاستواء واقتربنا من الأقطاب، فإنّ الصورة تتغيّر ونجد أنواعًا أقل. فيما يلي الأسباب **لثراء الأنواع** الكبير في مناطق خط الاستواء:

العوامل اللا أحيائية: طاقة إشعاع كثيرة، درجات حرارة سهلة ومياه بكثرة.

العوامل الأحيائية: تتميز مناطق خط الاستواء بثبات لسنوات كثيرة. وقد تطورت فيها مجتمعات كثيرة خلال العصور، حيث تعيش الواحدة بجانب الأخرى.

للمزيد عن
تغيُّر النبات من خط الاستواء وحتى القطب، انظروا الفصل الثاني.

غابة ماطرة(أكوادور)

تؤثر العوامل الأحيائية والعوامل اللا أحيائية على بعضها، وتكوّن معًا البيئة الحياتية الغنية للغابة الاستوائية.

في البحار والبحيرات أيضًا، توجد مناطق غنية في تعداد الأنواع الكبير جدًا. مناطق الساحل التي تتطور فيها شُعيبات المرجان تشبه الغابات الاستوائية بثراء الأنواع.

للمزيد عن
التأثير المتبادل لعوامل أحيائية ولا أحيائية، *انظروا الفصل الأول.*

تنوع كائنات حية في الصحراء (النقب)

تنوع كائنات حية في شُعب مرجانية (خليج ايلات)

تُشير المشاهدات إلى أن التنوع البيولوجي قليل في المناطق التي تتميّز بظروف بيئة محيطة متطرفة وغير مريحة، مثل: الأقطاب، قمم الجبال، الصحاري وبيوت التنمية التي مساحاتها صغيرة أو أنها منعزلة، مثل: الجُزر والبحيرات. وتتميز بيوت التنمية الصغيرة أو المنعزلة بالأنواع المنحسرة الكثيرة التي تعيش فيها.

و4. تأثير الإنسان على التنوع البيولوجي

مع تطور الإنسان، بدأ تأثيره على البيئة المحيطة الطبيعية بشكل تدريجي. التزايد في تعداد السكان خلال آلاف السنين الأخيرة، والتكنولوجيا التي طوّرها الإنسان هما السببان الأساسيان للانقراض الذي يحدث الآن في أيامنا، والذي نسمّيه "الانقراض السادس" (وُثقت خمسة انقراضات كبيرة وقديمة أثناء عملية النشوء والارتقاء).

في العصر الحديث، يؤدي تدخُّل الإنسان في الطبيعة أحيانًا إلى إبطال تأثير **الحاجز البيو– جغرافي** الطبيعي. المثال البارز لذلك، هو نقل الأنواع من مكان إلى آخر بواسطة وسائل نقل مختلفة. مثلاً: طائرات، سفن وقطارات. أمثلة أخرى، حفر أنفاق وقنوات (مثلاً: قناة السويس). إنّ تدخُّل الإنسان في الظروف الفيزيائية، يؤدي إلى التقاء بين كائنات حية، لا تلتقي بشكل طبيعي لولا تدخُّل الإنسان، وهكذا يتم إبطال تأثير آلية مهمة جدًا لإنتاج أنواع جديدة.

من الجدير بالمعرفة: "بصمة قدمنا"

أحد المقاييس لتأثير الإنسان على الكرة الأرضية هو مقياس "بصمة القدم البيئية" (جدول و – 3)، وهذا يعني: ما هي المساحة المطلوبة لحياة إنسان واحد على سطح الكرة الأرضية؟ وهذه المساحة تشمل المساحة المطلوبة لتنمية الغذاء، السكن، طرق المواصلات والمصانع؟ في المجتمعات المتطورة، مثل: الولايات المتحدة وإسرائيل، بصمة القدم لكل فرد أكبر من بصمة قدم الفرد الذي يعيش في مجتمعات أقل تطورًا، لأن الفرد في هذه المجتمعات يدير حياته بتواضع وبأقل استغلال للموارد كما هو الأمر في الهند. على ما يبدو، سيتغيّر هذا الوضع مع تسارع التطور الاقتصادي.

جدول و– 3: بصمة قدم بيئية: المساحة المطلوبة لحياة فرد واحد في الدول المختلفة

الدولة	بصمة القدم (دونم للفرد)	المساحة المتوافرة (دونم للفرد)
إسرائيل	35	3
كندا	72	123
الولايات المتحدة	96	55
هولندا	56	15
اليابان	42	7
مصر	14	5
الصين	14	6
الهند	10	5
المعدل العالمي	**22**	**19**

تأثير الإنسان ليس محدودًا للمنطقة التي يعيش فيها، بل ينتشر في جميع أنحاء الغلاف الحياتي. مثال على ذلك: ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية، حيث ينبع هذا الارتفاع على ما يبدو من **ازدياد تأثير الدفيئة**. وينسب علماء كثيرون ارتفاع درجة الحرارة إلى الانبعاث الكبير لثاني أكسيد الكربون CO_2 إلى الغلاف الجوي، في أعقاب قَطع الغابات واستعمال الوقود في الصناعة والمواصلات.

تصلنا دلائل وحقائق كثيرة جدًا من جميع أنحاء العالم حول تأثير التغيُّرات التي يسببها الإنسان على الأنظمة البيئية، وعلى التنوع البيولوجي (جدول و – 4).

للمزيد عن
تدخل الإنسان في دورات المواد، *انظروا الفصل الثالث.*

جدول و – 4: أمثلة لتأثير تدخُّل الإنسان على التنوع البيولوجي

تدخُّل الإنسان في الأنظمة البيئية	أمثلة لإيذاء التنوع البيولوجي في أعقاب نشاط الإنسان
هدم بيوت التنمية وتقطيع أوصالها في أعقاب التغيُّرات في استعمال الأرض: تبديل غابة بحقل زراعي، تجفيف بحيرات، بناء بحيرة بواسطة سد، فتح وتعبيد شوارع	• بحيرة الحولة: أدى تجفيف معظم البحيرة إلى انقراض أنواع نباتات، وطيور مائية محلية كما انقرضت أنواع الأسماك المنحسرة بشكل مطلق. • هدم مستنقعات الشتاء، يؤدي العلاجيم والضفادع وقد يؤدي إلى انقراضها. • قَطع غابات المطر في جنوب أميركا وتحويلها إلى مساحات زراعية، يؤدي إلى انقراض أنواع كثيرة، وقليل منها غير معروف.
الغزو البيولوجي: إدخال أنواع بشكل عشوائي أو موجّه (مثل: مفترسات، متنافسون ومسبّبُو أمراض)، إلى منطقة لم تتواجد فيها من قبل.	• أُحضرت شجرة النبق الأزرق من استراليا إلى إسرائيل، وهي تغزو الأحراش وبيوت التنمية التي تقعَ على الشاطئ وتسيطر عليها. • العصافير التي هربت من "السفاري"، تتكاثر وتتنافس مع الأنواع المحلية. • غزو أنواع، منها قنديل البحر "الخيطي الرحال"، من البحر الأحمر إلى البحر المتوسط في أعقاب حفر قناة السويس التي أثرت على تعداد عشائر الأنواع في البحر المتوسط بسبب التنافس مع الأنواع التي غزت المكان. • بحيرة فكتوريا في إفريقيا: انقراض أنواع أسماك منحسرة في أعقاب إدخال سمكة مفترسة إلى البحيرة وهي "سمك النيل".
تلوث التربة ومصادر المياه: تدفق مياه مجار بيتية وصناعية إلى المياه، استعمال سماد ومواد لمكافحة الآفات الزراعية	• يتطور أحيانًا في بحيرة طبريا "ازدهار طحالب"، حيث يتم ذلك بسبب ارتفاع تركيز مركبات الفوسفور والنيتروجين. إذا لم تؤكل الطحالب فسوف تُحلّلها بكتيريا تستهلك الأكسجين، وهكذا تنخفض نسبة الأكسجين في الماء، مما يؤدي إلى موت الأسماك وكائنات حية أخرى.
استعمال سموم لمكافحة الآفات الزراعية	• أدت مكافحة فئران الحقل بالسُم إلى موت طيور جارحة كثيرة، وخاصةً الطيور التي افترست فئرانًا مسممة.
تلوث الهواء: انبعاث غازات إلى الهواء، مثل: NO_2 ,CO_2 ,SO_2 ,CH_4 ,CO وجسيمات دخان وغبار.	• في أوروبا وفي شمال أميركا، معروفة ظاهرة "المطر الحامضي". أدى تلوث الهواء إلى انخفاض pH مياه المطر، وقد أدى ذلك إلى تساقط الأوراق في الغابات، وإلى حموضة الأجسام المائية (بحيرات، أودية) التي تؤذي البرمائيات والأسماك.
استغلال زائد للموارد الطبيعية، مثل: الحيوانات (التي تُستخدم كغذاء) والأشجار. إيذاء حيوانات برية لاستخدام جلدها، فروها، قرونها أو عاجها.	يُهدد خطر الانقراض ما يلي: • الحوت الأزرق وأنواع أسماك للأكل (مثلاً: أسماك Cod) في المحيطات. • الفيلة والكركدان في إفريقيا. • أشجار المهجوني و النبق في شرق آسيا.

للمزيد عن
الانقراض في بحيرة فكتوريا، *انظروا الفصل الرابع.*

سؤال و – 1

أ. ابحثوا معلومات عن "عابر إسرائيل". ماذا يخمن المختصون حول انعكاسات تعبيده على الطبيعة الموجودة من حوله؟

ب. ابحثوا معلومات عن الاختلاف بالرأي حول السؤال الآتي: هل يجب أن تبقى أقفاص الأسماك في خليج ايلات؟ لخصوا المواقف التي **تدعم** والتي **لا تدعم** هذا الموضوع. ثم عبروا عن آرائكم الشخصية.

و5. أهمية التنوع البيولوجي

لماذا من المهم الحفاظ على التنوع البيولوجي ومنع إيذائه؟

تعتقد ثقافات عديدة وديانات شائعة في العالَم، أن وجود الكائنات الحية يكسبها الحق الأساسي في البقاء، وهي تُلزم الإنسان بالحفاظ عليها (انظروا قصة الطوفان لسيدنا نوح في الديانات المختلفة). ويرى الكثير بذلك على أنه تعليل أخلاقي مهم جدًا للحفاظ على الطبيعة. من المهم أن تتذكروا أن عملية انقراض نوع معين **ليست عملية عكسية**، والنوع الذي ينقرض، فإنه ينقرض إلى الأبد. كما هو مطلوب منا الحفاظ على موقع أثري أو على إبداع فني نادر، فيجب علينا أيضًا أن نحافظ على التنوع البيولوجي في جميع مستوياته (تنوع وراثي، تنوع أنواع وتنوع أنظمة بيئية). سبب إضافي آخر للحفاظ على الطبيعة، هو الفائدة: فالأنظمة البيئية تزوّد الإنسان **بالمُنتجات والخدمات** الخاصة المهمة جدًا، المتعلق بها الإنسان لاستمرار بقائه.

مُنْتَجات مصدرها من النظام البيئي

ديجاليتس – من أوراقه نستخرج الديجوكسين

الأنظمة البيئية الطبيعية على أنواعها المختلفة، تزوّد الإنسان بمنتجات كثيرة مهمة لبقائه:

الغذاء: الأنظمة الطبيعية (غير الزراعية)، تزوّد قسمًا كبيرًا من البروتينات الموجودة في غذاء الإنسان، مثل: اللحوم، الحليب، الأسماك وثمار بحرية.

الأكسجين: عملية التركيب الضوئي التي تتم في نباتات اليابسة والبحر، هي مصدر الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي.

المواد: النباتات هي مصدر مهم جدًا للخشب المعد للبناء، للألياف (حبال وما شابه)، للبهارات للمطاط الطبيعي وغير ذلك.

الأدوية: النباتات، الفطريات والبكتيريا، هم "كيميائون" ممتازون، لأن المواد التي تَنْتُج فيها استُخدمت منذ القدم وحتى الآن كأدوية. فيما يلي أمثلة لأدوية مصدرها من النباتات: كينين (دواء ضد الملاريا)، أسبيرين (يخفف الآلام ويقوم بتخفيض درجة الحرارة)، ديجوكسين (يُنشِّط أداء القلب) ومورفيوم (يخفف الآلام). ومواد مضادات حيوية، مثلاً: البنسيلين، هو ناتج من كائنات حية (فطريات) تعيش في الطبيعة.

معلومات وراثية: الأنواع البرية للنباتات الزراعية الشائعة، هي مجمّع المعلومات الوراثية التي تشكل المادة الخام لتحسين وتطوير أصناف جديدة، لكي تصمد في ظروف مناخ متغيّر، ولكي لا تُصاب بأذى من آفات زراعية جديدة ومن أمراض جديدة.

للمزيد عن
تحسين أنواع جديدة من أنواع برية، *انظروا الفصل السابع*

من وجهة نظر زراعية: نباتات الغذاء الأساسية

منذ زمنٍ طويل، قام الإنسان بتحسين ورعاية أصناف مختلفة من أنواع برية، لكي تصبح نباتات غذاء أساسية، وهذه الأصناف تشكل اليوم المصدر الأساسي للكربوهيدرات في غذائنا.

ثلاثة أنواع من النجيليات: الأرز، القمح والذُّرة، تزودنا اليوم بأكثر من 50 % من الغذاء، وَ 20 نوعًا فقط تزودنا بحوالي 90 % من الغذاء.

النبات البري الذي طُوّرت منه أصناف القمح المستعملة اليوم في الزراعة، هو القمح البري الذي ينمو في البلاد والمسمّى "أم القمح". في سنة 1906، اكتشف اهرون اهرونسون القمح البري.

هناك أنواع أخرى مهمة كمصدر للغذاء، وهي غير مستغلة حتى الآن، لذا يجب الحفاظ عليها.

الخدمات التي يقدمها النظام البيئي

الخدمات التي يزودها النظام البيئي ليست مفهومة ضمنًا دائمًا. على الرغم من الأهمية الكبيرة لهذه الخدمات، لكن من الصعب أحيانًا أن نُقدِّر قيمتها الاقتصادية في الحاضر أو المستقبل. فيما يلي الخدمات المهمة التي تقدمها الأنظمة البيئية للإنسان:

إنتاج تربة والحفاظ عليها: خلال إنتاج التربة، يوجد للكائنات الحية التي تعيش فيها وظيفة مهمة جدًا. تقوم جذور النباتات بالتفتت الميكانيكي (الآلي) وبالتحليل الكيميائي للصخور، وهي تمنع من انجراف التربة. وتساهم الكائنات الحية (التي تعيش في التربة) في خصوبتها وتهويتها.

مدورة المواد: تحليل بقايا المواد العضوية ومدورة مواد (بالأساس نيتروجين، فوسفور وكبريت) بواسطة كائنات حية تعيش في التربة (آكلة بقايا، فطريات وبكتيريا)، وتساهم في بناء المكونات الكيميائية للتربة.

تلقيح ونشر بذور: إنّ استمرار بقاء أنواع كثيرة من النباتات، ومن بينها أنواع النباتات الزراعية، متعلق بالحشرات التي تقوم بتلقيحها. تتطور البذور في أعقاب التلقيح والإخصاب، وتقوم بنشرها حيوانات مختلفة، مثل: النمل، الطيور والثدييات. تطورت هذه العلاقات المتبادلة خلال أجيال كثيرة من النشوء والارتقاء.

تطهير المياه: المياه التي تتغلغل ببطء في التربة وطبقات الصخور، تمر بعملية ترشيح وتطهير. هذا التغلغل البطيء للمياه، لا يمكن أن يتم في منحدرات لا يوجد فيها نباتات، لذا تصبح هذه المياه كمياه جريان علوي سريع فوق سطح الأرض، ولا يتغلغل إلى المياه الجوفية.

مصدر للكائنات الحية المناسبة للمكافحة البيولوجية: كلنا نعرف حسنات المكافحة البيولوجية مقارنة مع المكافحة الكيميائية (لإبادة الأعشاب الضارة والحشرات الضارة). البحث عن أعداء طبيعيين للآفات الزراعية، هو بحث مستمر، وفي هذه الحالة أيضًا، فإنّ التنوع البيولوجي هو مصدر هؤلاء الأعداء.

تحليل ملوثات في الماء والهواء: وُجدت بكتيريا تقوم بتحليل النفط، ويمكن استعمالها لتنظيف بيئة محيطة ملوثة بالنفط. وتوجد بكتيريا أخرى تقوم بتحليل مركبات تحتوي على الفلور وهذه المركبات تؤذي طبقة الأوزون. وتوجد نباتات معينة (مثلاً: ياقوتية الماء) تقوم بامتصاص أيونات معادن وبتجميعها في أنسجتها، وهكذا تساهم في تطهير المياه الملوثة.

مصدر معلومات علمية: إنّ بحث التنوع البيولوجي، يساهم مساهمة مهمة كبيرة في مجالين من مجالات البيولوجيا وهما: النشوء والارتقاء والعلم التصنيفي.

الفهم العميق للكائنات الحية وبيئة حياتها، يساعد على فهم تطور نشوئها وارتقائها، ويساعد على بناء أنظمة تصنيف.

مصدر للمتعة وإيحاء الإنسان: جمال الطبيعة والكائنات الحية التي تعيش فيها، هي قيمة مهمة جدًا لدى أُناس كثيرين، وهي تؤدي إلى نشاط اقتصادي كبير كالسياحة بشكل عام والسياحة البيئية بشكل خاص. تركز **السياحة البيئية** على المواقع التي فيها نباتات، حيوانات والتراث الثقافي هو مركز الاهتمام.

توجد اليوم وظيفة مهمة للسياحة البيئية، وهي وسيلة للحفاظ على الطبيعة والتنوع البيولوجي.

للمزيد عن
مكونات التربة، انظروا الفصل الثاني، بند ب7.

للمزيد عن
المكافحة البيولوجية، *انظروا الفصلين الرابع والسابع.*

كم يكلفني هذا المنظر؟

من الجدير بالمعرفة

في سنة 1997، قام 13 باحثًا بنشر تقديرهم حول القيمة المادية – الاقتصادية للتنوع البيولوجي، وقد وجدوا أن القيمة الاقتصادية للتنوع البيولوجي هي 33 مليارد (ميليارد= ألف مليون) دولار في السنة!

سؤال و – 2

افحصوا في دعايات الشركات التي تبيع مياهًا معدنية في قنانٍ: ما هو مصدر هذه المياه، وما هي صفاتها؟

و6. الحفاظ على التنوع البيولوجي

اليوم واضح للجميع أن التنوع البيولوجي مهم جدًا لبقاء واستمرار الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية ولبقاء الإنسان. التصور أن الإنسان، يجب عليه أن يسيطر على الكرة الأرضية، بدأ يتغيّر تدريجيًا إلى "الحياة المنسجمة مع الطبيعة". تتم في البلاد وفي العالم أيضًا نشاطات كثيرة ومختلفة للحفاظ على التنوع البيولوجي في جميع مستوياته، وهذا يعني الحفاظ على التنوع الوراثي، على الأنواع وعلى الأنظمة البيئية.

محميات طبيعية

المحميات الطبيعية، هي مواقع ذات مميزات بيولوجية خاصة، وبحسب القانون، ممنوع إجراء نشاطات مختلفة، مثل: الصيد، الزراعة والبناء. يوجد في البلاد أكثر من 200 محمية طبيعية، وأولها محمية الحولة التي تمّ الإعلان عنها في سنة 1964بسبب نشاطات التجفيف الواسعة لمعظم المساحة التي كانت مستنقعات وبحيرة الحولة. بُذلت في محمية الحولة جهود كبيرة للحفاظ على النظام البيئي الخاص لبيت التنمية المائي، بما في ذلك الحيوانات والنباتات التي تعيش فيه. إنَّ غمر قسم من المنطقة التي تمّ تجفيفها في الماضي، هو وسيلة إضافية للحفاظ على التنوع البيولوجي.

منظر في محمية الحولة

«ممرات» بيئية – جغرافية

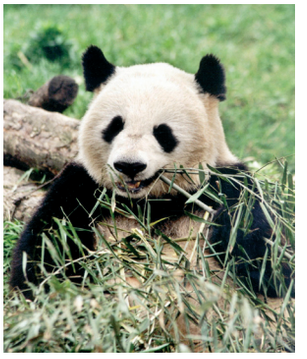
تُشير الأبحاث إلى أن احتمال بقاء العشائر متعلق أيضًا بوجود مساحات تربط بين العشائر الصغيرة أو المنعزلة، حيث تتيح انتقال أفراد من عشيرة معينة إلى أخرى. تستطيع الأفراد أن تنتقل عبر هذه "الممرات"، لكي تجد فردًا آخر للتكاثر معه، وهكذا نقلص من خطر انقراض العشيرة المنعزلة.

توجد توصية في البلاد لتخصيص أربعة محاور، لكي تُستعمل ك "ممرات". أحدها على طول غور الأردن (الشق السوري الإفريقي)، المحور الثاني على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط التي يوجد فيها أنظمة بيئية من رمال وكركار، وهي مهددة بخطر الانقراض. كما أن هناك توصية لتخصيص "ممرات" على عرض البلاد، على طول مجرى النهر التي هي أنظمة بيئية مائية مهددة بخطر الانقراض.

مجموعات من الكائنات الحية

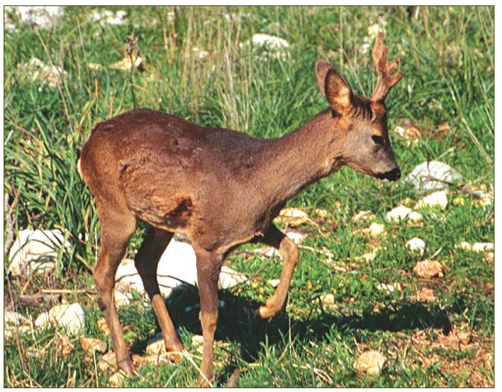
أُقيمت في الماضي حدائق حيوانات وحدائق نباتات، لكي يعرضوا للزائرين الكائنات الحية الخاصة والغريبة، التي أُحضرت إلى الحدائق من أماكن بعيدة ونائية في العالَم. وقد اصطادوا الحيوانات بشكل خاص، لكي يبيعوها لحدائق حيوانات أو يعرضوها على الجمهور.

يوجد اليوم هدف إضافي لهذه الأماكن، وهو الحفاظ على أنواع معينة مهددة بخطر الانقراض. فقد تحولت حدائق الحيوانات إلى "حدائق ومراكز للحيوانات". ففي هذه المراكز يتم الحفاظ على الحيوانات، ويقوم المسؤولون برعاية **نوى تكاثر**، وهذا يعني رعاية أفراد أنواع نادرة، في ظروف تتيح لها التكاثر بحماية مناسبة ومريحة، لكي يُعيدوا – في المستقبل – نسلها إلى الطبيعة. لا ينجحون في ذلك دائمًا، لأن هناك حيوانات (مثلاً: الباندا)، لا تستطيع أن تتكاثر جيدًا في ظروف الأسر.



باندا

هناك طريقة أخرى للحفاظ على الأنواع وتكاثرها، وهي تربيتها وتنميتها في مناطق طبيعية محمية، مثلاً: "محمية الأحياء البرية" الموجود في الكرمل ويطفتا.
في هذه المناطق، تستمتع الحيوانات من ظروف طبيعية بقدر الإمكان، لكنها محمية. وهنا الهدف أيضًا إعادة أفراد هذه الأنواع إلى الطبيعة، مثل: أيل اليحمور، النسر، وأيل الكرمل التي انقرضت من مناظر بلادنا.



بُذلت جهود كبيرة لإعادة عقاب أبيض الذنب و أيل الكرمل إلى أحضان طبيعة بلادنا

"بنوك" (مجمعات) بذور ومادة وراثية

أُعِدّت الحدائق والمحميات الطبيعية للحفاظ على الكائنات الحية. لكن التكنولوجيا الجديدة، تساعدنا في الحفاظ على البذور، وعلى أجزاء من الكائنات الحية (مثلاً: الأنسجة)، لكي نحصل منها – في المستقبل – على كائنات حية كاملة.

تشريع ومواثيق دولية

في إسرائيل، يوجد قانون **الحدائق الوطنية ومحميات الطبيعة**. يهدف هذا القانون للحفاظ على المساحات التي أُعِدّت كـ"محميات طبيعية" من التغيُّرات غير المرغوب بها، ولحماية أنواع معينة من الأضرار.
وقد تمّ تعريف ما يلي في إطار هذا القانون:
"قيمة طبيعية" – كل شيء أو نوع من الأشياء في الطبيعة، مثل: الحيوان، النبات والجماد، يوجد له قيمة للحفاظ عليها.
"قيمة طبيعية محمية" – هي قيمة طبيعية ذات أهمية للحفاظ عليها، أو هناك خطورة لانقراضها، وقد أُعلن عنها كقيمة طبيعية محمية.
تمّ التوقيع على **الميثاق الدولي** للحفاظ على التنوع البيولوجي (Convention on Biological Diversity) في ريودي جينروا في البرازيل، في سنة 1992، وقد وَقعت عليه حوالي 200 دولة، من بينها إسرائيل.

لماذا نحتاج إلى ميثاق دولي؟

الحفاظ على التنوع البيولوجي ليس "أمرًا خاصًا" لدولة واحدة أو منطقة معينة، بل هو مشكلة عالمية ذات انعكاسات مستقبلية على بني البشر. الحاجة للعمل من أجل الحفاظ على التنوع البيولوجي، هي التي حركت المنظمات الدولية (مثلاً: هيئة الأمم المتحدة) أن تصيغ وثيقة لضمان الحفاظ على التنوع البيولوجي.
التزايد في تعداد السكان والرغبة في تطوير الاقتصاد، لكي يستطيع الناس العيش في هذا العالَم، يؤديان إلى تضارب بين الاحتياجات الآنية لبني البشر وبين الحاجة للحفاظ على الموارد الطبيعية والكائنات الحية في الطبيعة للأجيال القادمة.
نعرف اليوم عن حالات كثيرة، استغل بها الإنسان الطبيعة بطريقة غير مراقبة، مثلاً: في جُزر المحيط الهادي، وقد أدى ذلك إلى انقراض المصادر التي تضمن بقاءهم، وفي نهاية الأمر، انقرض هؤلاء الناس من هذه الجُزر التي كانوا يعيشون فيها.
الطريقة التي من المفروض أن تمنع الأخطار التي تهدد حياة بني البشر، هي **التطوير المستديم** أو **الاستدامة**.

التطوير **المستديم**، هو تطوير اقتصادي يُلبي احتياجات ورغبات الجيل الحالي، دون أن يمس أو يؤذي احتياجات ورغبات الأجيال القادمة.

للمزيد عن
الزراعة المستديمة، انظروا الفصل السابع.

سؤال و– 3

في سنة 2004، شُرِّع في إسرائيل قانون للحفاظ على شواطئ البحر الأبيض المتوسط ، وقد سمِّي قانون الشواطئ. يمنع القانون منعًا باتًا، أي بناء في شريط (قطاع) الشاطئ الذي عرضه 300 م. كيف يعبِّر هذا القانون عن مبادئ التربية المستديمة؟ اشرحوا.

و7. التنوع البيولوجي في إسرائيل

المعطى المهم للتنوع البيولوجي في إسرائيل، هو أنه على الرغم من أن مساحة إسرائيل صغيرة نسبيًا (حوالي 21،600 كيلومترًا مربعًا)، إلا أن التنوع البيولوجي فيها غني: حيث يوجد حوالي 2،800 نوع من النباتات البرية، حوالي 530 نوعًا من الطيور، مائة نوع من الثدييات تقريبًا، مائة نوع من الزواحف تقريبًا، حوالي 25،000 نوع من الحشرات ومائة نوع من القوقعات تقريبًا.

من الجدير بالمعرفة

معدل عدد أنواع النباتات للكيلومتر الواحد في إسرائيل هو 8.58، في اليونان 3.17 وفي إيطاليا 1.86. وعدد أنواع الطيور للكيلومتر الواحد في إسرائيل هو 15.8 (بما في ذلك الطيور الرحالة)، وهو أكبر بـ 8 أضعاف (!) من عدد الطيور للكيلومتر الواحد في انكلترا وايرلندا.

توسع: القليل عن تاريخ بحث الطبيعة في البلاد

طابع بريد للأنواع السبعة (1982)

الكتب الدينية، هي أحد مصادر المعلومات عن النباتات والحيوانات في البلاد، ففي التوارة على سبيل المثال، ذُكر 100 نوع من النباتات وَ 120 نوعًا من الحيوانات. وفقط قسم قليل منها تشبه بالضبط الأنواع الموجودة اليوم في البلاد. الأنواع السبعة: القمح، الشعير، العنب، التين، الرمان، الزيت والتمر، هي الأنواع التي تمّ تمييزها بشكل مؤكد. وكذلك الأمر بالنسبة للحيوانات البيتية: الأبقار، الخراف، الماعز، الحمير والجمال. أما بالنسبة لسائر الكائنات الحية، فتمييزها لم يتم بشكل مؤكد. في القرن الـ 19، أُجري بحث مكثف للطبيعة في البلاد، وقد نفّذه هؤلاء الباحثون الذين وصلوا البلاد ورأوا في طبيعة البلاد مركز اهتمامهم. في بداية القرن الـ 20، ومع ازدياد عدد القادمين الجدد إلى البلاد، فقد وصل باحثون كثيرون إلى البلاد وساهموا في إقامة مؤسسات بحث، وأسسوا موضوع بحث النباتات والحيوانات في البلاد.

في سنة 1931، قام الباحثون أ. ايج، م. زوهري وَ ن. فينبرون، من الجامعة العبرية في القدس، بتأليف وبنشر الكتاب العلمي الأول لتعريف النباتات. واليوم توجد لدينا معلومات شاملة عن التنوع البيولوجي في البلاد. ومع ذلك، ما زلنا نكتشف أحيانًا وبشكل خاص أنواعًا جديدة من الحشرات والرخويات.

مصادر الثراء البيولوجي في إسرائيل

ما هي العوامل التي تؤدي إلى ثراء الأنواع في البلاد؟

كل شخص يتنزه في البلاد، من أقصى الشمال إلى أقصى الجنوب، يلاحظ الحقيقة أنه في مجال 500 كلم تقريبًا، يمكن الانتقال من الجبال المغطاة بالثلج في جبل الشيخ (في فصل الشتاء بالطبع)، عبر الحرش الأخضر والكثيف، وكثبان الرمال على طول

الشاطئ، حتى يصل إلى الصحراء الجافة وإلى الشُعب المرجانية الاستوائية.
هذه الإمكانية غير موجودة – مثلاً – لدى سكان الجزر البريطانية الذين بلادهم أكبر بعدة أضعاف من بلادنا.
يعبِّر تنوع المناظر عن الثراء البيولوجي. إنّ مصدر هذا الثراء، هو الموقع الجغرافي الخاص لإسرائيل، وتنوع المناخ ومناظرها (تضاريس).

خريطة مسارات ترحال الطيور

إسرائيل جسر بين القارات

ساهم التاريخ الجيولوجي لإسرائيل كثيرًا في التنوع البيولوجي. ففي العصور القديمة، غُطيت معظم البلاد بالماء خلال فترات معينة، لكن في وقت متأخر، تراجع البحر وأصبحت البلاد يابسة.
وقد تغيّر المناخ أيضًا خلال هذه الفترات: من مناخ استوائي حار ورطب إلى مناخ أكثر جفافًا. التغيُّر الكبير الذي حدث هو الربط بين القارات الثلاث: آسيا، إفريقيا وأوروبا والفصل بينها اللذين حدثا أكثر من مرة واحدة. حدث الالتقاء والانفصال بين القارات بشكل غير متتال خلال الفترات الجيولوجية، وكل تغيُّر كهذا أدى إلى قدوم كائنات حية جديدة إلى المنطقة وقد تأقلمت وبقيت هنا، لكن أدى هذا التغيُّر إلى انقراض آخرين. في أعقاب هذه العمليات التي استمرت ملايين السنين، نتج دمج غني وخاص للأنواع. الظاهرة البارزة المتعلقة بذلك، هي أن إسرائيل جسر بين القارات، وهي تقع في مسار ترحال الطيور بين أوروبا وإفريقيا التي تمر عبر إسرائيل. يُقدِّر الباحثون أنه في كل سنة، تمر عبر إسرائيل في فصلي الخريف والربيع، ما يقارب المليارد طائر ومن بينها اللقلق الأبيض والبجع.

البجع يرتاح في غور حيفر

التضاريس والمناخ

المنظر الخاص في البلاد، هو شكل الشق السوري الإفريقي الذي نَتَجَ قبل حوالي 35 مليون سنة بين "اللوح الإفريقي" وَ "اللوح العربي". يمتد هذا الشق حوالي 5,000 كلم من سوريا في الشمال حتى موزامبيك في إفريقيا.
يقع البحر الميت في غور، وهو المكان الأكثر انخفاضًا على الكرة الأرضية، ويقع على ارتفاع 400 م تقريبًا تحت سطح البحر. الغور هو منطقة خاصة من ناحية مناخه وطبيعته.
يمكن أن نلاحظ تنوعًا في المناخ على طول البلاد: من مناطق شبه رطبة ذوات مناخ بحر أبيض متوسط حتى مناطق جافة ذوات مناخ صحراوي.
على طول البلاد، من الشمال إلى الجنوب، تختلف كمية الرواسب التي تهطل في الأماكن المختلفة: من معدل سنوي مقداره 1000 ملم مطر تقريبًا في الشمال وحتى 50 ملم مطر في الجنوب. يتغيّر معدل كمية الرواسب على عرض البلاد أيضًا: وهي تتصاعد من البحر في الغرب، الذي يعتبر مصدر غيوم الرواسب، وحتى سلسلة الجبال المركزية، وبعد ذلك تنخفض في اتجاه الشرق، ينبع التغيُّر في كمية الرواسب من ارتفاع المنطقة أيضًا: ففي المناطق الجبلية في البلاد، مثل: جبل الشيخ، الجليل، الكرمل وجبال يهودا، تهطل كمية رواسب أكثر من الأغوار والسهول الساحلية. تسقط في المنحدرات الغربية كميات مياه أكثر من المنحدرات الشرقية، لأن الغيوم والرياح تأتي بالأساس من الغرب، من البحر الأبيض المتوسط. سطح المكان **واتجاهه**، هما عاملان محليان يؤثران على التنوع البيولوجي أيضًا.

منظر في عين جدي بالقرب من البحر الميت

تلخيص الفصل

1. التنوع البيولوجي يشمل جميع الكائنات الحية، بيوت التنمية والأنظمة البيئية.
2. خلال عشرات السنين الأخيرة، ازداد القلق من إيذاء التنوع البيولوجي والأنظمة البيئية المتعلق بها استمرار بقاء بني البشر، وازداد القلق أيضًا من إيذاء القيم الأخلاقية، الجمالية والسياحية.
3. التنوع البيولوجي، هو نتيجةً للتأثيرات المدمجة لعوامل النشوء والارتقاء، العوامل الوراثية (طفر وتكاثر تزاوجي أو جنسي) والعوامل البيئية.
4. أصبح من المعروف اليوم للعلماء أن التنوع البيولوجي هائل، وهو يشمل عشرات ملايين الأنواع، لكننا نعرف منها عن أقل من 2 مليون نوع.
5. يعتمد الشرح لتغيُّر التنوع البيولوجي من خط الاستواء إلى الأقطاب على التأثيرات المدمجة للعوامل اللا أحيائية والعوامل الأحيائية خلال العصور.
6. يؤثر بنو البشر على التنوع البيولوجي، وأحيانًا يؤذي الإنسان التنوع البيولوجي من خلال هدم بيوت التنمية، تلوث البيئة المحيطة، الصيد بشكل واسع ونقل الأنواع من مكان إلى آخر.
7. قد يقلل إيذاء التنوع البيولوجي من توافر المُنْتَجات التي تزودها الأنظمة البيئية للإنسان، وقد يؤذي الخدمات التي تزودها.
8. يتم الحفاظ على الأنواع وعلى الأنظمة البيئية من خلال تخصيص مساحات لمحميات طبيعية، المحافظة على مجموعات من الكائنات الحية، وتطبيق طرق التطوير المستديم.
9. التنوع البيولوجي في إسرائيل، هو كبير جدًا بالنسبة لمساحتها، وذلك في أعقاب مكانها الجغرافي كجسر بين القارات الثلاث وتاريخها الجيولوجي.

مصطلحات مهمة

نشوء وارتقاء
انتخاب طبيعي
انقراض
تلوث (تربة، ماء، هواء)
قدرة تحمل (الكرة الأرضية)
تنوع بيولوجي
مُنْتَجات (النظام البيئي)
خدمات (النظام البيئي)
حاجز بيوجغرافي
نوع منحسر (لا مثيل له)
ممر بيئي
ثراء أنواع
التطوير المستديم
الغزو البيولوجي
تقطيع بيوت التنمية
مستويات التنظيم
تباين
محميات طبيعية

الفصل السابع

الزراعة

تدخُّل الإنسان في الطبيعة

الفصل السابع: الزراعة – تدخُّل الإنسان في الطبيعة

للمزيد عن

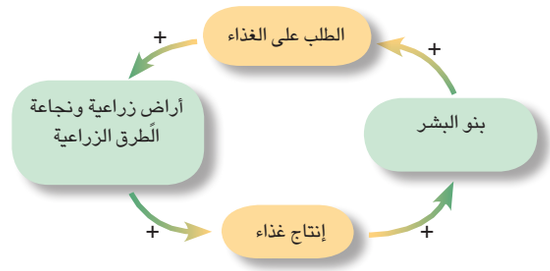
تدخُّل الإنسان في دورات المواد، انظروا الفصل الثالث. **تدخُّل الإنسان في العلاقة المتبادلة في الطبيعة**، انظروا الفصل الرابع.

في الفصول السابقة، ذكرنا تدخُّل الإنسان في الطبيعة مرات كثيرة. إحدى طرق تدخل الإنسان في الطبيعة هي **الزراعة** التي تعتبر فرعًا اقتصاديًا هدفه تزويد الغذاء بالأساس، لكن مُنْتَجات كثيرة أخرى يحتاجها الإنسان، مثل: القطن للقماش والأزهار. تشمل الزراعة في مفهومها الواسع كل من تنمية النباتات، تنمية الحيوانات في أماكن مغلقة، أو مساحات مفتوحة، أو مساحات تمَّ تسييجها، تنمية أسماك ونباتات مائية في برك في اليابسة وتنمية أسماك في أقفاص في البحر. تؤثر أنواع النشاطات الزراعية على موردَي الماء والتربة، على دورات المواد، على العلاقة المتبادلة بين الكائنات الحية وغير ذلك. مُجمل هذه التأثيرات، يؤذي أحيانًا الطبيعة وجودة البيئة المحيطة التي نعيش فيها.

ز1. تعداد السكان والغذاء

نواتج أنظمة بيئية

الغذاء الذي يصل معظم الناس، يتم شراؤه من الأسواق أو الدكاكين، وهو ناتج عن الأنظمة التي يُفعِّلها ويديرها المزارعون، مثل: الحقول التي ننمي فيها الخضروات والمحاصيل كالحنطة والذرة والأرز، كروم الفواكه، دفيئات لتنمية خضروات، حظائر أبقار لإنتاج مُنْتَجات الحليب، قطعان الغنم والبقر للحوم، برك أسماك وأقنان دجاج. ازدياد تعداد السكان وتطور الزراعة مرتبطان ببعضهما بحلقة وبمردودية إيجابية: من طرف واحد يزداد إنتاج الغذاء نتيجةً لتحسين طرق تنمية النباتات والحيوانات الذي يضمن ازدياد تعداد السكان، ومن الطرف الآخر، يؤدي ازدياد تعداد السكان إلى زيادة الطلب على الغذاء (الرسمة ز – 1).



الرسمة ز1: مردودية إيجابية بين ازدياد تعداد السكان وبين الزراعة (الإشارة + تُشير إلى الازدياد).

هل هذه العملية الدائرية يمكن أن تستمر حتى ما لا نهاية؟

في سنة 1798، اقترح البيشوف الإنجليزي توماس مالتوس إجابة لهذا السؤال في الكتاب الذي نشره في تلك السنة. اعتُبر مالتوس "رجل اقتصاد سياسي"، وقد ادعى أنه يوجد حد علوي لزيادة تعداد السكان، لأن وتيرة ازدياد تعداد السكان أكبر بعدة أضعاف من وتيرة ازدياد إنتاج الغذاء، وفي نهاية الأمر، لن يكون غذاء كافٍ لبني البشر، وفي أعقاب ذلك، يجوع الكثير منهم، تنتشر الأمراض، تنشب الحروب ويتوقف ازدياد تعداد السكان.

حتى هذه الساعة، لم تتحقق تنبؤات مالتوس الصعبة، لأن التحسين المستمر للطرق الزراعية وإنتاج الغذاء نجح في تزويد احتياجات تعداد السكان المتزايد. على الرغم من ذلك، توجد اليوم في العالَم مناطق تعاني من الجوع، لكن السبب لذلك، ليس نقص الغذاء، بل عدم المساواة في توزيعه، في العالَم.

لكن التحسين المستمر في قدرة الإنسان على إنتاج الغذاء، يوجد له ثمن:

" تستغل " الزراعة مساحات طبيعية وموارد، وتغيِّر البيئة المحيطة وتؤذي الحيوانات والنباتات بطرق مختلفة.

من الجدير بالمعرفة: أعداد وأناس

في سنة 2007، كان تعداد السكان في العالَم حوالي 6.6 مليارد نسمة، ومن المتوقع أن يرتفع هذا العدد إلى 12 مليارد نسمة حتى سنة 2050. في أيام مالتوس احتاج الإنسان إلى 20 دونمًا من الأرض للفرد الواحد، لكي ينمي مواده الغذائية. أما اليوم، وفي أعقاب تحسين الطرق الزراعية ورعاية النباتات، فإننا نحتاج دونمين لسد احتياجات الفرد الواحد.

من القطف والصيد حتى الهندسة الوراثية

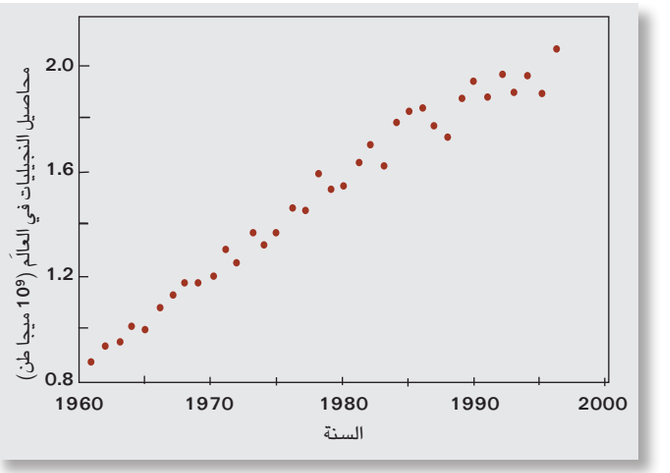
بعد سنوات كثيرة من ظهور الإنسان الحكيم العصري (Homo sapiens sapiens)، ظهرت في العالَم تطورات طرق لحصول الإنسان على الغذاء والمُنْتَجات الأخرى المهمة لبقائه، وقد تمّ ذلك قبل 160،000 سنة تقريبًا.

قبل 10،000 سنة تقريبًا، عاش الإنسان على صيد الحيوانات البرية وعلى قطف النباتات المعدّة للأكل. طبيعة الحياة التي تعتمد على **الصيد** وقطف النباتات، تحتاج إلى ترحال من مكان إلى آخر بحسب توافر الغذاء، وقد أدى ذلك إلى تحديد تعداد السكان. أثرت طرق الصيد القديمة التي استعملها الإنسان على البيئة المحيطة الطبيعية: وقد انقرضت أنواع حيوانات كبيرة، وحُرقت غابات وأقفار عشبية أيضًا، لكي تهرب الحيوانات منها ليتم صيدها بسهولة.

بدأت **الثورة الزراعية** قبل 10،000 سنة تقريبًا، وقد تميّزت بتدجين الحيوانات البيتية مثل: الأبقار،الدواجن والخراف، لكي تزودهم باللحم، الحليب، البيض، الجلد والفرو كما تميّزت برعاية نباتات للأكل وتنميتها في مساحات يعتني بها الإنسان. أدت الحياة الزراعية إلى توقف ترحال الإنسان، وانتقاله إلى السكن الثابت، لكي يعتني بمزروعاته ولجمع المحاصيل.

إنّ تحضير حقول ومساحات مراعي للحيوانات، والحاجة إلى الأشجار للبناء وكمصدر للطاقة، أدت جميعها إلى قَطع الغابات بشكل واسع. مع مر السنين، تطورت طرق ري في أماكن مختلفة في العالَم، واستعمل الفلاحون إفرازات الحيوانات (لتزبيل الحقول) وطرق **دورة المزروعات** (صفحة 153). وقد توسع تنوع المزروعات أيضًا (في أعقاب اكتشاف أميركا في سنة 1492)، وتمّ نقل البطاطا، الذرة والبندورة من أميركا إلى أوروبا (العالَم القديم). **الثورة الصناعية** التي بدأت في القرن الثامن عشر، أدت إلى إدخال الآلات الزراعية، مثل: المحراث والحصادة في عمليتَي الحراثة والحصاد.

حدث تطور مهم في الزراعة، وقد حاز على اسم **الثورة الخضراء** التي بدأت في نهاية الحرب العالمية الثانية. والعامل الذي أدى إلى تحريكها، هو اكتشاف العملية الكيميائية لإنتاج الأمونيا من عنصرَي النيتروجين والهيدروجين. وقد طوّر فريتس هابر هذه العملية في ألمانيا، في بداية القرن العشرين، وكانت القاعدة لصناعة السماد النيتروجيني الذي أدى إلى زيادة المحاصيل الحقلية بشكل كبير جدًا (الرسمة ز2). ساعد توافر السماد النيتروجيني على تنمية نباتات في مناطق غير خصبة. وأدت الثورة الخضراء إلى تطور **الزراعة المكثفة** التي تعتمد على المزروعات التي محاصيلها عالية من كل وحدة مساحة، وهي تعطي محاصيلها بشكل مبكر ورد فعلها إيجابي للتسميد.



الرسمة ز – 2: زيادة محاصيل النجيليات بسبب " الثورة الخضراء "

على الرغم من ازدياد المحاصيل، إلا أن الثورة الزراعية، كانت لها جوانب سلبية: أدى كل من التوسع في زرع المزروعات الزراعية، في المساحات غير الخصبة، وزيادة المحاصيل الزراعية، إلى ازدياد استعمال الأسمدة ومبيدات الأعشاب والآفات الزراعية، وقد أدت جميع هذه الأعمال إلى تلوث البيئة المحيطة بشكل تدريجي. كما كانت هناك أيضًا انعكاسات جانبية للثورة الخضراء على المجتمع، مثلاً: انخفاض نسبة المزارعين في المجتمع وانتقالهم إلى المدن.

في النِّصف الثاني من القرن العشرين، **تطورت الهندسة الوراثية** التي في أعقابها ازداد وتوسع استعمال **الأصناف المُهندَسَة** ذوات القيم الغذائية المحسنة، التي توجد لها أيضًا قدرة على الصمود أمام الآفات الزراعية والصدمة (الضائقة) في البيئة المحيطة، وهي تُحفظ لمدة زمنية طويلة على الرفوف. إنّ استعمال الهندسة الوراثية أدى إلى تقليص استعمال المواد الكيميائية التي تضر بالبيئة المحيطة. تأثير الأصناف المهندَسة على البيئة المحيطة غير معروف حتى الآن، وتختلف الآراء بالنسبة لحسنات وسيئات استعمال الهندسة الوراثية في الزراعة.

سؤال ز – 1

يؤثر تطور الزراعة سلبًا على الأنظمة البيئية. صفوا تأثيرين من هذا النوع، ثم اشرحوهما.

للمزيد عن

مُنْتَجات وخدمات الأنظمة البيئية والحفاظ على التنوع البيولوجي، *انظروا الفصل السابع.*

ز2. ليس غذاء فقط: مُنْتَجات وخدمات زراعية

حتى الآن، وصفنا الوظيفة الأساسية للزراعة، وهي تزويد الإنسان بالغذاء. لكن الزراعة في الماضي واليوم أيضًا، تزوِّد الإنسان **بمُنْتَجات** كثيرة أخرى، من بينها: المشروبات المختلفة (القهوة، الكاكاو، الشاي على أنواعه والمشروبات الروحية)، الأدوية، البهارات والعطور، الأزهار، الألياف (الحرير، الصوف، القطن، الكتان والحبال)، الأخشاب للبناء والتدفئة ولإنتاج الورق.

أما اليوم، تقوم الزراعة بتزويد **خدمات** مهمة تساهم في البيئة المحيطة، مثلاً: نقوم بري البيارات وحقول القطن **بمياه مجارٍ مكرّرة**، وبهذه الطريقة نُعيد المياه إلى دورة المياه المحلية، وتقوم قطعان الأغنام والأبقار برعي المحميات الطبيعية والمساحات المفتوحة، وهكذا نحافظ على **التنوع البيولوجي** ويقل خطر الحرائق في الغابات التي نغرسها، لكي تزودنا بالأخشاب والمواد الخام لإنتاج الورق، ولكي تزيد من استيعاب ثاني أكسيد الكربون CO_2، وهكذا تقل من ارتفاع درجة الحرارة العالمية (**تقليل تأثير الدفيئة**).

مُنْتَج جديد من الأنظمة الزراعية، هو الايثانول الذي يُنْتَج من قصب السكر، الذرة الشعير والحنطة، وهو يُستعمل كوقود بديل، أو كمادة إضافية لوقود السيارات.

في السنوات الأخيرة، تطور في البلاد وفي العالم فرع نسمّيه **الزراعة السياحية** التي في إطارها تُفتح للسائحين المناطق والمنشآت الزراعية، وتُعطى لهم فرصة مشاهدة عمليات الإنتاج، والاشتراك في متعة قطف الثمار من الكروم وجمع المحاصيل من الحقول الزراعية.

الأسباب الرئيسية لتطوير هذا الفرع الجديد، هي الصعوبات المادية التي يواجهها المزارعون في الزراعة، وازدياد ساعات الفراغ عند المواطنين. المنظر الزراعي، هو أيضًا مركز جذب للسائحين، ففي انجلترا على سبيل المثال، تُلزم الحكومة المزارعين الحفاظ على المناظر الطبيعية التي تُشكل مركز جذب للسائحين.

من هنا يتضح أن الزراعة تزودنا بأشياء أكثر من المُنْتَجات الضرورية لبقاء الإنسان، فهي تساهم أيضًا في جودة الحياة، الصحة والمتعة.

ز 3. التكنولوجيا في الزراعة وقاعدتها البيولوجية

تعتمد الزراعة العصرية على المعرفة التي تراكمت من تجارب المزارعين، وعلى مكتشفات الأبحاث.

منذ القدم عُرفت طريقة زراعية نسمّيها **دورة البذور**، أو **دورة المزروعات**، وبحسب هذه الطريقة، نزرع مزروعات مختلفة في نفس الحقل بالتناوب، وهذا يعني أننا لا نزرع نفس البذور (النبات) مرتين بشكل متتالٍ.

في كل دورة، ندمج عادة نوعًا معينًا من البقوليات، لكي نثري التربة بالنيتروجين. مثلاً: في دورة مزروعات ثلاثية السنوات، فإننا نقوم بتنمية الحنطة، الذرة، البرسيم أو الفصة (اثناهما من عائلة البقوليات).

حقل برسيم

الفائدة من دورة المزروعات:

1. **اثراء التربة بمركبات نيتروجينية متوافرة للنباتات**: في السنة التي ننمي فيها نباتات من عائلة البقوليات، تقوم هذه النباتات بعلاقة مشاركة مع البكتيريا التي تُثبت النيتروجين، وتصبح التربة غنية بمركبات النيتروجين المتوافرة للنباتات.
2. **مراقبة الأعشاب البرية بشكل جيد**: مثلاً: في السنة التي نزرع فيها برسيمًا أو فصة، فإننا نحصد المحصول الزراعي قبل أن تُزهر الأعشاب البرية وقبل أن تُنْتِج البذور. وبهذه الطريقة نقلل ظهور الأعشاب في السنة القادمة. إنّ استعمال مبيدات كيميائية خاصة لأعشاب من عائلة النجيليات في السنة التي ننمي فيها بقوليات، يُقلل من ظهور أعشاب برية من عائلة النجيليات في السنة التي ننمي فيها حنطة أيضًا وبالعكس.
3. **مراقبة الآفات الزراعية الضارة**: معظم الآفات الزراعية تكون خاصة لنوع معين من المزروعات، وعندما نبدل نوعًا معينًا من المزروعات بنوع آخر، فإن ذلك يُقلل من عشيرة الآفات الزراعية الخاصة به، لأنه يمر الوقت، ولا تستطيع أن تتطور عشيرة آفات زراعية خاصة للمزروع الجديد.

للمزيد عن
دورة النيتروجين، انظروا الفصل الثالث.

تهدف الطرق الحديثة في الزراعة إلى جني محاصيل كثيرة، وهي تعتمد على المبادئ الأربعة الآتية:

1. تقليل تأثير عوامل محددة (أحيائية ولا أحيائية).
2. تنظيم عمليات تكاثر، من خلال التنظيم الاصطناعي لإشارات من البيئة المحيطة.
3. تدخل الإنسان بالمعلومات الوراثية: رعاية وتحسين من خلال الانتخاب الاصطناعي والهندسة الوراثية.
4. مراقبة عمليات تطور، نضوج وشيخوخة.

فيما يلي توسع في كل مبدأ من المبادئ الأربعة.

المبدأ الأول: **تقليل تأثير عوامل محددة (أحيائية ولا أحيائية)**: الماء، خصوبة التربة، كبر المساحة المتوافرة للمعالجة، مواد تغذية (أملاح = تغذية معدنية)، متنافسون، آفات زراعية وطفيليات تؤدي إلى أمراض.

دفيئات

يعرض الجدول ز – 1 أمثلة لطرق نستعملها اليوم في الزراعة لتقليل تأثير العوامل المحددة. أحد الأمثلة هو الدفيئة المعدّة لتنمية الخضروات والأزهار. في الدفيئة، نُنْتِج ظروف مناخ مصغّرة ومثالية لنبات معين، وهكذا نجني محاصيل كبيرة من مساحة صغيرة نسبيًا، في فصول السنة التي لا تكون فيها درجة الحرارة مثلى، ولا تكون ساعات الضوء في اليوم مثلى أيضًا. مثال إضافي هو الري بالرشاش أو بطريقة التنقيط التي تزيد من المحاصيل، لأننا نضيف للنبات ماء في موسم جاف، أو في فترات لا تكون فيها كميات الرواسب متواصلة.

جدول ز – 1: طرق أساسية لتقليل تأثير العوامل المحددة في الزراعة

العامل المحدد	تأثير العامل على الإنتاج الزراعي	أمثلة لطرق أساسية لتقليل تأثير العامل المحدد
ماء	تحتاج النباتات إلى كميات كبيرة من الماء، لكي تنمو وتعطي محاصيل كبيرة. تحتاج الحيوانات إلى ماء.	الري بالقنوات، بالرشاشات وبأجهزة التنقيط. تغطية التربة لتقليل التبخر منها. بناء أحواض ماء في المراعي، الأقنان والحظائر.
درجة حرارة	تحتاج كل تنمية زراعية (نبات أو حيوان) إلى درجة حرارة مثلى لتطورها، لأنها تتضرر في درجات حرارة عالية جدًا أو منخفضة جدًا.	تنمية نباتات في الدفيئة، تغطية عناقيد الموز بأكياس بلاستيكية لمنع أضرار الصقيع. تبريد أقنان وحظائر من خلال رش الماء على سقوفها.
ضوء	الضوء هو مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي.	إطالة ساعات الإضاءة العادية من خلال إضافة مصابيح للإضاءة في الدفيئة.
مواد تغذية	تحتاج النباتات إلى CO_2 وأملاح مختلفة لنموها وهي تحتاج بالأساس إلى: نيتروجين، فوسفور وبوتاسيوم، وعناصر أخرى، مثل: الحديد والمغنيسيوم.	إدخال CO_2 إلى الدفيئة، إضافة سماد كيماوي وزبل عضوي إلى التربة، دورة مزروعات.
	تحتاج الحيوانات (مثل: الأبقار، الطيور والأسماك) إلى غذاء غني.	إضافة غذاء بروتيني مركّز لطعام الحيوانات، بحيث يشمل أملاحًا وفيتامينات أيضًا.
أكسجين في التربة والماء	تحتاج الجذور إلى أكسجين لإنتاج الطاقة المطلوبة لبقائها، وللامتصاص الفعّال للمواد من التربة. تحتاج أسماك البرك إلى أكسجين وهي تستوعبه من الماء.	تهوية التربة من خلال إضافة مادة عضوية ومعالجتها بطرق ميكانيكية (آلية) خلط مياه البرك.
تقليل نشاط المتنافسين	الحشرات، العكبر، الطيور، الخفافيش، الغزلان، ابن آوى والذئاب تتنافس مع المزارع على المحاصيل. الحقل الزراعي المروي والمسمد، يؤدي إلى نمو الأعشاب الضارة.	"دورة مزروعات"، تغطية الكروم بشِباك، نشر فتات سُم، تسييج كروم، تخويف حيوانات من خلال الضجة وتثبيت فزاعات، تزويد الطيور بغذاء بديل أثناء ترحالها. مكافحة الحشرات والأعشاب بطرق كيميائية وبيولوجية.
مسببات أمراض	تقوم الطفيليات وأمراض تسببها الفيروسات، البكتيريا والفطريات، بمهاجمة النباتات والحيوانات.	"دورة مزروعات" أدوية، الوقاية من خلال التطعيم، التعقيم وغير ذلك (كما هو الأمر، بالطرق المتبعة لمعالجة أمراض عند الإنسان). استعمال مبيدات فطريات وحشرات.
مساحة متوافرة للمزروعات الزراعية	تحتاج المزروعات الزراعية إلى مساحات تربة مناسبة، من حيث النوع، الجودة والمبنى الطوبوغرافي (التضاريس).	تغيير سطح التربة وإعدادها من خلال بناء تراسة ومنحدرات. تنمية نباتات في أوساط مائية (دون تربة) وفي أوساط تنمية منعزلة. تنمية أسماك في برك نبنيها في اليابسة، وداخل أقفاص في البحر.

تنمية توت أرضي في وسط تنمية منعزل

رشاش في الحقل

تغطية التربة

حوض ماء

مصطلحات: سماد كيماوي وزبل عضوي

في التربة الزراعية، المخزون الطبيعي للعناصر والأملاح غير كافٍ، لذا يجب تزويد النباتات بالعناصر الضرورية. يقوم المزارعون بتزويدها من خلال إضافة سماد كيماوي وزبل عضوي.

***السماد الكيماوي**، هو ملح أو مركب غير عضوي، وهو يزوّد النبات بعناصر مذابة قابلة للاستيعاب.*

العناصر التي نضيفها إلى التربة بشكل ثابت هي النيتروجين، الفوسفور والبوتاسيوم.

***الزبل العضوي**، يعتمد على مركبات عضوية مصدرها من بقايا نباتات ومن إفرازات حيوانات.*

يتحلل الزبل العضوي تدريجيًا ويُطلق عناصر كيميائية إلى التربة. توجد أفضلية مركزية للزبل العضوي، وهي قدرته على تجويد التربة (تحسين جودة التربة). ومن أفضليات الزبل العضوي أنه يجعل السماد الكيماوي ناجعًا، لذا يدمج عادةً المزارعون السماد الكيماوي مع الزبل العضوي.

للمزيد عن
مكونات التربة، انظروا الفصل الثاني، جدول ب – 7.

من الجدير بالمعرفة: نظرة إلى الماضي

مرض البياض الزغبي في البطاطا الايرلندية وتأثيرها على تاريخ ايرلندا والولايات المتحدة

في سنوات 1845–1850، هاجم فطر مزروعات البطاطا في ايرلندا، وقد أدى إلى إبادتها. يتغذى سكان ايرلندا بالأساس على البطاطا، وفي أعقاب إبادة المحاصيل، انخفض تعداد سكان ايرلندا بنسبة 25 %: مات مليون شخص من الجوع ومن الأمراض التي نجمت بسبب سوء التغذية، وهاجر مليون شخص إلى الولايات المتحدة. اليوم يعيش في الولايات المتحدة أناس كثيرون من أصل ايرلندي وتعدادهم في الولايات المتحدة أكثر من تعدادهم في ايرلندا.

لويس باستر والتطعيم ضد الكوليرا

الباحث الفرنسي باستر (1822–1895)، الذي على اسمه سُميت عملية بسترة الحليب)، كان شريكًا في بحث مواضيع كثيرة أقلقت المزارع الفرنسي في فترته. وقد نجح باستر في أبحاثه أن يكتشف العامل الذي يؤدي إلى حموضة النبيذ، ووجد أيضًا الطريقة لتطعيم الدجاج ضد مرض الكوليرا.

من إنتاج الديناميت إلى إنتاج السماد

في فترة الحرب العالمية الأولى (1914–1918)، طُوِّرت عملية كيميائية لإنتاج الأمونيا من النيتروجين الموجود في الهواء (فرتس هابر). وقد احتاجوا الأمونيا لإنتاج المادة المتفجرة ديناميت. لكن التطوير الذي كان هدفه الحرب أدى في أعقابه إلى تطوير صناعة الأسمدة النيتروجينية للزراعة، وكمية النيتروجين التي يتم تثبيتها بعمليات صناعية أكبر من كمية النيتروجين التي يتم تثبيتها بعمليات بيولوجية.

للمزيد عن
***دورة النيتروجين**، انظروا الفصل الثالث.*

***المبدأ الثاني:** تنظيم عمليات تكاثر من خلال التنظيم الاصطناعي لإشارات من البيئة المحيطة*

تعتمد معظم التنمية الزراعية للنباتات والحيوانات على عمليات التكاثر (مثل: الإزهار، الإباضة، وضع البيض والشبق). طُوِّرت الكائنات الحية الزراعية وتمّ تحسينها من أنواع برية، لذا فهي تتأثر من نفس عوامل البيئة المحيطة التي تتأثر منها الكائنات الحية البرية، وهي تتغيَّر مع تغيُّر المواسم التي توجّه التكاثر في الطبيعة، مثل: ساعات الإضاءة ودرجة الحرارة. خلال السنوات، تعلّم المزارعون كيفية التأثير على عمليات التكاثر، من خلال المراقبة وتغيير إشارات البيئة المحيطة، وهكذا نجحوا في توجيه عمليات التكاثر وموعدها بحسب احتياجاتها، مثلاً: عندما نُنظِّم ساعات الإضاءة في الدفيئة، يمكن أن نوجّه موعد الإزهار، وهكذا نحصل على أزهار كثيرة في موسم الأعياد الذي يزداد فيه الطلب على الأزهار.

للمزيد عن
***الضوء كمحفز من البيئة المحيطة**، انظروا الفصل الثاني، بند ب3.*

ما هي القاعدة البيولوجية لتنظيم عمليات التكاثر؟

إنّ أوقات عمليات التكاثر في الطبيعة متعلقة بالمواسم. تتم هذه العمليات في موسم يكون سهلاً لنمو النسل في ظروف تضمن بقاءه. هذا التعميم صحيح للنباتات وللحيوانات أيضًا في الطبيعة: كثرة الإزهار في ربيع بلادنا وزقزقة العصافير التي تُعشش، هما حقيقتان لذلك.

إحدى الطرق الأساسية التي يملكها المزارع لمراقبة عمليات التكاثر، هي تغيير النسبة بين ساعات الإضاءة وبين ساعات الظلام. نباتات كثيرة، يوجد لها رد فعل توقيت ضوئي: وهي حساسة للنسبة بين ساعات الإضاءة وبين ساعات الظلام ، وهي تُزهر في ظروف معينة فقط (انظروا الرسمة 53).

وهناك أيضًا مبدأ شبيه يعمل في تنظيم وضع البيض عند الدجاج. عندما نُضيء الأقنان في الليل، تزداد كمية البيض التي يبيضها الدجاج. يؤثر تغيُّر ساعات الإضاءة على الهرمونات التي تُفرز في المخ، وهي بدورها تؤثر على هرمونات التكاثر التي تؤثر على المبيض وتؤدي إلى إباضة البيض.

المبدأ الثالث: تدخُّل الإنسان بالمعلومات الوراثية: رعاية وتحسين بواسطة الانتخاب الاصطناعي والهندسة الوراثية.

منذ بداية الزراعة، يحاول الفلاح تحسين جودة وكمية المحاصيل. الطريقة التي كانت متبعة سنوات كثيرة، هي **الانتخاب الاصطناعي**. في هذه الطريقة، يقوم المزارع بانتخاب الأفراد ذات الصفات الناجعة، ثم يقوم بتهجينها. وهكذا خلال أجيال كثيرة من الانتخاب والتهجين الموجّه، حصل الإنسان على أصناف تختلف عن الآباء والأجداد (وهي الأصناف البرية). بهذه الطريقة حصلنا على حنطة ذات سُنبلة لا تتفكك وذلك عكس سُنبلة الحنطة البرية، وحصلنا أيضًا على أبقار تُدر حليبًا كثيرًا، وعلى أصناف من الموز الخالي من البذور، وعلى أصناف من الثمار الحلوة والكبيرة. من المهم أن نذكر الحقيقة أن الانتخاب الاصطناعي يعتمد على **التباين** الوراثي الموجود بشكل طبيعي بين أفراد مختلفين من نفس العشيرة. هذا التباين هو "مادة خام" للانتخاب الاصطناعي كما أنها "مادة خام" للانتخاب الطبيعي. يختلف الانتخاب الاصطناعي عن الانتخاب الطبيعي، لأنه في الحالة الأولى، يتم تهجين مطفَّرات لا تستطيع البقاء في الطبيعة (كالثمار التي تخلو من البذور، مثل: الموز والأناناس) ونواتجها (الأصناف غير البرية) غير مناسبة للحياة في الطبيعة.

الأصناف غير البرية، لا تستطيع البقاء في ظروف طبيعية، بل تحتاج إلى "حماية" المزارع.

حنطة برية (سُنبلة تتفكك) وحنطة غير برية

مصطلحات: تأقلم في الزراعة

*إذا استعملنا مصطلح **تأقلم** كتطبيق زراعي، فإننا نحصل على معانٍ مختلفة وغير متعاقبة، كما سنلاحظ ذلك في الأمثلة الآتية:*

1. عمليات التأقلم التي تحدث خلال حياة الفرد، هي عمليات تدريجية (كشف النباتات تدريجيًا لدرجات متغيّرة من الحرارة، البرد الجفاف أو شدة الإضاءة)، وفي أعقابها يصبح النبات أكثر صمودًا.

*يُعبّر التأقلم عن قدرة **التكيُّف**، لأن هذا الصمود محدود لمجال مميّز تُحدّده الشحنة الوراثية للفرد.*

للمزيد عن

التكيُّف، انظروا الفصل الأول.

2. *تنمية أصناف أُحضِرت إلى إسرائيل من دول مختلفة (مثل: المانجو والأفوكادو) في "حديقة تأقلم"، وقد تمّ فحص ملاءمتها للنمو في ظروف البلاد. وبعد مدة من الزمن، يمكن أن نختار الأصناف الأكثر ملاءمةً (من بين الأصناف التي أُحضِرت) للنمو في ظروف البلاد. مثال آخر لنبات تمّ تأقلمه في البلاد بنجاح، هو الحنطة اللينة (حنطة الخبز) التي أصلها من استراليا.*
3. *التأقلم الذي يستمر سنوات وأجيالًا كثيرة، هو عمليًا انتخاب اصطناعي يقوم به المزارع.*

ثمار تمّ تأقلمها في البلاد: أفوكادو، مانجو وليتشي

من الجدير بالمعرفة: كيف نحصل على أزهار ذات أوراق توبج كثيرة؟

ينجح مزارعون كثيرون في تحسين أصناف أزهار مع أوراق توبج كثيرة من خلال إضافة سُم. يشوش السُم على عملية انقسام الخلايا (ميتوزا) ويُنْتِج خلايا تحتوي على أكثر من ضعفَي المادة الوراثية (2n). أي خلايا متعددة الشحنة الوراثية (بولي بلوئيدية).

برقوق غير بري

سؤال ز – 2

اشرحوا، لماذا نواتج الانتخاب الاصطناعي ليست مناسبة للحياة في الطبيعة؟

مع تطور طرق الهندسة الوراثية، انفتح أمام الإنسان مجال إضافي للتدخُّل في المزروعات.
تُتيح الهندسة الوراثية نقل معلومات وراثية من نوع معين (مثلاً: بكتيريا) إلى نوع آخر بعيد عنه (مثلاً: النبات) (جدول ز – 2). هذا الانتقال، لا يمكن أن يحدث في الطبيعة. الهندسة الوراثية "تجتاز" العشوائية التي تميز ظهور الصفات في الأصناف البرية، وهي تُغيِّر بشكل موجّه ونقطي المعلومات الوراثية للبكتيريا، النباتات والحيوانات، وبالطبع هذا التغيُّر غير موجود في الطبيعة. تُتيح الهندسة الوراثية للمزارع أن يحقق أهدافه خلال فترة زمنية أقصر من الفترة الزمنية المطلوبة لعمليات الرعاية والتحسين التي تتم بطريقة الانتخاب الاصطناعي.

جدول ز – 2: أمثلة لاستعمال الهندسة الوراثية في الزراعة (هناك عدة مواضيع ما زالت في قيد البحث وليست تطبيقية)

الصفة التي تغيّرت / أُكسبت من خلال الهندسة الوراثية	مصدر المعلومات الوراثية	تمَّ التغيُّر بـ.....	الفائدة للمزروعات الزراعية وللإنسان
الصمود أمام مواد تُبيد الأعشاب البرية	بكتيريا السلمونيلا ذات قدرة على مقاومة المادة التي تُبيد الأعشاب.	نباتات التبغ ونباتات نجيلية مختلفة	يمكن استعمال مواد كيميائية لا تؤذي نمو مزروعات المزارع، بل تؤذي المنافس فقط ،مثلاً: علقة.
مقاومة الصدمة من البيئة المحيطة	أسماك تعيش في الأقطاب	أسماك السلمون، أسماك المشط	تنمية في فترة تكون فيها درجة الحرارة منخفضة، وهكذا نوفر من التكاليف المتعلقة بالحماية من البرد.
مقاومة الآفات الزراعية	بكتيريا بسيلوس طورينجيانسيس الذي يُنْتِج سُمًا يؤذي يرقات الحشرات	نباتات القطن، التبغ، البندورة، البطاطا، الذرة، قصب السكر، الأرز	زيادة المحاصيل، تقليل استعمال المكافحة الكيميائية.
مقاومة لمسببات أمراض	فيروس يؤدي إلى أمراض	أشجار البابيا	ترميم الفرع الزارعي الثاني، من حيث الكبر في هاوي.
إنتاج بيتا كاروتين (مادة الأصل لفيتامين A) وليزين	نرجس، بكتيريا، صويا	الرز (الرز المذهب)، ونباتات نجيلية ينقصها ليزين	تحسين مكونات الغذاء عند المجموعات السكانية التي تتغذى بالأساس على الرز ومنع العمى. تزويد حوامض أمينية ضرورية للإنسان.
تثبيط جين مسؤول عن تحليل جدران الخلايا، وهو يعمل أثناء نضوج الثمار	حيوانات	بندورة	إطالة مدة حياة البندورة على الرف.

إلى جانب الجوانب الطبية والبيئية المحيطة، والقدرة الكبيرة على إنتاج الغذاء وجودته، إلا أن الهندسة الوراثية تحظى بنقد كبير، وتثير خوفًا كبيرًا لدى الجمهور. أحد التخوفات، هو ظهور عوارض جانبية، مثلاً: ظهور حساسية عند الناس بسبب بروتينات "جديدة" موجودة في الكائنات الحية المُهندَسَة التي تُستعمل كغذاء.
يُحذر علماء البيئة من خطر آخر: وهو الخوف من أن تتحول الأنواع المُهندَسَة إلى أنواع غازية إذا وصلت البيئة المحيطة الطبيعية وتكاثرت فيها، أو أنها تُلقح أنواعًا برية وهكذا تؤدي إلى انتقال صفات وراثية جديدة إلى أنواع برية. في السنوات الأخيرة، تمّ بحث هذه المواضيع.

المبدأ الرابع: مراقبة عمليات تطور، نضوج وشيخوخة

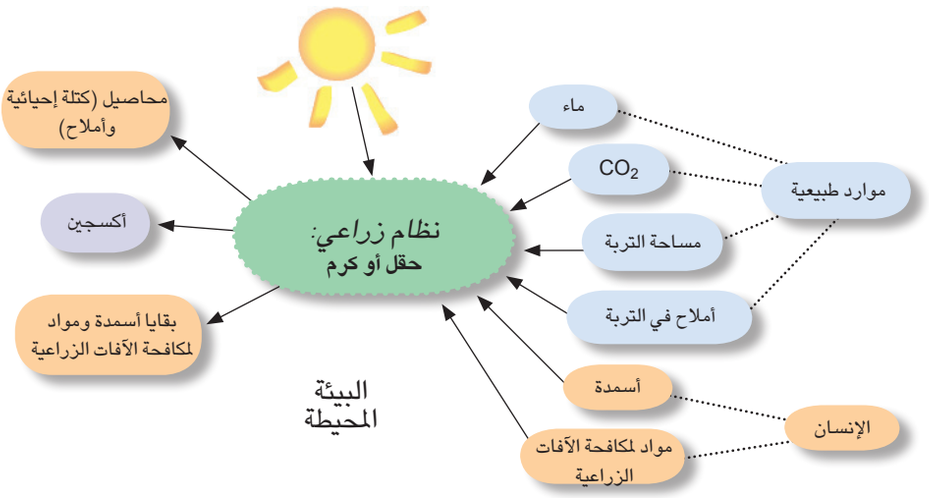
في العصر الحديث، أصبحت عملية تزويد السكان بالمُنْتَجات الزراعية معقدة: البُعد بين مواقع الإنتاج وبين المستهلكين كبير، وكذلك الأمر، المدة الزمنية بين نضوج الثمار أو إباضة البيض وبين موعد شرائها من المحلات التجارية. وعندما يصل المُنْتَج إلى بيت المُستهلك، فإنه يرغب في الحفاظ عليه لمدة زمنية معينة. ينبع من جميع هذه الحالات أنه هناك حاجة لتثبيط العمليات الطبيعية (مثل: إنبات البذور، تطور البراعم، نضوج الثمار والشيخوخة) ونشاط المحلِّلات المختلفة (البكتيريا والفطريات). يعرض الجدول ز – 3 الطرق الأساسية لتخزين وحفظ المُنتجات الزراعية.

جدول ز – 3: طرق تخزين وحفظ المُنتجات الزراعية، أهدافها وأُسسها البيولوجية

هدف العملية	طرق أساسية	الأساس البيولوجي
تباطؤ/منع نشاط الكائنات الحية الدقيقة (محلِّلات) التي تؤدي إلى العفن.	غليان، بسترة مُنْتَجات الحليب، تحميض/تخليل خضروات، تجفيف ثمار، الحفاظ في التبريد (مُنْتَجات حليب، بيض، لحوم)، رَزم في فراغ، هندسة وراثية (تثبيط جين يؤدي إلى النضوج).	نجد الكائنات الحية الدقيقة في كل مكان من حولنا، ولتكاثرها تحتاج إلى ماء، درجة حرارة مناسبة وأكسجين.
توجيه نضوج الثمار التي تمّ قطفها قبل نضوجها	الحفاظ في غرف تبريد، نضج الثمار بواسطة اثلين (موز)، أو في غرف ينقصها أكسجين (أفرسمون)	في الثمار التي نقطفها، تتم عمليات تؤدي إلى النضوج أو العفن.
منع نهوض براعم وتوريق في الخضروات (بطاطا، بصل وثوم).	إشعاع والحفاظ في مكان جاف ومظلم.	الإشعاع يؤذي الخلايا والمواد الوراثية. يتأثر نهوض البراعم والتوريق من الضوء.
منع إنبات بذور تُستعمل للأكل (قمح، فستق، بقوليات)	الحفاظ على مكان جاف ومظلم، في درجة حرارة منخفضة.	تحتاج البذور إلى ماء ودرجة حرارة مناسبة، لكي تنبت. يوجد بذور تحتاج إلى ضوء، لكي تنبت.
منع تطور حشرات (في القمح وبذور البقوليات).	الحفاظ في درجة حرارة منخفضة.	خروج الحشرات من البيض وتطور اليرقات متعلق بدرجة الحرارة.

ز4: الزراعة والبيئة المحيطة من وجهة نظر شاملة

هناك من يرى في تأثيرات النشاط الزراعي على البيئة المحيطة على أنه "شر لا بد منه"، وهو يؤذي الطبيعة. يستهلك الإنتاج الزراعي موارد طبيعية من البيئة المحيطة، وهذه الموارد تحتاجها الأنظمة البيئية الطبيعية، كما أنه يُطلق مواد إلى البيئة المحيطة، مثل: بقايا الأسمدة، المواد التي تُستعمل أثناء المكافحة الكيميائية وإفرازات الحيوانات. عرضنا في جدول ز – 3 قسم من المواد التي تدخل أو تُضاف إلى النظام الزراعي والتي تخرج منه.



الرسمة ز – 3: الزراعة والبيئة المحيطة من وجهة نظر شاملة
من ناحية واحدة، يستهلك النظام الزراعي موارد طبيعية من البيئة المحيطة، ويضيف الإنسان إلى النظام: أسمدة، مواد لمكافحة الآفات الزراعية وغير ذلك. ومن ناحية ثانية، يُطلق النظام مواد إلى البيئة المحيطة، ويقوم المزارع بإخراج المحاصيل منه.

محاصيل من الحقل

سؤال ز – 3

أ. بماذا يختلف النظام البيئي الطبيعي عن النظام الزراعي؟ اشرحوا بحسب الرسمة ز – 3.

ب. ارسموا نظامًا يشبه الرسم التخطيطي المعروض في الرسمة ز– 3، بحيث يكون مناسبًا لحظيرة أبقار، أو قن دجاج يضع بيضًا، أو أقفاص أسماك في البحر الأحمر؟

الزراعة المستديمة: مُنْتَجات، خدمات وبيئة محيطة صحية لليوم والغد

في السنوات الأخيرة، يزداد الوعي حول الحاجة إلى تقليص تأثير الإنسان على البيئة المحيطة. يوجد للزراعة مكان مركزي في بذل هذه الجهود. نبذل تفكيرًا ووسائل كثيرة لتطوير الزراعة المستديمة. تعتمد **الزراعة المستديمة** على فهم تأثيرات الزراعة على الأنظمة البيولوجية وتطبيق التكنولوجيا الزراعية بشكل حكيم. تقوم الزراعة المستديمة بتزويد احتياجات الجيل الموجود، وهي تسعى إلى أن لا تؤذي احتياجات أجيال المستقبل في مجال الغذاء، وفي مجالَي **الخدمات والمُنْتَجات** الأخرى للنظام البيئي. في الزراعة المستديمة، يحاول الإنسان الحفاظ على موازنة بين إيذاء أداء الأنظمة البيئية وبين الفائدة التي نحصل عليها منها، في أعقاب تحويلها إلى نظام زراعي.

في إطار سياسة الزراعة المستديمة، تتم نشاطات في ثلاثة مجالات أساسية:

- تقليص استغلال الموارد الطبيعية.
- تقليل انطلاق مواد إلى الطبيعة، مثل: فائض الأسمدة، مواد لمكافحة الآفات الزراعية ونفايات (صلبة وسائلة).
- ازدياد المدورة (الاسترجاع) والاستعمال المتكرر للماء وللنفايات العضوية.

الماء هو المورد الطبيعي الأساسي في الزراعة، وقد يؤدي استغلاله غير المُراقَب إلى إيذاء البيئة المحيطة الطبيعية. توجيه الوديان ومياهها إلى الزراعة، يُقلل من تدفق المياه في الجداول ويؤذي النظام البيئي للجدول. والضخ الزائد للمياه من الآبار والينابيع، يؤذي مجمعات المياه الجوفية.

من الجدير بالمعرفة: تخصيص مياه لترميم جداول

أصيبت معظم الوديان في البلاد بشكل كبير جدًا بسبب الاستغلال الزائد للماء. ففي سنة 2003، قررت حكومة إسرائيل أن تُخصص أكثر من مليون متر مكعب (!) من المياه النظيفة في السنة، لترميم مرتفعات وادي اليركون. وهكذا يتم التعبير عن اهتمام المجتمع في ترميم الوديان وبالحاجة إلى تخصيص موارد لهذا الهدف. وهذا جزء من خطة عمل، ومن ميزانية 85 مليون شاقل لترميم وادي اليركون، ضفافه وبيئته المحيطة.

وادي اليركون كالوديان الأخرى، فإنه يعاني أحيانًا من تلوثات مختلفة.

فيما يلي الطرق الأساسية لتقليص الاستغلال الزائد لمورد المياه ولإدارة كميات المياه بشكل حكيم:

- تطهير مياه المجاري واستعمال **مياه مجارٍ مكرّرة** في الزراعة. مياه المجاري المكرّرة والمطهرة في منشآت لتطهير المياه غير صالحة للشرب للإنسان (وهذا عكس **المياه النظيفة**)، لكنها مناسبة لري مزروعات معينة كالقطن. إنّ استعمال مياه المجاري المكرّرة لري المزروعات يؤدي إلى إعادة المياه إلى دورة المياه المحلية.
- تخزين مياه مطر في برك ري، أو تغلغلها إلى المياه الجوفية.
- الانتقال إلى تنمية نباتات تحتاج إلى كميات مياه قليلة، مثل: الزيتون، النخيل، واستعمال نباتات زينة لا تستهلك مياهًا كثيرة، مثل: الكينا، الكليستمون والجرويلا.
- الري بواسطة **التنقيط**، يقلل من استهلاك المياه مقارنة مع الري بواسطة الرشاشات: عند استعمال الري بطريقة التنقيط، فإنّ معظم المياه تصل غايتها ولا تتبعثر في الرياح، ولا تتبخر في الهواء. الري بالطريقة الصحيحة والمثلى يمنع من ملوحة الأرض. في الماضي، ارتفعت ملوحة الأرض في حقول مرج ابن عامر بسبب الري غير الصحيح.

إحدى مشاكل المزارعين، هي **التنافس** بين المزارع وبين العوامل الأحيائية (جدول ز – 1). الحقل الزراعي، الكرم أو بركة أسماك هي مصادر غذاء مركزة، متوافرة وغنية بالكائنات الحية المختلفة، مثلاً: الطيور المارة في إسرائيل في فصلَي الربيع والخريف، تأكل من مزروعات الفستق في غور الحولة ومن أسماك البرك في غور الأردن وفي السهل الساحلي. والحشرات تتغذى على الأوراق الطرية لمزروعات القطن والخضراوات. وكذلك الأمر بالنسبة للثدييات،العكبر، الغزلان، ابن آوى والذئاب، فهي تتنافس أيضًا مع المزارع ومستهلكي الغذاء على المحاصيل وعلى حيوانات المزرعة "وتلتهمها". على الرغم من أن المزارع يستعمل وسائل حماية مختلفة، لكي يقلل من إلحاق الأضرار بالمحاصيل، إلا أنه أحيانًا، قد يلحق الأذى بكائنات حية غير ضارة. إنّ استعمال السموم لمكافحة العكبر أدى مع مرور الوقت إلى تقليل عشائر الطيور الجارحة –التي تتغذى على العكبر – لدرجة أن هذه الطيور أصبحت مهددة بخطر الانقراض.

للمزيد عن
مكافحات العكبر بواسطة البومة، *انظروا الفصل الرابع.*

تمّ تقليص استعمال مواد المكافحة الصناعية وتقليل أضرارها على الكائنات الحية في الطبيعة بفضل استعمال طريقة المكافحة البيولوجية. تعتمد **المكافحة البيولوجية** في الأغلب على استعمال كائن حي يكون العدو الطبيعي (المفترس أو المتطفل) للكائن الحي الضار. تُعْرَف حالات كثيرة تكون فيها المكافحة البيولوجية ناجحة جدًا، وهي تُشكل البديل للمكافحة الكيميائية. مع ذلك، من المهم التذكر أن إدخال كائن حي "جديد" (المكافح)، قد يُغيِّر من العلاقات المتبادلة الأخرى، وقد يتحول هذا المكافح إلى نوع غازٍ وضار.

للمزيد عن
تأثير الإنسان على التنوع البيولوجي، *انظروا الفصل السادس.*

كمثال لمكافحة بيولوجية: في بداية القرن العشرين، أُصيبت البيارات بحشرة المن التي اسمها إتسيريا، وقد أدت هذه الحشرة إلى أضرار في أوراق الحمضيات وإلى موتها. وفي أعقاب ذلك، تساقطت الأوراق عن الأشجار وانخفضت المحاصيل. وُجِدَ "الدواء" لمشكلة الإتسيريا في كاليفورنيا في الولايات المتحدة. ومن هناك أُحضِرت إلى البلاد خنفساء باسْم نوفيوس، وهي تضع بيضها داخل كيس بيض الإتسيريا.

خنفساء نوفيوس

تفترس يرقات الخنفساء بيوض ويرقات الإتسيريا بنجاعة كبيرة جدًا. وقد أدى إدخال الخنفساء نوفيوس إلى البيارات، إلى انخفاض كبير جدًا في الأضرار التي تسببها الإتسيريا.

مثال آخر، هو المكافحة البيولوجية للحشرات من خلال تعقير ذكور في المختبر وإطلاقها إلى الطبيعة. إنَّ وجود ذكور عاقرة كثيرة يُقلل من احتمال أن تجد الإناث الخصبة ذكورًا خصبة، وهكذا تتقلص عشيرة الكائن الحي الضار. وبطرق أخرى، نصطاد الذكور بمصيدة في داخلها مادة ذات رائحة تفرزها الإناث، وقد أُعِدّت هذه الرائحة (فيرمون) لجذب الذكور واصطيادها.
طرق أخرى مستعملة في الزراعة المستديمة، هي **المكافحة المدمجة** التي تعتمد على استعمال كبير جدًا للمكافحة البيولوجية واستعمال قليل جدًا للمكافحة الكيميائية، حيث يتم استعمال كل طريقة بالشكل والوقت المناسب، ولا تتضرر الأعداء الطبيعية للكائنات الحية الضارة.

من الجدير بالمعرفة: مكافحة مدمجة في التوت الأرضي

الضار الأساسي للتوت الأرضي هو المن. يوزع مزارعو التوت دبابير صغيرة، وكل واحدة منها تقوم بحقن بيضها إلى مئات الحشرات من المن. تتطور اليرقات "على حِساب" المن وتؤدي إلى موتها. ولكن نحتاج أحيانًا إلى "إكمال المكافحة"، وذلك من خلال استعمال كمية قليلة من المادة الكيميائية.

سؤال ز– 4

أ. ما هي حسنات المكافحة البيولوجية بالمقارنة مع طرق المكافحة الأخرى؟

ب. هل تؤثر المكافحة البيولوجية بشكل سلبي على النظام البيئي؟ اشرحوا.

تتم أحيانًا مكافحة الآفات الزراعية الموجودة في التربة بواسطة **التعقيم الحراري**: ففي هذه الطريقة، يغطي المزارع التربة بقطع من البولي ايثلين الشفاف، وهكذا تُمتص أشعة الشمس في التربة، وترتفع درجة حرارتها بشكل كبير جدًا، وتؤدي إلى موت الكائنات الحية الضارة.

وفي مجال مواد النفايات العضوية التي يُطلقها النظام الزراعي إلى البيئة المحيطة، يمكن استعمال وسائل تُقلل من كميتها وتأثيرها.

إفرازات الحيوانات في الحظائر والأقنان، هي مواد عضوية يمكن استعمالها كسماد لتقليص الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية. تُستغل كميات كبيرة من النفايات العضوية (بما في ذلك النفايات البيتية) في منشآت خاصة لإنتاج غاز الميثان الذي يُستعمل كمصدر للطاقة. تعمل هذه المنشآت في مزبلة خيرية، وهي تزوِّد المصنع المجاور لها بالطاقة.

يمكن استعمال النفايات العضوية التي تَنْتُج في المزارع والنفايات البيتية لتحضير **الكومبوست** الذي نحصل عليه من مدورة المواد العضوية. تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتحليل النفايات العضوية بوجود أكسجين. يُستعمل الكومبوست لتزويد النباتات بالعناصر، لتجويد التربة وكمادة إضافية لوسط التنمية في الدفيئة. يعتمد تحضير الكومبوست على كائنات حي محلِّلة وعلى عمليات طبيعية في النظام البيئي. إنّ مدورة المواد العضوية، تؤدي إلى إعادة عناصر (مثل: النيتروجين الفوسفور وغير ذلك) لدورات المواد.

إنتاج كهرباء من زبل الحظائر

في غور حيفر، تمّ بناء منشأة لإنتاج الكهرباء من زبل البقر. تقوم المنشأة بمعالجة 600 طن من زبل البقر خلال يوم واحد. يتم نقل زبل خام لحوالي 12،000 بقرة من 22 حظيرة أبقار في منطقة الشارون إلى عملية تحليل لا هوائية. حيث يَنْتُج في هذه العملية غاز الميثان الذي يُعتبر وقودًا نقيًا جدًا. يتم تجميع الغاز واستغلاله لإنتاج الكهرباء، أما بقايا المواد العضوية (الحمأة) تُعالج لإنتاج سماد عضوي.

(2007)

من الجدير بالمعرفة: «زراعة دقيقة»

في "الزراعة الدقيقة"، نوجِّه أوقات التسميد والري بحسب دورة حياة النبات وبحسب احتياجاته الفسيولوجية. يتغيَّر الري من منطقة إلى أخرى في الحقل، وذلك بحسب القياسات التي تقيسها المجسات، وتنقلها إلى قاعدة بيانات مركزية.
وهناك تتم معالجة المعلومات ونقلها بشكل أُتوماتيكي إلى شبكة الري المنتشرة في مناطق مختلفة في الحقل. ويتم تحديد التسميد – على سبيل المثال – بحسب مرحلة دورة حياة النباتات، حيث يُقاس ذلك أيضًا، من خلال مجسات في الحقل.

مشمش جاف عضوي

مشمش جاف غير عضوي

يعي مستهلكو المُنْتَجات الزراعية الأضرار الصحية التي تسببها المواد التي تُستعمل للتسميد ولمكافحة الآفات الزراعية، لذا ازداد طلب المستهلكين للمُنْتَجات **الزراعية العضوية**، وهذا يعني أن هذه المزروعات تنمو دون استعمال أسمدة كيميائية، ومواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية. من ناحية المزارع والمُستهلك، فإنّ تكلفة استعمال طرق الزراعة العضوية باهظة جدًا، لأن المحصول لوحدة مساحة قليل (بسبب النقص في الأسمدة والتنافس مع كائنات حية أخرى)، ومدة حياة المُنْتَجات على الرف قصيرة. المُنْتَجات العضوية، لا تجذب أنظار معظم الناس، لأن عدد قليل جدًا من المستهلكين يعي حسناتها وعلى استعداد أن يدفع ثمنًا باهظًا. في إسرائيل (2007)، يزرع المزارعون مزروعات عضوية على مساحة 58 ألف دونم تقريبًا، وهي تُشكل 2 % من مجموع المساحة المُعدّة للزراعة.

ز5. جوانب أخلاقية للتكنولوجيا الزراعية

كثافة في قن لتسمين الدجاج

مما ذُكر حتى الآن، أصبح واضحًا أن النشاط الزراعي يؤثر على الطبيعة من حولنا.
وهذا الواقع يُثير صراعات صعبة: كيف يمكن أن نزوِّد غذاءً، مُنْتَجات وخدمات لبني البشر الذين يتزايدون، من خلال إيذاء قليل جدًا لأداء النظام البيئي والكائنات الحية الأخرى التي تشاركنا في الحياة على الكرة الأرضية؟
أحيانًا، لا يمكن الوصول إلى حل جيد بسبب نقص المعرفة وبسبب المصالح الاقتصادية والاجتماعية. حاليًا يستمر إيذاء الطبيعة مع التزايد في تعداد السكان. إضافةً إلى ذلك، يوجد صراعات أخلاقية تنبع من التطبيقات التكنولوجية المختلفة في الزارعة والتي يجب معالجتها ومواجهتها في يومنا هذا، مثلاً: في سنة 2006، تمّ تشريع قانون في إسرائيل يمنع من التسمين غير الإرادي للإوز. وقد أُعِدّ التسمين غير الإرادي لتنمية إوز ذي كبد كبير جدًا (في المطاعم الراقية، يوجد طلب كبير على كبد الإوز). من ناحية واحدة، أشار الأشخاص الذين طالبوا بتشريع هذا القانون إلى أن طريقة التسمين غير الإرادي تؤدي إلى معاناة كبيرة جدًا للإوز، لأنهم يُدخلون أنبوبًا معدنيًا إلى معدتها ويؤذون صحتها. ومن ناحية ثانية، فإنّ هذا القانون يمس بالدخل المادي للمزارعين وبجودة مستوى حياتهم، وهكذا يضطر المزارعون الانتقال إلى تنمية كائنات حية أخرى، وقد يمس ذلك مستوى حياتهم. تنمية الدجاج للتسمين في أقنان ذات كثافة عالية، وتنمية دجاج لوضع البيض في أقفاص، تُثير معارضة كبيرة جدًا بسبب ظروف النمو الصعبة التي تؤدي إلى معاناة الدجاج بشكل كبير جدًا. تساعد الأقفاص على جمع البيض وتغذية الدجاج بشكل سهل جدًا. يمكن أن نجد اليوم في الدكاكين "بيض الحرية"، وهذا البيض تضعه دجاجات لا تعيش مسجونة في أقفاص، بل هي حرة طليقة.

دجاج في الساحة

تلخيص الفصل

1. الزراعة هي نشاط أساسي لتدخُّل الإنسان في الطبيعة. فهي تؤثر على العوامل الأحيائية واللا أحيائية، على العلاقة المتبادلة وعلى تنوع الأنواع في النظام البيئي.
2. أدى كل من وتيرة نمو تعداد السكان والطلب المتزايد على الغذاء إلى تطوير طرق تكنولوجية تزيد من نجاعة الإنتاج الزراعي.
3. الزراعة تزوِّد غذاءً للعدد المتزايد لبني البشر وللحيوانات، كما أنها تزوِّد مُنْتَجات وخدمات مختلفة لراحة الإنسان.
4. من جهة واحدة، تؤدي الزراعة إلى تقليل مساحات الأراضي المطلوبة لنمو غذاء بني البشر، ومن ناحية أخرى، ساعدت الزراعة على استعمال مساحات الأراضي التي اعتُبرت في الماضي "غير خصبة"، وهكذا ازدادت كمية الغذاء العامة الناتجة بشكل كبير جدًا.
5. تعتمد نجاعة الإنتاج الزراعي وزيادته على عدة مبادئ:
   أ. تقليل تأثير عوامل محددة، مثلاً: تنمية المزروعات في الدفيئة التي توجد فيها مراقبة على درجة الحرارة، شدة الإضاءة، كمية وطريقة الري، تزويد الأسمدة وغير ذلك.
   ب. تنظيم اصطناعي لإشارات بيئية محيطة ،مثلاً: النسبة بين ساعات الإضاءة وبين ساعات الظلام التي تؤثر على عمليات التكاثر.
   ج. رعاية وتحسين أصناف من خلال الانتخاب الاصطناعي والهندسة الوراثية.
   د. مراقبة عمليات التطور، النضوج والشيخوخة.
6. تعتمد الزراعة المستديمة على فهم النظام البيئي وفحص تأثير الزراعة عليها. إنَّ تطبيق التكنولوجيا الزراعية بشكل حكيم، سيزودنا باحتياجات هذا الجيل من خلال الحفاظ على النظام البيئي لأجل الأجيال القادمة.
7. أمثلة لإستراتيجيات الزراعة المستديمة:
   - تحسين استغلال المياه من خلال الري بطريقة التنقيط، استعمال مياه مكرّرة والتوقيت الدقيق للري بحسب متطلبات النمو ودورة حياة النبتة.
   - تحسين خصوبة التربة بواسطة: دورة مزروعات، دمج مزروعات وتجويد التربة، من خلال مدورة النفايات الزراعية.
   - تقليص كمية السموم المطلوبة لمكافحة الأعشاب الضارة، الآفات الزراعية والأمراض من خلال المراقبة البيولوجية والهندسة الوراثية.
   - تقليص استعمال مواد السماد الصناعي من خلال زيادة استعمال إفرازات الحيوانات كأسمدة.

مصطلحات مهمة

جعله أليفًا	*زراعة*
انتخاب اصطناعي	*زراعة عضوية*
عامل محدد	*زراعة مكثفة*
سماد	*زراعة مستديمة*
مكافحة بيولوجية	*دورة المزروعات*
مكافحة كيميائية	*مياه مجارٍ مكرّرة*
مكافحة مدمجة	*مياه نظيفة*
هندسة وراثية	*توقيت ضوئي*
طرق الري	*نفايات زراعية، مدورة*
تعقيم بأشعة الشمس	*كومبوست*
تثبيت النيتروجين	*سياحة زراعية*

ملحق
مصطلحات أساسية

ملحق: مصطلحات أساسية

عندما نتعلم موضوع علم البيئة، فإننا نلتقي بمصطلحات كثيرة معروفة لنا من تعلمنا السابق.
في هذا الملحق، سنتعرف على عدة مصطلحات مهمة تظهر خلال تعلمكم فصول علم البيئة المختلفة. نقترح عليكم أن تقرأوا هذا الملحق قبل قراءة الفصول الأخرى، وأن تعودوا لقراءته مرة أخرى خلال تعلمكم المادة.

م 1. المواد، المركبات، العناصر والأيونات

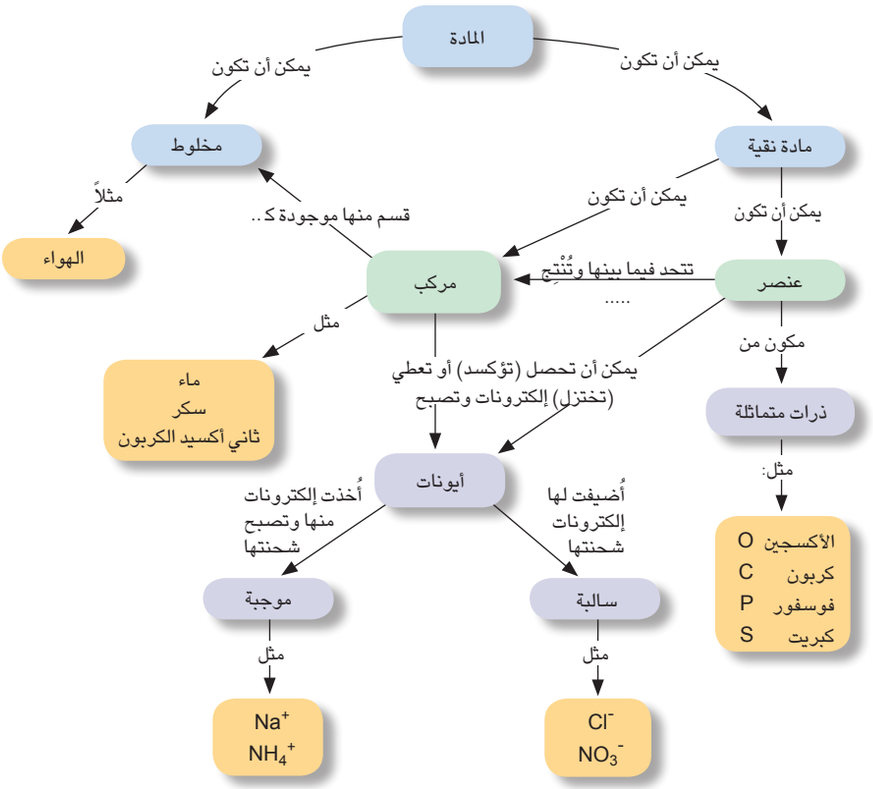
أحد المواضيع التي يبحثها علم البيئة هو **المادة** وطرق مدورتها في الطبيعة.

ماذا نقصد عندما نستعمل مصطلح مادة؟

الكربون هو مادة، والماء هو مادة، لكن الفرق بينهما كبير جدًا.
من الناحية الكيميائية، الكربون هو **عنصر**، والماء هو **مركب** مكون من عنصرين: الأكسجين والهيدروجين. العناصر والمركبات، هي مواد نقية ذات صفات ثابتة غير متعلقة بكمية المادة. أما في الهواء، يوجد أكسجين، لكن الهواء ليس عنصرًا وليس مركبًا، بل **مخلوطًا** من المواد: أكسجين (حوالي 20 %)، نيتروجين (حوالي 79 %)، CO_2 (حوالي 0.04 %) وغازات أخرى بكمية صغيرة.
تُبنى العناصر من "وحدة بناء" أساسية وهي **الذرات**. ولكل ذرة عدة مكونات:

- **الإلكترونات** التي تحمل الشحنة الكهربائية السالبة.
- **البروتونات** التي تحمل الشحنة الكهربائية الموجبة.
- **النيوترونات** التي لا تحمل شحنة كهربائية.

إضافة إلى ذلك، يوجد في الذرة جُسَيْمات لا نبحثها هنا.
مبنى الذرة، هو الذي يحدد الصفات الكيميائية للعناصر وميلها لإنتاج مركبات مع عناصر أخرى. تستطيع الذرات المختلفة أن تخسر (تعطي) إلكترونًا لذرة أخرى، وأن **تختزلها** (تتأكسد بذاتها!)، أو تربح (تأخذ) إلكترونًا، وهذا يعني **تتأكسد** (تختزل ذاتها!)، ونتيجةً لذلك، نحصل على أيونات ذات شحنة كهربائية. يتم تحديد الشحنة الكهربائية للأيون بحسب عدد الإلكترونات التي تنقصه، أو تُضاف له. شحنة أيون الكلور (Cl^-) سالبة وقيمتها 1 –، لأنه يوجد فيه إلكترون إضافي. وشحنة أيون الأمونيوم (NH_4^+) موجبة، لأنه ينقصه إلكترون.
عندما نتحدث عن دورة الكربون، فإن عنصر الكربون في مركز اهتمامنا، على الرغم من أننا، في معظم الدورة، نبحث مركبات كربون تحتوي على عناصر أخرى غير الكربون. سيساعدكم الرسم التخطيطي للمصطلحات (الرسمة م1) على فهم المصطلحات المتعلقة بمصطلح "مادة".



الرسمة م1: الرسم التخطيطي للمصطلح مادة

مصطلحات: تأكسد اختزال

تتم عمليتا التأكسد والاختزال معًا، لذا عندما يؤكسد مركب معين مركبًا آخر، فإنه يختزل ذاته. يمكن أن تتم عمليتا التأكسد والاختزال بإحدى الطرق الآتية: الحصول أو خسارة إلكترون، الحصول أو خسارة أكسجين، الحصول أو خسارة هيدروجين (جدول م – 1). العمليتان المهمتان في النظام البيئي، هما عمليتا التأكسد والاختزال: عملية ***التركيب الضوئي****، هي عملية* ***اختزال*** CO_2 *بمساعدة هيدروجين من جزيء الماء* H_2O ***والتنفس الخلوي*** *هو عملية* ***تأكسد*** *للكربوهيدرات الذي فيه تُبعد (تخسر) هيدروجينات من جزيء عضوي، وترتبط بالأكسجين (من الهواء) ويَنْتُج ماء (ماء أيضي).*

جدول م – 1: ماذا يحدث في التأكسد والاختزال؟

مادة تتأكسد وتختزل مادة أخرى	مادة تُختزل وتؤكسد مادة أخرى
يحصل على أكسجين	يخسر أكسجين
يخسر هيدروجين	يربح هيدروجين
يخسر الكترون / الكترونات	يربح الكترون / الكترونات

المختزل هو الذي يُعطي الأزهار دائمًا ..... (e^-)

م 2. المادة العضوية

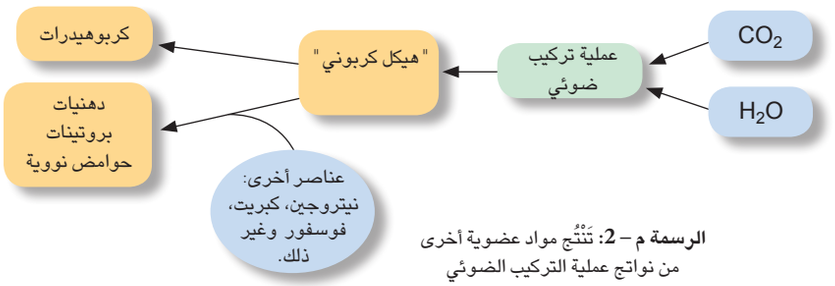
حُدِّد المصطلح **مادة عضوية** في الفترة التي اعتقدوا فيها أن هناك مواد تَنْتُج في أعضاء وأجسام الكائنات الحية فقط، وقد سُميت هذه المواد "عضوية". في سنة 1828، نجح الكيميائي وولير في بناء مادة اليوريا من مواد غير عضوية في ظروف المختبر، ومنذ ذلك الحين، بُنيت مواد "عضوية" كثيرة. وأصبح من الواضح اليوم، أنه على الرغم من أن المادة العضوية، يتم بناؤها في الطبيعة، من خلال نشاط كائنات حية، إلا أنه يمكن بناء مواد عضوية في المختبر خارج جسم الكائن الحي.

العلم الذي يبحث هذه المركبات نسميه "كيمياء عضوية"، ونعطيه اسمًا آخر وهو "كيمياء مركبات الكربون". معظم مركبات الكربون، هي مركبات عضوية. ومن بين مركبات الكربون غير العضوية، نذكر ما يلي: ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، أول أكسيد الكربون (CO) حامض الكربونيك (H_2CO_3).

ما الذي يُميّز المركبات العضوية؟

1. المركبات العضوية هي نواتج مباشرة وغير مباشرة لعملية التركيب الضوئي

تَنْتُج معظم المواد في الطبيعة، من خلال عملية **التركيب الضوئي**، من مادتين عضويتين وهما ثاني أكسيد الكربون والماء. السكريات البسيطة التي تَنْتُج خلال عملية التركيب الضوئي، هي "هيكل" كربوني نبني منه مواد عضوية أخرى، مثل: الكربوهيدرات، الدهنيات البروتينات والحوامض النووية (الرسمة م – 2).



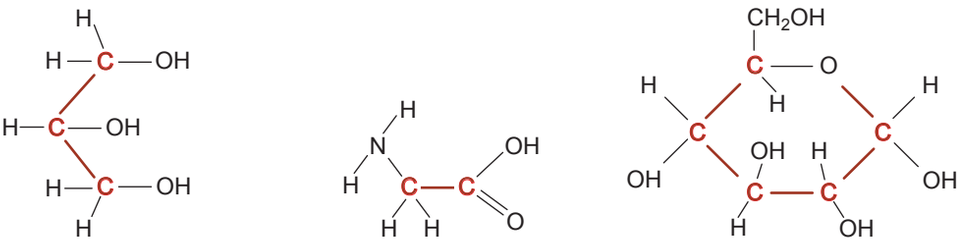
الرسمة م – 2: تَنْتُج مواد عضوية أخرى من نواتج عملية التركيب الضوئي

2. إضافةً إلى الكربون، تحتوي المواد العضوية على عناصر أخرى

المركبات العضوية الشائعة هي: الكربوهيدرات، الدهنيات والبروتينات، وهي تحتوي (إضافةً إلى الكربون) على هيدروجين وأكسجين أيضًا. يوجد مركبات عضوية، تشمل هذه العناصر الثلاثة، وإضافةً إلى ذلك، فإنها تشمل عناصر أخرى، مثل: الفوسفور، النيتروجين، الكبريت الحديد والمغنيسيوم. الحوامض الأمينية التي تبني البروتينات تشمل في داخلها النيتروجين أيضًا.

3. المركبات العضوية متنوعة

تستطيع ذرة الكربون أن ترتبط بأربع ذرات أخرى، من بينها ذرات كربون إضافية. هذه الصفة لذرة الكربون، تُتيح إنتاج سلاسل من ذرات الكربون بأطوال مختلفة. وتتفرع هذه السلاسل بطرق مختلفة، ومن هنا يأتي التنوع الكبير للمركبات العضوية (الرسمة م – 3).



كربوهيدرات: أُحادي السكر — **حامض أميني**: جليسين — **جزء من جزيء دهن**: جليسيرول

الرسمة م – 3: صيغ بنائية لعدة مواد عضوية

4. مركبات الكربون هي مصدر الطاقة

مركبات الكربون العضوية، هي مصدر **الطاقة الكيميائية** للكائنات الحية (انظروا الجدول ج – 1، صفحة 78). إنَّ تأكسد المواد العضوية في الخلايا خلال عملية **التنفس الخلوي** أو **التخمر**، يزوِّد الطاقة الكيميائية المتوافرة (على شكل جزيء ATP) لكل نشاطات الخلية، مثل: بناء مواد، حركة، نقل أيونات ومواد عكس منحدر التراكيز، إنتاج ضوء (يراعات)، نقل محفِّز عصبي وغير ذلك.

م3. الغذاء

الكلمة **غذاء** معروفة لجميعنا من حياتنا اليومية، والغذاء هو الشيء الذي نحصل عليه من البيئة المحيطة، نشتريه من الدكان، نأكله ويُستغل لنمو وإنتاج الطاقة.

في إطار تعلُّم علم البيئة، ورد مصطلح غذاء ضمن المصطلحات الآتية: **سلسة غذاء وشبكة غذائية**.
يمكن تعريف المصطلح "غذاء" بطريقتين: تعريف ضيق وتعريف واسع (الرسمة م– 4).

تعريف **واسع**	تعريف **ضيق**
الغذاء هو **كل مادة** تُستخدم كمصدر للمواد التي يُبنى منها الجسم وكمصدر لإنتاج الطاقة، مثل: المركبات العضوية، الماء، العناصر ومركبات غير عضوية (أملاح معدنية).	الغذاء هو **مركبات كربون** عضوية تُستعمل كمصدر للمواد لبناء الجسم ولإنتاج الطاقة.

الرسمة م – 4: ماذا يشمل التعريف الضيق (الإطار الداخلي)؟ وماذا يشمل التعريف الواسع (الإطار الداخلي والخارجي)؟

ما هو غذاء النباتات؟ هل الأملاح المعدنية وثاني أكسيد الكربون CO_2 هي غذاء للنبات؟

النبات (ومثله بكتيريا معينة) هو **ذاتي التغذية**، وهذا يعني أنه يُنْتِج بذاته مركبات كربون عضوية من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وماء، يستوعبهما من البيئة المحيطة. نقول عادةً: "النبات يُنْتِج غذاءه". كما أنه من المعروف أننا نستطيع تنمية نباتات في محلول أملاح معدنية مختلفة نسمّيها "محلول غذاء". إذا كان الأمر كذلك، فما هو "غذاء" النباتات؟ تتميز النباتات بأنها تُنْتِج المركبات العضوية بذاتها، لكنها تستوعب باقي المواد من البيئة المحيطة. ومن هنا ينبع:

بحسب التعريف الضيق: أن النباتات وباقي الكائنات الحية الذاتية التغذية تُنْتِج **غذاءها**.

بحسب التعريف الواسع: أن النباتات وباقي الكائنات الحية الذاتية التغذية تُنْتِج **جزءًا من الغذاء** الذي تحتاجه (كربوهيدرات)، أما باقي المواد التي تحتاجها كالماء والأملاح المعدنية، فإنها تستوعبها من البيئة المحيطة (الرسمة ج – 3، صفحة 76).

يتطرق المصطلح "غذاء" – الذي يظهر في سلسلة التغذية – إلى الكائن الحي الكامل، أو إلى جزء من الكائن الحي الذي يأكله المفتَرِس، أو تُحلِّله المحلِّلات.

لكي نمنع البلبلة، فإننا نتطرق في هذا الكتاب إلى مصطلح "غذاء" بمعناه الواسع: **مجموع المواد التي تُستعمل كمصدر للمواد التي تبني الجسم ولإنتاج الطاقة.**

عرضنا هنا المعاني المختلفة لمصطلح غذاء، لكي تنتبهوا أن هذا المصطلح يظهر في الكتب وفي السياقات المختلفة بطرق مختلفة أيضًا، ومن المهم أن توضحوا في كل حالة القصد من ذلك: هل القصد المواد العضوية التي تزوِّد الطاقة أم جميع المواد التي يحتاجها الكائن الحي؟ وهل القصد الكائن الحي بأكمله أم جزء منه؟

م4. الطاقة

المصطلح طاقة، هو مصطلح مهم جدًا لفهم العمليات التي تحدث في مستويات التنظيم في الطبيعة، وذلك ابتداءً من الخلية حتى النظام البيئي. على الرغم من ذلك، من الصعب شرح وفهم مصطلح الطاقة.

تحتاج الكائنات الحية إلى طاقة، لكي تُنفِّذ نشاطات الحياة المختلفة، مثل:

- الحركة.
- بناء مواد وتحليلها.
- نقل مواد من مكان إلى آخر عكس منحدر التراكيز.
- إشعاع الضوء (مثلاً: يراعات).
- نقل معلومات كهربائية في الأعصاب.

ما هي الطاقة؟

على الرغم من الأهمية الكبرى لمصطلح **الطاقة**، لا يتفق الجميع على الطريقة المناسبة لتعريف الطاقة، ولا يرون أن هناك حاجة للتعريف.

على الرغم من أن هناك صعوبة في الاتفاق على تعريف الطاقة، إلا أننا سنعرِّف الطاقة بالطريقة الآتية:

الطاقة هي عبارة عن صفة نظام أو جسم مادي** (بالضبط كما أن الكتلة هي صفة له)، **وهي تعبِّر عن قدرة كل واحد منهما على تنفيذ عمل في بيئة محيطة معطاة و/أو نقل حرارة.

الطاقة هي أيضًا صفة لأنواع الإشعاع المختلفة كأشعة الضوء التي تصلنا من الشمس.
تتغيّر الطاقة عندما يحدث تغيُّر معين، مثلاً: عندما تتدفق المياه في شلال، يتغيّر نوع طاقتها. وعندما نرفع كتابًا من سطح الأرض ونضعه على الطاولة، فإننا نُكسب الكتاب طاقة. فيما بعد سنتوسع في الجوانب المختلفة لمصطلح الطاقة، لكي نفهمه في سياق الأنظمة البيولوجية.

أنواع الطاقة

إحدى الطرق التي تساعدنا على فهم مصطلح الطاقة، هي تنظيم المعرفة الموجودة لدينا بفئات معرّفة. الفئتان الأساسيتان للطاقة هما:

أ. الطاقة الحركية (طاقة الحركة)
ب. الطاقة الوضعية (الكامنة)

الطاقة الحركية

الطاقة الحركية، هي صفة جسم في حركة، مثل: مياه تتدفق في شلال، سيارة تتحرك على شارع، إلكترون يتحرك في سلك نحاس أو جزيء غاز يتحرك في الفراغ، إضافةً إلى حركة الأجسام الكبيرة التي من السهل أن نميّزها، فالحرارة والضوء هما نوعان من الطاقة الحركية. الحرارة هي تعبير عن حركة الجزيئات، والضوء يَنْتُج بسبب حركة الإلكترونات في الذرة، وفي أعقاب ذلك تُطلق – من الذرة – جُسَيْمات ضوء تحمل طاقة، نسميها فوتونات (photon).
في ظروف معينة، تُتيح الطاقة الحركية تنفيذ عمل، مثلاً: تقوم حركة المياه في الشلال بتشغيل طوربينا (دولاب) لإنتاج الطاقة، الرياح (حركة الهواء) تحرك طوربينة الرياح لإنتاج طاقة والضوء الذي يصطدم بجزيء كلوروفيل، يؤدي إلى تغيُّرات كيميائية لبداية عملية التركيب الضوئي.

الطاقة الوضعية الكامنة

هذا نوع من الطاقة التي يمكن تخزينها لمدة معينة، وأحيانًا يمكن نقل الطاقة المخزونة من مكان إلى آخر.
إنّ خزن الطاقة كطاقة كامنة متعلق بالتغلب (عملية عكسية) على إحدى القوتين:
قوة الجذب للكرة الأرضية والقوة الكهربائية كالقوى الموجودة بين جُسَيْمات الذرة، أو بين الذرات والجزيئات.
بحسب القوة المضادة، يوجد نوعان من الطاقة الوضعية:

1. طاقة وضعية على ارتفاع

إنّ رفع الماء إلى أعلى قمة برج الماء، يتم من خلال التغلب على قوة الجذب للكرة الأرضية، وهو يُكسب الماء طاقة وضعية على ارتفاع. لكي نرفع الماء، يجب أن نبذل طاقة: يمكن الاستعانة بمضخة (طاقة كهربائية) أو الاستعانة بأشخاص، لكي يرفعوا الماء (طاقة كيميائية). وبعد ذلك، يمكن تحويل طاقة الارتفاع إلى طاقة حركية عندما تتدفق المياه على المنحدر. وكلما كان الجسم على ارتفاع أعلى، فإنّ طاقته الوضعية تكون أعلى.

2. الطاقة الوضعية الكيميائية

قوة الجذب بين ذرات وجزيئات، وقوة الجذب بين أجزاء الذرة كالنواة والإلكترونات، هي قوى كهربائية، التغيُّر الكيميائي كإنتاج السكر من عناصر مختلفة، هو تغيُّر يحدث في أعقاب التغلب على القوة الكهربائية. مركبات الكربون التي تَنْتُج خلال عملية التركيب الضوئي، أو الموجودة في غذائنا، توجد فيها طاقة كيميائية كامنة. وهذا هو مصدر الطاقة لنشاطات الكائنات الحية. توجد أفضلية للطاقة الكيميائية: يمكن نقلها من مكان إلى آخر، وتخزينها واستعمالها في وقت متأخر. النفط على سبيل المثال، توجد فيه طاقة كيميائية كامنة، وقد خُزِّنت في فترات قديمة جدًا، حيث يستعملها الإنسان اليوم. وكذلك الأمر بالنسبة للمواد الغذائية التي تنمو في مكان معين، وتُنقل إلى مكان آخر، ومن دولة إلى أخرى، وهي تُستعمل لتغذية بني البشر في أماكن بعيدة عن مكان نموها.

■ تحوُّل (انتقال) الطاقة

يمكن أن يتغيّر نوع الطاقة. في السيارة التي تسير، تتغيّر الطاقة الكيميائية الموجودة في الوقود إلى طاقة حركية (حركة) وحرارة. في النبتة التي تنمو في الضوء، تتحول الطاقة الضوئية (الطاقة الحركية) إلى طاقة كيميائية. تغيُّر نوع الطاقة نسمِّيه "تحول" أو "انتقال".

قوانين الطبيعة المتعلقة بالطاقة

يمكن شرح جميع الظواهر المتعلقة بالطاقة كنقلها وتحولاتها المختلفة بمساعدة قوانين الثيرموديناميكا، وهي قوانين ليست سهلة للفهم، لكن من المهم التعرُّف عليها.

القانون الأول (نسميه "قانون حفظ الطاقة" أيضًا)
الطاقة لا تَنْتُج من لا شيء ولا تُفنى
وهذا يعني: تُحفظ كمية الطاقة في نظام منعزل وتتم فيه عمليات تحول الطاقة ويتغيّر فيه نوع الطاقة.

القانون الثاني:
في كل تغيُّر نوع طاقة إلى نوع آخر، فإنّ قسمًا من الطاقة يتغيّر إلى نوع طاقة نسمّيه "حرارة". والحرارة هي نوع من أنواع الطاقة التي لا يمكن تحويلها إلى نوع آخر من الطاقة بشكل كامل، لذا لا يتوافر كلها لتنفيذ التغيُّر *(مثلاً: الحركة).*

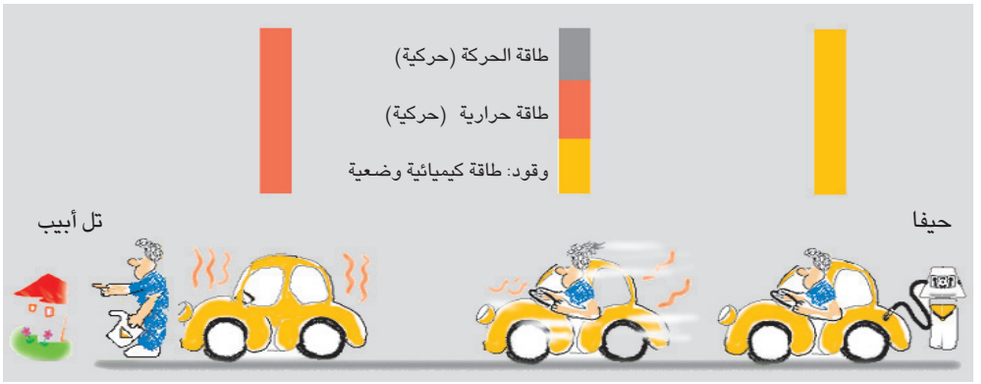
لماذا من الصعب فهم هذه القوانين؟

إذا فكرنا على سبيل المثال في القانون الأول "قانون حفظ الطاقة"، فإننا نجد أن هناك تناقضًا كبيرًا بينه وبين تجربتنا في الحياة اليومية: ينتهي الوقود في سيارتنا، تفرغ البطارية وتحتاج الحيوانات إلى تزويد مستمر في المركبات العضوية، في غذائها كمصدر للطاقة. إذن، أين يوجد حفظ للطاقة هنا؟
لكي نفهم حفظ الطاقة، يجب أن نفحص التغيُّرات التي ترافق استعمال الطاقة في نظام منعزل **وكامل** وليس في جزء منه فقط.

مثال آخر، هو استغلال مواد الغذاء في الجسم:
بعد أن تتحلل المواد في الجهاز الهضمي، تنتقل نواتج التحليل بواسطة الدم إلى الخلايا، وهناك تتأكسد بعملية التنفس الخلوي. يتم استخراج الطاقة الكيميائية في عملية التنفس (كATP)، وهي تُتيح تنفيذ عمليات الحياة المختلفة، وفي نهاية الأمر تُطلق كحرارة إلى البيئة المحيطة (لكنها لا تُفنى). ونتيجةً لنشاط الإنسان فقد ارتفعت درجة حرارة البيئة المحيطة. في هذا المثال، النظام الكامل هو الإنسان والبيئة المحيطة (الرسمة م – 5).

الرسمة م – 5: حفظ الطاقة في النظام: تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حركة وإلى طاقة حرارية.

يحدث شيء شبيه، خلال سفر سيارة. الوقود الذي هو مصدر طاقة حركة السيارة، ينتهي مع مرور الوقت ومع سفر السيارة، لكن في نفس الوقت، تسخن السيارة وأجزاؤها والبيئة المحيطة أيضًا. تحوّل قسم من طاقة الوقود إلى طاقة حركة للسيارة، وتحول معظمها إلى حرارة منبعثة إلى البيئة المحيطة (الرسمة م– 6).



الرسمة م – 6: رسم تخطيطي لقوانين الثيرموديناميكا: حفظ الطاقة وتحوُّلها في السيارة المسافرة

التغيُّرات التي تحدث في البيئة المحيطة، مثلاً: ارتفاع درجة الحرارة نتيجةً لانبعاث الحرارة من السيارة التي تتحرك أو من الشخص الذي يقوم بنشاط رياضي، هي أقل بروزًا من التغيُّرات الأخرى التي وصفناها: حركة السيارة أو حركة الرياضيين.
من الصعب تمييز التغيُّرات التي تطرأ في البيئة المحيطة، لكنها تحدث، ولو قسنا جميع التغيُّرات في نظام منعزل لوجدنا أن **الطاقة تُحفظ.**

هل "تَنْتُج" الطاقة؟

يُستعمل المصطلح "إنتاج" لوصف عملية يَنْتُج فيها شيء جديد (مثلاً: إنتاج فني) لم يكن من قبل. أما بالنسبة للطاقة فالوضع يختلف. يمكن أن يتغيّر نوع الطاقة، لكن الطاقة لا تَنْتُج من جديد ولا تُفنى، لذا من الأصح أن نُسمي العمليات التي تزوّدنا بالطاقة كعمليات **استخراج** الطاقة. لذا ضخ النفط من باطن الأرض هو **استخراج** النفط، والتنفس في الخلية هو عملية بيوكيمائية فيها **نستخرج** طاقة كيميائية (ATP).
لذا استعمال كلمة "إنتاج" في سياق الطاقة يتناقض مع القانون الأول.

القانون الثاني للثيرموديناميكا، يوجد له انعكاس مهم جدًا على الحياة في الكون: تحويل جزء من الطاقة إلى حرارة (لا يمكن استغلالها بشكل كامل)، معناه أننا بحاجة إلى تزويد طاقة بشكل مستمر للحفاظ على بقاء الحياة. وهنا يوجد تناقض: من ناحية واحدة، يدعي القانون الأول أن الطاقة تُحفظ، ومن ناحية ثانية، وحسب القانون الثاني، فإننا بحاجة إلى تزويد الطاقة بشكل مستمر! تنبع هذه المشكلة من صفات نوع الطاقة التي نسميها حرارة، لذا يجب أن نكرس لذلك شرحًا منفردًا.

ما هي الحرارة؟

الحرارة هي نوع من أنواع الطاقة الحركية، وهي طاقة حركية للجزيئات. في كل عملية تحويل طاقة، يُستغل قسم من الطاقة لرفع حركة الجزيئات.

والحرارة هي نوع من الطاقة الموصوفة كعشوائية، مبعثرة وغير منتظمة. لا توجد إمكانية لتحويل طاقة حرارية إلى نوع آخر من الطاقة بشكل كامل، لذا لا يمكن استغلال كل الطاقة، لكي نُنفِّذ تغيُّرات أو عملاً. وفي نهاية الأمر، تنتشر الطاقة الحرارية في الفضاء (لكنها لا تُفنى).

فيما يلي مثال من حياتنا اليومية لتوضيح الموضوع:

قمنا بتسخين ماء لتحضير قهوة. بعد فترة من الزمن، بَرَدَ الماء. انتقلت طاقة حرارية من الماء إلى البيئة المحيطة التي سخنت (حُفظت الطاقة!). لكننا لا نستطيع استغلال الحرارة – التي انتقلت إلى البيئة المحيطة – مرةً أخرى لتسخين الماء. ولكي نُسخِّن الماء مرةً أخرى، ويصبح مناسبًا لتحضير القهوة، يجب علينا أن نبذل طاقة إضافية.

يجب التذكر أنه يمكننا تحويل كل نوع من أنواع الطاقة إلى حرارة، لكن العملية العكسية غير ممكنة: يمكن تحويل الحرارة إلى نوع آخر من الطاقة **بشكل جزئي** فقط، ولا توجد إمكانية لتحويل الحرارة **كلها** إلى نوع آخر من الطاقة.

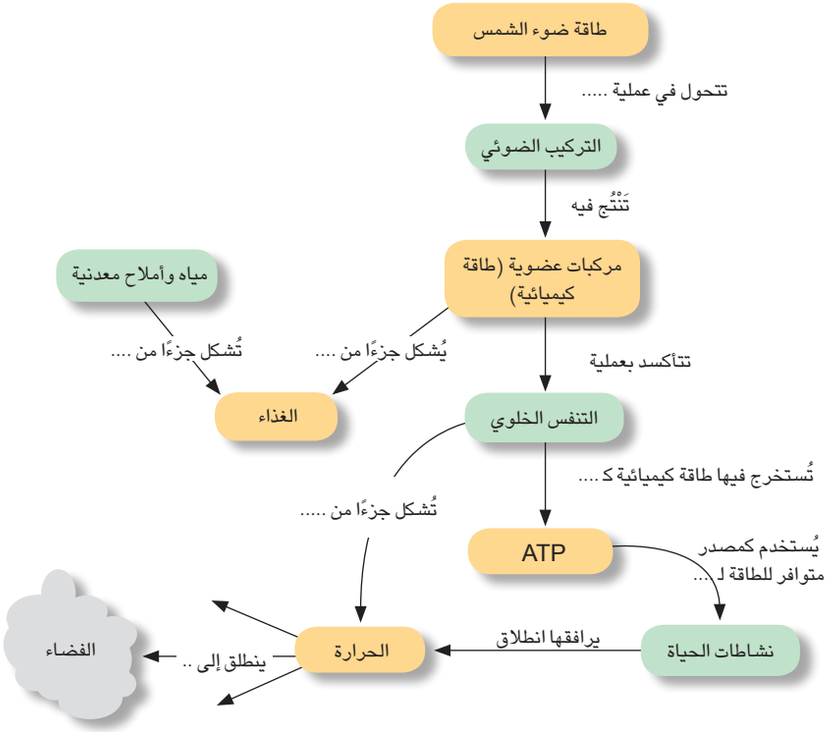
الطاقة في النظام البيئي

طاقة ضوء الشمس، هي التي تُحرك معظم عمليات الحياة في الكون. توجد أفضلية كبيرة لإمكانية تحويل طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية خلال عملية التركيب الضوئي. يمكن خزن ونقل الطاقة الكيميائية (مثلاً: مركبات عضوية في الغذاء والنفط)، وهذا يعني أنه يمكن استعمالها في **زمن** آخر وفي **مكان** آخر.

يمكن إجراء مقارنة مع استعمال آخر للطاقة الشمسية – تسخين الماء في السخان الشمسي.

في هذه الحالة، تسخين المياه (ازدياد الطاقة الحركية لجزيئات الماء) في الجسم المستوعب في السخان الشمسي، لا يستطيع أن يحافظ على حرارة الماء لمدة طويلة، ونقلها من مكان إلى آخر غير ناجع.

يصف الرسم التخطيطي للمصطلحات في الرسمة م – 7 تحولات الطاقة الأساسية الموصوفة في هذا الكتاب. انتبهوا إلى الاتجاه الأُحادي لانتقال الطاقة: من ضوء الشمس وحتى الحرارة المنتشرة في الفضاء.



الرسمة م– 7: خريطة مصطلحات: تحولات الطاقة في الطبيعة: تظهر أشكال الطاقة المختلفة في الأُطر البرتقالية.

مصطلحات مهمة

طاقة (كيميائية، ضوئية، حرارية)
مادة عضوية
غذاء
تنفس خلوي
تركيب ضوئي
ATP

قاموس المصطلحات

المصطلح البارز الذي يظهر في التعريف، يظهر أيضًا كمصطلح في القاموس.

اتزان بدني – הומאוסטאזיס – (homeostasis)
قدرة الكائن الحي الحفاظ على **بيئة داخلية** ثابتة تختلف عن ظروف البيئة المحيطة الخارجية. مثال: تنظيم درجة الحرارة عند كائن حي **درجة حرارته ثابتة**.

التضاد الحيوي – אללופתיה – (allelopathy)
تثبيط نمو وتطور نباتات من خلال مواد تُنْتِجها وتفرزها نباتات مجاورة إلى البيئة المحيطة.
(انظروا أيضًا إلى: **تنافس تشويش**).

أحيائي، عامل – انظروا أيضًا: **عامل أحيائي**.

إدخال/غزو أنواع – הכנסת/פלישת מינים – (introduction, invasion)
يقوم الإنسان بنشر (موجّه أو غير موجّه) نوع معين، حيث يتأسس وينتشر هذا النوع في منطقة خارج مكانه الطبيعي/ الأصلي/التاريخي (انظروا أيضًا: **نوع غازٍ**)

الاستدامة: انظروا أيضًا: تطوير مستديم.

اسموزا (تنافذ) –אוסמוזה – (osmosis)
انتشار جزيئات ماء عبر غشاء اختياري كرد فعل لمنحدر ضغط و/أو منحدر تراكيز.

إشارة (محفز) من البيئة المحيطة – انظروا أيضًا: ضوء

افتراس– انظروا أيضًا: مفترس.

إنبات – נביטה - (germination)
بداية النشاط الأيضي ونمو جنين النبتة وخروج الجذير من قشرة البذرة. عملية الإنبات يسبقها استيعاب ماء بكميات كبيرة جدًا، حيث تكون أكبر من كمية عتبة معينة.

أوزون – אוזון – (ozone)
جزيء يَنْتُج من ثلاث ذرات أكسجين (O_3)، وهو موجود في الغلاف الجوي في طبقة الستراتوسفيرا، ويقلل من دخول الأشعة فوق البنفسجية (الضارة) التي تصلنا من الشمس إلى الكرة الأرضية. تتضرر طبقة الأوزون (يتناقص الأوزون أو "ثُقب في الأوزون") بسبب ملوثات في الغلاف الجوي تؤدي إلى ازدياد دخول الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الكرة الأرضية.

ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية – انظروا أيضًا: **تغيُّر في المناخ**.

انتخاب اصطناعي – ברירה מלאכותית – (artificial selection)
يُنفِّذه الإنسان، لكي يطور أصناف نباتات وحيوانات ذات صفات مرغوبة للمزارع. يمنع المزارعون تكاثر الأفراد التي تنقصها هذه الصفات (انظروا أيضًا: انتخاب طبيعي، جعله أليفًا، تأقلم).

انتخاب طبيعي – ברירה טבעית – (natural selection)
عملية تُحدد المساهمة النسبية لأفراد في العشيرة للجيل القادم. والأفراد الأكثر ملاءمة، هي التي تستطيع أن تُنجب نسلاً أكثر. وفي أعقاب ذلك، تزداد في العشيرة تكرارية الأفراد ذوي الصفات الوراثية التي تُكسب ملاءمة للبيئة المحيطة (انظروا أيضًا: **النشوء والارتقاء، الانتخاب الاصطناعي، الملاءمة، التباين**).

انتشار (توزيع) – תפוצה – (disrtibution)
انتشار الأنواع في منطقة معينة أو على سطح الكرة الأرضية (انظروا أيضًا ثراء).

انتشار جسيمات – דיפוזיה – (diffusion)
حركة ذاتية (تلقائية)، عشوائية لجسيمات، ونتيجة لذلك تنتشر في الفراغ (الحيز) (انظروا أيضًا: **اسموزا**)

انقراض – הכחדה – (extinction)
هو عملية، في نهايتها يختفي نوع معين عن سطح الكرة الأرضية بشكل تام.

أيضية – انظروا أيضًا: تبادل مواد.

بنية (نسيج) التربة – מרקם הקרקע - (soil texture)
النسبة الكمية بين جُسَيْمات التربة (الرمل، الصلصال والسيلت) بحسب كبرها.

بيئة محيطة – סביבה - (environment)
مجموع **العوامل الأحيائية واللا أحيائية** في البيئة المحيطة التي يعيش فيها الكائن الحي، حيث يقوم الكائن الحي معها بعلاقات متبادلة مختلفة.

بيئة داخلية – סביבה פנימית
في الكائن الحي: هي البيئة الموجودة داخل الخلايا وبيئة المواد موجودة خارج الخلايا، بما في ذلك سائل الدم وسائل الليمفا. تختلف البيئة الداخلية عن البيئة الخارجية ، حيث تُحفظ مميزات البيئة الداخلية ثابتة (انظروا أيضًا: **الاتزان البدني**).

بيت تنمية (موطن) – בית גידול – (habitat)
المكان (مثل: جذع شجرة، مستنقع، "تحت الحجر") الذي يعيش فيه حيوان أو نبات (انظروا أيضًا: نظام بيئي).

بيوما – **ביומה** – (biome)
فئة واسعة من **المجتمع** الذي يتميّز بشكل معين للمنظر النباتي (الذي يعطيه الاسم) وبأشكال معينة من الكائنات الحية التي ترافقها.

تأثير الدفيئة – **אפקט החממה** – (greenhouse effect)
تنحبس الطاقة الحرارية المنعكسة عن الكرة الأرضية في الغلاف الجوي. يؤدي تأثير الدفيئة إلى إنتاج ظروف درجة حرارة سهلة للحياة على سطح الكرة الأرضية. يزداد على ما يبدو تأثير الدفيئة بسبب ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون وبسبب ارتفاع تركيز ملوثات أخرى في الغلاف الجوي (انظروا أيضًا: **غاز الدفيئة، تغيُّر المناخ**).

تأقلم – **אקלום** – (acclimation)
تغيُّر منعكس في الشكل الخارجي أو في فسيولوجيا الكائن الحي كرد فعل للتغيُّر في البيئة المحيطة. في الزراعة، يشمل التأقلم عملية **الانتخاب الاصطناعي** (انظروا أيضًا: جعله أليفًا، تكيُّف).

تبادل غازات – انظروا أيضًا: تنفس.

تبادل مواد (عمليات أيضية) – **חילוף חומרים** – (מטבוליזם, metabolism)
جميع العمليات الكيميائية التي تتم في الخلايا. وهذه العمليات تشمل بناء وتحليل مركبات عضوية.

تباين – **שונות** – (variation)
جميع الفروق (الوراثية– الطراز الشكلي) بين الأفراد في **العشيرة**. التباين في العشيرة، هو "**المادة الخام**" **للانتخاب الطبيعي وللانتخاب الاصطناعي**.

تثبيت نيتروجين – انظروا أيضًا: نيتروجين، تثبيت.

تحوُّل طاقة – **המרת אנרגיה**
تغيُّر في نوع (شكل) الطاقة، مثلاً: من طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية (انظروا أيضًا: **تدفق الطاقة**)

تدفق الطاقة – **זרימת אנרגיה** – (energy flow)
مجموع العمليات التي بواسطتها تنتقل الطاقة بين الكائنات الحية في **الشبكة الغذائية** وبين الكائنات الحية وبين بيئتها المحيطة.

التربة – **קרקע** – (soil)
ناتج تفتت ميكانيكي وكيميائي لصخور ولنشاطات كائنات حية. تُستعمل التربة كوسط لنمو الكائنات الحية التي تعيش في اليابسة.

ترحال – **נדידה** - (migration)
حركة موسمية لعشيرة من مكان تعيش فيه الأفراد إلى مكان آخر والعودة إلى المكان الأصلي.

تسميد – **דישון** – (fertilization)
إضافة مواد غذائية للنبتة: وهي عبارة عن أملاح وعناصر تذوب في الماء ومتوافرة للنبتة، أو مواد عضوية. العناصر الأساسية التي نضيفها إلى السماد الكيماوي هي: النيتروجين، الفوسفور والبوتاسيوم (انظروا أيضًا: **الزبل العضوي**، **الكومبوست**).

التطور المستديم – **פיתוח בר – קיימא** – (sustainable development)
تطور اقتصادي يُلبي احتياجات ورغبات الجيل الحالي، دون أن يمس بقدرة تلبية نفس الاحتياجات ورغبات الأجيال القادمة. (انظروا أيضًا: **الزراعة المستديمة**).

تعاقب –**סוקצסיה** – (succession)
عملية تبديل في مكونات المجتمع في بيت التنمية، حيث يقوم مجتمع معين بتبديل مجتمع آخر في أعقاب التغيُّرات التي تحدث في بيت التنمية بسبب تأثير الأنواع التي تكوِّن المجتمع. يتم التعاقب الأولي في صخرة، أو في أرض بور. أما التعاقب الثانوي، فإنه يتم في بيت التنمية الذي كانت فيه حياة في السابق، لكن حدث تشويش على المجتمع أو دُمر.

تعايش – انظروا أيضًا: تكافل.

تعايش – **קומנסליזם** – (commensalism)
علاقة متبادلة من نوع **مشاركة** بين كائنين حيين من نوعين مختلفين، حيث يستفيد أحد المشاركين والثاني لا يتضرر، ولا يستفيد من المشاركة (انظروا أيضًا: **علاقة متبادلة**).

تعقيم حراري (شمسي) – **חיטוי סולרי**
مكافحة آفات زراعية ضارة من خلال تغطية التربة بقِطع من البولي اثلين الشفاف. تبتلع التربة أشعة الشمس، وترتفع درجة حرارتها، مما يؤدي ذلك إلى موت الكائنات الحية الضارة.

تغذية – **הזנה** – (feeding)
عملية من خلالها يحصل الكائن الحي على غذاء، ويقوم بمعالجته وباستغلاله (انظروا أيضًا: **ذاتي التغذية، غير ذاتي التغذية**).

تطفل – **טפילות** – (parasitism)
نوع من أنواع حياة المشاركة، والمتطفل هو كائن حي يعيش على جسم أو داخل كائن حي آخر – **العائل**. ويتغذى المتطفل على العائل، ويستفيد منه ويضره عادةً، دون أن يؤدي إلى موته.

تغيُّر المناخ – **שינוי אקלימי** – (global warming)
ارتفاع درجة الحرارة العالمية ("تسخين الكرة الأرضية")، وهو يحدث على ما يبدو بسبب ارتفاع تركيز **غازات الدفيئة** (CO_2، ميثان وغير ذلك) في **الغلاف الجوي** (انظروا أيضًا: **تأثير الدفيئة**).

تكافل – **הדדיות** – (מוטואליזם, mutualism)
علاقة متبادلة من نوع مشاركة بين نوعين مفيدين، حيث يفيد الواحد منهما الآخر. مثال: العلاقة المتبادلة بين فطر وطحلب في الأشنات، أو بين نبتة وحشرة تقوم بتلقيحها (انظروا أيضًا إلى: التعايش).

تمنطق (منطقة نفوذ) – **טריטוריאליות** – (territoriality)
هي عبارة عن حالة، يُحدد فيها كائن حي أو مجموعة من الكائنات الحية مساحة معينة، وهي تحميها من دخول أفراد أخرى من نفس النوع (انظروا أيضًا: **تنافس تشويش**).

تكيُّف – **הסתגלות** – (acclimation)
تغيُّر منعكس في الشكل الخارجي أو في فسيولوجيا الكائن الحي كرد فعل لتغيُّر ظروف البيئة المحيطة (انظروا أيضًا: **ملاءمة، تأقلم**).

تنافس – **תחרות** – (competition)
علاقة متبادلة سلبية بين فردين، أو أكثر تحتاج إلى نفس **المورد** (مثلاً: غذاء أو منطقة للعيش فيها). يوجد تنافس بين أفراد من نفس النوع (تنافس في العشيرة) وتنافس بين أفراد من عشائر مختلفة (تنافس بين الأنواع).

تنافس استغلال – **תחרות ניצול** – (exploitation)
التنافس الذي فيه التأثير الضار لأحد المتنافسين على الآخر ينبع من استعمال **المورد** (غذاء أو مكان العيش) الذي يؤدي إلى انخفاض في توافره.

تنافس تشويش – **תחרות הפרעה** – (interference)
تشوش الأفراد على بعضها بشكل فيزيائي، لكي تحصل على **المورد** الذي تتنافس عليه (انظروا أيضًا: **التضاد الحيوي، السيطرة على مكان معين**).

تناقص الأوزون – انظروا أيضًا الأوزون.

تنفس (تبادل غازات) – **נשימה - (חילוף גזים,** breathing)
عملية تحدث في الكائن الحي، لكي يتم تبادل غازات مع البيئة المحيطة: استيعاب أكسجين (O_2) وإطلاق ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

تنفس خلوي – **נשימה תאית** - (cellular respiration)
سلسلة من العمليات الكيميائية التي تحدث في الخلية، ومن خلالها يتم تحليل (أكسدة) جزيئات عضوية (غذاء)، حيث يتم ذلك عادةً بمساعدة الأكسجين، وتُستغل كمية قليلة من الطاقة المنبعثة لإنتاج ATP أما باقي الطاقة، فإنها تنطلق كحرارة.

تنوع أنواع – **מגוון מינים** – (species diversity)
جميع الأنواع في منطقة معينة أو في الكرة الأرضية (انظروا أيضًا: **ثراء الأنواع**).

تنوع بيولوجي – **מגוון ביולוגי** – (biodiversity)
مصطلح علوي، وهو يشمل جميع مقاييس التباين في الطبيعة: مجموع الجينات، الأنواع والأنظمة البيئية في منطقة معينة أو في الكرة الأرضية (انظروا أيضًا: **تنوع الأنواع**).

توازن متغيّر – **שיווי משקל דינמי** – (dynamic equilibrium)
وضع (لكائن حي أو نظام بيئي) يتميز بثبات **الكتلة الأحيائية**، بنسبة العمليات، بكبر العشائر وبمكونات المجتمع.

ثراء أنواع – **עושר מינים** – (species richness)
عدد الأنواع في منطقة معينة، وأحيانًا يُستعمل كمقياس **للتنوع البيولوجي**.

ثغور – **פיוניות** – (stomata)
فتحات في بشرة النسيج الأخضر للورقة أو في أعضاء أخرى فوق التربة، وهي غير خشبية، حيث يتم من خلالها عمليتا **النتح** وتبادل الغازات (CO_2 ، أكسجين) بين النبتة وبين البيئة المحيطة. الفتحة محاطة بخليتين خاصتين نسميهما " الخلايا الحارسة " ، وعندما تفقد الخلايا ماءً، فإنه يخرج من الخلايا الحارسة وتُغلق فتحة الثغور. تساعد الثغور في الحفاظ على موازنة مياه موجبة في أنسجة النباتات وتقلل من خطر الجفاف.

" ثقب في الأوزون " – انظروا أيضًا أوزون.

جعله أليفًا –**בִּיות** – (domestication)
رعاية وانتخاب نباتات وحيوانات لفائدة الإنسان (انظروا أيضًا: **تأقلم، انتخاب اصطناعي**)

حاجز بيوجغرافي – **מחסום ביוגיאוגרפי** – (biogeographic barrier–)
مميِّز فيزيائي للبيئة المحيطة (مثل: نهر، سلسلة جبال)، وهو يمنع من التقاء وتكاثر الأنواع، وقد يؤدي مع مرور الوقت إلى انقسام **العشيرة** إلى عشيرتين مختلفتين (انظروا أيضًا: **نوع**).

حرارة نوعية – **חום סגולי** – (specific heat)
كمية الطاقة التي يجب بذلها أو إطلاقها، لكي نُغيِّر درجة حرارة 1 غم مادة بـ $1°C$
الحرارة النوعية للماء هي 4.2 جول (= 1 كلوري).

حولي، نبتة – **חד־שנתי, צמח** – (annual)
نبات يُكمل دورة حياته (من بذرة إلى بذرة) خلال موسم نمو واحد (انظروا أيضًا:معمرة).

حياة المشاركة – انظروا أيضًا التكافل.

خيوط فطر مع جذور نبات (ميكوريزا) – **מיקוריזה** - (mycorrhiza)
مشاركة من نوع تكافل بين فطر وبين جذور نبتة.

خدمات النظام البيئي – **שירותים של מערכת אקולוגית** – (ecosystem services)
مميزات النظام البيئي والعمليات التي تتم فيه وتعود بالفائدة للإنسان، مثل: منع جرف التربة، تصفية المياه، المتعة من جمال الطبيعة وغير ذلك (انظروا أيضًا: **مُنْتَجات النظام البيئي**).

درنات نيتروجين – **פקעיות חנקן** – (root nodules)
نمو نسيج في الجذر، وهو يحتوي على بكتيريا تقوم بربط النيتروجين، وتعيش هذه البكتيريا بحياة **مشاركة** من نوع **تكافل** مع النبات. هذه الظاهرة شائعة عند نباتات من عائلة البقوليات (انظروا أيضًا: **نيتروجين، تثبيت**).

دورة مزروعات – **מחזור גידולים** – (crop rotation)
طريقة زراعية: يقوم المزارع بزرع مزروعات مختلفة بالتناوب في سنوات مختلفة (لا ننمي نفس المزروعات سنتين متتاليتين) في كل دورة مزروعات، نقوم أيضًا بتنمية نوع من البقوليات، لكي نثري التربة بالنيتروجين).

دورة مواد (دورة بيوجيوكيميائية) – **מַחזוֹר חומרים (מחזור ביוגיאוכימי**, material cycle\ biogeochemical cycle)
انتقال دوري للعناصر (مثل: نيتروجين، كربون) أو المركبات (مثلاً: الماء)، من خلال المكونات الأحيائية أو اللا أحيائية **للنظام البيئي**. عند الانتقال الدوري، يوجد استعمال متكرر للعناصر (مدورة عناصر) الذي يرافقه تغيُّرات كيميائية.

ذاتي التغذية –**אוטוטרוף** – (autotroph)
كائن حي يستطيع أن يُنْتج **مادة عضوية** من مادة غير عضوية بواسطة مصدر طاقة، مثلاً: طاقة الضوء من الشمس أو طاقة يحصل عليها أثناء أكسدة مركبات غير عضوية معينة (انظروا أيضًا: **غير ذاتي التغذية**).

كيميائي التغذية – **כימו־אוטוטרוף** – (chemoautotroph)
كائن حي يؤكسد مواد غير عضوية (عادةً كبريتيد الهيدروجين) ويستخرج طاقة من عملية التأكسد لإنتاج كربوهيدرات من CO_2 ، مثلاً: بكتيريا الكبريت.

ضوئي التغذية – **פוטו־אוטוטרוף** – (photoautotroph)
كائن حي يستغل الطاقة الضوئية لإنتاج **كربوهيدرات** من CO_2 وماء (انظروا أيضًا: **غير ذاتي التغذية، مُنْتِج**).

زبل عضوي – **זבל אורגני**
إضافة غذاء لتجويد التربة، حيث تعتمد هذه الإضافة على مركبات عضوية مصدرها من بقايا وافرازات الحيوانات والنباتات (انظروا أيضًا: **تسميد، كومبوست**).

زراعة – **חקלאות** – (agriculture)
فرع اقتصادي، يهدف بالأساس إلى تزويد احتياجات الإنسان بالغذاء وبمُنْتَجات كثيرة أخرى أيضًا.

زراعة عضوية، **חקלאות אורגנית** – زراعة لا نستعمل فيها أسمدة كيميائية ومواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية.

زراعةمكثفة، **חקלאות אינטנסיבית** – زراعة تعتمد على مزروعات ذات منتجات عالية لوحدة مساحة، وهي تُعطي محاصيلها مبكرًا وتستجيب جيدًا للري والتسميد.

زراعة مستديمة، **חקלאות בת־קיימא** – (sustainable agriculture) – زراعة تركز على احتياجات الجيل الحالي، وتشدد أيضًا أن لا تمس بإمكانية تزويد احتياجات الأجيال القادمة في مجال الغذاء، وفي مجال **الخدمات والمُنْتَجات** الأخرى للنظام البيئي.

سبات – **תרדמה** – (dormacy)
وضع يتوقف فيه النمو بشكل مؤقت، وتقل النشاطات الأيضية بشكل كبير جدًا. الأبواغ، البذور، الدرنات، البكتيريا وحيوانات معينة تكون في سبات في الفترة التي تكون فيها الظروف غير مريحة (مثل: الجفاف، البرد القارص وغير ذلك).

سبات شتوي – **תרדמת חורף** – (hibernation)
عند الحيوانات (مثلاً: الدببة)، هو عبارة عن نوم في الشتاء يرافقه انخفاض كبير جدًا في وتيرة تبادل المواد.

سعة الحقل – **קיבול שדה** – (field capacity)
كمية المياه العظمى التي "تحتويها" التربة، بعد أن انتهت عملية التصريف التي تحدث بسبب القوة التثاقلية (انظروا أيضًا: **مياه متوافرة، نقطة ذبول**).

سلسلة غذائية – **שרשרת מזון** – (food chain)
تمثيل نوعي لتسلسل واحد من علاقة التغذية في المجتمع. آكل النباتات، يأكل **المُنْتِج**، **والمفترس** يأكل آكل النباتات. تتغذى **المحللات** على جميع مكونات السلسلة الغذائية (انظروا أيضًا: **الشبكة الغذائية، الهرم البيئي**).

السيلولوز – **תאית** – **(צלולוזה**, cellulose)
هو **كربوهيدرات** (متعدد السكريات) مبني من جزيء طويل ومكون من وحدات جلوكوز. وهو موجود في جدار خلايا النباتات. السيلولوز هو أحد الكربوهيدرات الشائعة في الطبيعة.

شبكة غذائية – **מארג מזון** – (food web)
تمثيل نوعي لانتقال الطاقة والمواد بين كائنات حية في المجتمع. وهي عبارة عن عدد السلاسل الغذائية التي من خلالها تنتقل الطاقة من المُنْتِجات إلى المستهلكات وإلى المحللات والعلاقة بينها (انظروا أيضًا: **هرم بيئي، سلسلة غذائية**).

ضوء – **אור** – (light)
أشعة الكترومغناطيسية، تستوعبها عين الإنسان، وطول موجتها من 400–700 نانومتر (1 نانومتر = 0.0000001 سم). وهي تُشكل مصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي ومحفزًا – من البيئة المحيطة – يؤثر على عمليات تطور النباتات والحيوانات.

ضوئي – ذاتي التغذية – انظروا أيضًا: ذاتي التغذية

طاقة حرارية – **אנרגיית חום**
نوع من أنواع الطاقة، وهي غير قابلة للتحول بشكل كامل إلى أنواع أخرى من الطاقة.

طاقة كيميائية – **אנרגיה כימית** – (chemical energy)
الطاقة الوضعية (الكامنة) للمواد العضوية التي تُستعمل كمصدر لاستخراج الطاقة خلال عمليات بيولوجية وصناعية (انظروا أيضًا: **مادة عضوية**).

ظروف – **תנאים** – (conditions)
المميزات الكيميائية والفيزيائية **للبيئة المحيطة** التي تؤثر على عمليات في الكائنات الحية وعلى نمو العشيرة، مثل: درجة الحرارة، الملوحة، الحامضية (انظروا أيضًا: **موارد، عامل محدد**).

عائل – **פונדקאי** – (host)
كائن حي يُستغل كبيت تنمية، كمصدر غذاء أو مصدر لاحتياجات أخرى لكائن حي من نوع آخر. يوجد عادةً **علاقة متبادلة** من نوع **تطفل** بين العائل وبين الكائن الحي الذي يعيش عليه.

عامل أحيائي – **גורם ביוטי** – (biotic factor)
كائن حي أو جزء منه (أمثلة: ورقة سقطت من شجرة، ثمرة، بيضة)، أو كائن حي مات قبل فترة قصيرة.

عامل لا أحيائي – **גורם א־ביוטי** – (abiotic factor)
هو أحد المكونات اللا أحيائية للبيئة المحيطة، مثل: التربة، الماء، الهواء، الضوء، درجة الحرارة والأملاح (انظروا أيضًا: مادة عضوية).

عامل محدد – **גורם מגביל** – (limiting factor)
هو عامل (**مورد** أو **ظرف**)، إذا تغيّر مستواه أو شدته، فإن ذلك يُغيِّر (يزيد/يقلل/يثبط) شدة عملية معينة في الكائن الحي، أو وتيرة نمو العشيرة (انظروا أيضًا: **قدرة التحمل**).

عشيرة – **אוכלוסייה** – (population)
مجموعة من الكائنات الحية التي تنتمي إلى نفس **النوع** (species)، وهي تعيش في نفس المكان والزمان (انظروا أيضًا: **مجتمع**).

عضوي، مادة – انظروا أيضًا: مادة عضوية

علاقات متبادلة – **יחסי גומלין**
تتم العلاقات المتبادلة بين كائنات حية مختلفة، حيث يؤثر كل كائن حي على الآخر ويتأثر منه.

علم البيئة – **אקולוגיה** – (ecology)
علم يبحث العلاقة المتبادلة التي تُحدد **ثراء وانتشار** الكائنات الحية (انظروا أيضًا: **النظام البيئي**).

علم الاجتماع البيولوجي – **סוציוביולוגיה** – (sociobiology)
مجال في العلم، يقوم بتطبيق مبادئ نظرية النشوء والارتقاء لشرح ظواهر سلوكية اجتماعية في الطبيعة، مثلاً: مساعدة أفراد من نفس النوع. بقيت هذه السلوكيات خلال عملية **الانتخاب الطبيعي**، لأنها تساهم في بقاء المعلومات الوراثية للفرد عند نسله وأقربائه (لكن لا تساهم بالضرورة في بقاء الكائن الحي ذاته).

عملية التركيب الضوئي – **פוטוסינתזה** – (photosynthesis)
العملية التي بواسطتها يستطيع الكائن الحي الذي فيه كلوروفيل أن يحوّل طاقة ضوئية إلى **طاقة كيميائية**، حيث تُستعمل الطاقة الكيميائية لبناء **كربوهيدرات** وجزيئات عضوية أخرى من CO_2 وماء.

توقيت ضوئي – **פוטופריודיות** – (photoperiodism)
ردود فعل تطور عند الحيوانات والنباتات لدورية النهار والليل خلال اليوم. عند النباتات، رد فعل الإزهار متعلق بطول فترة الظلام المتواصلة في الدورة.

عوالق حيوانية – انظروا أيضًا عوالق
عوالق نباتية – انظروا أيضًا عوالق.

عوالق – **פלנקטון** – (plankton)
كائنات حية ميكروسكوبية تطفو على سطح الماء أو تسبح فيه.

عوالق حيوانية – **זואופלנקטון** – كائنات حية صغيرة جدًا، وهي تأكل نباتات، أو تفترس كائنات حية تطفو على سطح الماء أو تعيش فيه.

عوالق نباتية – **פיטופלנקטון**– نباتات صغيرة جدًا تطفو على سطح الماء أو تسبح فيه، وهي تقوم بعملية التركيب الضوئي.

غاز الدفيئة – **גז חממה** – (greenhouse gas)
غازات مختلفة (مثل: CO_2، ميثان، بخار ماء، أكاسيد النيتروجين والكبريت) تنبعث إلى الغلاف الجوي، تزيد من الانحباس الحراري وتساهم في ارتفاع درجة الحرارة (انظروا أيضًا: **تأثير الدفيئة، تغيُّر المناخ**).

غزو أنواع – انظروا أيضًا: إدخال / غزو أنواع، نوع غازي

غلاف جوي – **אטמוספירה** – (atmosphere)
طبقة من الغازات التي تُغلف الكرة الأرضية، ولا يوجد لها حدود علوية محددة.

غلاف حياتي – **ביוספירה** – (biosphere)
غلاف حول الكرة الأرضية فيه حياة، وهو يشمل الهواء، الماء والتربة (انظروا أيضًا: **الغلاف الجوي**)

غير ذاتي التغذية – **הטרוטרוף** – (heterotroph)
كائن حي يستغل مواد عضوية (كائنات حية أخرى، إفرازاتها أو بقاياها) كمصدر للطاقة ولبناء جسمه (انظروا أيضًا: **ذاتي التغذية**).

فطريات – **פטריות** – (fungi)
مملكة من الكائنات الحية الحقيقية النواة والأحادية الخلية أو المتعددة الخلايا، وهي غير ذاتية التغذية، وذات جدار خلية وتتطور من أبواغ. تعمل الفطريات في النظام البيئي **كمحلِّلات**، مثل: الخميرة، فطريات القبعة وفطريات العفن. هناك قسم من الفطريات التي تشترك خيوطها مع جذور النباتات.

قدرة التحمل – **כושר נשיאה** – (carrying capacity)
العدد الأكبر لأفراد من **نوع** معين، وقدرة **الموارد** في بيت تنمية للمحافظة على بقائه. (انظروا أيضًا: **العشيرة**).

كائن حي درجة حرارته ثابتة – הומאותרמי – (homeotherm)
كائن حي يملك آلية تنظيم فسيولوجية داخلية للحفاظ على درجة حرارة جسم ثابتة تقريبًا في بيئة محيطة تتغيّر فيها درجة الحرارة (انظروا أيضًا: كائن حي درجة حرارته متغيِّرة).

كتلة أحيائية – ביומסה - (biomass)
الكتلة العامة للكائنات الحية، ويتم التعبير عنها عادةً كوزن جاف لوحدة مساحة.

كثرة (ثراء) – עושר מינים – (species richness)
عدد الأنواع في منطقة معينة (انظروا أيضًا: **ثراء الأنواع، انتشار**).

كربوهيدرات – פחמימה – (carbohydrate)
مادة عضوية، تحتوي على كربون، هيدروجين وأكسجين. فيما يلي أمثلة لكربوهيدرات: سكروز، نشا، جليكوجين **وسيلولوز**.

كوّة بيئية – גומחה אקולוגית – (niche)
حيز متعدد الأبعاد، يعيش فيه **النوع**. يتم تعريف الحيز بحسب **الظروف، الموارد،** زمن النشاط **والعلاقة المتبادلة** التي يقوم بها أفراد النوع مع بيئتهم القريبة.

كومبوست – קומפוסט – (compost)
زبل عضوي، يَنْتُج من نفايات عضوية، مثل: النفايات البيتية، إفرازات الحيوانات وبقايا مزروعات زراعية. يقوم الكومبوست بتزويد النباتات بالعناصر، ويؤدي إلى تجويد التربة، ويُشكل مكونًا في أوساط التنمية (انظروا أيضًا: تسميد).

كيميائي ذاتي التغذية – انظروا أيضًا: ذاتي التغذية

لا أحيائي– انظروا أيضًا عامل لا أحيائي

لياقة – כשירות – (fitness)
المساهمة الوراثية لفرد ذي طراز جيني معين للأجيال القادمة بالمقارنة مع مساهمة أفراد آخرين ذوي طراز جيني آخر (انظروا أيضًا: **ملاءمة**).

مادة غير عضوية – חומר אנאורגני – (inorganic compound)
هي جميع المواد في الطبيعة التي ليست مركبات كربون وهيدروجين. مثل: العناصر، الأملاح، CO_2 وماء.

مادة عضوية – חומר אורגני – (organic compound)
مركّب يحتوي على كربون وهيدروجين وعلى الأغلب أكسجين أيضًا، مثلاً: كربوهيدرات ودهنيات. في البروتينات والحوامض النووية، يوجد عادةً نيتروجين وأحيانًا عناصر أخرى وفي الأساس فوسفور وكبريت. في الكثير من المركبات العضوية، يوجد عدد كبير من ذرات الكربون. إنّ إنتاج المركبات العضوية في الطبيعة متعلق بنشاط الكائنات الحية.

متغيِّر درجة الحرارة – פויקילותרמי – (אקטותרמי, poikilotherm)
حيوان تتغيّر درجة حرارة جسمه (في حدود معينة) وفقًا لدرجة حرارة البيئة المحيطة. مصدر الحرارة في هذه الحيوانات يكون خارجيًا، ويتم تنظيم درجة حرارة أجسامها بواسطة آليات سلوكية فقط (انظروا أيضًا: **كائن حي متغيِّر درجة الحرارة**).

مجتمع – חברה – (community)
مجموعة من العشائر التي تعيش في نفس المنطقة وتقوم بعلاقة متبادلة فيما بينها. في مجتمعات النباتات، يتم تحديد اسم المجتمع بحسب الأنواع الشائعة فيها (انظروا أيضًا: **عشيرة**).

محلل – מְפָרֵק - (decomposer)
كائن حي يستخرج طاقته من خلال تحليل **مادة عضوية** (موجودة في بقايا كائنات حية وإفرازاتها) إلى مركبات بسيطة وإلى مركبات غير عضوية، مثلاً: بكتيريا أو **فطريات**.

مركبات عضوية – انظروا أيضًا: مادة عضوية.

مستوى التغذية – רמת הזנה – (trophic level)
جزء من **السلسلة الغذائية** (أو مرحلة من **الهرم البيئي**)، الذي يتم تحديده بحسب عدد "خطوات" انتقال الطاقة، حتى وصول هذه المرحلة. يساعد تحديد مستوى التغذية على تصنيف الكائنات الحية في النظام البيئي بحسب أدائها في النظام: من مستوى **المُنْتِجين** عبر **المستهلكات الأولية** التي تأكل الأعشاب وحتى **المستهلكات الثانوية** وهي **المفترسات**.

مُستهلك – צרכן – (consumer)
كائن حي يحصل على مواد وطاقة من خلال أكل كائنات حية، أو أكل إفرازها أو بقاياها (انظروا أيضًا: **مُنْتِج**).

مستهلك أولي – צרכן ראשוני– آكل نباتات، وهو المُستهلك الأول في **السلسلة الغذائية**.

مستهلك ثانوي– צרכן שניוני– آكل حيوانات (انظروا أيضًا: مفترس).

مشاركة – סימביוזה – (symbiosis)
هي عبارة عن **حياة مشاركة** بين نوعين (Species)، حيث يوجد بينهما علاقة وطيدة خلال مدة زمنية طويلة. فيما يلي أمثلة للمشاركة: **تطفل، تكافل وتعايش**.
أحيانًا لا تستطيع الأنواع التي يوجد بينها مشاركة أن تعيش بشكل مستقل.
ملاحظة: يوجد مصادر معلومات، ما زالت تعتبر مصطلح مشاركة على أنه تكافل.

معمر – רב־שנתי – (perennial)
نبتة تعيش أكثر من موسمين، وهي تُزهر مرة واحدة في السنة (انظروا أيضًا : نبات حولي).

مستويات التنظيم –רמות ארגון – (levels of biological organization–)
تنظيم تسلسلي، وهو يعبر عن ازدياد تعقيد الأنظمة البيولوجية، ابتداءً من الجزيئات في الخلايا، عبر العضيات، الخلايا، الكائنات الحية، **المجتمع والغلاف الحياتي**.

مكافحة بيولوجية – הדברה ביולוגית – (biological control)
مكافحة آفات زراعية، مثل: النباتات، الفطريات، الحيوانات، ومراقبة تعداد عشائرها من خلال كائن حي متطفل على الكائن الحي الضار، حيث يقوم المتطفل بافتراسه، أو بالتنافس معه، أو يسبب له مرضًا.

مكافحة كيميائية – הדברה כימית – (chemical control)
مكافحة آفات زراعية، مثل: النباتات، الفطريات والحيوانات من خلال استعمال مادة كيميائية (سُم) تؤذي الكائن الحي الضار. قد تضر المادة الكيميائية بكائنات حية أخرى غير ضارة.

مكافحة مدمجة – הדברה משולבת
استعمال المكافحة الكيميائية والبيولوجية في نفس الوقت.

مفترس – טורף – (predator)
هو حيوان (نادر جدًا)، يؤدي إلى موت حيوان آخر ويأكله (انظروا أيضًا: مستهلك ثانوي).

مفترس علوي – טורף-על (top-predator)– هو حيوان، لا تستطيع حيوانات أخرى أن تفترسه.

ملاءمة – התאמה – (adaptation)
صفة (سلوكية، فسيولوجية – بيوكيميائية، أو في الشكل) وراثية للفرد، تزيد من احتمال الفرد على البقاء في بيئته المحيطة، وعلى تكاثره فيها مقارنةً مع أفراد آخرين (في العشيرة)، لا يحملون هذه الصفة (انظروا أيضًا: **نشوء وارتقاء، انتخاب طبيعي، تكيُّف**).

مُنْتِج (أولي) – יצרן (ראשוני) – (primary producer)
نباتات خضراء، طحالب وبكتيريا (ضوئية التركيب وكيميائية التركيب)، تقوم بإنتاج مركبات عضوية من خلال استعمال مواد غير عضوية (CO_2 وماء أو CO_2 وَ H_2S) وطاقة من البيئة المحيطة (انظروا أيضًا: **ذاتي التغذية، عملية تركيب ضوئي**).

مُنْتَجات النظام البيئي – מוצרים של מערכת אקולוגית – (ecosy-tem goods)
الغذاء والمواد التي يحصل عليها الإنسان من الأنظمة البيئية مثل: الغذاء، الألياف، الخشب والأدوية (انظروا أيضًا: خدمات النظام البيئي).

منحسر، لا مثيل له – انظروا أيضًا: نوع منحسر، لامثيل له

موارد – משאבים – (resources)
مصادر طاقة، مواد ومساحات أراض يحتاجها الكائن الحي لنموه وتكاثره. إذا كان المورد نادرًا بالنسبة للطلب، فإننا نعتبره موردًا (عامل) محددًا (انظروا أيضًا: **عامل محدد**).

مياه أيضية – מים מטבוליים
المياه التي تَنْتُج خلال عمليات **تبادل المواد** في الكائن الحي. وهي تُستعمل مصدر مياه أساسي لحيوانات معينة.

مياه مجارٍ – מי קולחין
هي مجارٍ مرّت بعملية تطهير، ويمكن استعمالها لري المزروعات الزراعية وللصناعة.

مياه متوافرة – מים זמינים
كمية المياه المتوافرة للنباتات في التربة بعد أن مرّت بعملية التصريف. وهي الفرق بين سعة الحقل وبين نقطة الذبول.

مياه نظيفة – מים שפירים
مياه جودتها جيدة، وهي صالحة للشرب ولكل استعمال آخر.

نتح – דְיוּת – (טרנספירציה, transpiration)
تبخر ماء من الأوراق، أو من أقسام أخرى للنبتة، حيث يتم ذلك بالأساس عبر الثغور.

النسبة بين مساحة السطح الخارجي والحجم – יחס בין שטח הפנים לנפח – (surface to volume ratio)
هي النسبة التي تُحدد نسبة تبادل المواد والطاقة بين الكائن الحي أو العضو في الكائن الحي وبين بيئته المحيطة.

نشوء وارتقاء – אבולוציה – (evolution)
هي عبارة عن عملية تغيُّر الأنواع. تغيُّرات وراثية تتراكم خلال الأجيال، وتؤدي إلى أنواع جديدة من أنواع قديمة (انظروا أيضًا: **انتخاب طبيعي**).

نقطة ذبول – נקודת כמישה - (wilting point)
حالة في التربة، تبقى فيها كمية ماء غير متوافرة للنبتة، ونتيجةً لذلك تذبل النباتات وتكون غير منتعشة (انظروا أيضًا: **سعة الحقل، مياه متوافرة**).

نقل طاقة – انظروا أيضًا: تدفق الطاقة

نظام بيئي – מערכת אקולוגית - (ecosystem)
مستوى تنظيم يشمل **المجتمع** والبيئة المحيطة اللا أحيائية، وهما يعملان معًا كنظام واحد. العمليات المهمة في النظام البيئي هي انتقال الطاقة **ودورات المواد** (انظروا أيضًا: **بيت التنمية، تدفق الطاقة**).

نيتروجين، دورة – انظروا أيضًا: دورة المواد.

نوع –מין - (species)
هي وحدة أساسية في نظام التصنيف البيولوجي. مجموعة أفراد تتكاثر فيما بينها في الطبيعة، وهي تُنتج أفرادًا خصبة (انظروا أيضًا: **العشيرة**).

نوع منحسر، لا مثيل له – מין אנדמי - (endemic species)
نوع ذو انتشار محدود من ناحية جغرافية، وقد تطور هذا النوع في مكان معين، وهو موجود فيه فقط، وليس في أي مكان آخر.

نوع مُهندَس – انظروا أيضًا: الهندسة الوراثية.

نوع محمي – **מין מוגן**
هو كائن حي، لا يجوز قانونيًا أن نؤذيه، أو نؤذي بيت تنميته.

نوع غازٍ – **מין פולש** - (invasive species)
نوع تطوّر في مكان معين، يصل إلى نظام بيئي آخر، وهناك يتوطن، يتكاثر ويؤثر على النظام البيئي. يمكن أن يتم الانتقال بشكل طبيعي، أو نتيجةً لنشاط الإنسان الذي ينقل بشكل متعمد أو بالخطأ من مكان إلى آخر. (انظروا أيضًا: **إدخال / غزو أنواع**).

نيتروجين، تثبيت – **חנקן, קיבוע** – (nitrogen fixation)
اختزال نيتروجين جزيئي وتثبيته في مركبات (مثلاً: الأمونيا)، من خلال طاقة كهربائية (برق)، أو بكتيريا تقوم بتثبيت النيتروجين، أو من خلال عمليات صناعية لإنتاج السماد.

هرم بيئي –**פירמידה אקולוגית** – (ecological pyramid)
تمثيل بياني كمي لمستويات التغذية في بيت التنمية أو في النظام البيئي.
في هرم الكتلة الأحيائية، يُمثِّل كل مستوى الكتلة الأحيائية لمجموع الأفراد في مستوى تغذية معين.
وفي **هرم الأعداد**، فإنّ كل مستوى يُمثِّل عدد الأفراد في مستوى تغذية معين (انظروا أيضًا : **سلسلة غذائية، شبكة غذائية**).

هندسة وراثية – **הנדסה גנטית** – (genetic engineering)
تغيُّر موجّه في DNA الخلية أو الكائن الحي. يقوم به الإنسان لأغراض البحث، أو للتطبيق في الطب والزراعة. نواتج الهندسة الوراثية نسمّيها "أنواع مهندَسَة".

وسط تنمية منفصل – **מצע מנותק**
وسط ليس تربة، مثل: كلكار، أو كابول، إنّ تنمية النباتات في وسط تنمية منفصل، يمنع مشاكل متعلقة بأمراض التربة وبخواصها، كما أنه يساعد على مراقبة تركيز العناصر والأملاح في وسط التنمية بشكل جيد، ويساعد على مراقبة ظروف البيئة المحيطة للجذور.

ATP – (Adenozine Triphosphate)
مركب عضوي، يقوم بعملية وساطة بين العمليات التي تُطلق طاقة وبين العمليات التي تستهلك طاقة في الخلية. وهو يشكل مصدر طاقة كيميائية متوافرة (انظروا أيضًا: تنفس خلوي).

دليل المصطلحات

ATP 54، 78، 89، 90، 170، 174

CO_2 انظروا: ثاني أكسيد الكربون

H_2S انظروا: كبريتيد الهيدروجين

NH_3: انظروا: أمونيا

أ

إباضة 53، 156

البومة والعكبر 121

إزهار 53، 156

ازدهار طحالب (تكاثر طحالب) 95، 141

أملاح 64–63 (في التربة)، 75، 76، 156 (في التربة)، 167

أوساط نمو منفصلة 155

إنبات 43، 53

استغلال زائد (موارد) 141

استيعاب راجع، في الأمعاء والكليتين 46

أوراق، تنظيم وملاءمة 42، 49، 51

أنسجة تهوية في النباتات 50

الأنواع السبعة 45، 146

انتشار / توزيع 14

اتفاق كيوطو 94

اتزان بدني 49

استدامة 145

إشعاع

فوق بنفسجية 50، 54، 58

تحت الحمراء 50

أشعة حرارية 57

أشعة الشمس 33، 36، 57، 88 (كمصدر طاقة أولي) 172

إسرائيل 27، 36، 71، 80، 135، 141، 144، 145، 147–146

أسماك 47، 49، 56، 108، 112، 122

إنتاج (تطور) أنواع 106، 137

انتخاب اصطناعي 157، 158

انتخاب طبيعي 24، 26، 27، 137، 138

ملاءمة 27–24

إنتاج أنواع 106

تنافس في العشيرة 100

انتشار، حبيبات لقاح، بذور، ثمار 44، 62

استخراج طاقة 84، 88، 170

افراز حيوانات (بول وبراز) 84، 95، 162

الانسان

تعداد السكان 152–151

تأثير على .....، انظروا: تدخُّل الانسان في الطبيعة

جهاز الهضم 115

مستوى التغذية 82

انقراض 108

انقراض كبير 135

الانقراض السادس 140

انقراض أنواع 122، 135، 141

انتشار جسيمات (ديفوزيا) 58

أوزون 54، 58

تناقص 54

اسموزا (تنافذ) 47

إشارة بيئية محيطة 53، 156

أمونيا 63، 77، 78، 152

انزيمات 58، 79

أصناف مهندَسَة 153

أحادي الخلية 69، 82

براميسيوم 48، 104، 110

أشنات 81، 114، 128

أشكال نباتات 36–33

درجة حرارة (كعامل لا أحيائي) 58–57

تأثير على العمليات 58

ملاءمة لـ 61

تنظيم ..... 59 – 60

مثلى 58

متطرفة 61، 70

الأكسجين كعامل لا أحيائي 56 –54

في بيئة محيطة مائية 52، 55

في التربة 66

كناتج لعملية التركيب الضوئي 54، 55، 76

لاستخراج الطاقة 54

افتراس 112–107، 118

تأثير على تعداد العشيرة 109–107

اختيارية 108

أيون / أيونات 167

ب

باحثون وعلماء، انظروا التفاصيل بعد دليل المصطلحات

براميسيوم 48، 104، 110

البحر الميت 71

بحيرة فكتوريا 108، 141

بحيرة الحولة 141، 142

بُنية، تربة 64

بقوليات 93، 154

درنات جذور 69، 93، 115

بول 46

بيت تنمية 16–15، 19، 33

تشويش في ..... 128، 129

جديد 128

مياه مالحة 48

مائي 47–46، 55، 56

تقطيع 141

تربة 69–68

تغيُّرات في 130–127
بيئة محيطة
تأثير الزراعة 159
ملاءمة لبيئات محيطة مختلفة، انظروا: ملائمة لـ
تلوث 25، 54، 95، 141، 153
يابسة 39
مائية 37، 39 (تكاثر)، 47–46
ظروف متطرفة 71–70
بيئة محيطة داخلية 37، 40، 49
برمائيات 39، 82
بيض مستديم 28
بذرة / بذور (نباتات) 28، 43، 117، 118
بكتيريا 17، 69، 71–70، 76، 78، 82، 113
كيميائي – ذاتي التغذية 77
كيميائي التركيب 70
محللات 65، 79، 83، 143
تثبيت النيتروجين 69، 96–92، 115، 154
تركيب ضوئي 52
بروتينات 86، 90
تخثر ..... 58، 60
ضائقة حرارية 61–60
"**بصمة قدم بيئية**" 141–140

ت

تأثير الإنسان، انظروا: تدخُّل الإنسان في الطبيعة
تأثير الدفيئة 95
ازدياد 57، 94، 95، 141
انخفاض 153
تأثير عوامل أحيائية على عوامل لا أحيائية، انظروا: عوامل أحيائية، تأثير على لا أحيائية
تأثير متبادل: عوامل أحيائية ولا أحيائية 17، 140
تأقلم (في الزراعة) 157 – 158
تأكسد – اختزال 168
تبادل غازات 40، 56
تباين 26–25، 137، 138 (نشوء وارتقاء)، 157 (انتخاب اصطناعي)
تثبيت نيتروجين، بكتيريا، انظروا: بكتيريا تثبت النيتروجين
تجانس 86
تحسين، انظروا رعاية وتحسين
تحسين ورعاية 158–157
تحولات الطاقة، انظروا: طاقة، تحول (نقل)
تخزين وحفاظ، طرق 159
تدخُّل الإنسان (في الطبيعة) 13، 14، 27، 127، 129، 151
انظروا أيضًا: تأثير الدفيئة، ازدياد: قطع غابات
في العلاقة المتبادلة 123–122
في التنوع البيولوجي 141–140
في دورات المواد 95–93
في المعلومات الوراثية 158–157
في عمليات التكاثر 157–156
في الزراعة 163–151
تدفق الطاقة، انظروا: طاقة، نقل
تربة (كعامل لا أحيائي) 69–63
تهوية 65، 66
تكوين 143
دورة نيتروجين 92
حامضية 67
مادة عضوية 65
تغطية 155
جُسَيْمات 64، 66
أكسجين 66
ثقيلة / خفيفة 66–65
بيت تنمية 69–68
مورد 69، 155
ماء 66–65
كائنات حية دقيقة 69
ملوحة 67
مكونات 66–63
بُنية 64–63
خصوبة 69، 94، 154
ترحال 27، 53، 62، 147
تركيب ضوئي 43، 90، 176
الضوء كمصدر طاقة 50
دورة الكربون 91
في بيئة محيطة مائية 52
في العهود القديمة 57، 88
في نباتات CAM 43–42
نتح 41
كمصدر أكسجين 17
كعملية بناء 56، 89
كعملية اختزال 168
مدورة مواد في 87
مخطط / صيغة ... 51، 76، 89
نواتج ومواد متفاعلة 56، 57، 76، 169
تركيز الأكسجين، ملاءمات في بيئة محيطة مائية 56
ترميم، جداول 161
تزاحم تنافسي 105
تساقط أوراق 53
تسميد 69، 163
تصحر 94
تضاد حيوي 106–105، 118
تطفل 114–113، 118
حضن 114

سلوكية – اجتماعية 114
تطهير مياه 143
تطوير مستديم 145
تعاقب 130–128، 132، 137
تعاون متبادل في العشيرة 102
تعايش 114، 118
تعايش، انظروا مشاركة
تعقيم حراري 162
تغذية، طرق 76
ذاتي التغذية 77–76
غير ذاتي التغذية 78–77
تغطية التربة 155
تغيُّرات المناخ 94. انظروا أيضًا: تأثير الدفيئة، ازدياد
تقطيع بيوت التنمية 141
تقليد 111، 112
تكاثر،تنظيم عمليات 157–156
تكاثر، خلايا تناسلية. انظروا: خلايا جاميتات
تكافل (مشاركة) 117–112، 118
تكيُّف وملاءمة 20
تلقيح وانتشار بذور 143
تلقيح، ملاءمة لـ .... 112، 116
تلوث البيئة المحيطة 25، 54، 95، 141، 153
تمنطق (منطقة نفوذ) 101–100
تمويه 111
تنافس
في العشيرة 102–99
في الزراعة 161
بين الأنواع 107–102
تنافس تزاحمي 105
تشويش 102–100، 118
استغلال 100، 118
الضوء 52–51
تنظيم درجة الحرارة 60–59
تنظيم مياه وأملاح 49–47
تنظيم هرمي 101
تنظيم اجتماعي 102
تنفس، تبادل غازات 40، 56
تنفس خلوي 45، 54، 57، 76، 78، 79، 87، 88، 90، 170، 176
في دورة الكربون 91
مياه أيضية 45
عملية التأكسد 168
مصدر CO_2 57
مخطط / صيغة 54، 90
تنوع أنواع 75، 136
تنوع بيولوجي 148–135
تأثير الإنسان على 141–140
تنوع وراثي 136
تهجين 154
توازن ديناميكي (متغيِّر) 132–131
توافر نيتروجين 93، 154
توريق 53
توقيت ضوئي 53، 157

ث

ثاني أكسيد الكربون (كعامل لا أحيائي) 57–56
في دورة الكربون 91
كغاز دفيئة 57، 141
كعامل محدد 57
يتفاعل في عملية التركيب الضوئي 56
تركيز في الغلاف الجوي 56، 93، 94
ناتج التنفس 56
ثدييات 82، 100، 101
ثغور 40، 42–41، 43، 57
الثورة الخضراء 152
الثورة الزراعية 152
الثورة الصناعية 152

ج

جذور 41، 66
جذور – فطر mycorrhiza 115
جُسَيْمات في التربة 64
جوانب أخلاقية في الزراعة 163
جودة المياه، في البحيرات 95
جهاز الدم 39
جهاز النقل 39
جهاز الإفراز 48
جهاز الهضم، الإنسان 115

ح

حاجز بيو–جغرافي 137، 140
حامض البول 46
حوامض نووية 86، 90
حولي، نبات 43، 52، 128
حرذون 59، 101
حشرات 82، 139
حيوانات
فقدان ماء 45
إخصاب داخلي 40
إفرازات (بول وبراز) 84، 95

ملاءمة للهروب من الافتراس 111
ملاءمة لبيئة محيطة جافة 64–54
ملاءمة لبيئة محيطة مائية 49 –47
حركة القارات 137
حزازيات 39، 128
حفظ الطاقة، قانون 174–173
حياة مشاركة (سمبيوزا) 117–112
جذور نباتات وفطر (mycorrhiza) 115

خ

خدمات
النظام البيئي 143
زراعية 153
التلقيح 116
خط الاستواء 33، 139
خلية / خلايا 15، 37، 38، 58، 71، 89
خلايا تناسلية (جاميتات) 40–39
خياشيم 56

د

دُبال 65، 68
دفيئة / دفيئات 57، 154، 155، 156
دفيئة، تأثير. انظروا تأثير الدفيئة
درنات نيتروجين (في جذور البقوليات) 69، 93، 115
دورة الحياة 43، 52
دورة المزروعات (دورة البذور) 122، 152، 154–153، 155
دورة المواد 69، 79، 89، 91، 93
دورة الكربون 91
دورة المياه 58
دورة النيتروجين 93–92

دورية في كبر العشائر مفترس فريسة 110–109

ذ

ذرة / ذرات 167
ذاتية التغذية 77–76، 78، 79، 114، 171
ذاتي التغذية كيميائي 77، 78
مُنْتِجات 83
ذاتي التغذية ضوئي 77، 78

ر

رواسب، كمية 35–34، 147
الري 67، 69، 154، 155، 163
الري بالتنقيط 114–113، 118
رياح (كعامل لا أحيائي) 62–61
تأثير على الكائنات الحية 62

ز

زبل عضوي 69، 95، 155، 156
زواحف 59، 82، 100
زراعة –151 164
بعل 45
بيئة محيطة 153، 160
رؤية بمستوى النظام 160
ري 45
سياحية 153
طرق 116، 151، 155–153
عضوية 163
مستديمة 160 – 162
مكثفة 152
مُنْتَجات وخدمات 153

س

سبات 28، 43
سبات شتوي 28
سرخسيات 39
سلسلة غذائية 80–79
سعة الحقل 66–65
سماد / أسمدة
نيتروجيني 93، 152، 156
كيميائي 155، 156
صناعي 93
استعمال زائد 95
سلوكية تمنطق (منطقة نفوذ) 101–100
سياحة بيئية 143، 153

ش

شبكة غذائية 82–79، 85، 86، 93
شبق 53، 156
شعيرات ماصة 41
شمس، انظروا/ أشعة الشمس

ص

صحراء 35
صناديق تعشيش 121

ض

ضوء (كعامل لا أحيائي) 53–50، 172
في بيئة محيطة مائية 52
تأثير على الكائنات الحية 53
إشارة (محفز) بيئية محيطة 53، 156
عامل محدد 52، 118
مصدر طاقة، انظروا: طاقة ضوئية
ضوئي – ذاتي التغذية 77، 78

ط

طاقة 50، 77–76، 78، 172–171
في النظام البيئي 88–87، 131، 132، 175
تحوُّل 86، 89، 175–173، 174
نقل 86، 90–87، 175
استخراج 84، 88، 170
توافر 89، 170
قانون حفظ 174–173
كيميائية 50، 54، 83، 84، 86، 87، 88، 89، 90، 170، 173، 176–174
مورد 75
مورد متناقص 88
مصادر (نفط، وقود، غاز طبيعي، فحم) 88، 49، 173، 174
أنواع 172
وضعية (كامنة) 172
حركية 172، 175
طاقة حرارية 60، 86، 88، 176–174
طاقة الشمس 87، 88
طاقة ضوئية 76، 78، 86، 88، 89، 176
طبريا 80، 141
طحالب 49، 52، 71، 76، 78، 81، 82، 95، 114، 115، 141
طرق التغذية، انظروا: التغذية، طرق
طرق البحث، انظروا: نبحث البيئة
طرق تخزين 159
طرق زراعية 116، 151، 155–153
طيور، انظروا: طيور
طيور 27، 82، 100، 101، 102، انظروا أيضًا: ترحال

ظ

ظروف وموارد 19–17، 102
تنافس على 102
ظروف لا أحيائية، بيئة محيطة، ظروف متطرفة

ع

عائل 113
عث 26–24
عدد الأنواع 138، 139، 146
عدد الأنواع المعروفة 139
عدد النسل 22–21
علوم البيئة المحيطة 14
عوالق نباتية 80، 81
عمليات تكاثر، تنظيم 157–156
عمليات حياة 75، 88، 171
عامل محدد 18، 19، 99، 121، 155–154 (في الزراعة)
الضوء ..... 52، 118
في بيئة محيطة في اليابسة 39
الأكسجين 55
النسبة بين المساحة والحجم 60
ماء 45
ثاني أكسيد الكربون 57
ظروف وموارد 19–17
عنصر / عناصر (أملاح) 64–63 (في التربة)، 75، 76، 156، 167
عوالق حيوانية 80، 81
عوامل لا أحيائية 16، 72–33، 120، 128، 129، 139
علاقة بين ..... 36، 37، 55، 57، 63، 66
وعوامل أحيائية، تأثير متبادل 17، 140
عوامل أحيائية 17، 95–75، 120، 139
تأثيرها على عوامل لا أحيائية 17، 57، 63، 65، 68
عوامل متعلقة بالكثافة 120
عشيرة / عشائر 15، 75، 119
كبر (تعداد)..... 111–109، 122–119، 131
العلاقة المتبادلة بين 108–102
العلاقة المتبادلة داخل 102–99
نظام طبقي في ... 102–100
تعاون متبادل في ... 102
تغيُّر في 26–24
تنافس على ... 100–99
علاقة متبادلة 99–123
بين عشائر 102–118
داخل العشيرة 102–99
تعاقب 129
مميزات 118
تدخُّل الإنسان في 122
التربة – كائنات حية 68

غ

غابة / غابات 50، 51
استوائية 35، 89 (إنتاج بعملية التركيب الضوئي)، 93–94، 118، 139، 140، 141
ملاءمة 52
قَطع 94–93 ، 141

غاز الدفيئة 17، 56، 57 انظروا أيضًا تأثير الدفيئة
غلاف جوي 86
تسخين .....، انظروا: تأثير الدفيئة، ازدياد
غلاف حياتي 15، 86، 141
غير ذاتي التغذية 76، 78، 79، 83، 86
غزو أنواع 129، 141
غذاء 77، 151، 171–170، 176
كمصدر طاقة 173
غزاة 141، 159، 161

ف

فأر الغابة / فيران الغابة 107–106
فرد / أفراد (في العشيرة) 75، 137
فطريات 17، 69، 78
علاقة متبادلة 105، 113، 114، 115، 117
فقاعة تنقبض 48
فيكوس خانق 118

ق

قانون الحدائق الوطنية والمحميات الطبيعية 145
قانون حفظ الطاقة 174–173
قدرة التحمل 19، 121، 135
قطع غابات 94–93، 141
قمح 143–142، 157
قوارض 45، 81
قناة السويس 141

ك

كائن حي درجة حرارته متغيّرة 59، 61
كائن حي درجة حرارته ثابتة 59، 61
كبر العشيرة 121، 131
تأثير الافتراس 109–107
تغيُّرات 110، 111
عوامل تؤثر 122–119
عوامل متعلقة بالكثافة 120
كبريتيد الهيدروجين 77، 78
كثرة (ثراء) 14، 136، 139
كربون، مدورة 87
كوتيكولا (أدمة) 40، 42، 49
كومبوست 95، 162
كتلة أحيائية 83، 84، 131، 132
طاقة 84
كلية، انزان بدني 48
كوّة بيئية 103
كيميائي – ذاتي التغذية 77، 78

ل

لياقة 102
ملاءمة 21

م

مادة 168–167
مادة عضوية / مواد عضوية 78، 79، 83، 84، 85، 86، 88، 89، 90، 132، 170–169، انظروا أيضًا: مركبات (كربون) عضوية في التربة 65
مادة غير عضوية / مواد غير عضوية 63، 75، 78، 86
مبيدات الأعشاب 154
مجترة، جهاز هضمي 115
موقع في العشيرة 102–100
منحدرات 36، 147
منابع ساخنة 70، 139
مُنْتَجات وخدمات
في الزراعة 153
في النظام البيئي 143–142
منحسر لا مثيل له، نوع 108، 135، 140
منجروف 50
"ممرات" بيئية – جغرافية 144
مقاومة (صمود) 71–70، 158
مواد مكافحة 122
مستهلكات أولية وثانوية 79–78، 82
مستويات تنظيم 15، 75، 137–136
مستويات تغذية 85–82
كتلة أحيائية 84
مرجان 140
مستنقع شتوي 28، 141
محميات طبيعية 144
محللات 79، 83
مدورة 79
مورد / موارد 19–17، 75، 99، 121
مورد طبيعي 160
استغلال زائد 141
تربة 69
مواد تغذية في الزراعة 155
مواد تضاد حيوي 105، 106
مكافحة بيولوجية 106
محيطات 89، 140
مخاليط ومركبات 167
مركبات (كربون) عضوية 75، 76، 78، 91، 169، 170

مركبات (كربون) عضوية كمصدر طاقة 170
مركبات ومخاليط 167
ثيرموديناميكا، قوانين 173
مطر حامضي 141
ملاءمة 27–19
سلوكية 23، 61، 111
انتخاب طبيعي 27–24
لياقة 21
الهروب من الافتراس 111
التلقيح 112، 116
درجات حرارة متطرفة 61
ملوحة 67
بيئة محيطة جافة 47–40
بيئة محيطة مائية 50–46، 56
استيعاب الضوء 52–51
الحركة في الماء 47
مبنى (مبنى خارجي) 23، 61، 111
أنواع 23–22
فسيولوجيا – بيوكيمياء 23، 57، 61، 111
مبنى الورقة 42
دورة الحياة 43
مفترس / مفترسات، انظروا أيضًا افتراس
مفترس علوي 82
ميثاق دولي 145
مكافحة
بيولوجية 106، 121، 123–122، 155، 143، 161
كيميائية 121، 122، 155
مدمجة 162
مكونات المجتمع 130–127، 131، 137
مشاركة (تعايش) 117–112، 118
مشاركة وكائنات حية دقيقة 115
مشاركة، علاقات متبادلة بين النمل – فطريات 117
منحسر (لا مثيل له)، نوع 108، 135، 140
من وجهة نظر زراعية 45، 53، 57، 61، 65، 67، 69، 94، 95، 106، 113، 116، 120، 142 انظروا التفاصيل في نهاية الدليل
مجتمع 15، 75
تنظيم 79–78
مكونات .... 127 – 130، 137
تطور 129
علاقة متبادلة 118–102
مُنْتِجات 79، 82، 83
مياه تثاقلية 65
مياه مجارٍ 153، 161
معلومات وراثية 142
مدورة نفايات عضوية 162
مدورة مواد 69، 87–86، 88، 143
نقل الطاقة 90–89
في الغابة 94
في المزرعة 95
الماء (كعامل لا أحيائي) 50–37
في البيئة المحيطة الجافة 40–39
تخفيض درجة حرارة التجمد 60
ملاءمة للقليل/ للنقص في 46–39
تنظيم درجة الحرارة بوساطة .... 38، 60
الأملاح، تنظيم في الكائنات الحية 49–47
توافر في التربة 65
كعامل محدد 39، 45 (في الزراعة)
كمادة متفاعلة في عملية التركيب الضوئي 76
كمورد 45، 75
كبيئة حياتية (ملاءمة) 50–46، 55، 56
دورة 161
عمليات أيضية 45، 168
مالحة 67
نظيفة 67، 161
عمليات في الخلية والكائنات الحية 39–38
صفات 38
ميثان 17، 77، 78، 95، 132، 136، 162

ن

نباتات أرضية 44–43، 52
نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط 35
نبات/ نباتات
فقدان ماء 43–41
نباتات ذوات جذور هوائية 114
حبيبات اللقاح 40
إخصاب 40
إفراز مواد مضادة للحياة 106–105
ملاءمة في نباتات الظل 52
ملاءمة للهروب من الافتراس 111
ملاءمة لبيئة محيطة جافة 45–41
ملاءمة لبيئة محيطة مائية 50–49
ملاءمة لاستيعاب الضوء 51
مواد حماية وتحذير 111
أشكال (أنواع) نباتات 36–33
نباتات CAM 42
نباتات مائية 50–49، 56
نباتات متطفلة 82، 113
نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط 35
أنسجة تهوية 50
نبحث البيئة 26، 44، 48، 80، 81، 106، 110، 111، 130، انظروا التفاصيل في نهاية دليل المصطلحات

طرق البحث 104–103، 111
نتح 38، 43–41، 59، 61، 62
النشوء والارتقاء 20، 116، 135
نظرية النشوء والارتقاء 138
نبات جذوره في الهواء 114، 118
نوى تكاثر 144
نقل طاقة، انظروا: طاقة، نقل
نظام بيئي 16–15، 33، 70، 75، 87، 88، 127، 137، 144
طاقة 176–175
طرق الوصف 85
تشويش على 132
مُنْتَجات وخدمات 143–142
توازن ديناميكي (متغيّر) 132–131
نوع / أنواع 137، 147
نقب، شبكة غذائية 81
نملة زراعية 116
نملة حصاد 117
نظرية النشوء والارتقاء 138
نيتروجين 90
في التربة 154
توافر 93، 154
دورة 93–92

من وجهة نظر زراعية

الماء كعامل محدد في الزراعة 45
إضاءة أقنان الدجاج ووضع البيض 53
زيادة المحاصيل في الدفيئات 57
الحرارة الزائدة 61
تربة خفيفة وتربة ثقيلة 65
ملوحة التربة 67
معالجة التربة 69
قطع الغابات الماطرة 94
مدورة (إعادة بناء) مواد في الزراعة 95
مكافحة بيولوجية 106
مكافحة 113
خدمات التلقيح 116
بومة وعكبر 121
نباتات غذائية أساسية 142

نبحث البيئة

عث فاتح وعث غامق 26
ساعة المطر في شوك الدب 44
إفراز فائض الماء من البراميسيوم 48
شبكة غذائية في بحيرة طبريا 80
شبكة غذائية في النقب 81
فئران الغابة 106
تعاقب في جبال يهودا 130
في الطبيعة: مفترس – فريسة 110
في المختبر: مفترس – فريسة 110
بمساعدة الرياضيات 111

تثبيت، انظروا: بكتيريا تثبت النيتروجين
النسبة بين المساحة إلى الحجم 41، 51، 52، 56، 59–60

هـ

هضم 79
هندسة وراثية 153، 158–159
هرم بيئي 85–82، 79
كتلة أحيائية 84–83
عددي 85–84
هروب من الافتراس 21، 112–111
هروب من ظروف غير مريحة 28–27

و

وضع البيض 53، 156، 157
وقواق 114

ي

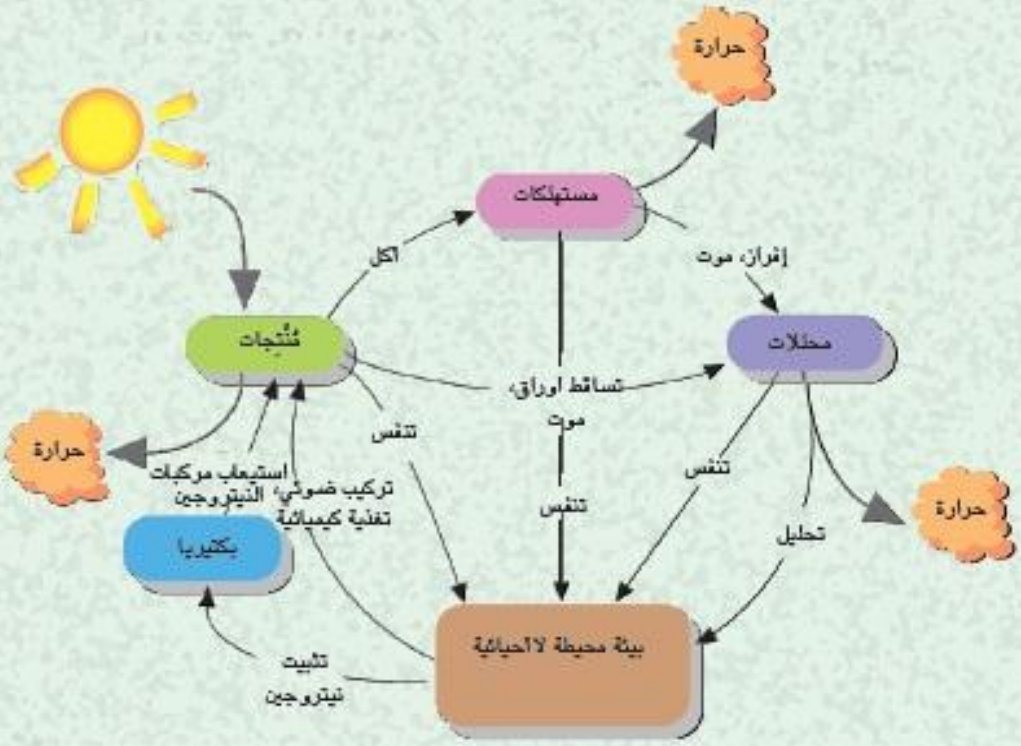
يجعله أليفًا 152
يوريا 46
ينابيع حارة 70، 139

دليل بحسب الابجدية لأسماء باحثين وعلماء

الاسم	الصفحة	الموضوع
اهرنسون	143	اكتشف "أم القمح"
جاوس	104	تنافس تزاحمي
جاوس	110	دورية في تعداد (كبر) عشيرة المفترس والفريسة
داروين	138	نظرية النشوء والارتقاء
هابر	152, 156	إنتاج الأمونيا بطريقة صناعية
هاكل	14	اقترح اسم ايكولوجيا (علم البيئة)
والاس	138	نظرية النشوء والارتقاء
ولترا	111	نموذج رياضي لحساب تعداد (كير) عشيرة المفترس والفريسة
ولر	169	بناء مادة عضوية
لوتكا	111	نموذج رياضي لحساب تعداد (كير) عشيرة المفترس والفريسة
ليندمن	82	المصطلح "مستوى تغذية"
مالتوس	151	تنبؤ وتيرة نمو تعداد السكان ووتيرة إنتاج الغذاء
باستر	156	اكتشف عامل الحموضة وتطعيم الدجاج
كتلول	26	بحث العث في انكلترا

في فصول هذا الكتاب، تجدون إجابات عن الأسئلة الآتية:

- بماذا يتم التعبير عن ملاءمة الكائنات الحية إلى موطنها (بيت التنمية)؟
- كيف تواجه الكائنات الحية النقص في المياه؟
- ما هي العلاقة بين المُنتِجات، المستهلكات والمحللات؟
- كيف تنتقل الطاقة وتتمدور المواد في النظام البيئي؟
- ما هو تأثير التنافس والافتراس على تعداد العشيرة؟
- ماذا يحدث في الحقل بعد التوقف عن معالجته؟
- لماذا من المهم الحفاظ على التنوع البيولوجي؟
- كيف تؤثر الطرق الزراعية على الطبيعة؟



الترقيم الدولي: ISBN 965-295-032-7