سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم
رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence
الأحياء
كتاب الطالب
١٠
الفصل الدراسي الثاني
الطبعة التجريبية ١٤٤٣هـ - ٢٠٢١م
CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الأحياء

كتاب الطالب

١٠

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٣هـ - ٢٠٢١م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢١ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – الأحياء للصف العاشر – من سلسلة كامبريدج للعلوم
المتكاملة IGCSE للمؤلفين ماري جونز، ريتشارد هاروود، إيان لودج، ودايفيد سانغ.

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج رقم ٤٠ / ٢٠٢٠ .
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه توفُّر أو دقة المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق
وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٩٠ / ٢٠٢١ واللجان المنبثقة عنه

محفوظة جميع الحقوق

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

**لا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزّأً أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**

المغفور له

السلطان قابوس بن سعيد

-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفِظَهُ اللّه ورعاه-

سلطنـــــة عُمـــــان

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ الضِّياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًّا من مُكوّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المُتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيَم واتجاهات، جاء مُحقِّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمَّنه من أنشطة وصور ورسومات. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

مُتمنّية لأبنائنا الطلبة النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذا الكتاب xii

الوحدة الخامسة: الوراثة

٥–١ الكروموسومات ١٥

٥–٢ الانقسام الخلوي ١٧

٥–٣ الوراثة ١٩

٥–٤ تزاوج أحادي الهجين ٢٤

الوحدة السادسة: التباين والتكاثر الانتقائي

٦–١ التبايُن ٣٠

٦–٢ التكاثُر الانتقائي ٣٥

الوحدة السابعة: الكائنات الحية وبيئتها

٧–١ علم البيئة ٤٠

٧–٢ انتقال الطاقة (تدفُّق الطاقة) ٤١

٧–٣ دورة الكربون ٤٥

٧–٤ الوقود الأحفوري وإزالة الغابات ٤٦

٧–٥ تلوُّث المياه والإثراء الغذائي ٤٩

مصطلحات علمية ٥٦

المقدمة

سوف تتعلَّم في هذا المُقرَّر الكثير من الحقائق والمعلومات، وستكتسب مهارة التفكير كالعُلماء. وقد تمَّت مواءمة كتاب الطالب – الأحياء للصف العاشر – وفق سلسلة كامبريدج للعلوم المُتكامِلة IGCSE.

تتضمَّن وحدات كتاب الطالب على البنود الآتية:

الأسئلة

تتضمَّن كل وحدة مجموعة مُتعدِّدة من الأسئلة تأتي ضمن سياق فقراتها لتعزيز الفهم، وبعضها يحتاج إلى إجابات قصيرة. كما ترد في نهاية الوحدة أسئلة تهيء الطالب لخوض الاختبارات.

الأنشطة

تتضمَّن كل وحدة على أنشطة مُتنوّعة تهدف إلى مساعدة الطالب على تطوير مهارته العملية.

مُلخَّص

وهو قائمة قصيرة تأتي في نهاية كل وحدة، وتحتوي على النقاط الرئيسية التي تمَّت تغطيتها في الوحدة. وسوف يحتاج إلى معرفة المزيد من التفاصيل عن هذه النقاط من خلال الرجوع إلى موضوعات الوحدة.

يلازم كتاب الطالب كتاب النشاط، الذي يزوّد الطالب بمجموعة من التمارين وأوراق العمل، ويساعده على توظيف المعرفة التي اكتسبها في تطوير مهارته في التعامل مع المعلومات وحلّ المشكلات، وصقل بعض مهارته العملية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

تتضمَّن كل وحدة مجموعة من البنود تساعد الطالب على التنقُّل خلالها.

الوحدة السابعة

الكائنات الحية وبيئتها Organisms and their environment

تغطّي هذه الوحدة:

- السلاسل الغذائية، والشبكات الغذائية، والأنظمة البيئية.
- كفاءة انتقال الطاقة في السلاسل الغذائية.
- دورة الكربون، وكيفية تأثير أنشطة الإنسان عليها.
- تأثير احتراق الوقود الأحفوري على مستوى تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء.
- آثار إزالة الغابات على المستويَين: المحلّي والعالمي.
- مصادر تلوُّث المياه وتأثيراته.

مصطلحات علمية

تحتوي المُربَّعات على تعريفات واضحة للمُصطلحات العلمية الرئيسة في كل وحدة.

مصطلحات علمية

الإثراء الغذائي Eutrophication: عملية تحدث عندما تُصبح البُحَيرات والأنهار غنية بالمواد الغذائية، ممّا يؤدّي إلى نمو كثيف في الحياة النباتية، وزيادة في الكائنات الحية المُحلّلة، وانخفاض في مستويات الأكسجين.

تذكّر مُربَّعات تحتوي على نصائح موجَّهة إلى الطلبة ليتجنبوا المفاهيم الخاطئة الشائعة وتقدِّم إليهم الدعم للإجابة عن الأسئلة.

تذكَّر

أنّ تسرُّب مياه الصرف الصحّي المعالجة لا يُسبّب مشكلة الإثراء الغذائي، إلّا أنّ مياه الصرف الصحّي غير المعالجة هي التي تُسبّب هذه المشكلة.

نشاط

ترد الأنشطة في جميع أقسام الوحدة وتوفِّر إرشادات وتوجيهات لإجراء استقصاءات عملية.

نشاط ٧-١

دراسة نظام بيئي معيّن

المهارات:

- **الملاحظة والقياس والتسجيل**
- **تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها**

في هذا النشاط، ستحاول تكوين بعض السلاسل الغذائية في نظام بيئي معيّن.

⚠ **• لا تُخلّ بالنظام البيئي قدر الإمكان.**

• لا تصطحب النباتات والحيوانات بعيدًا عن النظام البيئي ما لم يوافق مُعلّمك على ذلك، ولكن يجب إعادة الحيوانات إلى أماكنها بعد ذلك مباشرة.

• إذا كان لديك كاميرا مجهر، التقط صورًا للكائنات الحيّة بدلًا من جمعها.

المواد والأدوات والأجهزة

- كاميرا مجهر
- أكياس ذاتية الغلق
- إناء حفظ العينات
- أقلام تخطيط لتسمية الأكياس والأوعية، أو قصاصات ورقية
- شبكة اصطياد حشرات
- أدوات شفط الحشرات Pooters
- عدسة يد مُكبّرة

١ ابحث جيّدًا في المنطقة المُستهدَفة لتنفيذ النشاط، وحاول تحديد جميع أنواع النباتات الموجودة فيها. إذا لم تتمكّن من تحديد نوع معين من النباتات رغم توفره بكميات كبيرة في هذه المنطقة فاجمع عيّنات من الأوراق والأزهار لتأخذها إلى المختبر، حيث يتوفّر لك وقت كاف لتتعرَّف عليه. يمكنك أن تستخدم بعضًا من التطبيقات الحديثة للتعرف عليها.

أسئلة

ترد في كل وحدة لتقييم معرفة الطلبة واستيعابهم للعلوم.

أسئلة

٧-١ ما المصدر الرئيسي للطاقة في الكائنات الحية؟

٧-٢ كوّن سلسلة غذائية وفق الآتي:

(أ) تنتهي بالإنسان.

(ب) توجد في البحر.

(ج) تتضمّن خمسة مستويات غذائية.

٧-٣ لماذا تُسمّى النباتات الخضراء بالمُنتِجات؟

٧-٤ لماذا يندر وجود أكثر من خمسة مستويات في السلسلة الغذائية؟

يرد **ملخّص** في نهاية كل وحدة ويتضمَّن تلخيصًا للموضوعات الرئيسة.

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- استخدام السلاسل الغذائية والشبكات الغذائية لتوضيح آلية تدفُّق الطاقة بين الكائنات الحية.
- تشغل الكائنات الحية في نظام بيئي ما مستويات غذائية مختلفة.
- آليّة فقدان الطاقة أثناء تدفّقها بين المستويات الغذائية.
- دورة الكربون في نظام بيئي.
- كيفية تأثير احتراق الوقود الأحفوري على تركيز غازي ثاني أكسيد الكربون والأكسجين في الغلاف الجوي.
- تأثير إزالة الغابات على البيئة.
- تأثيرات تلوث المياه بالأسمدة ومياه الصرف الصحي غير المعالجة والنفايات الكيميائية والقمامة التي يتم التخلص منها.
- الآثار المترتبة عن حدوث عملية الإثراء الغذائي.

تلي فقرة مُلخّص مجموعة مختارة من **أسئلة نهاية الوحدة** لمساعدة الطلبة على مراجعة الوحدة.

أسئلة نهاية الوحدة

١ انقل الجمل الآتية إلى دفترك، واستخدم المصطلحات العلمية الآتية لإكمال الجُمل الموضّحة أدناه. يمكنك استخدام المصطلح مرّة واحدة، أو أكثر، ويمكنك عدم استخدامه.

النظام البيئي	جماعة حيوية	آكلات الأعشاب	مستوى غذائي	تنفّس	
مجتمع حيوي	التمثيل الضوئي	الموطن البيئي	المُنتِجات	آكلات اللحوم	المُستهلِكات
المُحلّلات	الطاقة				

يُطلق على المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي اسم ..... وتتفاعل الحيوانات والنباتات التي تعيش معًا في هذا المكان ومع البيئة المحيطة بها في وحدة تُسمّى ..... ومصدر ..... الرئيسي في هذا النظام هو الشمس. تمتصّ النباتات ..... من الشمس في عملية تُسمّى ..... ولأنها تُنتج موادها الغذائية العضوية في عملية ..... تُعرف النباتات باسم ..... وتحصل الحيوانات على ..... عن طريق تناول كائنات حية أخرى، وتُسمّى ..... تلك التي تأكل النباتات فقط تُسمّى ..... والتي تأكل حيوانات أخرى تُسمّى ..... عندما تموت الحيوانات والنباتات، تعمل كائنات أخرى تُسمّى ..... على تفكيك المادة العضوية الميتة للحصول على الطاقة.

٢ تظهر السلاسل الغذائية تدفُّقات بسيطة للطاقة خلال النظام البيئي.

أ. كوّن سلاسل غذائية بسيطة من الكائنات الحية الواردة أدناه.

١. محار – سلحفاة ضخمة الرأس – عوالق نباتية

٢. أرنب – عشب – ثعلب أحمر

٣. قط الرمال – جربوع – بذور

ب. حدِّد مسمّيات كلٍّ من المُنتِج، والمستهلك الأول، والمُستهلِك الثاني في كل سلسلة من السلاسل التي كوّنتها.

ج. كوّن سلسلة غذائية بأربعة مستويات غذائية من اختيارك.

قائمة رموز المواد الإثرائية لمادّة الأحياء

النوع	المصطلحات العلمية	أسئلة اختيار من متعدِّد	الأنشطة الإثرائية	معايير النجاح
QR Code				

الوحدة الخامسة

الوراثة Inheritance

تغطّي هذه الوحدة:

- الكروموسومات والجينات.
- النواة ثنائية المجموعة الكروموسومية والنواة أحادية المجموعة الكروموسومية.
- الانقسام الخلوي عبر الانقسام المتساوي، والانقسام الاختزالي (المنصّف).
- توظيف المخطّطات الجينية وسجِّلات النسب للتنبُّؤ بنتائج التزاوجات وتفسيرها.

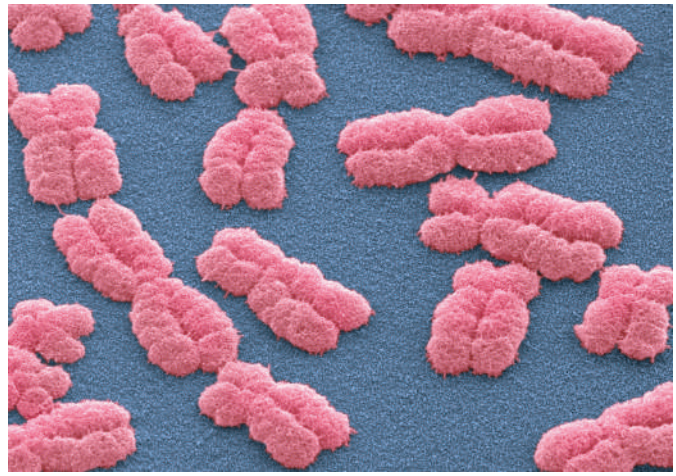
٥-١ الكروموسومات

تحتوي نواة كل خلية على مجموعة من الخيوط الطويلة تسمّى **الكروموسومات Chromosomes**.

تتَّصف الكروموسومات غالبًا بأنها خيوط رفيعة جدًّا، بحيث لا تُرى إلا بالمجهر الإلكتروني، وفي أثناء انقسام الخلية، تصبح الكروموسومات أقصر وأسمك، حيث يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي. توضّح الصورة ٥-١ كروموسومات الإنسان كما تظهر تحت المجهر الإلكتروني.

يحتوي كل كروموسوم على **حمض نووي رايبوزي منقوص الأكسجين DNA (Deoxyribose nucleic acid)**. يحمل هذا DNA شفرات توجّه الخلية إلى بناء أنواع مختلفة من البروتينات. وبالتالي يحمل كل كروموسوم تعليمات لبناء عدَّة بروتينات مختلفة. ويُطلق على الجُزء من DNA والذي يتضمّن تعليمات لبناء أحد البروتينات اسم **الجين Gene**.

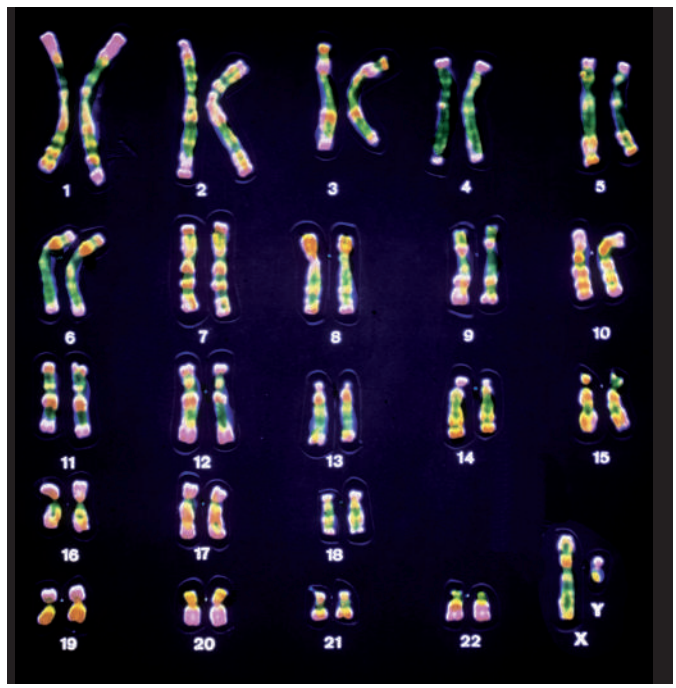
تحدّد الجينات الموجودة على الكروموسومات كل ما يتّصف به الإنسان، مثل لون عينيه ولون شعره إلى شكل أنفه، وحتّى ما إذا كان مصابًا بمرض وراثي، مثل التليُّف الكيسي. ويرث كل هذه الجينات من أبوَيه.



الصورة ٥ـ١ صورة التُقطت بالمجهر الإلكتروني الماسح لكروموسومات الإنسان، يبدو فيها كل كروموسوم مكوّنًا من كروماتيدَين متطابقين، يرتبطان معًا في منطقة تسمّى السنترومير

يتضمّن كل نوع من أنواع الكائنات الحية عددًا محدّدًا وأنواعًا معيّنة من الجينات، ممّا يجعل صفاته المظهرية والسلوكية والوظيفية تختلف عن صفات الكائنات الحية الأخرى.

تحتوي نواة كل خلية في جسم الإنسان على 46 كروموسومًا، والتي تحمل عددًا كبيرًا من الجينات. وهذه الخلايا متماثلة جينيًّا، وتحتوي كل منها على نسخ متماثلة من كل كروموسوم.



الصورة ٥ـ٢ كروموسومات خلايا ذكر الإنسان مرتَّبة من الأكبر إلى الأصغر

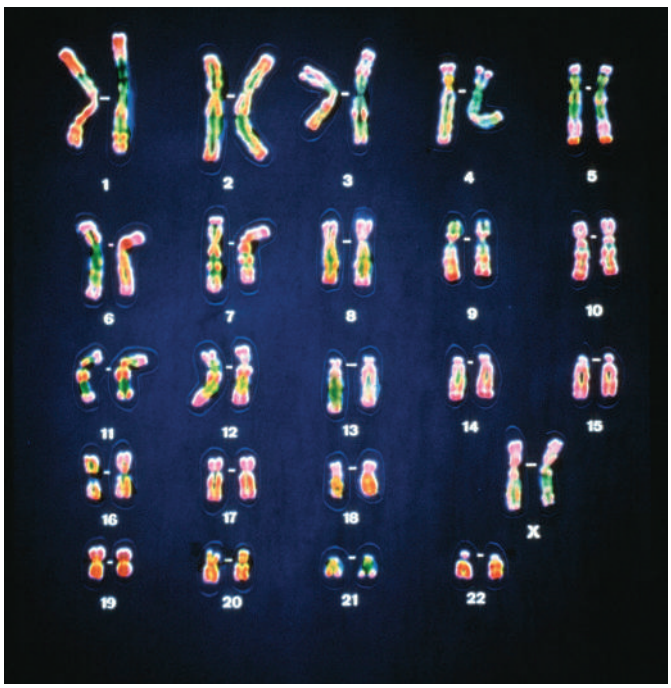
يُستثنى من ذلك خلايا الدم الحمراء الناضجة التي لا تحتوي على نواة، والأمشاج التي تحتوي على نصف العدد من الكروموسومات، والخلايا التي حدثت بها طفرة كالأورام. (ستدرس الطفرات في الوحدة السادسة)

ليس هناك إنسان في العالم يحمل نفس مجموعة الجينات التي يحملها إنسان آخر، باستثناء التوائم المتماثلة؛ لأنّ مجموعة الجينات المختلفة الخاصّة بكل شخص تجعله فريدًا بصفاته.

يبدأ الإنسان حياته كخلية واحدة، هي الزيجوت (اللاقحة)، التي تتكوَّن من اندماج نواتي البُوَيضة والحيوان المنوي. تحتوي النواة في كل من هذه الأمشاج على مجموعة واحدة من 23 كروموسومًا. وعندما يندمج المشيجان معًا، ينتج الزيجوت الذي يحتوي على 46 كروموسومًا.

تحتوي نواة المشيج على مجموعة واحدة من الكروموسومات، وتسمّى **أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) Haploid**. وتحتوي نواة خلية الزيجوت على مجموعتَين من الكروموسومات، وتسمّى **ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) Diploid**.

تبيّن الصورتان ٥-٢ و٥-٣ الكروموسومات في كل خلية من خلايا ذكر الإنسان وخلايا أنثى الإنسان، وقد رُتِّبت من



الصورة ٥ـ٣ كروموسومات خلايا أنثى الإنسان مرتَّبة من الأكبر إلى الأصغر

الأكبر إلى الأصغر. ويظهر فيها زوج من كل كروموسوم، لأنها من خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية، ويتضمّن كل زوج منها كروموسومًا واحدًا من الأب، وكروموسومًا واحدًا من الأم.

مصطلحات علمية

الكروموسوم Chromosome: تركيب خيطي من DNA يحمل المعلومات الوراثية على هيئة جينات.

الجين Gene: جزء من DNA يتضمَّن تعليمات لبناء أحد البروتينات.

النواة أحادية المجموعة الكروموسومية (1n)

Haploid nucleus: نواة تحتوي على مجموعة واحدة من الكروموسومات مثل نواة الأمشاج.

النواة ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n)

Diploid nucleus: نواة تحتوي على مجموعتَين من الكروموسومات مثل نواة الخلايا الجسمية.

٥-٢ الانقسام الخلوي

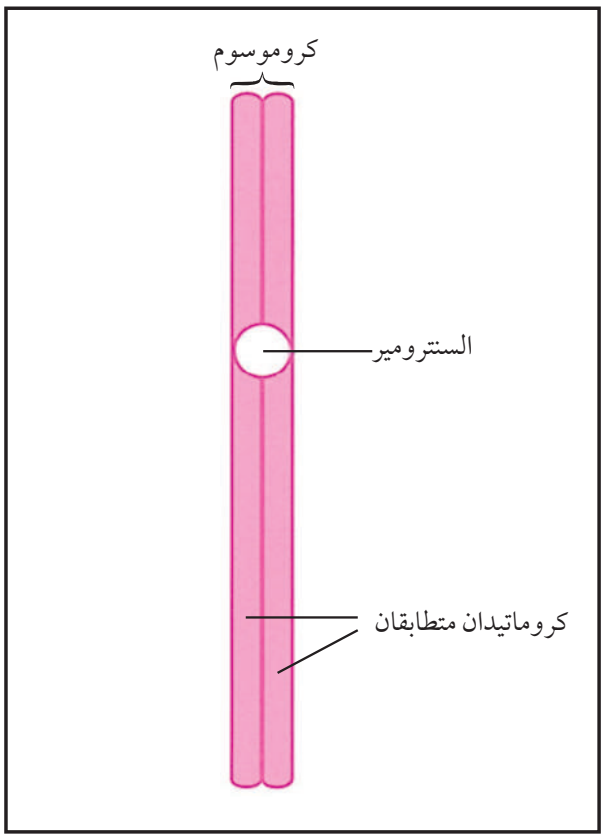
الانقسام المتساوي

يبدأ الزيجوت بعد مدَّة وجيزة من تكوّنه بسلسلة من الانقسامات لتنتج كرة من الخلايا تصبح في النهاية جنينًا. وفي كل مرة تنقسم فيها الخلية إلى خليتين ناتجتين، تتلقّى كل خلية ناتجة نسخة كاملة من مجموعتَي الكروموسومات في الزيجوت، وتكون هاتان الخليتان متطابقتَين جينيًّا.

يسمّى هذا النوع من الانقسام الخلوي الذي يُنتج خلايا متطابقة جينيًّا **الانقسام المتساوي Mitosis**.

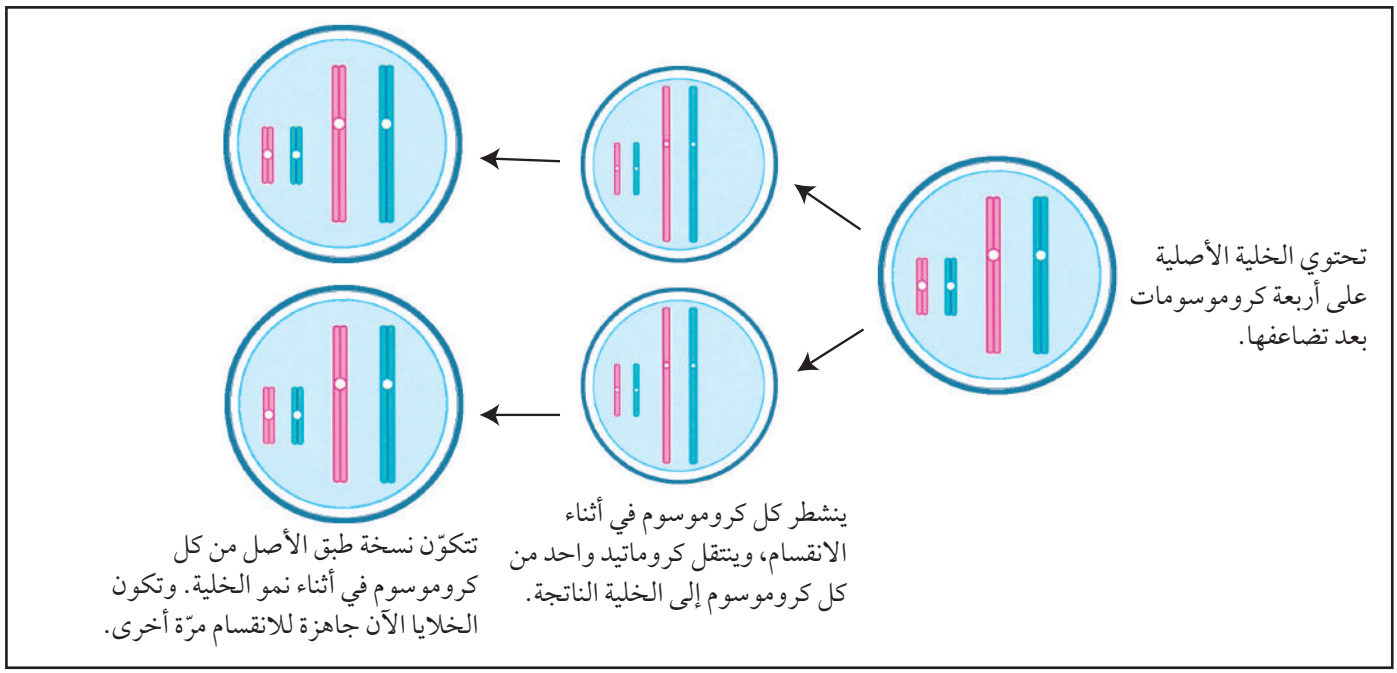
الانقسام المتساوي هو الطريقة التي تنقسم فيها كل خلية نباتية أو حيوانية عند نموّ الكائن الحي، لتكوين أنسجة جديدة كالأنسجة العضلية، وكذلك لإصلاح الأنسجة التالفة من الجسم، من خلال إنتاج خلايا جديدة تحلّ محل الخلايا التالفة أو المُسِنّة. فمثلًا عند حدوث جرح، تتكوّن خلايا جلد جديدة بالانقسام المتساوي لتسهم في التئام الجرح. يحدث الانقسام المتساوي أيضًا عند التكاثر اللاجنسي في النباتات وغيرها من الكائنات الحية.

تتضاعف الكروموسومات في الخلية الأصلية ثنائية المجموعة الكرموسومية (2n) قبل الانقسام مباشرة، ويصبح كل كروموسوم متكوِّنًا من خيطَين متطابقَين مرتبطَين معًا عند السنترومير، ويسمى كل خيط منها بالكروماتيد (الشكل ٥-١).



الشكل ٥-١ الكروموسوم بعد تضاعفه

يوضّح الشكل ٥-٢ ما يحدث لخلية تحتوي على أربعة كروموسومات خلال الانقسام المتساوي. قبل الانقسام المتساوي، تكون الكروموسومات قد تضاعفت وتكوّنت من كروماتيدَين متطابقَين مرتبطَين معًا. ثم تبدأ نواة الخلية بالتفكُّك. ونتيجة لذلك، تنفصل كروماتيدات الكروموسومات، ويتباعد كروماتيدا كل كروموسوم في اتّجاهَين متضادَّين، حيث يتّجه كل كروماتيد إلى أحد قطَبي الخلية. بعد ذلك، تتشكّل نواة جديدة حول كل مجموعة من الكروموسومات، وتبدأ الخلية بالانقسام إلى قسمَين، وتكون كل خلية ناتجة مطابقةً جينيًّا للخلية الأصلية.



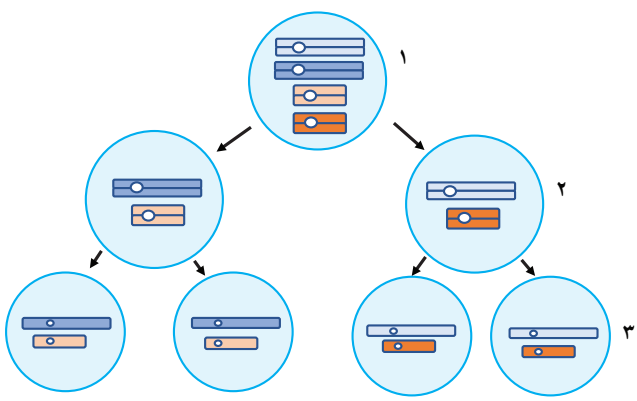
الشكل ٥ـ٢ سلوك الكروموسومات في أثناء قيام الخلية بالانقسام المتساوي في حياتها

الانقسام الاختزالي

تحتوي الأمشاج على نصف عدد كروموسومات الخلية الجسمية الطبيعية؛ فهي تحتوي على مجموعة واحدة من الكروموسومات بدلًا من مجموعتَين. لذلك تكون أحادية المجموعة الكروموسومية (1n). وعليه، عندما يندمج مشيجان معًا، يكون الزيجوت الناتج ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n).

تنتج أمشاج الإنسان من انقسام خلايا في المبيضَين والخصيتَين عبر نوع خاص من الانقسام يسمّى **الانقسام الاختزالي Meiosis**. تنقسم الكروموسومات في الانقسام الاختزالي بحيث تحصل كل خلية جديدة على كروموسوم واحد من كل زوج من الكروموسومات. ويُعرَف هذا الانقسام أيضًا باسم **الانقسام المُنصِّف Reduction division**؛ لأنّ عدد الكروموسومات يقلّ فيه إلى النصف، وبالتالي تُنتج الخلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) في هذا الانقسام خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) ومختلفة جينيًّا بعضها عن بعض.

يلخِّص الشكل ٥-٣ خطوات الانقسام الاختزالي.



١. تحتوي الخلية الأصلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) على زوجين متماثلين من الكروموسومات (أربعة كروموسومات). ويتضاعف كل كروموسوم، بحيث يتكوّن من كروماتيدين متطابقين مرتبطَين معًا.

٢. يحدث الانقسام الاختزالي على مرحلتَين: تمر الخلية الأصلية بالانقسام الاختزالي الأوّل، وينتقل خلاله كروموسوم واحد من كل زوج كروموسومات إلى كل خلية ناتجة.

٣. تمر الخليتان الناتجتان بالانقسام الاختزالي الثاني، وينتقل كروماتيد واحد من كل كروموسوم إلى كل خلية ناتجة. وعليه، تحتوي الخلية الناتجة على مجموعة واحدة من الكروموسومات، أي أنّها تكون أحادية المجموعة الكروموسومية (1n).

الشكل ٥ـ٣ ملخَّص لسلوك الكروموسومات في أثناء الانقسام الاختزالي

تذكر أن كروموسومًا واحدًا من كل زوج كروموسومات من الأب، والكروموسوم الآخر من الأم. وفي أثناء الانقسام الاختزالي تحصل الخلايا الجديدة على مزيج من هذه الكروموسومات. لذلك، قد يحتوي أحد الحيوانات المنوية على الكروموسوم 1 من الأب، والكروموسوم 2 من الأم، وهكذا، في حين قد يحتوي حيوان منوي آخر على الكروموسوم 1 من الأم والكروموسوم 2 من الأب، ممّا يؤدي إلى ظهور تراكيب جينية متنوعة، لذلك تختلف الأمشاج جينيًّا عن الخلية الأصلية كما يتّضح ذلك في الشكل ٥-٣، ممّا يؤدّي إلى حدوث التبايُن الجيني. (ستدرسها لاحقًا في الوحدة السادسة)

مصطلحات علمية

الانقسام المتساوي Mitosis: انقسام خلوي تنتج منه خلايا متطابقة جينيًّا مع الخلية الأصلية.

الانقسام الاختزالي Meiosis: انقسام خلوي يقلّ فيه عدد الكروموسومات إلى النصف، ليتحوّل من ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n) إلى أحادي المجموعة الكروموسومية (1n)، وتنتج من هذه العملية خلايا مختلفة جينيًّا بعضها عن بعض وعن الخلية الأصلية.

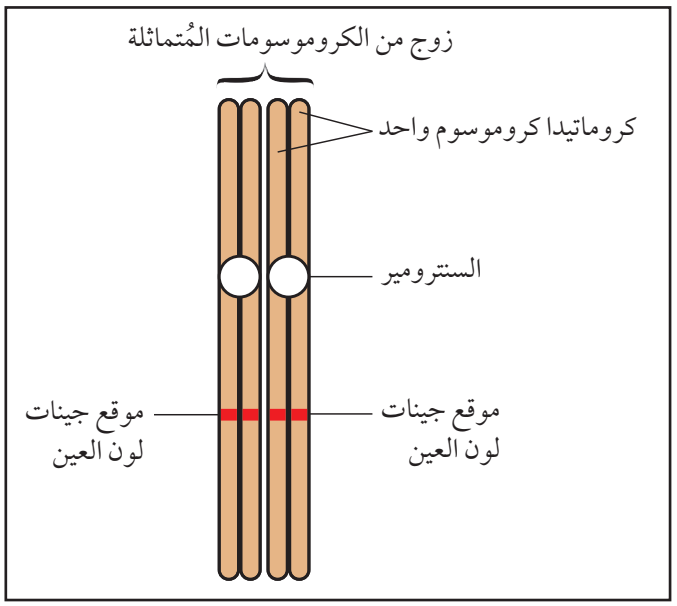
٥-٣ الوراثة

عرفت أن كل كروموسوم يحمل كثيرًا من الجينات. ويُعتقد أنّ هناك 20 ألف جين بشري تقريبًا، تحملها مجموعتا كروموسومات الإنسان المُكوّنة من 23 زوجًا من الكروموسومات.

وبما أنّ كل خلية تحتوي على مجموعتَين كاملتَين من الكروموسومات على شكل أزواج متماثلة فهي تحتوي إذا على مجموعتين كاملتين من الجينات، ويحتوي كل كروموسوم في الزوج الكروموسومي المتماثل على جينات لنفس الصفة في نفس الموقع (الشكل ٥-٤). وينطبق ذلك على جميع الحيوانات ومعظم النباتات. ويمكن توضيح هذا الأمر من خلال التعرُّف على كيفية سلوك **ووراثة Inheritance** نوع من الجينات.

مصطلحات علمية

الوراثة Inheritance: نقل المعلومات الجينية من جيل إلى آخر.



الشكل ٥-٤ تحتوي كل خلية جسمية على نسختَين من كل نوع كروموسومات، وتحمل كل نسخة جينات لنفس الصفة في نفس الموقع

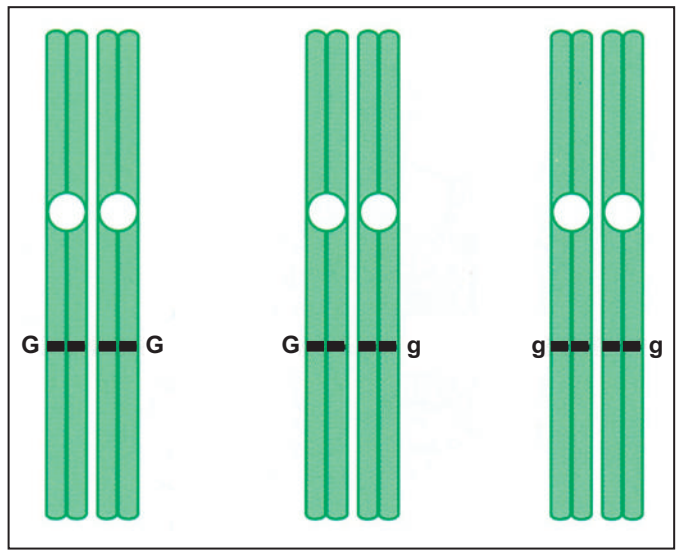
الجينات والأليلات

تحدِّد بعض الجينات لون الفراء عند الفئران. وهذه الجينات تتضمَّن مجموعات من التعليمات لبناء البروتينات التي تعطي ألوان الفراء المختلفة.

هناك عدّة نسخ أو أشكال بديلة من جين لون الفراء تسمّى **الأليلات Alleles**، التي يمكن التعبير عنها بالحروف كرموز لها. من أجل التبسيط، سننظر فقط إلى لونين محتملين من فرو الفأر، كأن يُرمَّز أليل لون الفراء الرمادي بالحرف **G**، وأليل لون الفراء الأبيض بالحرف **g**.

ويوجد في كل خلية جسمية في الفأر نسختان من كل كروموسوم، لأنها خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n): نسخة تأتي من الأم، ونسخة أخرى تأتي من الأب. ونتيجة لوجود أزواج من الكروموسومات المتماثلة، سوف يحتوي كل زوج منها على جينات لنفس الصفة. وهذا يعني وجود نسختين من الجينات تحمل تعليمات تحدِّد أي نوع من بروتين لون الفراء يجب بناؤه. وبالتالي سيكون هناك ثلاثة تراكيب محتملة للأليلات. قد يوجد في الفئران الأليلان **GG**، أو الأليلان **Gg**، أو الأليلان **gg** (الشكل ٥-٥).

إذا وُجد الأليلان المتماثلان لهذا الجين **GG** أو **gg** في خلايا الفأر، يكون الفأر **مُتماثل الأليلات Homozygous** لصفة لون الفراء، وإذا كان الأليلان غير متماثلين **Gg**، يكون الفأر **غير متماثل الأليلات Heterozygous** لصفة لون الفراء.



الشكل ٥ـ٥ الطرز الجينية لجين لون الفراء عند الفئران

مصطلحات علمية

الأليل Allele: اثنتان أو أكثر من النُسخ أو الأشكال البديلة لجين معيّن.

متماثل الأليلات (نقي) Homozygous: وجود أليلَين متماثلين لجين مُعيّن.

غير متماثل الأليلات (هجين) Heterozygous: وجود أليلَين غير متماثلين لجين معيّن.

الطراز الجيني والطراز المظهري

تُشكِّل الجينات التي يمتلكها الفأر، **الطراز الجيني Genotype**، الذي قد يكون لصفة لون الفراء **GG** أو **Gg** أو **gg**.

إذا كان الطراز الجيني للفأر **GG** فسيكون لون الفراء رماديًّا. وإذا كان الطراز الجيني **gg** فسيكون اللون أبيض، وإذا كان الطراز الجيني **Gg** فسيكون اللون رماديًّا.

وتسمّى هذه السمات **الطراز المظهري** (الشكلي) **Phenotype**. قد يشمل الطراز المظهري الشكل الخارجي

الصورة ٥ـ٤ قد يكون للفئران فراء رمادي اللون أو فراء أبيض اللون

كلون الفراء، أو صفات لا نراها كنوع البروتين في أغشية الخلايا. يبيّن المثال السابق أن صفة لون الفراء في الفئران تعتمد كليًا على الطراز الجيني، لكن ذلك لا ينطبق على كل الصفات؛ فبعض الصفات كزيادة حجم الفئران، تتأثّر بنوعية الغذاء الذي تأكله، إضافة إلى طرازها الجيني. ومع ذلك، ستقتصر هذه الوحدة على تأثير الطراز الجيني على الطراز المظهري، دون عرض ما يتعلق بتأثيرات البيئة.

مصطلحات علمية

الطراز الجيني Genotype: التكوين الجيني للكائن الحي من حيث الأليلات الموجودة.

الطراز المظهري Phenotype: الصفات الملحوظة في الكائن الحي.

الأليلات السائدة والأليلات المتنحّية

درست ثلاثة أنواع مختلفة من الطرز الجينية للون الفراء في الفئران، ونوعَين فقط من الطرز المظهرية. ويمكن تلخيص ذلك كما يأتي:

الطراز الجيني	الطراز المظهري
GG	رمادي
Gg	رمادي
gg	أبيض

يُفسَّر ما سبق بأنّ الأليل **G سائد Dominant** على الأليل **g**، حيث يؤثّر الأليل السائد الواحد على الطراز المظهري بنفس تأثير الأليلين معًا. وتحمل الفئران متماثلة الأليلات السائدة نفس الطراز المظهري للفئران غير متماثلة الأليلات. ويقال عن الفئران غير متماثلة الأليلات إنها **حاملة Carrier** للون الأبيض، لأنّها تحمل أليل هذا اللون، دون أن يظهر.

بينما الأليل **g متنحٍّ Recessive**. وهو لا يؤثّر على الطراز المظهري إلّا في غياب الأليل السائد.

وهكذا تكون الفئران ذات الطراز الجيني **gg**، متماثلة الأليلات المتنحّية، هي وحدها ذات الفراء الأبيض.

لاحظ استخدام الحرف الكبير **G** للدلالة على الأليل السائد، والحرف الصغير **g** للدلالة على الأليل المتنحّي، وهو ما اتّفق عليه علماء الوراثة. وغالبًا ما يمثّل الحرف المختار الأليل السائد. فإذا كان أليل غطاء الجسم الأسود في الماشية هو السائد على أليل غطاء الجسم الأحمر، قد يختار عالم الوراثة الحرف **B** رمزًا للأليل الأسود، والحرف **b** رمزًا للأليل الأحمر.

مصطلحات علمية

الأليل السائد Dominant allele: أليل يتم التعبير عنه إن كان موجودًا.

الأليل المتنحّي Recessive allele: أليل يتم التعبير عنه فقط في غياب الأليل السائد للجين.

الأليلات في الأمشاج

يحتوي كل مشيج على كروموسوم واحد فقط من كل زوج من الكروموسومات، بدلًا من كروموسومَين، كما في الخلايا الجسمية؛ فالبُوَيضات والحيوانات المنوية في الإنسان تحتوي كل منهما على 23 كروموسومًا بدلًا من 46 كروموسومًا كما في الخلايا الجسمية، وهي بالتالي تحتوي على أليل واحد فقط من كل زوج أليلات لجميع الجينات.

إذا كان الطراز الجيني لذكر فأر **Gg** فإنه سيكون حاملًا للون الفراء الأبيض، حيث تتكوّن الحيوانات المنوية في خصيتَيه بالانقسام الاختزالي، ويحمل كل حيوان منوي الأليل **G** أو الأليل **g**. وبهذا يكون الطراز الجيني لنصف الحيوانات المنوية **G**، والطراز الجيني للنصف الآخر **g**.

الجينات والإخصاب

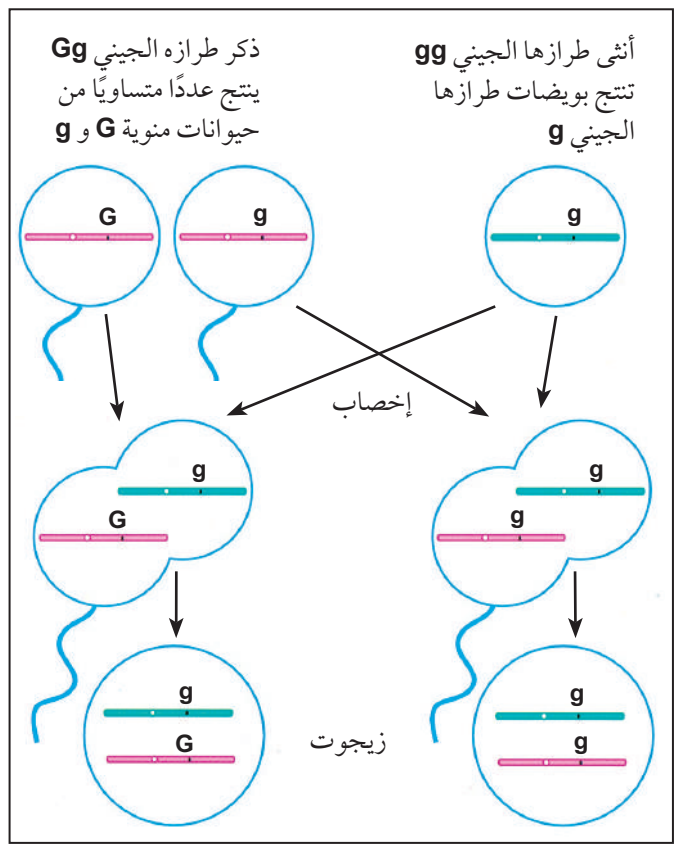
إذا تزاوج ذكر فأر غير متماثل الأليلات لصفة لون الفراء مع أنثى ذات فراء أبيض (طرازها الجيني **gg**)، فهل سيكون لون فراء الأبناء أبيض؟

تنتج البويضات في مبيضَي الأنثى بالانقسام الاختزالي، وتكون من نوع واحد، إذ تحتوي جميعها على الأليل **g**.

عند تزاوج فأرَين، تبدأ مئات آلاف الحيوانات المنوية بالاتّجاه نحو البُوَيضة. يحمل نصف هذه الحيوانات المنوية الأليل **G**، في حين يحمل النصف الآخر الأليل **g**. وإذا وُجدت بوَيضة في قناة البيض، فمن المحتمل أن تخصّب. ويكون احتمال إخصاب البُوَيضة بأحد نوعَي الحيوانات المنوية بنفس النسبة.

وإذا تمّ إخصاب البُوَيضة بحيوان منوي يحمل الأليل **G**، فسوف يحمل الزيجوت الأليل **G** من الأب، والأليل **g** من الأم، وسيكون طرازه الجيني **Gg**، وبالتالي سيولد جنين ذو فراء رمادي طرازه الجيني **Gg**.

لكن إذا تمّ إخصاب البُوَيضة بحيوان منوي يحمل الأليل **g**، فسوف يحمل الجنين الطراز الجيني **gg** مثل الأم ذات الفراء الأبيض (الشكل ٥-٦).



الشكل ٥-٦ إخصاب بين فأر ذكر غير متماثل الأليلات لون فرائه رمادي وأنثى متماثلة الأليلات لون فرائها أبيض

أسئلة

٥-١ ممّ تتكوّن الكروموسومات؟

٥-٢ ما المقصود بالأليل؟

٥-٣ عند الإنسان، أليل خط الشعر على شكل حرف V عند أعلى الجبين widow's peak سائد على أليل خط الشعر المستقيم (بدون شكل حرف V).

أ. اكتب رموزًا مناسبة لهذين الأليلين.

ب. ما الطراز المظهري لشخص غير متماثل الأليلات لهذه الصفة؟

٥-٤ تحتوي الخلية الجسمية في الإنسان على 46 كروموسومًا. ما عدد الكروموسومات في حيوانه المنوي؟

٥-٥ باستخدام الرمز **N** لحجم الأجنحة الطبيعية لذبابة ما، و**n** للأجنحة الضامرة (الصغيرة جدًّا)، اكتب ما يأتي:

أ. الطراز الجيني لذبابة غير متماثلة الأليلات لهذه الصفة.

ب. الطرز الجينية المحتملة لأمشاجها.

المخطط الجيني

اعتمدت طريقة موحّدة لكتابة كل المعلومات السابقة بطريقة تسمّى **المخطّط الجيني Genetic diagram**، يمكنك استخدامها باتّباع الخطوات الآتية:

الخطوة الأولى: اكتب الطراز المظهري والطراز الجيني لكلا الأبوَين. ثم اكتب الأنواع المختلفة من الأمشاج المحتمل إنتاجها منهما، على النحو الآتي:

- **الطراز المظهري للأبوَين** رمادي × أبيض
- **الطراز الجيني للأبوَين** **Gg** **gg**
- **الأمشاج** (G) أو (g) (g)

الخطوة الثانية: اكتب كل الاحتمالات الوارد حدوثها في أثناء الإخصاب، حيث يمكن لأي نوع من الحيوانات المنوية أن يخصب البويضة.

- **الطرز الجينية والطرز المظهرية للأبناء.**

	بويضة (g)
حيوان منوي (G)	Gg رمادي
حيوان منوي (g)	gg أبيض

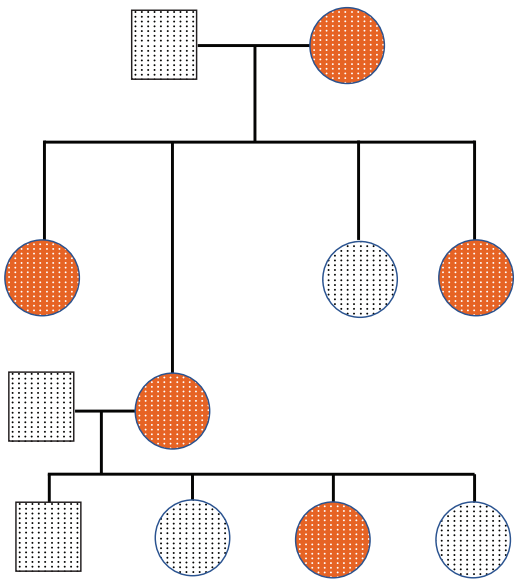
يسمّى هذا الجزء من المخطّط الجيني **مربّع بانيت Punnett square**.

الخطوة الثالثة: لكي تكمل المخطَّط الجيني، اكتب الطرز المظهرية المتوقعة للأبناء الناتجين من هذا التزاوج.

يتوقّع أن يكون نصف الأبناء غير متماثل الأليلات بفراء رمادي، والنصف الآخر متماثل الأليلات بفراء أبيض. ويمكن أيضًا كتابة النتيجة المتوقّعة للفراء الرمادي نسبة إلى الفراء الأبيض 1:1.

مخطّطات سجِّل النَّسب (شجرة العائلة)

توضّح **مخطّطات سجِّل النَّسب Pedigree diagrams** الطراز المظهري للحيوان أو النبات على مدى عدة أجيال. ويمكن استخدامها لتحديد الطرز الجينية للأفراد المختلفة من العائلة، واحتمال توارث الصفة الموضّحة في المخطط. يوضّح مخطّط سجِّل النسب في الشكل ٥-٧ كيفية وراثة لون غطاء الجسم في سلالة من الماشية تسمّى هولشتاين – فريزيان Holstein – Friesian. ومن المعروف أنّ أبقار هذه السلالة تنتج مقادير وافرة جدًّا من الحليب، وهو أمر يثمّنه المزارعون. ولكي تسجَّل الأبقار كسلالة أصيلة، يجب أن تكون من نسل نقي ومتماثل الأليلات لغطاء الجسم الأسود والأبيض. وتتضمّن هذه السلالة أبقارًا ذات صفة متنحّية تعطي غطاء جسم أحمر وأبيض (هو فعليًّا بنّي وأبيض). ويستخدم المزارعون مخطّطات النسب لمعرفة احتمال أن يكون الثور الذي سيشترونه للتكثير (للتزاوج) متماثل الأليلات لغطاء الجسم الأسود والأبيض، وبالتالي يستحق ثمنًا باهظًا، لأنه ينتمي إلى سلالة نقية؛ أو أن يكون غير متماثل الأليلات ولا يكون بالتالي ثمنه مرتفعًا، ولا يُصنّف كثور أصيل. وسوف يعرف المُزارع الذي يتطلع لشراء الثور الظاهر في الصف الأخير من الشكل ٥-٧، أن الثور لا يمكن أن يكون من سلالة نقية لغطاء الجسم الأسود والأبيض، لأن المخطّط يُظهِر أن أم الثور متماثلة الأليلات المتنحّية لغطاء الجسم البني والأبيض. وهذا يعني أن كل نسلها سيرث أليلًا متنحّيًا لغطاء الجسم البني والأبيض، حتى وإن كان طرازها المظهري يبدو باللونين الأسود والأبيض.



الشكل ٥ـ ٧ مخطّط سجل نسب يوضّح وراثة أنماط غطاء الجسم في ماشية هولشتاين–فريزيان.

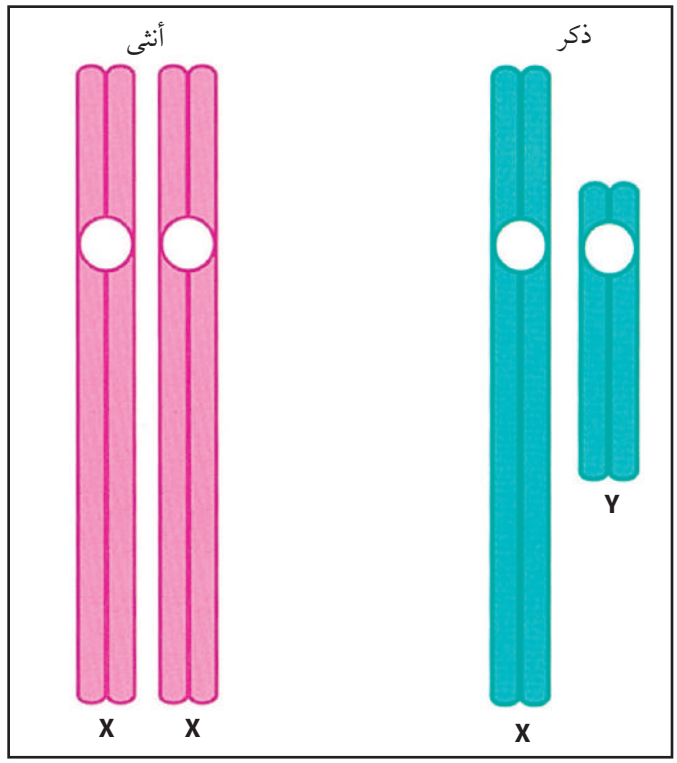
يمكن استخدام مخطّطات سجل النسب لمعرفة احتمال وراثة مرض معين أو وجود أي صفة، مثل عدم القدرة على تذوق مادّة كيميائية تُسمّى فينيل ثيوكاربامايد Phenylthiocarbamide وتكتب اختصارًا (PTC).

نشاط ٥-١ (إثرائي)

استقصاء نسبة صفة القدرة على تذوُّق PTC عند طلبة الصف

تحديد الجنس

إنّ الزوج الأخير من الكروموسومات في كل من الصورتَين ٥–٢ و ٥–٣ مسؤول عن تحديد جنس الفرد، وتسمّى الكروموسومات الجنسية (الشكل ٥–٨). تكون الكروموسومات الجنسية لأنثى الإنسان متماثلة، وتسمى كروموسومات **X**، وطرازها الجيني **XX**. أمّا ذكر الإنسان فلديه كروموسومات جنسية غير متماثلة وتسمى كروموسوم **X**، وكروموسوم أصغر هو الكروموسوم **Y**، ويكون طرازه الجيني **XY**.



الشكل ٥ـ٨ الكروموسومات الجنسية

يمكن تطبيق وراثة الجنس بنفس الطريقة المتّبعة مع أي صفة أخرى، وباستخدام الحروف كرموز لوصف الكروموسومات كاملة، بدلًا من الأليلات المفردة.

- **الطراز المظهري للأبوَين** ذكر × أنثى
- **الطراز الجيني للأبوَين** XY XX
- **الأمشاج** (Y) أو (X) (X)

- **الطرز الجينية والطرز المظهرية للأبناء**

بُويضات →	(X)
(X) حيوانات منوية	XX أنثى
(Y) حيوانات منوية	XY ذكر

لذلك في كل مرة يتم فيها إنجاب طفل، يبقى الاحتمال بنسبة 1:1 ليكون ذكرًا أو أنثى.

أسئلة

٥-٦ استخدم مخطّطًا جينيًّا لإيجاد نوع الأفراد الناتجة من تزاوُج الذبابة غير متماثلة الأليلات في السؤال ٥–٥ مع ذبابة متماثلة الأليلات للأجنحة الطبيعية.

٥-٤ تزاوج أحادي الهجين

عند إجراء تزاوج بين فردين كلاهما له طراز جيني غير متماثل الأليلات، لتتبع وراثة صفة واحدة، فإن هذا التزاوج يطلق عليه **تزاوج أحادي الهجين Monohybrid cross**. حيث **أحادي Mono** يعني صفة واحدة و**الهجين Hybrid** يعني غير متماثل الأليلات.

ما نتيجة تزاوج أبوَين (من الفئران) كلاهما غير متماثل الأليلات؟

- **الطراز المظهري للأبوَين** رمادي × رمادي
- **الطراز الجيني للأبوَين** Gg Gg
- **الأمشاج** (G) أو (g) (G) أو (g)

- **الطرز الجينية والطرز المظهرية للأبناء**

بُويضات →	(G)	(g)
(G) حيوانات منوية	GG رمادي	Gg رمادي
(g) حيوانات منوية	Gg رمادي	gg أبيض

سيكون لربع الأبناء فراء أبيض، ولثلاثة أرباعهم فراء رمادي. هذه النسبة 1:3 هي النمط الوراثي أحادي الهجين الذي ينتج من تزاوج أبوين غير متماثلي الأليلات؛ وهو يختلف عن نسبة 1:1 في التزاوج السابق الموضح في موضوع المخطط الجيني، عندما كان أحد الوالدين فقط غير متماثل الأليلات.

مصطلحات علمية

تزاوج أُحاديّ الهجين Monohybrid cross: تزاوج بين فردين كلاهما له طراز جيني غير متماثل الأليلات، لتتبُّع وراثة صفة واحدة.

الاحتمالات في الوراثة

يتضمّن المثال الأخير أربعة احتمالات للطرز الجينية للأبناء في نهاية التزاوج. إن ذلك لا يعني أنه يجب أن يكون لذكر وأنثى الفأر أربعة أبناء فقط، بل يعني ببساطة أنه في كل مرة يكون لهما فيها أبناء، ستكون تلك هي احتمالات الطرز الجينية للأبناء.

يعني ذلك أنّ هناك احتمال 1 من 4 أن يكون أي من الأبناء الأربعة طرازه الجيني **GG**، واحتمال 1 من 4 أن يكون طرازه الجيني **gg**، واحتمال 2 من 4 أو 1 من 2 أن يكون طرازه الجيني **Gg**.

لا تكون الاحتمالات دقيقة دائمًا. فإذا رميت قطعة نقود معدنية إلى الأعلى أربع مرات، فمن البديهي أن تتوقّع ظهور الصورة مرّتَين، وظهور الكتابة مرّتَين، لكن هل يحدث هذا دائمًا؟ جرّب وتعرّف.

عند التعامل مع أعداد صغيرة كهذه، لا تكون الاحتمالات دائمًا مطابقة للواقع. لكن إذا كنتَ تتحلّى بالصبر لترمي قطعة النقود بضعة آلاف من المرات، فسوف تجد بالتأكيد أنك قد حصلت تقريبًا على أعداد متساوية من الوجه والكتابة.

ينطبق الأمر نفسه على علم الوراثة؛ فالطرز الجينية للأبناء ليست سوى احتمالات. ففي حالة الأعداد الصغيرة للأبناء لا يرجّح أن تكون الاحتمالات متطابقة بشكل دقيق مع الواقع. لكن يُرجح أن تكون أكثر دقّة وأقرب إلى الواقع في حالة وجود أعداد كبيرة من الأبناء من تزاوج واحد.

وبناء على ذلك، إذا كان لأبوَين من الفئران في المثال الأخير ثمانية أبناء، فيتوقّع ظهور ستة أبناء بلون فراء رمادي، وابنَين بلون فراء أبيض. لكن من غير المستغرب ظهور ثلاثة أبناء بلون فراء أبيض.

الصورة ٥-٥ تعطي مثالًا آخر لاحتمالات الوراثة عند القطط.

الصورة ٥ـ٥ لا تدل المخطّطات الجينية على عدد الأبناء، بل على احتمالات ظهور أفراد بطراز مظهري معيّن في كل إنجاب. في هذه العائلة المكوّنة من خمس قطط، يوجد ثلاث قطط بفراء أبيض وأسود، وقطتان بفراء رمادي

النسل النقي

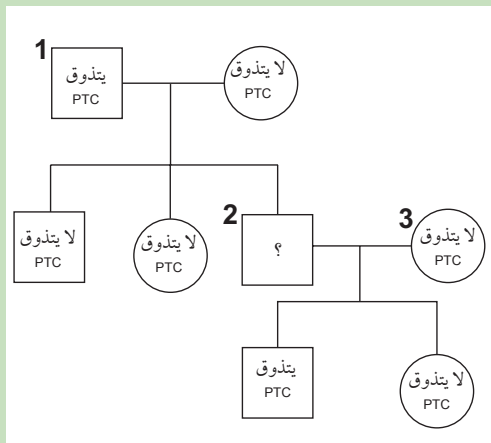
تنتج بعض الجماعات الحيوية من الحيوانات والنباتات دائمًا نسلًا يشبهها؛ فعلى سبيل المثال، إذا قام مُربّي أرانب يمتلك سلالة من الأرانب جميعها بفراء بنّي اللون بإجراء التزاوج بين أفرادها، فسوف يكون لجميع الأبناء فراء بنّي دائمًا. وسيكون للمُربّي سلالة نقية من الأرانب لصفة لون الفراء البنّي. وتكون سلالة **النسل النقي Pure-breeding** دائمًا متماثلة الأليلات للصفات النقية.

وفي المقابل، إذا كانت الأرانب غير متماثلة الأليلات، فمن المحتمل أن تنتج نسلًا بألوان فراء مختلفة؛ أي نسلًا غير نقيّ (هجين). ذلك أنّ الأفراد غير متماثلة الأليلات لا تمثّل نسلًا نقيًا.

أسئلة

٥-٧ أ. فينيل ثيوكاربامايد (PTC) مادة كيميائية يمكن لبعض الناس استشعارها كمذاق مر. يتحكم في القدرة على تذوّق هذه المادة أليلان مشتركان لجين واحد. أليل عدم القدرة على تذوق هذه المادة، **t** متنحٍّ بالنسبة لأليل القدرة على تذوقها، **T**. إذا كان لزوجين كلاهما له القدرة على تذوق **PTC**، خمسة أطفال، ثلاثة منهم ليست لهم القدرة على تذوق **PTC**، واثنان لهما القدرة على تذوق **PTC**. اشرح كيف يمكن أن تظهر هذه النتائج مستخدمًا مخططًا جينيًّا.

ب. يوضح سجل النسب أدناه، القدرة على تذوق **PTC** لثلاثة أجيال من العائلة؛ المربعات تمثّل الذكور، والدوائر تمثّل الإناث.



ما الطرز الجينية للأشخاص 1 و 3؟ ما الطراز المظهري للشخص 2؟

٥-٨ يكون أليل البقع السوداء في الكلاب الدلماسية (الكلاب المرقشة) سائدًا على أليل البقع البنّية. فإذا كان لدى مربّي كلاب كلب ببقع سوداء، فكيف يمكنه معرفة ما إذا كان متماثل الأليلات أم غير متماثل الأليلات لهذه الصفة؟ (ملاحظة: يحتاج المربّي إلى إجراء تزاوج للكلب مع كلب آخر، وملاحظة صفات الأبناء). استخدم المخطّطات الجينية لشرح إجابتك.

نشاط ٥-٢ (إثرائي)

استخدام الخرز لتمثيل التزاوج

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- أهمّية الكروموسومات والجينات في الوراثة.
- سلوك الكروموسومات عبرالانقسام المتساوي وأهمية هذا الانقسام.
- سلوك الكروموسومات عبر الانقسام الاختزالي وأهمية هذا الانقسام.
- مفهوم النواة أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) والنواة ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n).
- الفرق بين الطُّرُز الجينية والطُّرُز المظهرية التي تشمل أليلات سائدة وأليلات متنحّية.
- كيفية استخدام المخطّطات الجينية للتنبُّؤ بنتائج التزاوُجات وتفسيرها.
- كيفية تفسير مخطّطات سجلات النسب.

أسئلة نهاية الوحدة

١ اذكر المصطلح العلمي الذي يصفه كل تعريف من التعاريف الآتية:

أ. خيط من DNA يحمل المعلومات الوراثية، ويوجد في أنوية الخلايا.

ب. جزء من خيط DNA يُشفِّر لبناء بروتين معيّن.

ج. انتقال المعلومات الجينية من جيل إلى آخر.

د. نواة تحتوي على مجموعة واحدة من الكروموسومات.

هـ. نُسَخ أو أشكال بديلة من الجين.

و. نواة تحتوي على مجموعتَين من الكروموسومات.

٢ تتمثّل أمشاج الإنسان في البُوَيضات والحيوانات المنوية، وهي خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية.

أ. ما عدد الكروموسومات في مشيج الإنسان؟

ب. ما معنى أحادية المجموعة الكروموسومية؟

ج. اذكر اسم العملية التي تتكوّن بها الأمشاج، وصفْها. يمكنك الاستعانة برسم المخطّطات.

د. ما الاختلاف بين الكروموسومات الجنسية في البُوَيضة والكروموسومات الجنسية في الحيوان المنوي للإنسان؟

٣ استخدم الجمل الآتية لإكمال الجدول الذي يليها للمقارنة بين الانقسام المتساوي والانقسام الاختزالي.

تنتج خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية	تُستخدَم للتكاثُر الجنسي
تكوّن خلايا متطابقة جينيًّا	تكوّن خلايا مختلفة جينيًّا
تكوّن خلايا جسمية تُستخدم في النموّ وإصلاح الخلايا والأنسجة واستبدالها	تُستخدم للتكاثُر اللاجنسي
تكوّن خلايا جنسية (أمشاج) تستخدم في التكاثر الجنسي	تنتج خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية

الانقسام المتساوي	الانقسام الاختزالي

٤ في نبات البازلاء *Pisum sativum* تتبع ألوان الأزهار الناتجة نمط تزاوج أحادي الهجين. والأليل الذي يُنتج أزهارًا أرجوانية سائد على الأليل الذي ينتج أزهارًا بيضاء.

أ. ماذا يعني تزاوج أحادي الهجين؟

ب. اقترح رموزًا مناسبة للأليلَين اللذين يُحدّدان لون زهرة البازلاء.

ج. استخدم الرموز المقترحة لتكتب الطرز الجينية الثلاثة المحتملة لهذَين الأليلَين. واكتب إلى جانب كل طراز ما إذا كان متماثل الأليلات أم غير متماثل الأليلات.

د. حدّد الطُّرُز المظهرية المحتملة التي يمكن أن تنتج عن كل طراز جيني.

أراد مُزارِع التأكُّد من حصوله على أزهار بيضاء في نبات البازلاء.

هـ. صف ما عليه فعله عند استنبات نباتاته، ليتأكّد من أن أزهار النسل الناتج كلها بيضاء.

٥ أجرى عالِم نبات مسحًا لأنواع أوراق نبات الكولينسيا فرنا *Collinsia verna* في منطقة واحدة، ولاحظ أن أوراقه مبقّعة أو عادية. وسجّل أنه من بين 60 نباتًا، كان منها 47 مبقع الأوراق. استنتج العالم أن هذا النبات يظهر تزاوج أحادي الهجين.

أ. استخدم الرموز المناسبة للأليلات من أجل تحديد الأليل السائد والأليل المتنحّي.

ب. اكتب الطُّرُز الجينية الثلاثة المحتملة، والطُّرُز المظهرية الناتجة لهذا النبات.

ج. حدّد الطُّرُز الجينية للنباتَين الأبوَين، واستخدم مخطّطًا جينيًّا كاملًا لشرح نتائج عالم النبات.

د. لم تظهر الدراسة التي قام بها عالم النبات نسبة 3:1 تمامًا للطرز المظهرية. اشرح السبب.

٦ كان مُربّي حيوانات يعمل على تكثير أغنام ذات لونَين من الصوف: الأبيض والأسود. اختار المُربّي حيوانَين بصوف أبيض وزاوجهما. فجاءت الأبناء منها ذات صوف أبيض وأخرى ذات صوف أسود.

أ. استخدم الرموز المناسبة للأليلات، واشرح سبب هذا المزيج من الطُّرُز المظهرية في الأبناء مستخدمًا مخطّطًا جينيًّا.

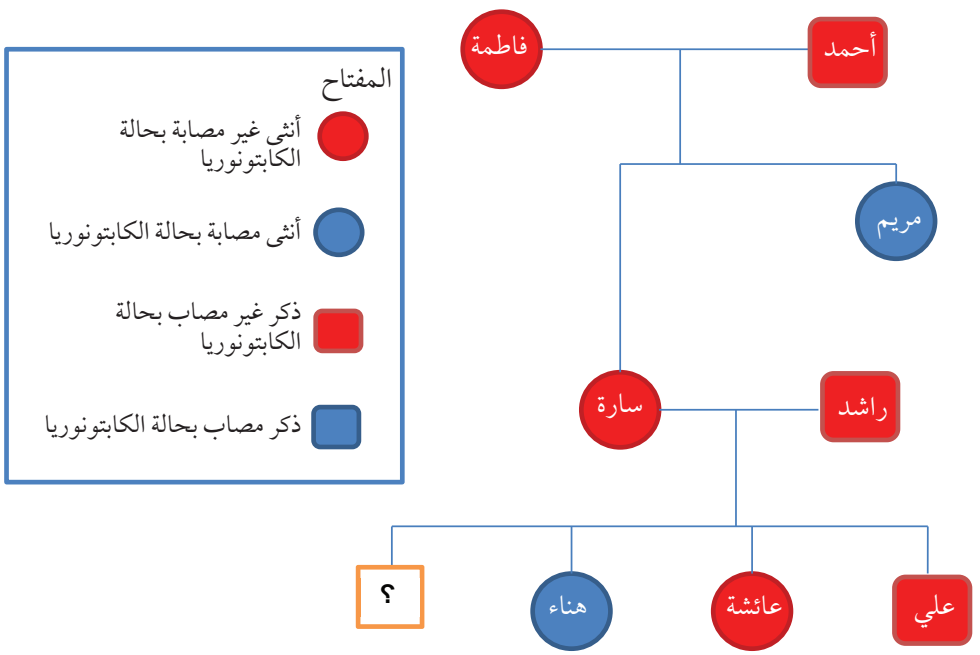
كان المُربّي يأمل في الحصول على نسل يكون لجميع أفراده صوف أبيض. فاختار حيوانَين آخرَين للتزاوُج، كان لون صوف الذكر أبيض ولون صوف الأنثى أسود. فجاءت جميع الأبناء بصوف أبيض.

ب. اشرح نتائج هذا التزاوُج مستخدمًا مخطّطًا جينيًّا.

ج. هل يمكن للمربي أن يزاوج جميع الأبناء الناتجة من هذا التزاوُج، للحصول على نسل بصوف أبيض فقط؟ اشرح إجابتك.

٧ يوضّح مخطّط النسب التالي وراثة حالة تُسمّى الكابتونوريا Alkaptonuria (مرض البول الأسود) وهو اضطراب وراثي لا يستطيع الجسم فيه تحطيم حمضين أمينيين محدّدين (فينيل الانين والتيروسين) بشكل كامل، ممّا يؤدي إلى تراكم مادّة تُسمّى حمض الهوموجنتيسيك Homogentisic acid في أنسجة الجسم. تبدأ أعراض هذه الحالة بالظهور لدى الأشخاص المصابين بالكابتونوريا فقط عند بلوغهم العشرينات أو الثلاثينات من العمر. عندها، يمكن أن يبدأ تراكم حمض الهوموجنتيسيك في التأثير على أنسجة الجسم، ويتسبّب في تغير لون البول والجلد والأظافر؛ وظهور مشكلات في المفاصل وهشاشة العظام؛ وفي التنفس؛ والقلب والكلى والبروستات. في الوقت الحاضر، لا يوجد علاج لهذه الحالة، وتبقى مع الشخص المصاب مدى الحياة. إلّا أن التشخيص المبكر للحالة، وتناول وجبات غذائية خاصة ومحدّدة يمكن أن يساعد في تأخير التأثيرات. وتجدر الإشارة إلى أنه يجري العمل على تطوير عقاقير(أدوية) تعالج هذه الحالة.

الأليل A سائد، وينتج عنه طراز مظهري سليم (غير مصاب)؛ والأليل a متنحٍّ يتسبّب في إنتاج طراز مظهري مصاب بالكابتونوريا. تتبّع وراثة هذه الحالة نمط الوراثة أحادية الهجين.



زار راشد وسارة مستشارًا في علم الوراثة، حيث كانا يخطّطان لإنجاب طفل آخر. أرادا أن يعرفا احتمال إنجاب طفل مصاب بحالة الكابتونوريا، لأن ابنتهما هناء مصابة بهذه الحالة. أخبرت سارة المستشار الوراثي بتاريخ عائلتها التي يظهر فيها حالة الكابتونوريا. رسم المستشار مخطّط سجّل النّسب للعائلة الموضَّح أعلاه.

أ. اقترح الطراز الجيني لابنتَي أحمد وفاطمة: مريم وسارة.

ب. اشرح سبب إصابة هناء؛ طفلة راشد وسناء بحالة الكابتونوريا، رغم أن أخويها علي وعائشة غير مصابين، مستخدِمًا مخطّطًا جينيًّا.

ج. إذا قرر راشد وسارة إنجاب طفل آخر، فما احتمال إصابة هذا الطفل بحالة الكابتونوريا؟

الوحدة السادسة

التبايُن والتكاثر الانتقائي

Variation and selective breeding

تغطّي هذه الوحدة:

- التبايُن المستمر والتبايُن غير المستمر.
- التبايُن الجيني والتبايُن البيئي.
- الطفرات ومُسبّباتها.
- التكاثُر الانتقائي.

٦-١ التبايُن

ما عليك إلّا أن تنظر إلى مجموعة من الأشخاص لترى مدى اختلاف أحدهم عن الآخر فيما يُسمّى **التباين Variation**، وأكثر الاختلافات وضوحًا تظهر في صفتَي طول القامة ونوع الشعر. أضف إلى ذلك أنّهم يختلفون في فصائل الدم، والقدرة على ثني اللسان وغيرها... تسمّى الاختلافات في صفات الأفراد من النوع نفسه **تبايُن الطراز المظهري Phenotypic variation**.

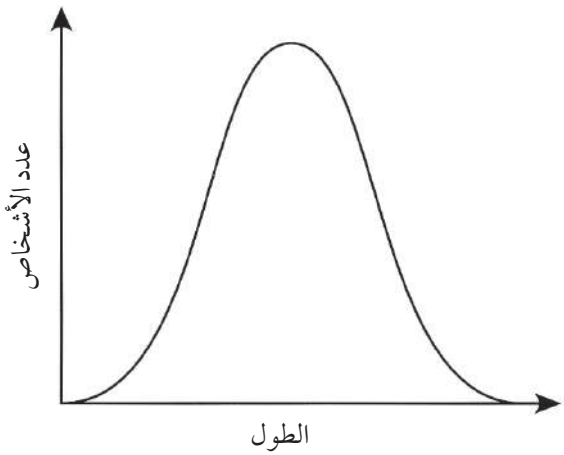
يوجد نوعان أساسيان من التبايُن: النوع الأوّل هو **التبايُن غير المستمر Discontinuous variation** ويقصد به الاختلافات في صفات أفراد النوع الواحد، بحيث تتضمّن الصفة قيمًا معينة فقط مثل فصائل الدم، حيث إنّ كل إنسان يمتلك فصيلة دم من بين أربع فصائل دم محدّدة، هي: A، B، AB، O، ولا توجد طرز مظهرية وسطية بينها.

أمّا النوع الثاني فهو **التبايُن المستمر Continuous variation** ويقصد به الاختلافات في صفات أفراد النوع الواحد، بحيث تتضمن الصفة قيمًا عددية متدرجة مثل طول القامة؛ فالأشخاص لا يشتركون في طول محدّد، بل تختلف أطوال قاماتهم بمدى واسع لتتراوح بين النقيضَين؛ الأقصر والأطول (الصورة ٦-١).

الصورة ٦ـ١ تُظهِر صفة طول القامة عند الإنسان تبايُنًا مستمرًّا

حاول قياس التبايُن المستمر والتبايُن غير المستمر وتسجيلهما في النشاط ٦-١، الذي يرجّح أن تماثل فيه نتائجك للتباين المستمر الشكل ٦-١، بما يسمّى **التوزيع الطبيعي (المعتدل) Normal distribution**، وفيه يتمحور معظم الأشخاص حول منتصف المنحنى، مع عدد أقلّ في الطرفَين (منحنى جرسي الشكل). وتبيّن الصورة ٦-١ التوزيع الطبيعي لطول القامة عند الإنسان.

يُعدّ وصف التبايُن بأنه مستمر أو غير مستمر، بداية جيدة لشرح الاختلاف بين الكائنات الحية، وسنذكر لاحقًا أسباب هذا الاختلاف.



الشكل ٦ـ١ منحنى توزيع طبيعي (معتدل). يُظهر هذا التمثيل البياني عدد الأشخاص ضمن الأطوال المختلفة لقاماتهم

مصطلحات علمية

التبايُن Variation: أوجه الاختلاف بين أفراد النوع الواحد.

نشاط ٦-١

قياس التبايُن

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها

المواد والأدوات والأجهزة

- مسطرة

١ نفّذ مسحًا لثلاثين شخصًا على الأقلّ لتعرف ما إذا كانت لديهم القدرة على ثني اللسان أم لا، وسجّل نتائجك.

٢ قِسْ طول الإصبع الثالثة من اليد اليسرى إلى أسفل الظفر لثلاثين شخصًا.

٣ قسّم أطوال الأصابع إلى فئات مناسبة، وسجّل العدد في كل فئة، كما في الجدول الآتي:

الطول/ (cm)	عدد القياسات
8.0 - 8.4	2
8.5 - 8.9	4

٤ مثّل نتائجك بيانيًّا.

أسئلة

١ أيُّ صفة تُظهر تبايُنًا مستمرًّا؟ وأيُّ صفة تظهر تبايُنًا غير مستمر؟

٢ عد إلى نتائجك من مسح القدرة على ثني اللسان، وتوقّع النسبة المئوية المُقدّرة للأشخاص الذين يمكنهم ثني اللسان. استخدم الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) كي تعرف مدى صحّة توقُّعك.

٣ قد يكون تمثيلك البياني لصفة طول الإصبع الثالثة مُماثلاً لشكل المنحنى في الشكل ٦-١. وهذا ما يُسمّى التوزيع الطبيعي (المعتدل). ويُطلق على الفئة التي تشمل أكبر عدد من الأفراد اسم الفئة المنوالية Modal class. ما الفئة المنوالية لطول الإصبع في نتائجك؟

٤ متوسّط طول الإصبع يساوي مجموع أطوال الأصابع مقسومًا على عدد الأشخاص في العيّنة. ما متوسّط طول الإصبع في عيّنتك؟

التبايُن الجيني

تعود أوجه الاختلاف بين أفراد النوع الواحد إلى الاختلاف في طرزهم الجينية، وهذا ما يسمّى **التبايُن الجيني Genetic variation** كأن تتحكّم الجينات في فصائل الدم، ولون الشعر، ولون العينَين، والطول، وغيرها من الصفات (الصورة ٦-٢).

الصورة ٦ـ٢ (أ): وجود القرون في الماشية يتحكّم فيه أليل سائد للجين. (ب): تمتلك الماشية عديمة القرون نسختَين من أليل متنحّ من هذا الجين

أسباب التبايُن الجيني

يحدث التبايُن الجيني بعدة طرائق، منها:

الانقسام الاختزالي

تتكوّن الأمشاج خلال التكاثُر الجنسي عن طريق الانقسام الاختزالي. في هذا الانقسام، تتبادل أزواج الكروموسومات الجينات (سوف تتعلم في الصفوف القادمة كيف يحدث هذا)، ثم ينفصل بعضها عن بعض، وبالتالي لن تكون الأمشاج المتكوّنة متماثلة تمامًا. وينتج عن هذا الانقسام خلايا جديدة تختلف جينيًّا بعضها عن بعض، و عن الخلية الأصلية أيضًا.

الإخصاب

يمكن لأي مشيجَين مختلفَين جنسيًّا الاندماج معًا في عملية الإخصاب، وهذا يؤدّي إلى تكوّن عدد كبير من التراكيب الجينية المحتملة في الزيجوت. وبهذا يكون احتمال ظهور فردين متماثلَين في الطراز الجيني ضئيلًا جدًّا أو مساويًا للصفر في أي كائن حي ذي عدد كبير من الجينات.

الطفرة

يحدث أحيانًا تغيُّر في الجين، أو ما يسمّى **الطفرة Mutation**. إلا أن الكثير من هذه الطفرات لا يحدث تأثيرًا على الطراز الجيني أو الطراز المظهري للكائن الحي. وفي المقابل، يؤثر القليل منها في حالات نادرة على الطراز الجيني والطراز المظهري. يوجد نوع آخر من الطفرات يؤثّر على الكروموسومات، كما يحدث مثلًا عندما تتكوّن البُوَيضات في مبيضَي أنثى الإنسان عن طريق الانقسام الاختزالي، حيث لا ينفصل الزوج الكروموسومي رقم 21 أحدهما عن الآخر، وبالتالي تحصل إحدى الخليتَين الناتجتين على كروموسومي الزوج 21، ولا تحصل الأخرى على أيّ منهما، فتتلاشى، في حين تبقى الأخرى. وقد تُخصّب الخلية التي حصلت على كروموسومَي الزوج 21 بحيوان منوي يحتوي على كروموسوم واحد من الزوج 21. وبذلك، يحتوي الزيجوت على ثلاث نسخ من الكروموسوم 21. ويكون لدى الطفل الذي سينمو من هذا الزيجوت حالة تسمّى **متلازمة داون Down's syndrome**.

ويتّصف الأطفال المصابون بهذه الحالة بملامح وجه مميّزة، ويكونون عادة سعداء وودودين. ومع ذلك، فإنهم غالبًا ما يعانون من مشكلات في القلب، وغيرها من الاختلالات الجسمية والوظيفية.

غالبًا ما تحدث الطفرات بدون سبب واضح، لكن من المعروف أن هناك الكثير من العوامل التي تزيد من احتمال حدوث الطفرة، أحدها **الإشعاع المؤيِّن Ionising radiation**. قد تُتلف هذه الأشعة القواعد النيتروجينية الموجودة في جُزيئات DNA. وإذا حدث ذلك في خلايا المبيض أو الخصية، فإن هذا DNA التالف قد ينتقل إلى الذريّة.

ومن المعروف أيضًا أن كثيرًا من المواد الكيميائية تزيد من مخاطر حدوث الطفرات. ويمكن للمعادن الثقيلة، كالرصاص والزئبق ومُركّباتهما أن تتدخل في العملية التي يتم فيها نسخ DNA وتحدث أخطاء فيها، وبالتالي تحصل الخلايا الناتجة على DNA فيه خلل. وتسمّى المواد الكيميائية بالإضافة للإشعاع المؤين، المُسبّبة للطفرات، **المُطفِّرات Mutagens**.

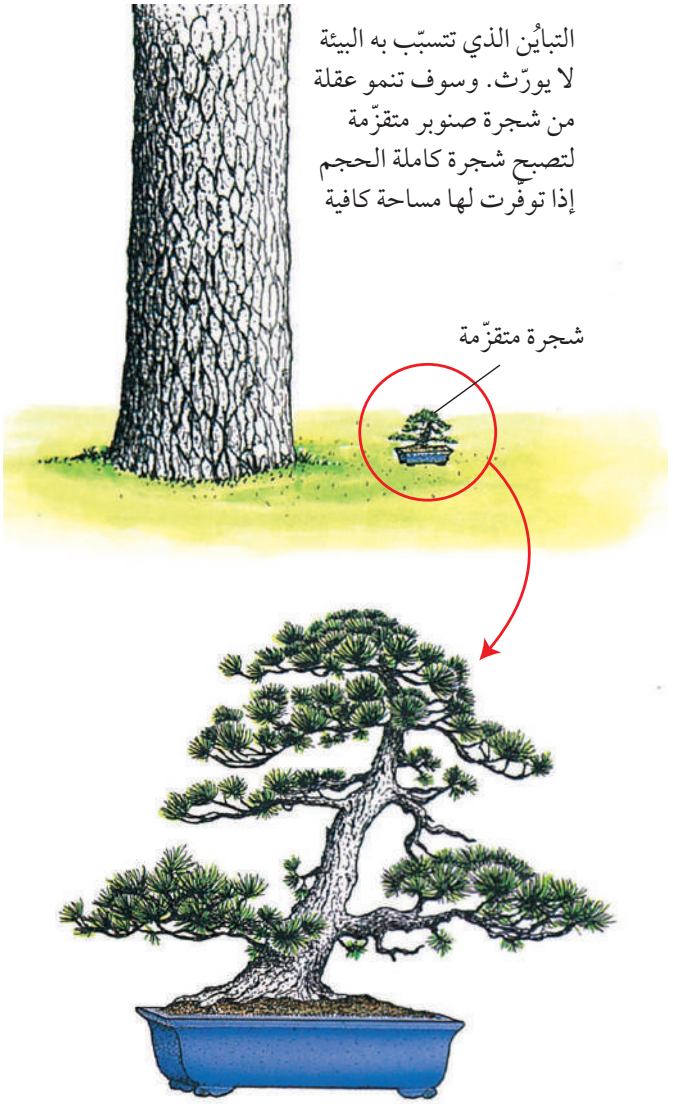
مصطلحات علمية

الطفرة Mutation: تغيّر يحدث في الجين أو في الكروموسوم.

التباين البيئي

تعود أوجه الاختلاف بين أفراد النوع الواحد أيضًا إلى تنوّع بيئاتهم؛ فجينات أشجار الصنوبر مثلًا تُحدّد قدرتها على النمو حتى ارتفاع 30 مترًا تقريبًا. لكن إذا نمت شجرة الصنوبر في أصيص صغير جدًا، وجرى تقليم جذورها بانتظام كما يحدث في طريقة بونساي، فسوف تبقى دائمة التقزُّم (الشكل ٦-٢). يعني ذلك أنّ الطراز الجيني للشجرة يعطيها القدرة على النمو، ولكنها لا تحقّق هذه الإمكانية ما لم تتوفّر لجذورها مساحة كبيرة، ويتاح لها النمو بحرّية. وبذلك تؤثّر العوامل البيئية على تباين الطراز المظهري المُلاحَظ بين أشجار الصنوبر.

بشكل عام، يعود التباين غير المستمر في الطرز المظهرية إلى التباين الجيني. أمّا التباين المستمر في الطرز المظهرية فغالبًا ما يتأثّر بكلٍّ من التباينَين الجيني والبيئي.



الشكل ٦-٢ تمّ تقزيم شجرة الصنوبر عن طريق تنميتها في أصيص صغير الحجم، وتقليمها باستمرار

أسئلة

٦-١ حدّد ما إذا كانت كل صفة من هذه الصفات تظهر تباينًا مستمرًا أو تباينًا غير مستمر:

أ. فصيلة الدم عند الإنسان

ب. طول القدم عند الإنسان

ج. طول الورقة عند نوع من الشجر

د. وجود القرون عند الماشية

٦-٢ عد إلى الأمثلة الواردة في السؤال ٦-١ من **أ** إلى **د** أعلاه، واقترح ما إذا كان التباين ناتجًا عن الجينات فقط، أم عن كل من الجينات والبيئة.

نشاط ٦-٢

استقصاء التبايُن في قياس أوراق النباتات في الظل وفي الشمس الساطعة

المهارات:

- استخدام التقنيّات والأجهزة والأدوات العلميّة
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها
- طرائق التقييم

المواد والأدوات والأجهزة

يجب أن يخطِّط الطلبة لاستقصائهم، لذا سيحتاجون إلى أدواتهم الخاصّة مثل:

- مسطرة لقياس طول الأوراق
- دليل يساعدهم على التعرُّف على نوع النباتات

⚠ **• ستعمل في بيئات خارجية. لذا، عليك اتّباع جميع الاحتياطات المناسبة، بما في ذلك معرفة أي نباتات أو حيوانات خطرة.**

• ستقوم باستقصاء التبايُن في مجموعة تختارها من أوراق النباتات (أو يوجّهك معلّمك إلى دراستها).

• تحتاج إلى اختيار نبات ينمو في أماكن ظل وأماكن معرّضة للشمس الساطعة. يمكنك أن تختار عدّة نباتات تنمو في أماكن مختلفة، أو دراسة أوراق نبات واحد يتعرّض لظروف مختلفة (كأوراق من الشجرة معرّضة للشمس وأخرى تقع في الظل).

صمّم ونفّذ استقصاء لتعرف ما إذا كان هناك تبايُن في قياس الأوراق نتيجة للظروف التي تتعرّض لها.

١ حدّد الفرضية المناسبة لتنفيذ الاستقصاء. يجب أن تُصاغ في جملة واحدة، وأن تتضمّن توقُّعك لاختلاف قياس الأوراق. واعتمادًا على معرفتك وفهمك للفرضية، اشرح أسباب وضعك لها.

٢ خطّط لكيفية تنفيذ الاستقصاء، وقدّم خطّتك إلى معلّمك. لا تحاول إجراء تجربتك قبل موافقته على البدء بها.

- ما الأدوات والمواد الأخرى التي ستحتاج إليها لإجراء تجربتك؟ اشرح اختياراتك، وعلّلها.
- ما الذي ستغيّره في تجربتك؟ وكيف ستغيّره؟
- ما المخاطر المحتملة؟ وما احتياطات السلامة الواجب اتّخاذها لتبقى آمنًا. اشرح كيف ستوفّر إجراءات السلامة التي ستتخذها الأمان لك.
- ما الذي ستبقيه ثابتًا في تجربتك؟ وكيف ستفعل ذلك؟ وما أهمّية إجراء ذلك؟
- هل توجد أيّ متغيّرات لا يمكنك التحكُّم بها في تجربتك؟ هل سيؤثّر ذلك على نتائجك. وإذا كان كذلك، فكيف ستحتاط لها؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ وكيف؟ هل ستوفّر لك خياراتك نطاقًا من القياسات والدقّة في النتائج؟ متى ستُجري قياساتك؟ هل ستكرّر القياسات وتحسب المتوسّط الحسابي لها؟ اشرح كيف ستسجّل قياساتك بشكل منهجي باستخدام الوحدات المناسبة، ولماذا ستوفّر خياراتك نطاقًا ودقّة مناسبَين للنتائج.

٣ نفّذ تجربتك بعد موافقة معلّمك عليها، ثم اكتب تفاصيلها على النحو الآتي:

- العنوان ونصّ الفرضية التي اختبرتها.
- رسم تخطيطي للمواد والأدوات التي استخدمتها، ورسم لعيّنة ورقة النبات التي درستها مع التسميات، ووصف كامل لطريقة إجراء التجربة، بما في ذلك احتياطات السلامة.
- تصميم جدول نتائج دقيق ومنظم بعناية، يتضمّن حساب المتوسط.
- تمثيل بياني لنتائجك، يتضمّن أنسب الخطوط، مع تحديد النتائج غير المعقولة عند الضرورة.
- استنتاج تستخلص فيه ما إذا كانت نتائجك تدعم فرضيتك أم لا، مع تبرير يستند إلى بياناتك.
- مناقشة تستخدم فيها ما تعرفه عن أوراق النبات والتبايُن والوراثة والتكيُّف، لمحاولة شرح النمط في نتائجك.
- تقييم تشرح فيه مصادر الخطأ التي تعتقد أنها أثّرت على دقّة بياناتك، وأسباب عدم الدقّة في نتائجك واستنتاجك، وتحسينات مقترحة لإجراءات التجربة.

٦-٢ التكاثُر الانتقائي

يمكن أن يُحدُث الإنسان بعض التغييرات في الكائنات الحية عن طريق انتقاء أفراد معيّنة للتكاثُر. توضح الصورة ٦-٣ أ و ب والصورة ٦-٤ أمثلة على نتائج هذا النوع من الانتقاء. حيث يختار الإنسان أفرادًا من جماعة حيوية ذات صفات مرغوبة؛ فعلى سبيل المثال، ينظر المُربّي إلى التبايُنات الموجودة بين الأفراد في قطيع الماشية، ويختار الأفراد ذوي الصفات المرغوبة فقط ليزاوجها، وهذا ما يُسمّى **بالتكاثر الانتقائي Selective breeding**. وللحصول على إنتاجية عالية من الحليب، يختار المُربّي الأبقار التي تنتج كمّية كبيرة من الحليب، ويزاوجها مع ثيران من أمهات ذات إنتاجية عالية من الحليب. ولا يُسمح للأبقار ذات الإنتاجية المنخفضة من الحليب بالتكاثر. ممّا يؤدي إلى زيادة احتمال إنتاج جيل جديد قادر على إنتاج كميات وفيرة من الحليب.

ومع ذلك، وبسبب التبايُن الجيني، سيجد المُربّي أن بعض أفراد الذرية الناتجة لا تُعطي إنتاجية عالية من الحليب. لذلك سوف يجري تكاثرًا انتقائيًّا آخر في هذا الجيل، وسوف يختار الأبقار التي تعطي إنتاجية عالية من الحليب فقط للتزاوُج. ويتكرّر هذا الانتقاء على مدى عدّة أجيال، للحصول على جماعة حيوية تُعطي إنتاجية حليب أعلى بكثير من إنتاجية الماشية البرية الأصلية.

وكمثال آخر، ملكات نحل العسل التي تزيد من جودة العسل العماني من حيث إنتاجيته، والذي تتميز به سلطنة عمان عالميًّا، ويُزاوج تلك الأفراد لإنتاج الجيل التالي. تكرر عملية الانتقاء مرّة أخرى في الذريّة الناتجة، حيث يتم اختيار الأفراد التي تحمل الصفات المرغوبة فقط للتكاثُر والزراعة.

وللحفاظ على السلالة العمانية من نحل العسل وما تتميّز به من صفات وراثية جيدة، يتمّ انتقاء الملكات العمانية ومنع التلقيح الخلطي لها من سلالات أخرى، للحفاظ على التكاثر الانتقائي لملكات نحل العسل، وذلك عن طريق تلقيح الملكات المنتقاة بذكور من **خلايا نحل Honey bee hive** أيضًا منتقاة، في محطات التلقيح في أماكن معزولة، لمنع دخول أي طوائف أخرى من النحل للمنطقة وهو ما يعرف بالحجر الزراعي. ويتم التعامل مع السلالات النقية والابتعاد عن التهجين واستخدام الملكات الناتجة من هذا التكاثر الانتقائي واستخدام نسلها للحصول على الأجيال الجديدة. والحفاظ على الأمهات كبنك وراثي مُحسَّن لإنتاج ملكات أخرى وذكور نحل عمانية لضمان جودة السلالة ونقائها. وهذا بدوره يعطي نتائج ممتازة ناتجة عن قوّة السلالة، حيث ينتج عنه ملكات تضع بيضًا بغزارة وطوائف قوية وجيدة تتميز بكفاءة العاملات المتحصل عليها، وكذلك زيادة في إنتاج كميات كبيرة من العسل.

الصورة ٦-٣ (أ) أبقار شمال عُمان North of Oman Cattle breed، هي سلالة قديمة جدًّا. (ب) تم تربية أبقار شمال عُمان للحصول على إنتاجية عالية من الحليب.

تحدث العملية نفسها في النباتات؛ حيث يختار المزارعون النباتات التي تُعطي صفات مرغوبة فقط، مثل أصناف من القمح ذات الإنتاجية العالية والمقاومة للأمراض والظروف المُناخية في سلطنة عمان؛ فالإنسان يختار أصنافًا معيّنة من النباتات للتزاوُج، ويزرع بذور النباتات ذات الصفات المرغوبة فقط. وبتكرار العملية على مدى عدّة أجيال، سوف يكون هناك اتّجاه في الجماعة الحيوية نحو الصفات التي يرغب الإنسان في إظهارها.

بدأ بعض المزارعين الآن يفكّرون بشكل مختلف في الصفات التي يريدون توفيرها في حيواناتهم ونباتاتهم. فبدل الإنتاجية العالية كأفضلية أولى، يبحثون الآن عن أصناف يمكن أن تنمو جيدًا بأقلّ قدر من الأسمدة أو المبيدات في حالة المحاصيل الزراعية، وبأقلّ تكلفة في المأوى والتغذية في حال تربية الحيوانات.

مصطلحات علمية

التكاثُر الانتقائي Selective breeding: عملية ينتقي فيها الإنسان صفات مرغوبة في الكائنات الحية، مثل وفرة محصول زراعي، ويسمح للكائنات التي تمتلك تلك الصفة فقط بالتكاثُر، مواصِلًا عملية الانتقاء والتكثير عبر عدّة أجيال.

الصورة ٦ـ٤ نبات القمح في ولاية بهلاء في سلطنة عُمان

أسئلة

٦-٣ تخيّل أنك مُزارِع لديه قطيع من الماشية الحلوب، وتريد الحصول على قطيع ذي إنتاجيّة عالية جدًّا من الحليب، وأنّ بإمكانك الحصول على عيّنات من الحيوانات المنوية لثيران وُضعت لكلّ منها سجّلات النسب توضح مدى قدرة نسلها الجديد على إنتاج الحليب. فماذا ستفعل؟

٦-٤ يتعرّض القمح للإصابة بآفات مختلفة، منها فطر يُسمّى صدأ القمح الأصفر.

أ. صِف كيف تستخدم التكاثر الانتقائي لإنتاج صِنف جديد من القمح المقاوم طبيعيًّا للصدأ الأصفر.

ب. عند إنتاج الأصناف المقاومة من القمح، تُلاحظ إصابة القمح مرّة أخرى بعد سنوات قليلة بالصدأ الأصفر. اشرح كيف يحدث ذلك.

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- التباين المستمر والتباين غير المستمر، وما الذي يُسبّبهما.
- تعريف الطفرة ومُسبّباتها.
- وصف التكاثُر الانتقائي وأهمّيته.

أسئلة نهاية الوحدة

١ اشرح الفرق بين كل زوج من المصطلحات الآتية:

أ. التبايُن غير المستمر والتبايُن المستمر.

ب. تباين الطراز المظهري والتبايُن الجيني.

ج. التباين الجيني والتباين البيئي.

٢ تكون شحمة الأذن عند الإنسان في حالتَين مختلفتين: مُلتحمة أو منفصلة. يبيّن الرسم أدناه كلتا الحالتَين:

مُلتحمة　　منفصلة

استقصى طالب عدد الطلبة في كل حالة في شُعَب صفّه في المدرسة. يبيّن الجدول أدناه النتائج التي توصّل إليها.

الشعبة	شحمة الأذن منفصلة	شحمة الأذن ملتحمة
أ	16	3
ب	17	4
ج	11	9
د	17	2
المجموع		

أ. هل تُظهر هذه البيانات تبايُنًا غير مستمر أم تبايُنًا مستمرًا. اشرح إجابتك.

ب. ما العدد الإجمالي للطلبة الذين لديهم شحمة أذن مُلتحمة، والذين لديهم شحمة أذن منفصلة؟ واحسب النسبة التقريبية لشحمة الأذن المنفصلة إلى المُلتحمة.

ج. ما سبب التبايُن المُلاحَظ بين الطلبة المدرسة؟ اشرح إجابتك.

٣ كان طلبة إحدى الجامعات يدرسون جماعات حيوية لسلاحف بحرية ضخمة الرأس في جزيرة مصيرة بسلطنة عمان. فأمسكوا بسلاحف تُعشّش على الشاطئ، ووزنوها، ثم أعادوها إلى الشاطئ، وكان هدفهم من ذلك دراسة أنماط سلوكها وجماعتها الحيوية. يبيّن الجدول أدناه البيانات التي جمعها الطلبة خلال أسبوع واحد من الدراسة.

كتلة السلاحف (kg)	عدد السلاحف
70–89	14
90–109	28
110–129	54
130–149	37
150–169	12

أ. اشرح سبب اعتبار الكتلة مثالًا على التبايُن المستمر.

ب. اقترح سمة من سمات السلاحف ضخمة الرأس، غير الكتلة، تُظهر تبايُنًا مستمرًا.

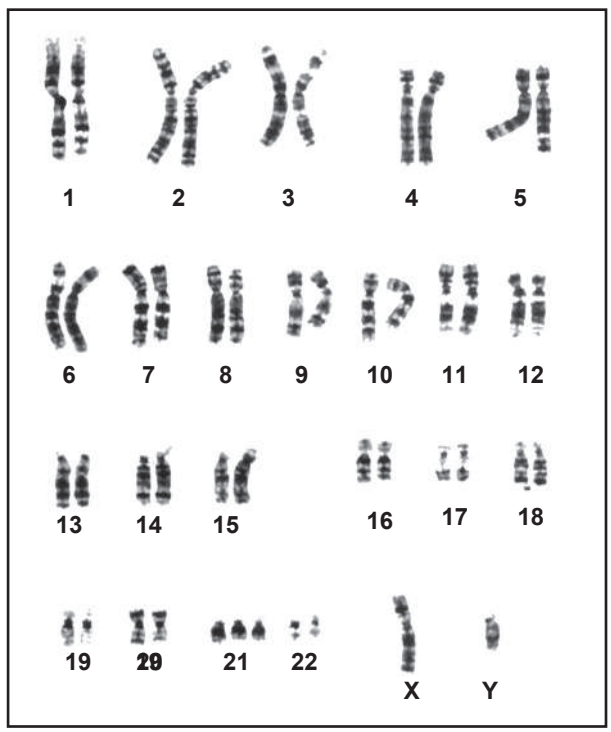
ج. مثّل النتائج في الجدول تمثيلًا بيانيًا بالأعمدة.

د. اقترح سببًا يجعل العلماء يسجّلون كتل السلاحف ضخمة الرأس على مدى سنوات.

٤ **أ.** عرِّف مصطلح «طفرة».

ب. اذكر عاملَين يزيدان من احتمال ظهور الطفرات.

تُظهر الصورة أدناه الكروموسومات لذكر الإنسان تبدو فيها حالة وراثية (ناتجة عن طفرة).



ج. صف الطفرة الموضحة في الصورة.

د. ما اسم الحالة التي تنتج عن هذه الطفرة؟

هـ. لا يستطيع الوالدان معرفة احتمال أن يكون طفلهما حاملًا هذه الطفرة قبل الحمل. اشرح السبب.

و. أعطِ مثالًا لمشكلة صحية مرتبطة بهذه الحالة.

٥ يُعدّ الدجاج مصدر لحوم لكثير من الناس في العالم. كانت أصناف الدجاج تصل إلى الحجم المُناسب للاستهلاك بعد 100 يوم تقريبًا. وقد أدّى التكاثُر الانتقائي إلى إنتاج دجاج يتّصف بالنمو السريع، والوزن الثقيل، وحجم الصدر الكبير، والذي يُصبح مناسبًا للاستهلاك في 50 يومًا فقط. لكن ذلك أدّى إلى ظهور مشكلات صحّية في هذا الدجاج، منها صعوبة الوقوف والمشي، إضافة إلى عيوب في القلب. وقد استمرّ بعض مُربّي الدجاج في الاحتفاظ بالأصناف القديمة التي لا تعاني من تلك المشكلات الصحية.

أ. اقترح الأسباب التي دفعت بمُربّي الدجاج في البداية إلى تربية الدجاج لأجل النموّ السريع، والوزن الثقيل، وحجم الصدر الكبير. وضِّح سبب اقتراحك.

ب. صف كيف يمكن لمُربّي الدجاج إجراء التكاثُر الانتقائي للتغلب على المشكلات الصحّية التي ظهرت عند الدجاج.

الوحدة السابعة

الكائنات الحية وبيئتها Organisms and their environment

تغطّي هذه الوحدة:

- السلاسل الغذائية، والشبكات الغذائية، والأنظمة البيئية.
- كفاءة انتقال الطاقة في السلاسل الغذائية.
- دورة الكربون، وكيفية تأثير أنشطة الإنسان عليها.
- تأثير احتراق الوقود الأحفوري على مستوى تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء.
- آثار إزالة الغابات على المستويَين: المحلّي والعالمي.
- مصادر تلوُّث المياه وتأثيراته.

٧-١ علم البيئة

لا تكون دراسة الكائنات الحيّة مُجدية ما لم تُدرس في مَواطنها؛ ذلك أنّ الحيوانات والنباتات لا تعيش في عزلة تامة، بل تتأثّر بما يحيط بها، أي **ببيئتها Environment**، التي بدورها تتأثّر بكائناتها الحيّة. تُسمّى دراسة التفاعُل بين الكائنات الحية بعضها مع بعض، ومع بيئتها **علم البيئة Ecology**. وهو علم تُستخدم فيه مصطلحات علمية كثيرة، عليك أن تتعرَّف عليها.

يُطلق على المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي اسم **الموطن البيئي Habitat**. قد يكون موطن الشُّرغوف (أبي ذُنيبة) بركة ماء. ومتى توافرت شراغيف كثيرة في البركة، فإنّها تُشكّل بمجموعها **جماعة حيوية (أحيائية) Population** من الشراغيف. وتُعرف الجماعة الحيوية بانّها مجموعة من الكائنات الحية من نفس النوع تعيش معًا في نفس المنطقة ونفس الزمن.

لكنّ الشراغيف ليست الكائنات الحية الوحيدة التي تعيش في البركة، بل تعيش معها أنواع أخرى من الحيوانات والنباتات، وهي تشكّل معًا **المجتمع الحيوي** (الأحيائي) **Community** للبركة. يتضمّن المجتمع الحيوي جميع الكائنات الحية من مختلف الأنواع التي تعيش في نفس الموطن البيئي.

وتشكّل الكائنات الحية في البركة، والماء الذي تحتوي عليه، والحجارة والطين المترسّبان في قاعها، **النظام البيئي Ecosystem**. يُعرف مصطلح «النظام البيئي للبركة» بأنّه وصف لبيئة البركة ومجتمعها الحيوي، وكيفية تفاعلها معًا (الشكل ٧-١). وتؤثّر العوامل البيئية للبركة التي تشمل مستوى الأكسجين الذائب في مائها، ودرجة الحرارة، والعمق الذي يخترقه ضوء الشمس، تأثيرًا مُباشرًا على المجتمع الحيوي فيها. كذلك يؤثّر المجتمع الحيوي للبركة بدوره على البيئة. فإذا تسبّبت ظروف مُعيّنة في تكاثُر نبات زنبق الماء سريعًا بحيث يغطّي سطح البركة، فسوف يؤثّر على بيئة البركة أسفل السطح، ويؤثر بالتالي على المجتمعات الحيوية التي تعيش فيها. عادةً، تكون الأنظمة البيئية معقّدة ومتغيّرة مع تغيُّر الفصول وعبر الأجيال.

مصطلحات علمية

النظام البيئي Ecosystem: وحدة تضمّ جميع الكائنات الحية وبيئتها، وهي تتفاعل معًا في منطقة معيّنة، ومن الأمثلة عليها البُحَيرات.

٧-٢ انتقال الطاقة (تدفُّق الطاقة)

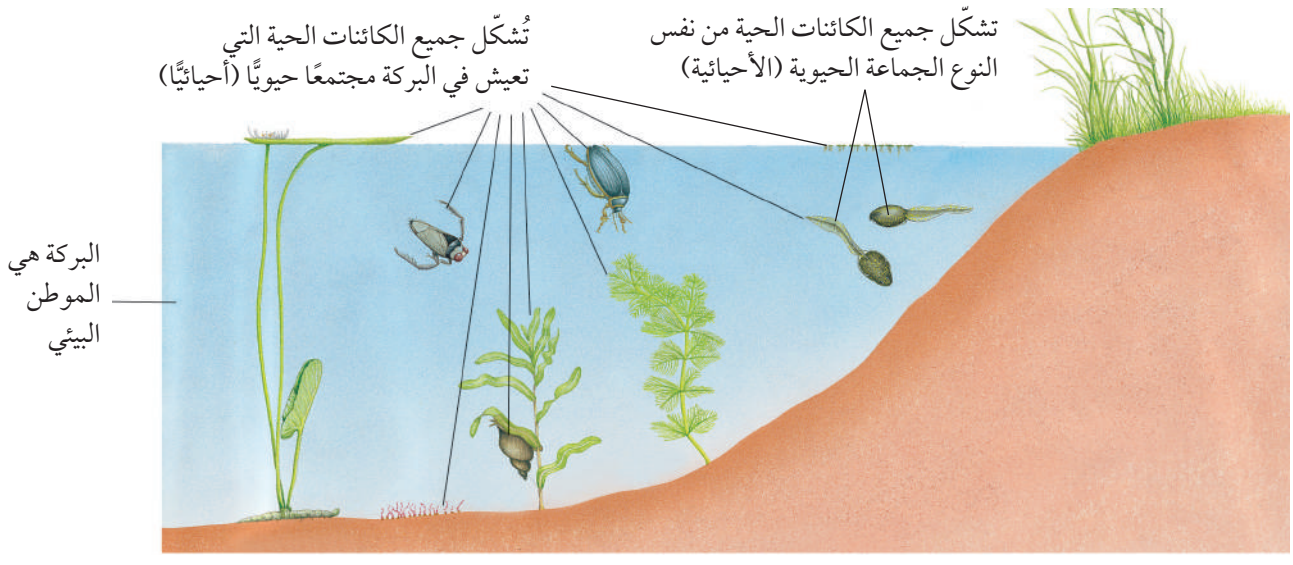
تحتاج جميع الكائنات الحية إلى الطاقة، وهي تحصل عليها من الغذاء عن طريق عملية التنفُّس. وتمثّل طاقة ضوء الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في معظم الأنظمة البيئية. تلتقط النباتات بعضًا من طاقة ضوء الشمس وتستخدمها لصنع الغذاء، المُكوّن من سكّر الجلوكوز والنشا، ومواد أخرى متحوِّلة منها كالدهون والبروتينات. وعليه، يكون الغذاء مُحتويًا على بعض طاقة الشمس. تُفكّك النباتات بعضًا من تلك المواد الغذائية للحصول على الطاقة، عن طريق عملية التنفُّس.

تحصل الحيوانات على الطاقة من الطعام من خلال تناولها للنباتات مباشرة، أو تناولها للحيوانات التي تتغذّى على النباتات.

إنّ التسلسل الذي تنتقل بواسطته الطاقة، على شكل طاقة كيميائية مخزونة في الطعام من نبات إلى حيوان ثم إلى حيوانات أخرى، يُسمّى **السلسلة الغذائية Food chain**. يبيّن الشكل ٧-٢ أحد الأمثلة على سلسلة غذائية.

وترتبط كثير من السلاسل الغذائية معًا لتشكّل **الشبكة الغذائية Food web** (الشكل ٧-٣).

يسمى موقع الكائن الحي في سلسلة غذائية أو شبكة غذائية، **المستوى الغذائي Trophic level**.



الشكل ٧-١ البركة والكائنات الحية التي تعيش فيها كمثال على نظام بيئي

مصطلحات علمية

السلسلة الغذائية Food chain: مخطَّط يظهر تدفّق (انتقال) الطاقة من كائن حي إلى آخر، بدءًا بالكائن الحي المُنتِج.

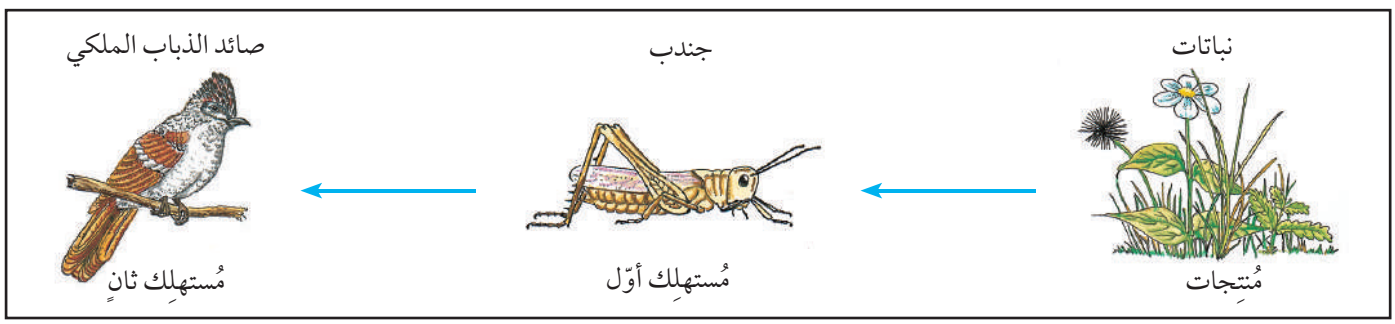
الشبكة الغذائية Food web: شبكة من السلاسل الغذائية المُترابطة.

المستوى الغذائي Trophic level: موقع الكائن الحي في سلسلة غذائية أو شبكة غذائية.

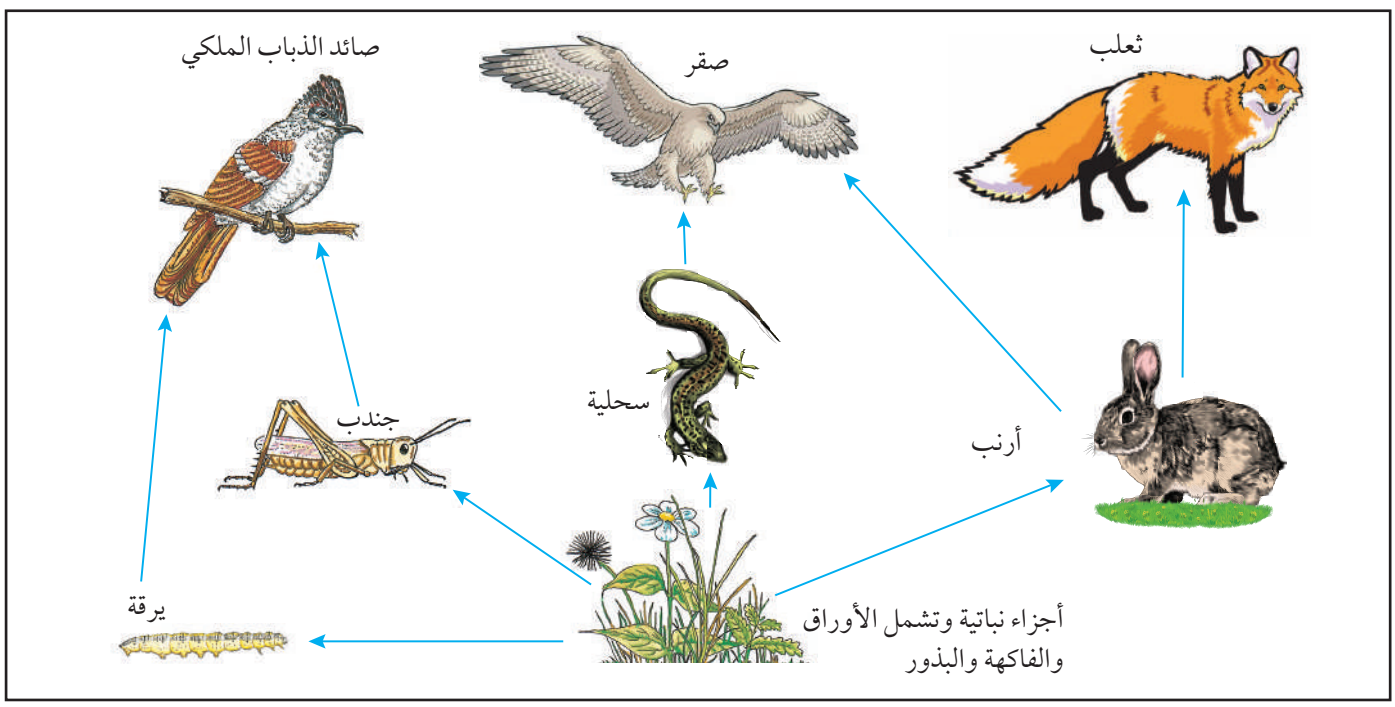
المنتجات والمستهلكات

تبدأ السلاسل الغذائية عادة بالنباتات الخضراء والعوالق النباتية، التي تلتقط الطاقة من ضوء الشمس خلال قيامها بعملية التمثيل الضوئي. وهي تستخدم هذه الطاقة في صنع المواد الغذائية العضوية مثل الكربوهيدرات، لذلك تُسمّى **المُنتِجات Producers**. وبعض المنتجات كالبكتيريا المقاومة للحرارة تستخدم المواد الكيميائية الصاعدة من فوّهات قاع أعماق البحار بدلًا من ضوء الشمس، لكن غالبية المُنتِجات تستخدم ضوء الشمس.

وتعدّ الحيوانات من **المُستهلِكات Consumers**. ويُسمّى الحيوان الذي يتغذّى على النباتات **المستهلك الأوّل Primary consumer**، لانه أوّل مُستهلِك في السلسلة الغذائية. في حين يُسمّى الحيوان الذي يتغذّى على المُستهلك الأوّل، **المُستهلِك الثاني Secondary consumer** وسوف يستمرّ ذلك على امتداد السلسلة الغذائية، مع **المُستهلِك الثالث Tertiary consumer** و**المُستهلِك الرابع Quaternary consumer**،



الشكل ٧ـ٢ سلسلة غذائية



الشكل ٧ـ٣ شبكة غذائية

وصولًا إلى أعلى مفترس. ومن الأمثلة على ذلك سلسلة غذائية مائية تتكوّن من المُنتِجات التي تمثّلها العوالق النباتية، وهي كائنات حية مائية دقيقة تقوم بعملية التمثيل الضوئي، والتي تشكّل طعامًا ليرقات الأسماك والقشريات والرخويات (المُستهلِك الأوّل)، التي تشكل بدورها طعامًا للأسماك الصغيرة مثل العومة والبرية (المُستهلِك الثاني). وتشكل هذه الأسماك بدورها طعامًا لأسماك القاع مثل الهامور وسمك التونة (المُستهلِك الثالث). والذي يعتبر غذاءً جيدًا للإنسان (المستهلك الرابع). تُسمّى المُستهلِكات الأولى أيضًا **آكلات الأعشاب Herbivores** وهي الحيوانات التي تتغذّى على الأجزاء النباتية كمصدر للطاقة مثل الأرانب والماعز، في حين تُسمّى المُستهلِكات في المُستويات الأعلى **آكلات اللحوم Carnivores** مثل الفهود والذئاب وهي التي تتغذّى على الحيوانات التي تأكل الأعشاب. يبيّن الشكل ٧-٢ الجندب، وهو من آكلات الأعشاب، وصائد الذباب الملكي وهو من آكلات اللحوم. ويتغذّى الإنسان وكثير من الحيوانات على النباتات والحيوانات معًا، لذا تُسمّى **آكلات اللحوم والأعشاب Omnivores** (القوارت).

مصطلحات علمية

المُنتِجات Producers: كائنات حية تصنع المواد الغذائية التي تحتاج إليها، وعادة ما يتمّ ذلك باستخدام الطاقة الشمسية من خلال عملية التمثيل الضوئي.

المُستهلِكات Consumers: كائنات حية تحصل على الطاقة التي تحتاج إليها عبر التغذّي على الكائنات الحية الأخرى.

آكلات الأعشاب Herbivores: حيوانات تتغذى على النباتات للحصول على الطاقة.

آكلات اللحوم Carnivores: حيوانات تتغذّى على حيوانات أخرى للحصول على الطاقة.

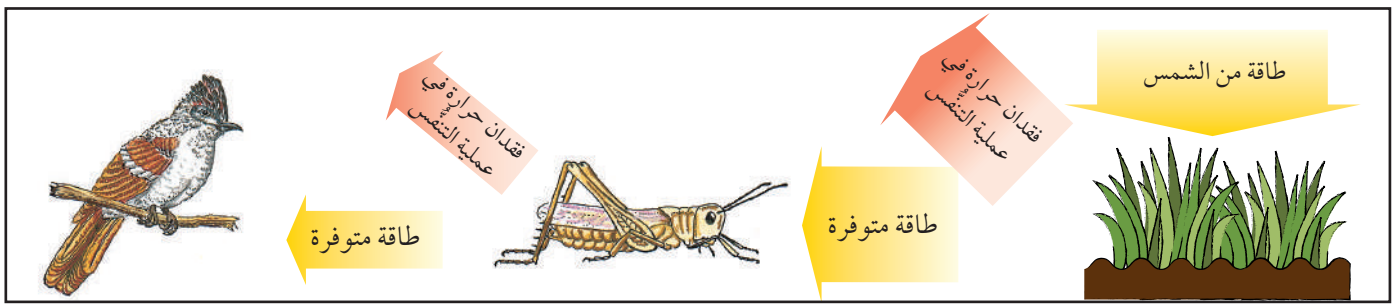
فقدان الطاقة

يُفقد جزء من الطاقة إلى البيئة كلّما انتقلنا إلى مستويات أعلى على امتداد السلسلة الغذائية كما يتّضح ذلك في الشكل ٧-٤، ويحدث هذا الفقدان بعدّة طرائق:

- عندما يستخدم الكائن الحي الغذاء في عملية التنفُّس، يفقد جزءًا من الطاقة الناتجة على شكل حرارة إلى البيئة.
- عندما يتغذّى كائن حي على كائن حي آخر، فإنّه نادرًا ما يأكله كله. قد يأكل الجُندب في السلسلة الغذائية التي يبيّنها الشكل ٧-٢ كل أجزاء النبات الظاهرة على سطح الأرض، لكنه لا يأكل الجذور. لذلك لا تنتقل إلى الجُندب كل الطاقة التي انتقلت إلى النبات.
- عندما يتغذّى كائن حي على كائن حي آخر، تُفكّك الإنزيمات في جهازه الهضمي معظم جُزيئات الطعام الكبيرة، بحيث يستطيع امتصاصها. لكن لا يتمّ هضم ولا امتصاص كل هذه الجزيئات. يعني ذلك أنّ الجُزيئات التي لم تُهضم ولم تُمتصّ، تخرج من الجسم على شكل براز يحتوي على الطاقة التي فُقدت من هذه السلسلة الغذائية.

وعليه، فإنّنا كلما تقدّمنا في السلسلة الغذائية، نجد أنّ الطاقة المتوفرة لكل مجموعة متتالية من الكائنات الحية تنخفض.

عادةً، ينخفض عدد الكائنات الحية في كل مستوى غذائي مع الانتقال إلى المستويات الغذائية الأعلى، لأن الطاقة المتوفرة تنخفض عند تدفُّقها نحو الأعلى عبر المستويات الغذائية المتتالية في السلسلة الغذائية. ويحدّ فقدان الطاقة هذا من



الشكل ٧-٤ فقدان الطاقة في السلسلة الغذائية

هذا من طول السلاسل الغذائية؛ إذ تتضمّن معظمها خمسة مستويات غذائية أو أقل. وسبب ذلك أنّ مقدار الطاقة المتبقّي في الكائنات الحية الحيوية (الأحيائية) التي تشغل أعلى مستوى غذائي لا يكفي لدعم كائنات حية إضافية. ولكن هناك سلاسل غذائية يكون فيها عدد الكائنات الحية في مستوى غذائي معيّن، أكبر من عدد الكائنات الحية في المستوى الغذائي الذي يسبقه. ومن الأمثلة على ذلك شجرة لبان واحدة في مستوى الكائنات الحية المُنتِجة تدعم مئات يرقات الخنافس، التي تُشكّل الكائنات الحيّة المُستهلِكة الأولى. ورغم ذلك، فإن الكتلة الكلّية ليرقات الخنافس تكون أقلّ بكثير من كتلة الشجرة التي تستهلكها.

تتغذّى الكثير من الكائنات الحيّة على أكثر من مستوى غذائي واحد. فالإنسان مثلًا مستهلك أوّل عندما يأكل الخضروات، ومستهلك ثانٍ عندما يأكل اللحم أو يشرب الحليب، ومستهلك ثالث عندما يأكل سمكة مُفترِسة مثل سمك السلمون، ومستهلك رابع عندما يأكل مُستهلِكًا ثالثًا مُفترِسًا كبيرًا كسمكة التونة.

أسئلة

٧-١ ما المصدر الرئيسي للطاقة في الكائنات الحية؟

٧-٢ كوّن سلسلة غذائية وفق الآتي:

(أ) تنتهي بالإنسان.

(ب) توجد في البحر.

(ج) تتضمّن خمسة مستويات غذائية.

٧-٣ لماذا تُسمّى النباتات الخضراء بالمُنتِجات؟

٧-٤ لماذا يندر وجود أكثر من خمسة مستويات في السلسلة الغذائية؟

نشاط ٧-١

دراسة نظام بيئي معيّن

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها

في هذا النشاط، ستحاول تكوين بعض السلاسل الغذائية في نظام بيئي معيّن.

المواد والأدوات والأجهزة

- كاميرا مجهر
- أكياس ذاتية الغلق
- إناء حفظ العينات
- أقلام تخطيط لتسمية الأكياس والأوعية، أو قصاصات ورقية
- شبكة اصطياد حشرات
- أدوات شفط الحشرات Pooters
- عدسة يد مُكبّرة
- صينية فرز

⚠ **• لا تُخلّ بالنظام البيئي قدر الإمكان.**

• لا تصطحب النباتات والحيوانات بعيدًا عن النظام البيئي ما لم يوافق مُعلّمك على ذلك، ولكن يجب إعادة الحيوانات إلى أماكنها بعد ذلك مباشرة.

• إذا كان لديك كاميرا مجهر، التقط صورًا للكائنات الحيّة بدلًا من جمعها.

١ ابحث جيّدًا في المنطقة المُستهدَفة لتنفيذ النشاط، وحاول تحديد جميع أنواع النباتات الموجودة فيها. إذا لم تتمكّن من تحديد نوع معين من النباتات رغم توفره بكميات كبيرة في هذه المنطقة فاجمع عيّنات من الأوراق والأزهار لتأخذها إلى المختبر، حيث يتوفّر لك وقت كاف لتتعرَّف عليه. يمكنك أن تستخدم بعضًا من التطبيقات الحديثة للتعرف عليها.

٢ حاول التعرُّف عن أي حيوانات تراها، والتقط صورًا لكل نوع منها، بقدر استطاعتك.

٣ سجّل ملاحظاتك عن الحيوانات الكبيرة في المنطقة، كبعض أنواع الطيور، ونوع غذائها.

٤ في المختبر، وبمُساعدة مُعلّمك، حاول تحديد جميع الكائنات الحية التي وجدتها. أضفْ رسومًا أو صورًا مُعنونة لتلك الكائنات الحية.

٥ استخدم الكتب أو الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت)، لمعرفة غذاء بعض الحيوانات.

٦ كوّن شبكة غذائية لهذا النظام البيئي.

٧-٣ دورة الكربون

المُحلِّلات

المُحلّلات Decomposers مجموعة مُهمّة جدًّا من الكائنات الحية، وربما يتمّ تجاهلها عند دراسة النظام البيئي. تتغذّى المُحلّلات على فضلات الحيوانات والنباتات، وعلى أجسامها بعد موتها. وتندرج الكثير من الفطريات والبكتيريا في قائمة المُحلّلات.

وهي مُهمّة جدًّا؛ لأنّها تُساعد على إطلاق مواد، مثل الكربون، من خلال عملية **تحلُّل Decomposition** أنسجة الكائنات الميتة، بحيث تستخدمها الكائنات الحية مرّة أخرى.

مصطلحات علمية

المُحلّلات Decomposers: كائنات حيّة تحصل على الطاقة من تحلُّل المواد العضوية الميتة، أو الفضلات العضوية.

دورة الكربون

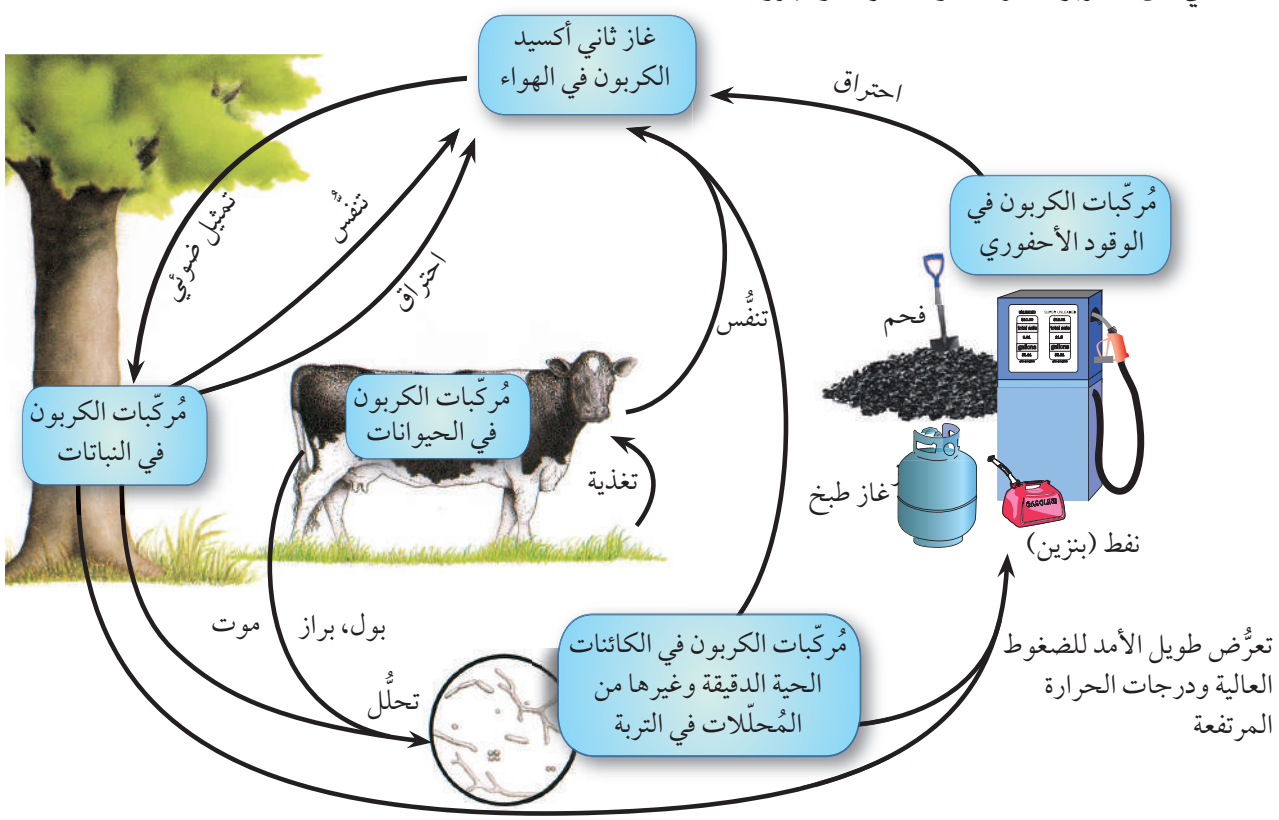
الكربون من أهم المكوِّنات في أجسام الكائنات الحية، لأنه جزء أساسي من الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات.

يوضّح الشكل ٧-٥ **دورة الكربون Carbon cycle**، أي آليّة دوران الكربون عبر النظام البيئي. يحتوي الغلاف الجوي على 0.04 % تقريبًا من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يمتصّه النبات، ويستخدمه لصنع الكربوهيدرات في عملية التمثيل الضوئي. عندئذٍ، تصبح ذرّات الكربون في جُزيئات هذا الغاز الذي تمّ امتصاصه جزءًا من جُزيئات سُكّر الجلوكوز أو النشا في النبات.

بعد ذلك، يعمل النبات على تفكيك بعض جُزيئات سُكّر الجلوكوز في عملية التنفُّس. ويعود الكربون في سُكّر الجلوكوز جُزءًا من جُزيء غاز ثاني أكسيد الكربون مرّة أخرى.

تأكل الحيوانات بعضًا من الكربون الموجود في النبات، وتقوم بعملية التنفُّس، فتُطلق جزءًا من الكربون مرّة أخرى في الهواء على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون.

عندما يموت النبات أو ينفق الحيوان، تتغذّى المُحلّلات عليهما، ويصبح الكربون جزءًا من أجسامها. وعندما تقوم المُحلّلات بعملية التنفُّس، تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء مرة أخرى.



الشكل ٧-٥ دورة الكربون

أحيانًا، وفي ظل ظروف خاصّة، تحدث عملية **تحجُّر Fossilisation** للكائنات الحية، فبدلًا من أن تُحلّل، تُطمر بالتراب وتتحوّل إلى أحافير، باحتجاز الكربون تحت سطح الأرض. وأحيانا تتحوّل مادتها العضوية إلى وقود أحفوري، ومن أنواعه النفط والفحم والغاز، الذي يحتوي على كثير من الكربون.

عندما تحترق مادة تحتوي على الكربون، ويكون غاز الأكسجين متوفّرًا في تفاعُل **الاحتراق Combustion**، يتّحد كربون تلك المادة مع الأكسجين، ويتكوّن غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يطلق في الغلاف الجوي. ويحدث ذلك بشكل طبيعي في حالة الحرائق، أو عندما يحرق الإنسان الوقود الأحفوري، أو أي مادة عضوية كالخشب. ونتيجة لذلك ينخفض تركيز غاز الأكسجين في الهواء، ويرتفع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون.

أسئلة

٧-٥ اذكر اسم العملية المُبيّنة في الشكل ٧-٥، والوحيدة التي تستهلك غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء.

٧-٦ سمّ **مُركَّبَين** كربونيَّين تحتوي عليهما أنسجة جسم الحيوان.

٧-٧ اشرح ما سيحدث لكمّية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء عند حرق الوقود الأحفوري بسرعة تفوق سرعة تكوُّنه.

٧-٤ الوقود الأحفوري وإزالة الغابات

احتراق الوقود الأحفوري

استخدم الإنسان الوقود منذ القدم للتدفئة والطهي. والصناعة بدورها تحتاج إلى وقود، وبخاصة عند تصنيع الأدوات المعدنية. ومع انطلاق التصنيع، ازداد الطلب على الوقود لتشغيل الآلات وتوليد الكهرباء. لقد أصبحنا نعيش في عصر يتطلّب مقادير هائلة من الطاقة، التي يشكّل الوقود مصدرها في الغالب.

يُعدّ احتراق **الوقود الأحفوري Fossil fuels** مصدر كثير من الطاقة التي نستخدمها اليوم. وبما أنّ كربون الوقود الأحفوري مُحتجز في باطن الأرض منذ ملايين السنين، فقد أدّى استخدامه إلى التزايد السريع في مقادير (تركيز) غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، منذ خمسينيات القرن التاسع عشر.

يُعد غاز ثاني أكسيد الكربون من **غازات الدفيئة Greenhouse gases** الموجودة في الغلاف الجوي، والتي تساعد على احتجاز الطاقة الحرارية المنعكسة عن سطح الأرض، تمامًا كالبيوت الزجاجية التي تحتجز الحرارة، بما يُسمّى تأثير الاحتباس الحراري. ومن دون غازات الدفيئة، ستكون درجة حرارة الأرض منخفضة جدًّا بحيث تُهدّد استمرارية الحياة.

وما يحدث، منذ القرن الثامن عشر، من إطلاق سريع لغاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بفعل احتراق الوقود الأحفوري في الصناعة والنقل والحياة المنزلية هو احتجاز مقدار هائل من الحرارة أكثر مما سبق. ونتيجة لذلك، تشهد الأرض ظاهرة **الاحتباس الحراري (الاحترار العالمي) Global warming**، التي أحدثت تغييرات في المُناخ العالمي، ممّا أدّى إلى الجفاف، والفيضانات، وكثرة الظواهر الجوية القاسية، وانتشار الأمراض، والضغوط البيئية على مجموعات الكائنات الحية، بما فيها الإنسان. وسوف يزيد استمرار ارتفاع مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء من حدّة تلك التأثيرات.

يمكن الحدّ من ارتفاع درجة حرارة الأرض عن طريق خفض كمّية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة إلى الهواء، أو حتى بإيجاد طرائق لاستهلاكه. ويتمّ تحقيق ذلك عن طريق التحوُّل إلى مصادر الطاقة المُتجدّدة، والحد من استخدام الوقود الأحفوري؛ ففي إبريل 2016، وقّعت دول كثيرة، بما فيها سلطنة عمان، اتّفاقية باريس بخصوص التغيُّر المناخي، التي اتُّفِق بموجبها على خفض استهلاك الوقود الأحفوري، والاستثمار في تكنولوجيات جديدة، ضمن جهد عالمي لإبطاء التغيُّر المناخي.

إزالة الغابات

منذ القدم، لجأ الإنسان إلى قطع الأشجار للاستفادة من خشبها كوقود وكمادّة بناء، ولاستخدام الأرض في زراعة المحاصيل الغذائية اللازمة للتغذي عليها أو استثمارها تجاريًّا. تُسمّى عملية قطع عدد كبير من الأشجار **إزالة الغابات Deforestation**، وهي مشكلة كبيرة كانت ولم تزل موجودة في البلدان ذات الغابات الكثيفة، مثل إندونيسيا والبرازيل (الصورة ٧-١).

الصورة ٧ـ١ يسبّب قطع أشجار الغابة المطيرة وحرقها، كما حدث في البرازيل، تدمير المواطن البيئية، وانطلاق كمّيات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وفقدان المواد الغذائية من التربة

تؤدّي إزالة الغابات إلى تدمير المَواطن البيئية لكثير من الكائنات الحية، ممّا يؤدي إلى انقراض بعض أنواعها، وتُسبّب إزالة الغابات أيضًا فقدان التربة، وحدوث الفيضانات، وزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

تشغل الغابات المطيرة المناطق المعتدلة والاستوائية من العالم. وهناك حاليًّا، مخاوف من فقدان الغابات المطيرة الاستوائية؛ ويُعزىّ ذلك إلى أنّ المناطق الاستوائية تتمتّع بدرجات حرارة مرتفعة وثابتة نسبيًّا، وبأمطار غزيرة، وهذا يوفر ظروفًا مثالية لنموّ النباتات (الصورتان ٧-٢ و ٧-٣).

الصورة ٧ـ٢ تتميّز هذه الغابة المطيرة في كوستاريكا بتنوّع هائل في النباتات

الصورة ٧ـ٣ غابة مطيرة استوائية في ساراواك بماليزيا تتميز بتنوع هائل في أنواع الكائنات الحية

وتحظى هذه الغابات أيضًا بخصوصية كبيرة؛ فهي زاخرة بأنواع النباتات والحيوانات المختلفة، إذ يعيش في مساحة صغيرة من الغابة الاستوائية كثير من الأنواع مقارنة بأي مساحة مساوية من أي موطن بيئي آخر في العالم. لذا فهي تتّصف بتنوع هائل في أنواع الكائنات الحية.

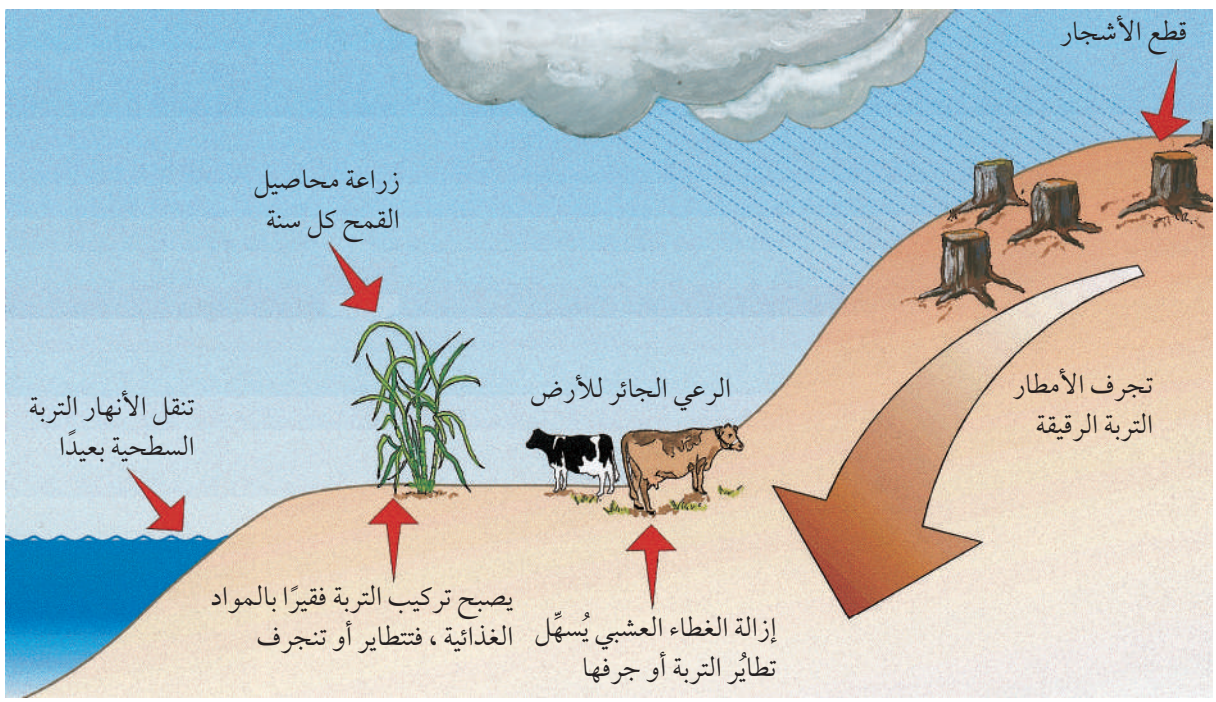
ولكن إذا قُطعت أشجار مساحة صغيرة من الغابة المطيرة، فإن التربة التي كانت تحتها تتعرّض للمطر مباشرة. وبما أنّها تربة رقيقة جدًا، فسوف تُجرف بسرعة حين تفقد غطاءها النباتي. وتسهم تعرية التربة هذه في صعوبة استرجاع الغابة المطيرة لنموّها، حتى وإن تُركت الأرض على طبيعتها. وقد تُجرف التربة مع الأنهار وتترسّب فيها، فتملؤها مُسبّبة حدوث الفيضانات (الشكل ٧-٦).

إنّ فقدان جزء من الغابة المطيرة يؤدّي إلى فقدان الموطن البيئي لكثير من أنواع الحيوانات. وحتّى إذا تُركت «جُزر» صغيرة من الغابة كمحميات، فلن تكون كبيرة بما يكفي لدعم تكاثُر الحيوانات. وبذلك تُهدّد إزالة الغابات كثيرًا من الحيوانات والنباتات بخطر الانقراض.

تؤثر إزالة الغابات أيضًا على تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؛ فأشجار الغابة تأخذ غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وتستهلكه في عملية التمثيل الضوئي، وتطلق غاز الأكسجين إلى الهواء. لكن عند قطع الأشجار، لن يبقى سوى قليل منها لإزالة غاز ثاني أكسيد الكربون. ومع تحلُّل الأشجار التي قُطعت أو حُرقت، يتحوّل الكربون الموجود في داخلها إلى غاز ثاني أكسيد الكربون، فيزيد تركيزه في الغلاف الجوي.

كذلك سيتأثّر تركيز غاز الأكسجين في الهواء، فعند انخفاض عدد الأشجار التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي، لن تنطلق سوى كمّيات قليلة من غاز الأكسجين في الغلاف الجوي، وينخفض تركيزه فيه.

يؤثّر فقدان كثير من الأشجار أيضًا على دورة المياه في الطبيعة؛ فعندما تتساقط الأمطار، يمتصّ الشجر كثيرًا من الماء، وينقله إلى الأوراق، ثم يتبخّر ويعود مرة أخرى إلى الهواء عن طريق عملية النتح. فإذا أزيلت الأشجار ستجري مياه الأمطار من التربة إلى الأنهار، ولا يعود سوى قليل منها إلى الهواء على شكل بخار ماء. ويصبح الهواء حينئذ أكثر جفافًا، ويقلّ تساقط الأمطار، ممّا يجعل زراعة المحاصيل وتربية الماشية أمرًا صعبًا على الناس.



الشكل ٧-٦ أنشطة الإنسان تزيد من تعرية التربة

أسئلة

٧-٨ اشرح كيف تؤثّر إزالة الغابات على نطاق واسع، في كمّية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

٧-٩ اشرح كيف تحدث تعرية التربة والفيضانات بسبب إزالة الغابات.

٧-٥ تلوُّث المياه والإثراء الغذائي

تعيش كائنات حية كثيرة في الماء تُسمّى الكائنات الحية المائية. وتشمل مواطنها البيئات المائية العذبة من جداول وأنهار وبرك وبُحيرات، والبيئات البحرية من بحار ومحيطات.

تتنفّس معظم الكائنات الحية التي تعيش في الماء هوائيًّا، لذلك تحتاج إلى الأكسجين، الذي تحصل عليه من غاز الأكسجين المذاب في الماء. وكل ما يسهم في التقليل من كمّية الأكسجين المتوفرة في الماء، يجعل الأسماك وغيرها من الكائنات الحية المائية، تجد صعوبة في العيش هناك.

يوجد مصدران رئيسيان **للتلوُّث Pollution** يمكنهما أن يخفضا من مستويات الأكسجين في المياه العذبة، هما الأسمدة، ومياه الصرف الصحّي غير المعالَجة.

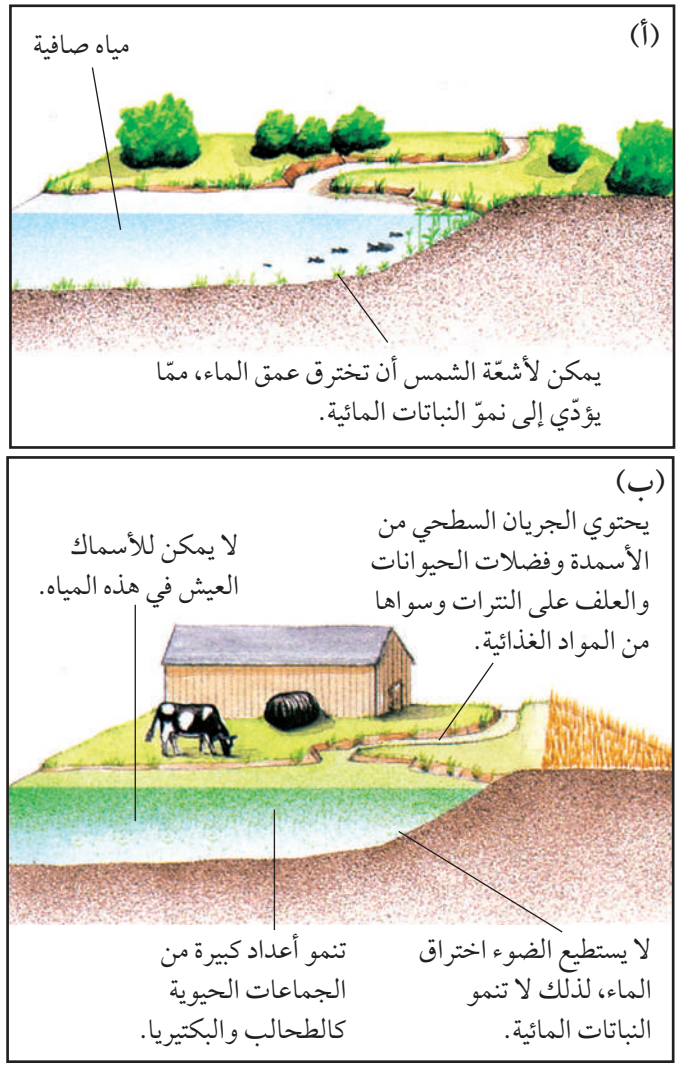
يستخدم المزارعون الأسمدة لزيادة محاصيلهم الزراعية. وهي تحتوي عادة على أيونات النترات، وأيونات الفوسفات ومواد كيميائية أخرى. ومن الجدير بالذكر أنّ النترات سريعة الذوبان في الماء. فإذا وُضع سماد النترات على التربة، وتساقطت الأمطار، فسوف تذوب أيونات النترات في ماء المطر (على شكل محلول) يُعرف باسم الارتشاح. قد تنتقل النترات التي رشحت إلى الجداول والأنهار، ممّا يسبّب انخفاض مستويات الأكسجين في الماء، لذا تموت الأسماك وغيرها من الكائنات الحية المائية.

تنمو الطحالب والنباتات الخضراء في الأنهار نموًّا سريعًا إذا توفّرت تلك النترات الإضافية. وقد تنمو بشكل واسع وتغطّي سطح الماء كله، فتحجب الضوء عن النباتات المائية التي تنمو تحته، مُسبّبة موتها، ثم تموت جميع النباتات الموجودة على سطح الماء. وتشكّل بقايا النباتات الميتة مصدرًا جيّدًا لغذاء البكتيريا المحللة.

تتكاثر البكتيريا بسرعة أكبر من المعتاد نظرًا لتوفر كمّيات كبيرة من المواد النباتية. ويحدث التحلُّل بشكل أسرع وعلى نطاق أكبر من المعتاد، وتُسبّب هذه الزيادة في أعداد البكتيريا التي تتنفّس هوائيًّا إزالة كمّيات كبيرة من الأكسجين المذاب في الماء، خلال قيامها بعملية التنفُّس؛ فلا يتبقّى للكائنات الحية الأخرى سوى القليل جدًّا من الأكسجين. أمّا الكائنات الحية التي تحتاج إلى كثير من الأكسجين، ومنها الأسماك، فلا بُدّ من انتقالها إلى مناطق أخرى، وإلّا فمصيرها الموت (الصورة ٧-٤).

الصورة ٧-٤ يوفّر النموّ الهائل للطحالب في هذه البركة الغذاء للبكتيريا الهوائية التي تستهلك معظم أكسجين الماء، مُسبّبة موت الأسماك

تُسمّى هذه العملية بمجملها **الإثراء الغذائي Eutrophication** (الشكل ٧-٧)، وهي عملية تحدث كلما أضيفت المواد الغذائية للنباتات والبكتيريا إلى الماء. ولمياه الصرف الصحّي غير المُعالَجة (المياه العادمة والفضلات التي تطرحها المجتمعات الحيوية للإنسان)، تأثير يشابه تأثير الأسمدة؛ وقد يكون مصدرها المراحيض والصرف الصحّي، في حين لا يوجد تأثير مماثل لمياه الصرف الصحّي المعالَجة.



الشكل ٧ـ٧ (أ) مياه قليلة المواد الغذائية، غنية بالأكسجين، وتدعم مجموعة متنوّعة من الكائنات الحية. (ب) مياه غنية بالمواد الغذائية، قليلة الأكسجين، لذلك تعيش فيها كائنات حية قليلة.

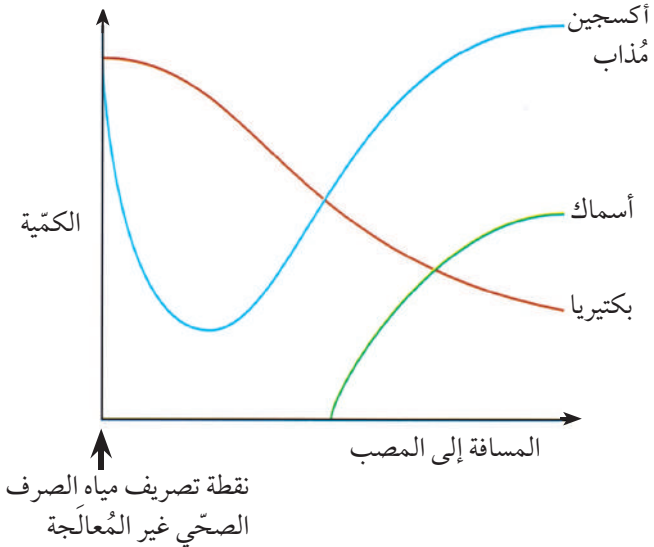
تذكَّر

أنّ تسرُّب مياه الصرف الصحّي المعالَجة لا يُسبّب مشكلة الإثراء الغذائي، إلّا أنّ مياه الصرف الصحّي غير المعالَجة هي التي تُسبّب هذه المشكلة.

مصطلحات علمية

الإثراء الغذائي Eutrophication: عملية تحدث عندما تُصبح البُحَيرات والأنهار غنية بالمواد الغذائية، ممّا يؤدّي إلى نمو كثيف في الحياة النباتية، وزيادة في الكائنات الحية المُحلّلة، وانخفاض في مستويات الأكسجين.

إنّ مياه الصرف الصحي غير المعالَجة لا تزيد عادة من نموّ الطحالب، لكنّها توفر مصدرًا غذائيًّا جيِّدًا لكثير من البكتيريا، التي يزداد عدد أفراد جماعتها الحيوية (الأحيائية)، ممّا يؤدّي إلى نضوب مستويات الأكسجين. الشكل (٧-٨).



الشكل ٧ـ٨ تأثير مياه الصرف الصحّي غير المعالجة على مجرى مائي

قد يحدث نوع مختلف جدًّا من تلوُّث المياه سببه تصريف النفايات الكيميائية في المجاري المائية للتخلُّص منها؛ فمعادن الطلاء الكهربائي، مثلًا، تنتج نفايات تحتوي على نسبة عالية من النحاس والسيانيد. وإذا تمّ تصريف هذه المخلّفات في النظام البيئي المائي المحلي، فإنها قد تؤدّي إلى تسمُّم النباتات والحيوانات في المجتمع الحيوي (الأحيائي)، إضافة إلى تسمّم الإنسان في حالة شربه للمياه غير المعالجة أو تغذيه على الكائنات البحرية الملوثة. ويمكن هنا التذكير بحادثة مصنع الكيماويات التي وقعت في خليج ميناماتا باليابان منتصف القرن العشرين، حيث كان المصنع ينتج الزئبق كمنتج ثانوي. وكان يتم تصريفه في البحر المحلّي، ممّا أدى إلى تراكمه في السلاسل الغذائية، وسبّب تسمُّم آلاف الناس. ولهذا السبب، توقّف المصنع عن استخدام العامل الحفّاز المعتمد على الزئبق في مُنتَجاته الكيميائية سنة 1968.

يمكن أيضًا أن تُسبّب الانسكابات والتسربات النفطية من ناقلات النفط في الممرات المائية تأثيرات مدمِّرة على الحياة البحرية والبرية، سواء بتسمُّم الحيوانات، أو شلّ قدرة الطيور على الطيران جرّاء تلف ريشها. وقد تولِّد النفايات المشعّة من محطّات توليد الطاقة النووية أضرارًا كبيرة، مثل التسمُّم الإشعاعي والسرطانات، ما لم يتم حفظها جيّدًا والتخلُّص منها بعناية. وتُشدّد الآن عدَّة حكومات وشركات في جميع أنحاء العالم على تنظيم عملية التخلُّص من النفايات الكيميائية، من المناطق الصناعية ومحطّات توليد الطاقة، في محاولة منها لتجنُّب الإضرار بالأنظمة البيئية المائية.

وتمثّل النفايات التي يتم التخلُّص منها مصدرًا آخر لتلوُّث المياه؛ فالمجتمعات الحيوية (الأحيائية) للإنسان تتخلّص من نفايات متنوّعة، كالمنسوجات بأنواعها، والمعادن كالعُلب والعُبوات المعدنية والبلاستيكية (أكياس، علب، أكواب...)، والبطاريات التي تحتوي على مواد كيميائية. أضف إلى ذلك القمامة التي يرميها الأشخاص عرضًا أو عن قصد. وأحيانًا يكون مصدرها المجتمعات الحيوية (الأحيائية) الكبيرة في محاولة منها للتخلُّص من النفايات المتراكمة. وتنشأ بعض المشكلات الكبيرة والأكثر سوءًا، من المنتجات البلاستيكية، وسبب ذلك أنّها في معظمها غير قابلة للتحلُّل الحيوي أو البيولوجي، أي أنّ المُحلِّلات لا تستطيع تفكيكها. ممّا يؤدّي إلى تراكمها. (الصورة ٧-٥).

الصورة ٧ـ ٥ تراكم المواد البلاستيكية غيـر القابـلة للتحلُّل الـحيـوي

في كثير من الأحيان، تنتقل المواد البلاستيكية في مياه البحر لمسافات طويلة بعيدًا عن مصدرها. ويمكن تلخيص طرائق تأثير البلاستيك على الحياة المائية في المحيطات على النحو الآتي: **الابتلاع Ingestion**، و**التشابُك Entanglement**، و**التفاعُل Interaction** (الصورة ٧-٦).

الصورة ٧ـ ٦ (أ) تم فتح أحشاء هذا القطرس أسود القدمين لإظهار القطع البلاستيكية التي ابتلعها أثناء الصيد في البحر. (ب) سلحفاة بحرية خضراء تشابك عنقها وزعنفتها الأمامية، مما يحد من حركتها. (ج) سمكة قرش رمادية اللون تظهر إصابة في فمها، ناجمة عن تفاعل مع شبكة صيد بلاستيكية مهملة.

فقد يؤدّي ابتلاع الحيوانات المائية للقطع البلاستيكية إلى التسمُّم أو إلى نشوء مشكلات هضمية، كأن تعلق قطع البلاستيك في مَعِدة الكائنات البحرية، ممّا يحدّ من قدرتها على هضم الطعام. وقد يُعرقِل تشابك الحيوان البحري بالمادة البلاستيكية حركته أو نموّه، فيسبّب أيضًا مشكلات صحّية. وقد يتمثّل التفاعُل بتصادُمات أو انسدادات وخدوش، تؤذي أجسام الحيوانات، أو تمنعها من أداء وظائفها الطبيعية.

تُعدّ أعقاب السجائر وفلاترها من أكثر الأجسام تناثُرًا وشيوعًا في العالم، وقد عُثر عليها في مَعِدات الأسماك والطيور البحرية والحيتان. وقد يكون كلّ من البلاستيك والمواد الكيميائية في فلاتر السجائر شديد الخطورة والسمّية على الحياة البحرية.

أسئلة

٧-١٠ اذكر **مادتَين** تسبّبان حدوث مشكلة الإثراء الغذائي إذا دخلتا إلى المجاري المائية.

٧-١١ ما اسم الغاز المذاب في البيئة المائية الذي ينخفض تركيزه نتيجة حدوث الاثراء الغذائي.

٧-١٢ لِمَ يتسبّب رمي كيس من البلاستيك بضرر بيئي أكثر من رمي كيس من الورق؟

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- استخدام السلاسل الغذائية والشبكات الغذائية لتوضيح آلية تدفُّق الطاقة بين الكائنات الحية.
- تشغل الكائنات الحية في نظام بيئي ما مستويات غذائية مختلفة.
- آليّة فقدان الطاقة أثناء تدفّقها بين المستويات الغذائية.
- دورة الكربون في نظام بيئي.
- كيفية تأثير احتراق الوقود الأحفوري على تركيز غازي ثاني أكسيد الكربون والأكسجين في الغلاف الجوي.
- تأثير إزالة الغابات على البيئة.
- تأثيرات تلوث المياه بالأسمدة ومياه الصرف الصحي غير المعالجة والنفايات الكيميائية والقمامة التي يتم التخلص منها.
- الآثار المترتبة عن حدوث عملية الإثراء الغذائي.

أسئلة نهاية الوحدة

١ انقل الجمل الآتية إلى دفترك، واستخدم المصطلحات العلمية الآتية لإكمال الجُمل الموضّحة أدناه. يمكنك استخدام المصطلح مرّة واحدة، أو أكثر، ويمكنك عدم استخدامه.

النظام البيئي	جماعة حيوية	آكلات الأعشاب	مستوى غذائي	تنفّس
مجتمع حيوي	التمثيل الضوئي	الموطن البيئي	المُنتِجات	آكلات اللحوم
المُستهلِكات	المُحلّلات	الطاقة		

يُطلق على المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي اسم ..... وتتفاعل الحيوانات والنباتات التي تعيش معًا في هذا المكان ومع البيئة المحيطة بها في وحدة تُسمّى .....ومصدر ..... الرئيسي في هذا النظام هو الشمس. تمتصّ النباتات ..... من الشمس في عملية تُسمّى ..... ولأنها تُنتج موادها الغذائية العضوية في عملية ..... تُعرف النباتات باسم ..... وتحصل الحيوانات على ..... عن طريق تناول كائنات حية أخرى، وتُسمّى .....تلك التي تأكل النباتات فقط تُسمّى ..... والتي تأكل حيوانات أخرى تُسمّى ..... عندما تموت الحيوانات والنباتات، تعمل كائنات أخرى تُسمّى ..... على تفكيك المادة العضوية الميتة للحصول على الطاقة.

٢ تظهر السلاسل الغذائية تدفُّقات بسيطة للطاقة خلال النظام البيئي.

أ. كوّن سلاسل غذائية بسيطة من الكائنات الحية الواردة أدناه.

١. محار – سلحفاة ضخمة الرأس – عوالق نباتية

٢. أرنب – عشب – ثعلب أحمر

٣. قط الرمال – جربوع – بذور

ب. حدِّد مسمّيات كلٍّ من المُنتِج، والمستهلك الأول، والمُستهلِك الثاني في كل سلسلة من السلاسل التي كوّنتها.

ج. كوّن سلسلة غذائية بأربعة مستويات غذائية من اختيارك.

٣ اقرأ المعلومات الآتية عن النظام البيئي لبحر العرب.

يقع بحر العرب بين شبه الجزيرة العربية والهند، وهو موطن لأنواع كثيرة من الحيوانات والنباتات. حيث توفّر الأعشاب البحرية والعوالق النباتية الغذاء لكثير من أنواع السلاحف وأبقار البحر. وتشكّل هذه العوالق النباتية الدقيقة غذاء لأسماك السلمون المرقط التي تتغذّى أيضًا على السرطان العابث والحلازين الطينية، التي بدورها تتغذّى على العوالق النباتية والطحالب التي تعيش في الماء. تفترس الأسماكُ الكبيرة مثل تونة الزعنفة الصفراء، وكذلك الحوت القاتل وحوت العنبر، أسماكَ السلمون المرقط. وعلى الشواطئ، تلتقط طيور الزقزاق الذهبي والطيطوى السرطان العابث والحلازين الطينية.

أ. اكتب أسماء الكائنات الحية المذكورة في النص أعلاه، وصنّفها وفقًا لكونها:

١. مُنتِجات.

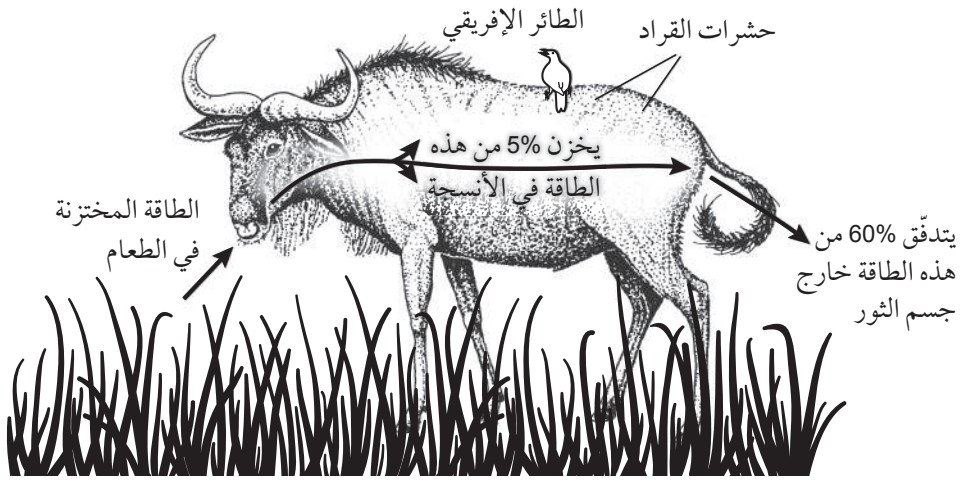
٢. مُستهلِكات أولى.

٣. مُستهلِكات ثانية.

٤. مُستهلِكات ثالثة.

ب. كوِّن شبكة غذائية لهذا النظام البيئي، مستخدمًا إجاباتك على الجزئية (أ) والمعلومات الواردة في أعلاه فقط.

٤ يوضّح الرسم التخطيطي أدناه تدفُّق الطاقة في الثور، وهو من آكلات الأعشاب.



أ. ما المقصود بمصطلح «آكلات الأعشاب»؟

ب. احسب النسبة المئوية للطاقة التي لم تخزَن في أنسجة الثور ولم تتدفَق خارج جسمه.

ج. اذكر ثلاثة استخدامات للطاقة التي لم تخزَن ولم تتدفَق خارج جسم الثور.

يوضح الرسم التخطيطي أربعة مستويات غذائية؛ حيث يتغذى القراد على دم الثور، ويتغذى الطائر الإفريقي الموجود على ظهر الثور على القراد، في حين يتغذى الثور على الأعشاب.

د. حول الرسم التخطيطي أعلاه إلى سلسلة غذائية.

هـ. ما المقصود بمصطلح «المستوى الغذائي»؟

و. إنّ عدد أفراد الكائنات الحيّة عند مستوى المُستهلِك الثاني (القراد) أكبر من عددها عند مستوى المُستهلِك الأوّل (الثور). اشرح سبب حدوث ذلك.

٥ حدّد اسم العملية في كلّ مما يأتي، وصفْ ما يتم خلالها، مستخدمًا المصطلحات العلمية التالية. يمكنك استخدام المصطلح مرّة واحدة أو أكثر، ويمكنك عدم استخدامه.

تحجُّر	**غاز الأكسجين**	**ماء**	**الاحتراق**	**نشا**	**التمثيل الضوئي**
غاز ثاني أكسيد الكربون		**التنفُّس**	**التحلُّل**	**التغذية**	**تحت سطح الأرض**
مُحلّلات	**طاقة**	**جلايكوجين**		**الجلوكوز**	

أ. يصبح الكربون الموجود في الهواء جزءًا من النبات.

ب. يتحرر الكربون من النبات إلى الهواء.

ج. ينتقل الكربون المنتج في النبات إلى الحيوان

د. يتحرر الكربون الموجود من الحيوان إلى الهواء.

هـ. يتحرر الكربون من المادة العضوية الميتة إلى الهواء.

و. يخزّن كربون المادة العضوية الميتة في الأحافير.

ز. يتمّ إحراق الوقود الأحفوري وتحرير غاز الكربون إلى الهواء.

٦ تسبِّب إزالة الغابات واحتراق الوقود الأحفوري مخاوف بيئيّة خطيرة. تتطلّب الأسئلة الآتية إجابات موسّعة. اشرح إجابتك بالتفصيل مُستخدمًا المصطلحات العلمية.

أ. ما الأسباب التي تدفع الإنسان إلى قطع الغابات وإحراق الوقود الأحفوري؟

ب. كيف يؤثّر احتراق الوقود الأحفوري على تركيز غازَي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؟

ج. ما الآثار الناجمة عن إزالة الغابات على المستويَين: المحلّي والعالمي.

٧ لتلوُّث المياه تأثير كبير على الأنظمة البيئية المحلّية.

أ. اذكر مصدرَين لتلوُّث المياه.

ب. رتّب الجُمل الآتية التي تصف عملية الإثراء الغذائي بتسلسلها الصحيح.

١. زيادة موت أوهجرة جميع الكائنات الحية التي تحتاج إلى الأكسجين المُذاب، مثل الأسماك.	٥. تتسرَّب مياه الصرف الصحّي غير المُعالَجة والأسمدة إلى النهر.
٢. يتسبَّب هذا بتوفر النترات والأيونات الأخرى بكميات كبيرة.	٦. زيادة التحلُّل بواسطة المُحلّلات.
٣. التنفُّس الهوائي المتزايد الذي تقوم به المُحلّلات يخفض مستويات الأكسجين المذاب في النهر.	٧. تتكاثر المُنتِجات سريعة النمو بشكل متسارع على سطح النهر.
٤. تحجب تغطية سطح النهر الضوء عن النباتات المائية، ممّا يُسبِّب موتها. وموت المنتجات سريعة النمو.	

مصطلحات علمية

الإثراء الغذائي Eutrophication: عملية تحدث عندما تُصبح البُحَيرات والأنهار غنية بالمواد الغذائية، ممّا يؤدّي إلى نمو كثيف في الحياة النباتية، وزيادة في الكائنات الحية المُحلّلة، وانخفاض في مستويات الأكسجين. (ص ٤٩)

الاحتباس الحراري (الاحترار العالمي) Global warming: زيادة تراكيز غازات الدفيئة، يُسبِّب ارتفاعًا في درجة حرارة الأرض، وبالتالي تغيُّر المُناخ العالمي. (ص ٤٦)

الاحتراق Combustion: تفاعُل مادّة معينة مثل الكربون مع الأكسجين يؤدّي إلى إنتاج طاقة حرارية مع إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون. (ص ٤٦)

إزالة الغابات Deforestation: قطع الإنسان لأشجار الغابات على نطاق واسع. (ص ٤٧)

الإشعاع المؤيِّن Ionising radiation: الإشعاع الذي يغيّر تركيب الجُزيء؛ أو هو الإشعاع الذي يتلف جُزيئات DNA ويمكن أن يزيد من فرصة حدوث الطفرة. (ص ٣٣)

آكلات الأعشاب Herbivores: حيوانات تتغذّى على النباتات للحصول على الطاقة. (ص ٤٣)

آكلات اللحوم Carnivores: حيوانات تتغذّى على حيوانات أخرى للحصول على الطاقة. (ص ٤٣)

الأليل Allele: اثنتان أو أكثر من النُسخ أو الأشكال البديلة لجين معيّن. (ص ١٩)

الأليل السائد Dominant allele: أليل يتمّ التعبير عنه إن كان موجودًا. (ص ٢١)

الأليل المتنحّي Recessive allele: أليل يتمّ التعبير عنه فقط في غياب الأليل السائد للجين. (ص ٢١)

الانقسام الاختزالي Meiosis: انقسام خلوي يقل فيه عدد الكروموسومات إلى النصف ليتحوّل من ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n) إلى أحادي المجموعة الكروموسومية (1n)، وتنتج من هذه العملية خلايا مختلفة جينيًّا بعضها عن بعض وعن الخلية الأصلية. (ص ١٨)

الانقسام المتساوي Mitosis: انقسام خلوي تنتج منه خلايا متطابقة جينيًّا مع الخلية الأصلية. (ص ١٧)

البيئة Environment: المحيط الذي تعيش فيه الكائنات الحية وتتفاعل معه. (ص ٤٠)

التباين Variation: أوجه الاختلاف بين أفراد النوع الواحد. (ص ٣٠)

التباين الجيني Genetic variation: الاختلافات بين الطرز الجينية لأفراد النوع الواحد. (ص ٣٢)

التباين غير المستمر Discontinuous variation: الاختلافات في صفات أفراد النوع الواحد، وينتج منه عدد محدود من الطرز المظهرية (مثل فصائل الدم، وجود القرون عند الماشية). (ص ٣٠)

تباين الطراز المظهري Phenotypic variation: الاختلافات في صفات الأفراد من النوع نفسه. (ص ٣٠)

التباين المستمرّ Continuous variation: الاختلافات في صفات أفراد النوع الواحد، وينتج منه مجموعة من الطرز المظهرية المندرجة بين النقيضين. (مثل طول القامة أو طول الجناح). (ص ٣٠)

التحجُّر Fossilisation: العملية التي تُطمر فيها المواد العضوية بالتراب وتتحوَّل إلى أحافير من خلال احتجاز الكربون تحت سطح الأرض. (ص ٤٦)

التحلُّل Decomposition: عملية تفكُّك أنسجة الكائنات الميتة والفضلات العضوية. (ص ٤٥)

تزاوج أُحادي الهجين Monohybrid cross: تزاوج بين فردين كلاهما له طراز جيني غير متماثل الأليلات، لتتبع وراثة صفة واحدة. (ص ٢٤)

التكاثُر الانتقائي Selective breeding: عملية ينتقي فيها الإنسان صفات مرغوبة في الكائنات الحية، مثل وفرة محصول زراعي، ويسمح للكائنات التي تمتلك تلك الصفة فقط بالتكاثُر، مواصِلًا عملية الانتقاء والتكثير عبر عدّة أجيال. (ص ٣٥)

التلوُّث Pollution: وجود أو إدخال مادة في نظام بيئي لها تأثيرات ضارّة على الكائنات الحية فيه. (ص ٤٩)

التوزيع الطبيعي (المعتدل) Normal distribution: نمط لتوزيع التبايُن المستمر لصفة معينة، ويظهر في التمثيل البياني على شكل منحنى جرسي. (ص ٣١)

الجين Gene: جزء من DNA يتضمّن تعليمات لبناء أحد البروتينات. (ص ١٥)

الحامل Carrier: كائن حي غير متماثل الأليلات يحمل الأليل المتنحّي للطراز المظهري. (ص ٢١)

دورة الكربون Carbon cycle: آلية دوران الكربون عبر النظام البيئي. (ص ٤٥)

السلسلة الغذائية Food chain: مخطَّط يظهر تدفّق (انتقال) الطاقة من كائن حي إلى آخر، بدءًا بالكائن الحي المُنتِج. (ص ٤١)

الشبكة الغذائية Food web: شبكة من السلاسل الغذائية المُترابطة. (ص ٤١)

الطراز الجيني Genotype: التكوين الجيني للكائن الحي من حيث الأليلات الموجودة. (ص ٢٠)

الطراز المظهري Phenotype: الصفات الملحوظة في الكائن الحي. (ص ٢٠)

الطفرة Mutation: تغيُّر يحدث في الجين أو في الكروموسوم. (ص ٣٢)

غازات الدفيئة Greenhouse gases: الغازات الموجودة في الغلاف الجوّي، والتي تحتجز الطاقة الحرارية المنعكسة عن سطح الأرض. (ص ٤٦)

غير متماثل الأليلات (هجين) Heterozygous: وجود أليلَين غير متماثلين لجين مُعيّن. (ص ٢٠)

الكروموسوم Chromosome: تركيب خيطي من DNA يحمل المعلومات الوراثية على هيئة جينات. (ص ١٥)

مُتماثِل الأليلات (نقي) Homozygous: وجود أليلَين متماثلين لجين مُعيّن. (ص ٢٠)

المجتمع الحيوي (الأحيائي) Community: جميع الكائنات الحية من جميع الأنواع التي تعيش في نفس الموطن البيئي. (ص ٤١)

المُحلِّلات Decomposers: كائنات حيّة تحصل على الطاقة من تحلُّل المواد العضوية الميتة، أو الفضلات العضوية. (ص ٤٥)

المُخطّط الجيني Genetic diagram: رسم تخطيطي يبيّن نتاج التزاوُج بين طرازَين جينيَّين. (ص ٢٢)

مُخطّط سجل النسب (شجرة العائلة) Pedigree diagram: رسم مخطط يبيّن الطرز المظهرية لعدّة أجيال من العائلة. (ص ٢٣)

مربّع بانيت Punnett square: جزء من المُخطّط الجيني يبيّن الطرز الجينية التي يمكن أن تنتج من تزاوُجٍ ما. (ص ٢٣)

المُستهلِكات Consumers: كائنات حيّة تحصل على الطاقة التي تحتاج إليها عبر التغذي على الكائنات الحية الأخرى. (ص ٤٢)

المُستهلِكات الأوّلى Primary consumers: المُستهلِكات الأولى في السلسلة الغذائية. (ص ٤٢)

المُستهلِكات الثالثة Tertiary consumers: المُستهلِكات الثالثة في السلسلة الغذائية. (ص ٤٢)

المُستهلِكات الثانية Secondary consumers: المُستهلِكات الثانية في السلسلة الغذائية. (ص ٤٢)

المُستهلِكات الرابعة Quaternary consumers: المُستهلِكات الرابعة في السلسلة الغذائية. (ص ٤٢)

المستوى الغذائي Trophic level: موقع الكائن الحي في سلسلة غذائية أو شبكة غذائية. (ص ٤١)

المطفِّرات Mutagens: المواد المسببة للطفرات. (ص ٣٣)

المُنتِجات Producers: كائنات حيّة تصنع المواد الغذائية التي تحتاج إليها، وعادة ما يتمّ ذلك باستخدام الطاقة الشمسية، من خلال عملية التمثيل الضوئي. (ص ٤٢)

الموطن البيئي Habitat: المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي. (ص ٤٠)

النسل النقي Pure-breeding: الكائنات الحية التي تُنتج دائمًا نسلًا يُماثلها في الطراز المظهري. (ص ٢٥)

النظام البيئي Ecosystem: وحدة تضمّ جميع الكائنات الحية وبيئتها، وهي تتفاعل معًا في منطقة معيّنة، ومن الأمثلة عليها البُحَيرات. (ص ٤١)

النواة أحادية المجموعة الكروموسومية (Haploid nucleus (1n: نواة تحتوي على مجموعة واحدة من الكروموسومات مثل نواة الأمشاج. (ص ١٦)

النواة ثنائية المجموعة الكروموسومية (Diploid nucleus (2n: نواة تحتوي على مجموعتَين من الكروموسومات مثل نواة الخلايا الجسمية. (ص ١٦)

الوراثة Inheritance: نقل المعلومات الجينية من جيل إلى آخر. (ص ١٩)

الوقود الأحفوري Fossil fuels: أنواع الوقود التي تكوّنت على مدى ملايين السنين من بقايا الكائنات الحية وفضلاتها، والتي تضمّ النفط والغاز الطبيعي والفحم. (ص ٤٦)

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفون والناشرون بالشكر الجزيل إلى جميع من منحهم حقوق استخدام مصادرهم أو مراجعهم. وبالرغم من رغبتهم فى الإعراب عن تقديرهم لكل جهد تم بذله، وذكر كل مصدر تم استخدامه لإنجاز هذا العمل، إلا أنه يستحيل ذكرها وحصرها جميعًا. وفي حال إغفالهم لأي مصدر أو مرجع فإنه يسرهم ذكره في النسخ القادمة من هذا الكتاب.

© imageBROKER/Alamy Stock Photo; POWER AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY; LEONARD LESSIN/FBPA/SCIENCE PHOTO LIBRARY; SERGEI BRIK/Shutterstock; Ministry of Education, Oman (x6); L. WILLATT, EAST ANGLIAN REGIONAL GENETICS SERVICE / SCIENCE PHOTO LIBRARY; Paul Souders/Getty Images; Serafima Antipova/Shutterstock (x2); Studio_G/Shutterstock; Richard Wareham Fotografie/Alamy Stock Photo; Geoff Jones; blickwinkel / Alamy Stock Photo; EDUCATION IMAGES / UIG / SCIENCE PHOTO LIBRARY DAN CLARK / USFWS / SCIENCE PHOTO LIBRARY; SETH PATTERSON / NATURE PICTURE LIBRARY / SCIENCE PHOTO LIBRARY; imageBROKER/Norbert Probst/Getty Images

رقم الإيداع : ٤٦٨٥ / ٢٠٢٢م

مطبعة مسقط - روي، هاتف: ٢٤٧٩٤٤٥٢، فاكس: ٢٤٧٠١٢٧٢

الأحياء

كتاب الطالب ١٠

يزخر كتاب الطالب بالعديد من الموضوعات مع شرح واضح وسهل لكل المفاهيم المتضمنة في هذه الموضوعات، ويقدِّم أنشطة ممتعة لاختبار مدى فهم الطلاب.

يتضمن كتاب الطالب:

- أنشطة عملية في كل وحدة، لمساعدة الطلاب على تطوير مهاراتهم العملية.
- أسئلة عن كل موضوع لتعزيز الفهم.
- مصطلحات علمية رئيسية موضَّحة في الوحدات، فضلاً عن قاموس للمصطلحات يرد في آخر الكتاب.
- أسئلة في نهاية كل وحدة من شأنها تأهيل الطلاب لخوض الاختبارات.

إجابات الأسئلة مُتضمَّنة في دليل المعلّم.

يشمل منهج الأحياء للصف العاشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب النشاط
- دليل المُعلِّم

ISBN 978-99969-3-951-8

www.moe.gov.om