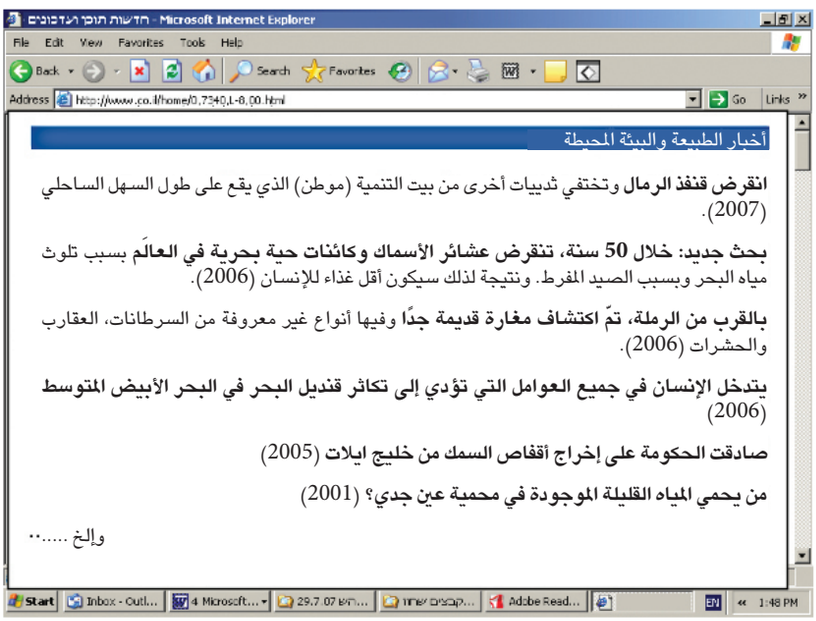
الفصل الأول

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؟

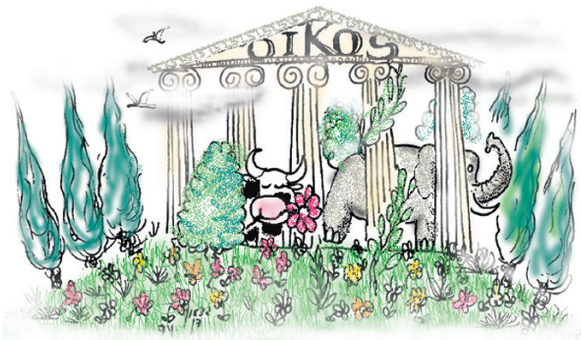


علم البيئة في وسائل الاتصال

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

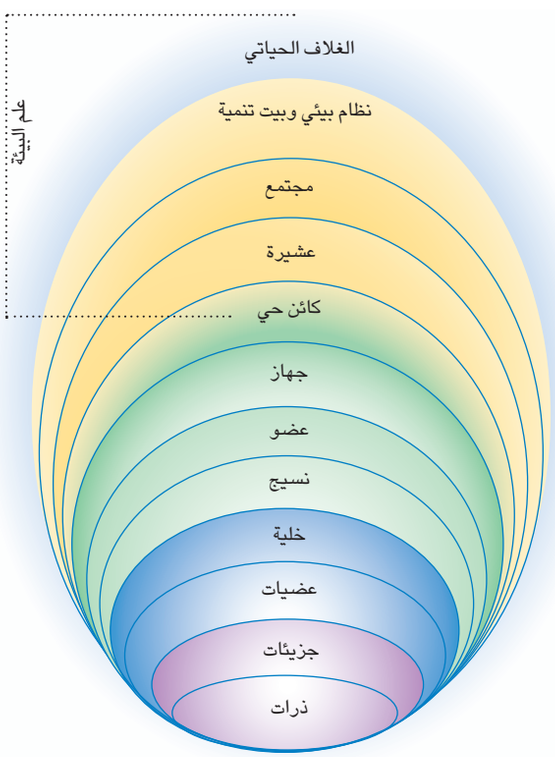
يبحث علماء البيئة ظواهر في عدة **مستويات تنظيم** (الرسمة أ–1). وأحيانًا يكون التركيز على طريقة حياة كائن حي معين وملاءمته للبيئة المحيطة.

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.

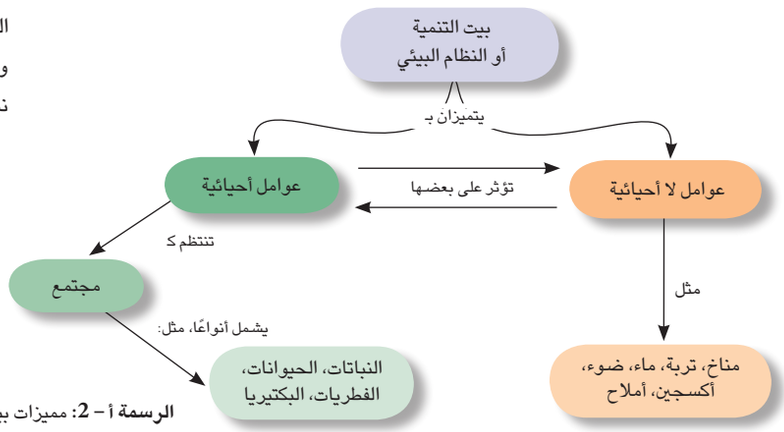
المشترك لجميع مستويات التنظيم أن علم البيئة يبحثها، وهي معقدة جدًا وديناميكية (متغيِّرة): تتغيّر كل مكوناتها وظروفها مع الوقت: من سنة إلى أخرى، من موسم إلى آخر ومن الصباح حتى المساء. يؤدي التعقيد والتغيُّرات إلى صعوبة عند الباحث الذي يرغب فهم ما يحدث في النظام البيئي، لكنها تجعل موضوع علم البيئة موضوعًا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

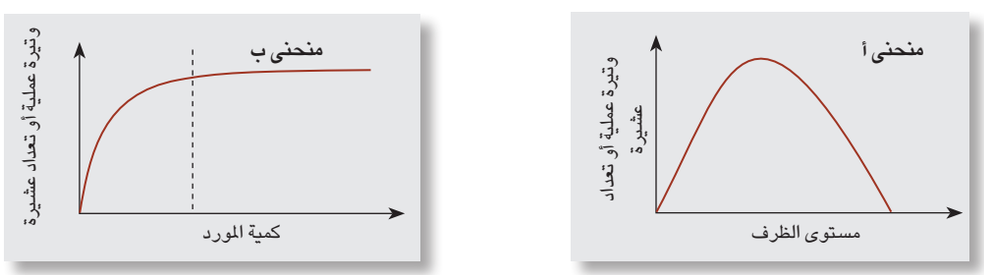
		أمثلة
عوامل لا أحيائية	**ظروف**	درجة حرارة، ضوء، رياح، حامضية وملوحة التربة
	موارد	ضوء، ماء، أكسجين، CO_2، أملاح، حيز (مكان) للعيش، أماكن للاختباء
عوامل أحيائية	**موارد**	غذاء (نباتات، حيوانات، بقايا)، عائل، ملقح، أشجار للتعشيش.

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:

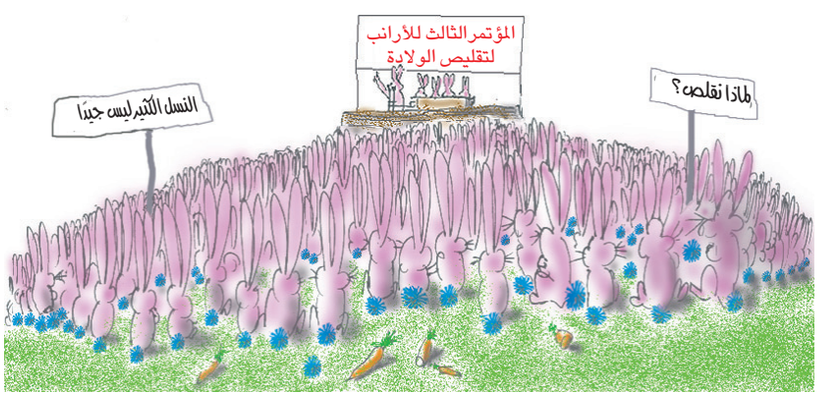
1. القدرة على التنافس للحصول على الموارد.
2. قدرة الصمود ومقاومة الآفات الضارة، الطفيليات وآكلة الأعشاب والمفترسات، أو قدرة الهروب من المفترسات.
3. قدرة الصمود وتحمل ظروف البيئة المحيطة المتطرفة، مثل: قلة المياه ودرجات حرارة متطرفة (عالية جدًا أو منخفضة جدًا) وسموم.
4. القدرة على التكاثر.

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

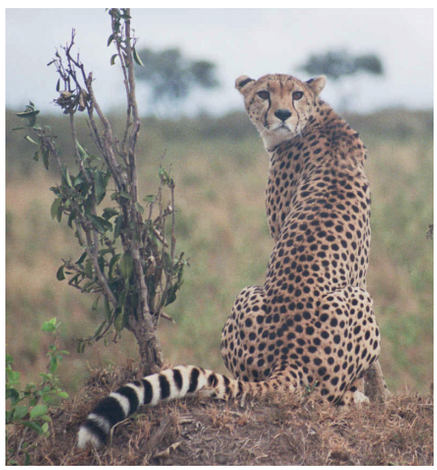
الملاءمة كما ذكرنا، هي صفة تزيد من احتمال الفرد على البقاء في ظروف البيئة المحيطة التي يعيش فيها، وتزيد من قدرته على التكاثر. واحتمال بقاء أنساله في هذه البيئة المحيطة أكبر من احتمال بقاء أنسال أفراد أخرى. الملاءمة لبيت التنمية، تزيد من مساهمة أنسال الفرد الأمثل إلى الأجيال القادمة في العشيرة مقارنة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

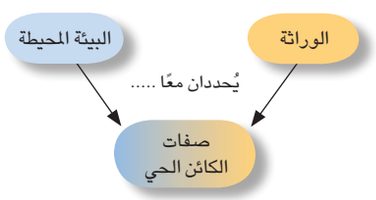
تبذل أشجار كثيرة (مثل: اللوز، الشبرق) موارد كثيرة، لإنتاج أزهار كثيرة لا تُخَصَّب جميعها، لذا لا تتطور بذور فيها. وهذا هو نوع من الملاءمة: الأزهار الكثيرة، هي عبارة عن بذل جهد لجذب الملقحات التي تزيد من احتمال الاخصاب وإنتاج الثمار.

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 أنَّ 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.

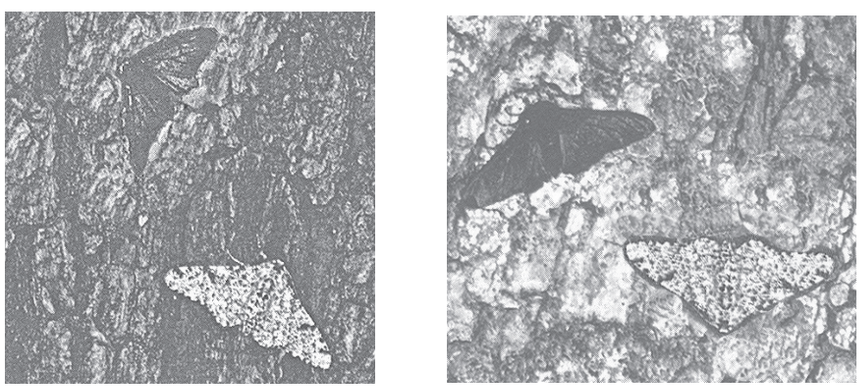
لكي نفهم مساهمة الانتخاب الطبيعي في تغيُّر تكرارية أفراد – ذوي ملاءمة – في عشيرة، نَصف قصة العث في انكلترا.

■ 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

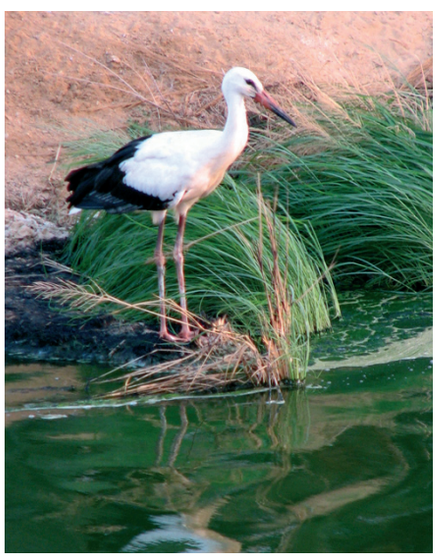
تؤدي الحياة في بيئة محيطية متغيِّرة من خلال الانتخاب الطبيعي إلى تطور كائنات حية ذوات ملاءمة، حيث وُصف القليل منها في هذا الفصل. وكل ملاءمة تساعد على الحياة في ظروف ليست مُثلى أيضًا. ومع مرور الوقت، تطورت ملاءمات مختلفة تساعد على الهروب لمدة زمنية طويلة نسبيًا (موسم) من ظروف بيئة محيطة غير مريحة. الشيء 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