وزارة التعليم

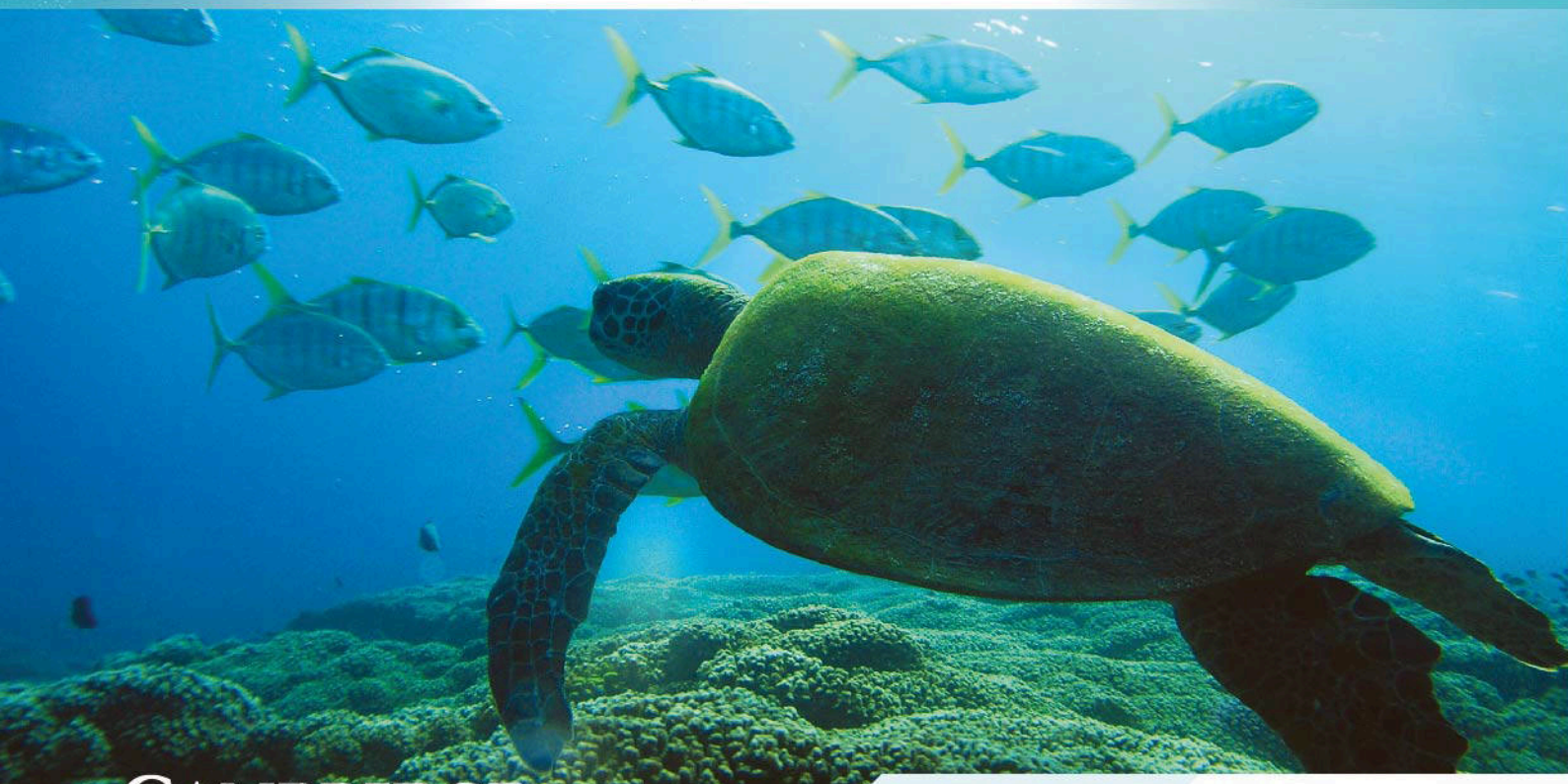
رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

العلوم البيئية

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1448 هـ - 2026 م



العلوم البيئية

الصف الحادي عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1448هـ - 2026م

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 التعليم 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 التعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٤ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – العلوم البيئية – الصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للإدارة البيئية وسلسلة العلوم البحرية لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level .

تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التعليم ومطبعة جامعة كامبريدج.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية المستخدمة في هذا الكتاب أو دقّتها،
ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

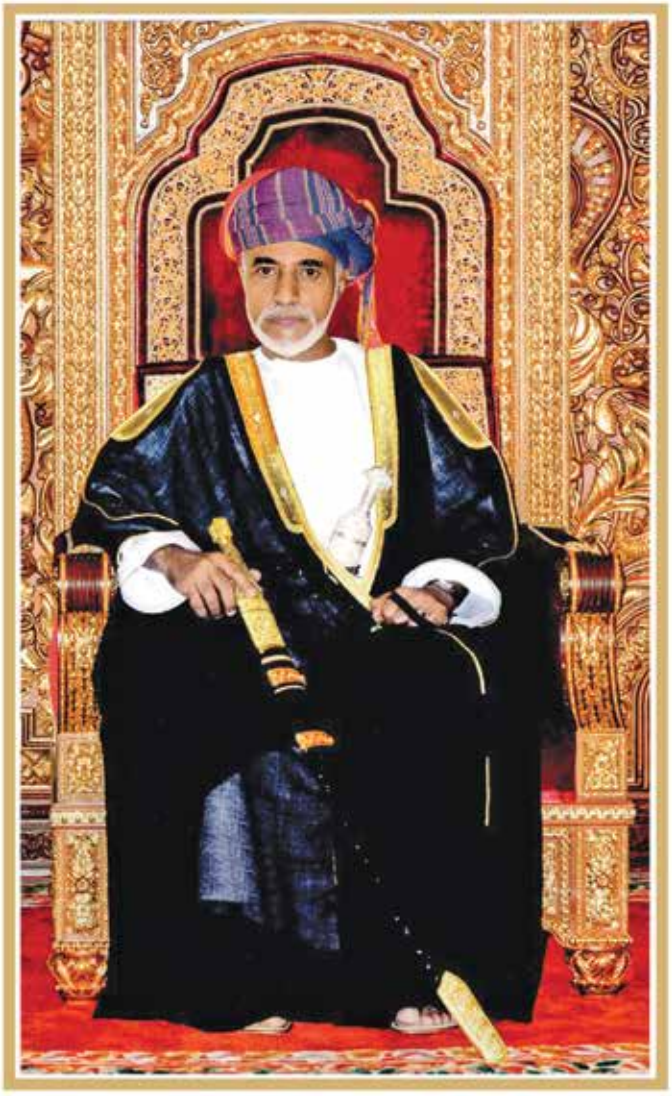
تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠٢٤/٨٣ واللجان المنبثقة عنه



جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التعليم

**ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملًا أو مجزّأ أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
–طيّب اللّه ثراه–



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
– حفظه اللّه ورعاه –

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)





النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يـا رَبَّنـا احْفَـظْ لنـا جَـلالَـةَ الـسُّـلْـطـان
وَالشَّعْـبَ فـي الأَوْطـان بِـالْـعِـزِّ والأَمـان
وَلْـيَـدُمْ مـؤَيَّـدًا عـاهِـلاً مُـمَـجَّـدًا
بِالنُّفـوسِ يُفْتَـدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فـارْتَقـي هـامَ السَّمـاء وَامْلَئي الْكَـوْنَ ضِيَـاء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخـاء

تقديم

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

لقد حرصت وزارة التعليم 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 أساسيًا من مكوِّنات 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 المتسارع 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 ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى 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 المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذه السلسلة xiii

كيف تستخدم هذا الكتاب xv

الوحدة الأولى: مقدمة في الإدارة البيئية

١-١ الاستدامة ٢٠

١-٢ دورة الماء ٢١

١-٣ النظم البيئية ٢٤

الوحدة الثانية: البحوث البيئية وجمع البيانات

٢-١ المنهج العلمي ٥١

٢-٢ جمع البيانات البيئية ٥٨

الوحدة الثالثة: التفاعلات في النظم البيئية البحرية

٣-١ التفاعلات ٨٨

٣-٢ علاقات التغذية ٩٠

٣-٣ دورات المغذّيات ١٠١

الوحدة الرابعة: التصنيف

٤-١ تصنيف الكائنات الحية البحرية ١٢١

٤-٢ المجموعات الرئيسية للكائنات الحية البحرية ١٢٥

قائمة المصطلحات ١٥٥

المقدمة

تُعدّ العلوم البيئية دراسة للعالم الطبيعي، ولكيفية تفاعل الإنسان مع هذا العالم، يقوم بها من يهتم بدراسة الكائنات الحية في بيئته، مركّزًا على تأثير الإنسان على البيئة، وعلى إمكانية تغيير سلوكياته للمساعدة في حمايتها والحفاظ على مواردها للأجيال القادمة. من الصعب تقديم تعريف واحد فقط للعلوم البيئية. وذلك لأنه يعمل على مستويات عديدة ويؤثر على كل جانب من جوانب حياتنا، بدءًا من طريقة تكيّف الكائنات البحرية مع محيطها وصولًا إلى تلوث الغلاف الجوّي الذي يحيط بنا.

يدرس علماء البيئة كل جانب من جوانب عالمنا الطبيعي، وكيفية تفاعله بهدف فهم عمل النظم البيئية، من أصغر بركة مياه إلى كوكب الأرض ككل. ثمّة العديد من المجالات المختلفة للإدارة البيئية يرتكز كل مجال منها على معرفة أساسية، ولقد صمّم كتاب الطالب ليتناسب مع بيئة سلطنة عمان واحتياجاتها، مع التركيز بشكل خاص على العلوم البحرية، نظرًا إلى أهمية هذا الموطن البيئي في الصناعة والاقتصاد داخل سلطنة عُمان.

يمكن تطبيق المعرفة التي ستكتسبها في هذا المنهج عبر نطاق واسع من المهن المستقبلية.

يُستخدم كتاب الأنشطة والتجارب العملية ككتاب داعم لكتاب الطالب، وسيتيح أمام الطلبة فرصًا للبحث المعمّق في الموضوعات المطروحة، فيساعدهم على تطوير مهاراتهم الرياضية والتحليلية والتدريب على حل أسئلة مشابهة لأسئلة الامتحانات. قد يقوم المعلّم بتنفيذ بعض هذه الأنشطة داخل الصف، أو يعطيها كواجب منزلي؛ وإذا توافر الوقت يمكن للطلبة إجراء هذه الأنشطة بأنفسهم لتعزيز مهاراتهم الخاصة.

تُعدّ دراسة العلوم البيئية أمرًا ملحًا، فمع تأثير تغير المناخ، والحاجة إلى مصادر طاقة أكثر تجدّدًا، وزيادة المعرفة بأهمية التنوع البيولوجي، واستمرار الاكتشافات التكنولوجية الحديثة في هذا المجال، باتت حاجتنا اليوم إلى الوعي بالعلوم البيئية أكثر من أي وقت مضى. وسواء تابع الطلبة دراستهم وتخصصهم في المجال العلمي، أو قرروا الدخول في مجال آخر، يجب أن يكونوا جميعهم على دراية تامة بكيفية العمل معًا لخلق مستقبل مستدام وناجح لسلطنة عمان.

استخدام العلوم البيئية

يمكن تطبيق العلوم البيئية بمجموعة متنوعة من الطرائق العملية من خلال مجموعة واسعة من المهن. فعلماء البيئة هم أشخاص متخصصون في الصناعة، ومحافظون على الطبيعة، ومهندسون، ومحامون، وصحفيون، ومتخصصون في الصحة البيئية، وموظفون حكوميون وعاملون في المنظمات غير الحكومية. غالبًا ما تتكوّن فرق العلوم البيئية من متخصصين في مجالات مختلفة، بحيث يعمل أعضاء الفريق معًا لإيجاد حلول للمخاوف البيئية المحتملة أو المحددة، ويتشارك كل حسب مجال تخصصه وخبرته، ويتبادلون الأفكار والأراء والمقترحات.

باعتبارك عالمًا بيئيًا، ستعمل كجزء من فريق يعمل على تحقيق هدف مشترك.

انضم إلى فريق العلوم البيئية

إن معرفتك بالبيئة ورغبتك في التأثير على كيفية تفاعل الإنسان مع العالم الطبيعي قد تؤدي إلى إحداث تغيير نحو الأفضل. عندما تدرس العلوم البيئية، فإنك:

- تعلم المزيد عن كوكب الأرض.
- تفكر في كيفية تأثير أفعالنا كأنواع كائنات حية على الأرض.
- تفكر بشكل ناقد، وتنظر في استراتيجيات إدارة كيفية تأثيرنا، كنوع، على عالمنا.
- تطوّر المهارات الأكاديمية الناقدة.

مهما كان مجال الدراسة الذي تسعى إليه، فإن المعرفة والمهارات البيئية التي تتعلمها في هذا الكتاب ستبقى معك. كلاهما سيساعدك على فهم التغيرات السريعة التي نشهدها في العالم اليوم.

ملاحظة على الخرائط: الحدود والأسماء الموضحة، والمسميات المستخدمة وعرض المواد على أي خرائط واردة في هذا الكتاب لا تعني تأييدًا رسميًا أو قبولًا من وزارة التربية في سلطنة عُمان للوضع القانوني لأي دولة أو إقليم أو منطقة أو لأي سلطة فيها أو لترسيم حدودها أو تخومها.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة العلوم البيئية واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لمادة العلوم البيئية.



تم تصميم كتاب الطالب ليستخدمه الطلبة داخل الفصول الدراسية بتوجيه من المعلّمين. تحتوي الوحدات على تفسيرات وتعريفات وأسئلة ودراسة حالات وأمثلة عملية ومجموعة من الميزات الأخرى لإشراك الطلبة. كما تتيح لهم فرصًا كثيرة للمشاركة في نقاشات هادفة، والعمل الثنائي، والعمل الجماعي.



يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب العلوم البيئية. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية. وكذلك مهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الأداة أو الجهاز المناسب وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.



يقدم دليل المعلّم عددًا لا يحصى من الأفكار العامة والدروس والواجبات المنزلية الملهمة للمعلمين. ويزوّدهم بإجابات الأسئلة الموجودة في كتاب الطالب وأسئلة الأنشطة وإرشادات ودعم لتنفيذ الاستقصاءات العملية. تتوافر أيضًا في دليل المعلّم إرشادات تخطيط الدرس والدعم التربوي، إذ يتم تشجيع المعلّمين على استخدام مزيج من أنشطة كتاب الطالب ودليل المعلّم وفقًا لاحتياجات طلبة كل فصل.

كيف تستخدم هذا الكتاب

من خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

أهداف التعلّم

تُمثّل هذه الأهداف مضمون كل وحدة دراسية، وتساعد على إرشاد الطلبة خلال دراسة «كتاب الطالب»، كما تشير إلى المفاهيم المهمة المطروحة في كل موضوع، ويتم التركيز عليها عند تقويم الطالب.

قبل أن تبدأ بدراسة الوَحدة

أنشطة استهلالية في بداية كل وحدة، تكون إما ثنائية أو جماعية أو صفية، وتتمحور حول المعرفة القبلية للموضوعات التي ستحتاج إليها قبل البدء بدراسة الوحدة.

العلوم البيئية ضمن سياقها

تُقدّم هذه الميزة أمثلة وتطبيقات واقعية للمحتوى الموجود في كل وحدة دراسية، ما يعني أنها تشجع الطلبة على إجراء المزيد من البحث في الموضوعات المختلفة. تتضمن أسئلة للمناقشة تحفز الطلبة على التفكير في فوائد ومشاكل هذه التطبيقات.

مهارات الاستقصاء

توفر لك هذه الميزة فرصة لتطوير مهاراتك في البحث العلمي. وقد يتضمن ذلك إجراء تجربة، أو معالجة البيانات، أو إكمال مهمة بحثية، أو توقع النتائج.

أمثلة

توضح لك الأمثلة كيفية التعامل مع عملية أو سؤال معيّن خطوة خطوة، ثم توفر لك الفرصة لتجربتها بنفسك. ستجد هذه الميزة مفيدة للأسئلة التي تتطلب استخدام صيغة رياضية للتوصل إلى الإجابة.

أسئلة

يتخلّل النص أسئلة تمنحك فرصة للتحقق من أنك قد فهمت الموضوع الذي قرأت عنه.

دراسة حالة

تتيح لك دراسة حالة ودراسة حالة موسعة والأسئلة المصاحبة استكشاف حالات واقعية في إدارة البيئة بشكل فعال. كما تتيح لك فرصًا لإنتاج عملك الخاص كعمل فردي، أو ثنائي أو ضمن مجموعات، وهي غير مرتبطة بأهداف التعلم.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة؛ أما المصطلحات الأساسية الأخرى غير المرتبطة بأهداف التعلم فجرى تمييزها بعلامة (*). وقد جرى شرح معاني هذه المصطلحات في الهامش، وسوف تجد أيضًا تعريفات لها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب. المصطلحات التي لها علامة (*) هي غير مطلوبة للحفظ لكنها مفيدة للموضوع.

أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في مربعات مميزة تتضمن تعريفًا للفعل والمهارات التي يجب عليك تطبيقها عند الإجابة عن أنواع مختلفة من الأسئلة. ويقل ظهور المربعات التي تتضمن الأفعال الإجرائية كلما أصبحت أكثر دراية بها. سوف تجد أيضًا التعريفات نفسها في قائمة المصطلحات الواردة في نهاية هذا الكتاب

دراسة حالة موسّعة

تتضمن كل وحدة دراسة حالة موسعة تتناول بالتفصيل مشكلة أو حالة معيّنة في إطار واقعي حقيقي. فدراسة الحالة الموسعة تفتح أمام الطلبة بابًا للتفكير في مسألة ما بمزيد من التعمق، وتتضمن أنشطة أو أسئلة أو مشاريع يمكنهم تحقيقها.

وبديهي القول إن الطلبة عندما يدرسون حالة من الحالات، لا يفعلون ذلك تحضيرًا للامتحان، وإنما المهارات التي يستخدمونها للإجابة عن الأسئلة ستساعدهم في تجاوز الامتحان بنجاح.

مهمّ

يتم في مربّعات النص هذه إدراج حقائق وإرشادات مهمّة للطلبة.

ملخّص

تحتوي مربّعات النص هذه على ملخّص للنقاط الرئيسية في نهاية كل وحدة.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة. تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلّم.

قائمة تقييم ذاتي

تلي الملخّص عبارات تتضمّن عناوين منها: «أستطيع أن» التي تتطابق مع أهداف التعلم الموجودة في بداية الوحدة؛ و «أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد»، أو «متمكّن إلى حدٍّ ما» اللتَين تشيران إلى وجوب مراجعة ما تراه ضروريًا في هذا المجال. وقد تجد أنه من المفيد تقييم مدى ثقتك بكل من هذه العبارات أثناء عملية المراجعة.

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع



الوحدة الأولى

مقدمة في الإدارة البيئية

Introduction to Environmental Management



أهداف التعلّم

١-١ يعرّف مصطلح الاستدامة على أنها القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

٢-١ يشرح الحاجة إلى الإدارة المستدامة للموارد.

٣-١ يصف دورة الماء مقتصرًا على:

- التبخر
- النتح
- التكثف
- الهطول
- الاعتراض.

٤-١ يفسر ويرسم رسومًا تخطيطية تمثّل دورة الماء.

٥-١ يعرف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، والنظام البيئي، والموطن البيئي.

٦-١ يذكر العوامل الحيوية وغير الحيوية لنظام بيئي.

٧-١ يصف كيفية تأثير العوامل الحيوية على عدد الكائنات الحية الموجودة داخل نظام بيئي وعلى تنوعها.

٨-١ يلخّص أمثلة على التفاعلات الحيوية، مقتصرًا على:

- المنافسة (داخل النوع، وبين الأنواع)
- الافتراس
- الرعي.

٩-١ يحدّد ويصف التفاعلات الحيوية الممثلة بالسلاسل الغذائية والشبكات الغذائية (مقتصرًا على المنافسة والافتراس والرعي)، بما في ذلك استخدام مصطلحات المستوى الغذائي والمنتج، والمستهلك الأولي، والمستهلك الثانوي، والمستهلك الثالثي، والمحلل.

١٠-١ يشرح كيفية فقدان الطاقة في السلسلة الغذائية.

١١-١ يصف دورة الكربون، بما في ذلك استخدام المعادلات الكيميائية لعملية التمثيل الضوئي والتنفس الهوائي واحتراق الوقود الأحفوري (مقتصرًا على CH_4 و C_8H_{18}).

١٢-١ يفسر ويرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الكربون.

١٣-١ يذكر أن الكلوروفيل يمتص الطاقة الضوئية لعملية التمثيل الضوئي.

١٤-١ يصف ويشرح تأثير العوامل المحددة لعملية التمثيل الضوئي بما في ذلك الماء وتركيز ثاني أكسيد الكربون وشدة الضوء ودرجة الحرارة.

١٥-١ يشرح كيف أن عملية التمثيل الضوئي على اليابسة وفي المحيطات تشكل جزءًا حيويًا من دورة الكربون، ولها تأثير مهم على تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال تكوين مخازن الكربون.

١٦-١ يعرّف المصطلحَين الحياد الكربوني وصافي الانبعاثات الصفري.

١٧-١ يصف ويقيّم تقنيات تحقيق صافي الانبعاثات الصفري.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. تعاون مع زميلك للإجابة عن الأسئلة الآتية.
ناقش إجاباتك مع زملائك.

أ. **عرّف** الاستدامة.

ب. اذكر مثالَين على موارد يمكن استخدامها بشكل مستدام.

ج. ارسم دورة الماء باستخدام أكبر عدد ممكن من المصطلحات العلمية الصحيحة (يجب أن تذكر خمسة مصطلحات علمية رئيسية على الأقل).

٢. ناقش من خلال العمل في مجموعات صغيرة:

أ. ثلاثة تغييرات يمكنك القيام بها ليكون صفك أو مدرستك أكثر استدامة.

ب. كيفية تعزيز هذه التغييرات للاستدامة.

أفعال إجرائية

ناقش Discuss: اكتب بعمق حول الموضوع بطريقة بنائية منظمة.

عرّف Define: اذكر المعنى الدقيق.

العلوم البيئية ضمن سياقها

توزيع الأنواع: كيف تؤثر البيئة على سلوك الأنواع وتأقلمها؟

تتصف **البيئة Environment** على سطح الأرض بأنها مهيأة تمامًا لدعم الحياة، الأمر الذي يعكس عظمة الخالق في خلقها بتوازن وتناسق منظم. وهي نظام واحد متكامل يتكوّن من أجزاء متفاعلة، وقد تؤدي التغيرات في جزء منها إلى تغيرات في أجزاء أخرى.

تعيش الكائنات الحية على سطح الأرض في تنوع واسع من المواطن البيئية. وتعيش بعض الكائنات الحية مثل فيل صحراء ناميبيا في موطن بيئي لا يبدو أنه يتناسب مع احتياجاته، لكنه تأقلم للبقاء (الصورة ١-١).

لقد تأقلم **نوع Species** من أنواع الفيلة، وهو فيل صحراء ناميبيا للعيش في موطن بيئي غير اعتيادي يتصف ببيئة صحراوية قاسية. فالمناظر الطبيعية الجافة والجرداء للصحراء مع شح الماء والغطاء النباتي ودرجة حرارة النهار المرتفعة تمثل بيئة قاسية. وهذا الواقع يمثل تحديًا للكائنات الحية الصغيرة للبقاء، ناهيك عن الثدييات الكبيرة مثل الفيل.

لقد اعتقد العلماء لسنوات أن الفيلة التي تعيش في الصحراء تمثل نوعًا منفصلًا عن الفيلة الأخرى التي تعيش في جنوب أفريقيا؛ إلا أنه لا يوجد اختلاف جيني بين فيلة الصحراء وتلك التي تعيش في نطاقات أراضي السافانا العشبية، وتعود الاختلافات الظاهرة بين نوعَي الفيلة هذه إلى تأقلم هذه الحيوانات في بيئة الصحراء.



الصورة ١-١ تأقلمت فيلة صحراء ناميبيا مع موطنها البيئي بتذكر أماكن وجود الطعام والماء.

للفيلة التي تأقلمت للعيش في الصحراء أقدام أكبر حجمًا من تلك التي تعيش في الأراضي العشبية؛ حيث تساعدها مساحة السطح الكبيرة لأقدامها على الحركة فوق الرمال الكثيفة فتمنعها من الانغراس. كما تأقلمت هذه الفيلة مع نقص الغذاء من خلال كتلة جسمها الصغيرة، الأمر الذي يجعل أرجلها تبدو أطول مما هي عليه فعلًا. تستطيع فيلة الصحراء أن تتحمل فترات طويلة دون شرب الماء، ما يتيح لها الوقت الكافي للتنقل بين مصادر الماء في الصحراء، والتي تفصل بينها مسافات طويلة. وعند تنقّلها أثناء الليل تعتمد على الذاكرة لتحديد موقع الماء والعثور

عليه، ثم تستخدم خرطومها وأنيابها وسيقانها لحفر الآبار في مجاري الأنهار الجافة للبحث عن الماء، إذ لا تكتفي بوجود المياه السطحية. وتكون قطعان فيلة الصحراء بشكل عام أصغر حجمًا من قطعان فيلة أراضي السافانا العشبية بسبب **القدرة الاستيعابية Carrying capacity** المحدودة للصحراء.

أسئلة للمناقشة

١. لماذا تأخذ إناث الفيلة صغارها بشكل متكرر إلى حفر مائية محددة في الصحراء؟

٢. لماذا تعتقد أن فيلة الصحراء تفضل الحفر للحصول على الماء بدلًا من شرب المياه السطحية؟

٣. كيف تأقلمت فيلة الصحراء مع المناخ الذي تعيش فيه؟ قارن ذلك مع فيلة أراضي السافانا العشبية.

مصطلحات علمية

*البيئة **Environment**: الوسط المحيط الذي يعيش فيه الكائن الحي.

*النوع **Species**: مجموعة من الكائنات الحية تتكون من أفراد يمكنها أن تتكاثر وتنتج أفرادًا جديدة خصبة (قادرة على الإنجاب).

*القدرة الاستيعابية **Carrying capacity**: عدد الأنواع التي يمكن أن تستوعبها منطقة معيّنة دون تدهور البيئة.

١-١ الاستدامة

الإدارة البيئية Environmental management ليست مصطلحًا يسهل تعريفه، إذ إن نطاقه واسع ومتشعّب ولكن ببساطة هي إدارة تأثير الأنشطة البشرية على البيئة الطبيعية. تهدف الإدارة البيئية إلى ضمان حماية خدمات النظام البيئي والتنوع البيولوجي وصيانتها بشكل مستدام. ويتم النظر في النظم البيئية بالتوازي مع المتغيرات الأخلاقية والاقتصادية والبيئية.

تحاول الإدارة البيئية أيضًا تحديد القضايا التي تنشأ بين تلبية احتياجات الناس مع حماية احتياجات البيئة.

إن ممارسة **الاستدامة Sustainability** تمنع استنزاف موارد الأرض الطبيعية أو تدهورها، وبالتالي ضمان حماية البيئة واحتياجات الأجيال القادمة. إن الاستدامة تعني إجراء التغييرات لرعاية الكوكب والحفاظ على سلامة **النظم البيئية Ecosystems**؛ حيث تحمي هذه التغييرات البيئة، والموارد الطبيعية (مثل الماء، والهواء، والتربة، والنفط، والفحم الحجري، والغاز الطبيعي، والصخور، والمعادن)، والمجتمع.

في الماضي، تم استخدام الموارد العالمية بطريقة غير مستدامة؛ على سبيل المثال، أدى الصيد الجائر إلى فقدان أو زوال كلي تقريبًا لبعض الأنواع مثل ثور البيسون الأمريكي American Bison (الصورة ١-٢).



الصورة ١-٢ البيسون، ثور أمريكا الشمالية. كان هذا النوع من الثيران يتجول في السهول على شكل قطعان كبيرة. وقد جرى اصطياد العديد من هذه القطعان بحيث شارفت على الانقراض.

مصطلحات علمية

الاستدامة Sustainability: القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

النظام البيئي Ecosystem: مجتمع أحيائي من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع البيئة المادية التي تعيش فيها.

كمثال آخر، أدى التخلص من القمامة والنفايات في الأنهار والمحيطات إلى تلوث **Pollution** كلٍّ من موارد المياه العذبة والمناطق الساحلية التي توفر الكثير من الطعام للإنسان. وقد أدت الانبعاثات الصادرة عن الصناعة ومحطات الطاقة إلى تلوث البيئة، وهذا يؤدي إلى تلوث الهواء الذي يكون ضارًا بالتنفس. ومن الأمثلة الأخرى على الممارسات غير المستدامة هو القطع السريع الجائر لمساحات شاسعة من الغابات وهو ما يعرف بإزالة الغابات Deforestation. تساعد الغابات على تنقية الماء والهواء وتوفر موطنًا بيئيًا للعديد من الأنواع. وتمثل إعادة تشجير العديد من المناطق التي أزيلت منها الغابات محاولة لإصلاح الضرر (الصورة ١-٣).



الصورة ١-٣ أشجار زرعتها مؤسسة الغابات المطيرة الأسترالية، وهي منظمة ملتزمة بالمساعدة في تعافي الغابات المطيرة من القطع غير المستدام والذي أثّر على جزء كبير من الغطاء الغابوي.

تشكل الإدارة المستدامة للموارد جزءًا مهمًا من نموذج الاستدامة، وهذا يعني إدارة الموارد بطريقة تضمن عدم نفاد مصادرها. على سبيل المثال، سوف يؤدي الاستخدام غير المستدام للفحم الحجري والنفط إلى نفاد الإمدادات قبل إعادة تكوّنها، وهي عملية تستغرق 300 مليون سنة تقريبًا. وبدلًا من ذلك، يمكن استخدام أشكال بديلة من الطاقة مثل الرياح والطاقة الشمسية، وهما مصدران للطاقة يمكن توليدهما باستمرار.

تمثل إدارة الغابات Forest management مثالًا آخر على الإدارة المستدامة للموارد، إذ يمكن قطع الأشجار بهدف الاستخدام طالما توجد خطة لإعادة زراعتها، وإدارة معدل قطعها. وبذلك، يمكن الاستفادة من أخشاب الأشجار مع توفير الحماية للغابات.

الاستدامة مهمة لكل من الإنسان وكوكب الأرض. فبدون هواء نقي وماء نظيف وغذاء متوافر سيعاني كل من الإنسان والنظم البيئية. ومع استمرار الاستهلاك المفرط للموارد، قد يتسبب الإنسان في انخفاض **التنوع البيولوجي Biodiversity** والانقراض الجماعي للأنواع وفي انخفاض عدد السكان.

مصطلحات علمية

*التلوث **Pollution**: وجود أو إدخال مادة ضارة أو لها تأثيرات سامة في البيئة. على سبيل المثل الماء الملوث ضار وغير صالح للشرب.

*التنوع البيولوجي **Biodiversity**: عدد الكائنات الحية المختلفة والموجودة في النظام البيئي أو المنطقة.

أسئلة

١ عرّف المصطلح «مستدام».

٢ اشرح سبب أهمية الاستدامة.

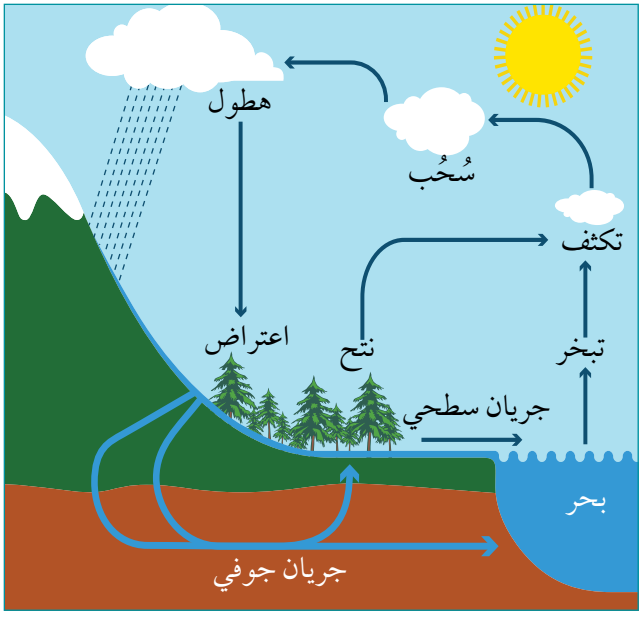
أفعال إجرائية

اشرح Explain: اعرض الأهداف أو الأسباب/اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة/توقّع لماذا و/أو كيف، وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

١-٢ دورة الماء

دورة الماء Water cycle هي الحركة المستمرة للماء على سطح الأرض وفوقه وتحته (الشكل ١-١). وهي على المستوى المحلي **نظام مفتوح Open system**، أي قد تتغير كمية الماء في نظام بيئي معيّن بحيث يمكن أن ينتقل الماء من هذا النظام البيئي وإليه. وعلى المستوى العالمي هو **نظام مغلق Closed system**، أي تتوافر كمية ثابتة من الماء على الكوكب. وعلى الرغم من أن كمية الماء على الأرض تبقى ثابتة، إلا أنّ الكمية

النسبية للماء في احتياطياتها الرئيسية قد تختلف مع مرور الوقت. وهذه الاحتياطيات هي مخازن كبيرة من الماء تشمل مخازن الجليد، والماء العذب، وماء البحر، والمياه الجوفية، ومياه الغلاف الجوي.



الشكل ١-١ دورة الماء.

مصطلحات علمية

دورة الماء **Water cycle**: العملية التي ينتقل فيها الماء من البحر إلى الغلاف الجوي وإلى سطح الأرض وفي جوفها ثم يعود إلى البحر.

*نظام مفتوح **Open system**: نظام يمكن فيه كسب المادة أو فقدانها.

*نظام مغلق **Closed system**: نظام لا تتكوّن ولا تكتسب فيه المادة ولا تفقد.

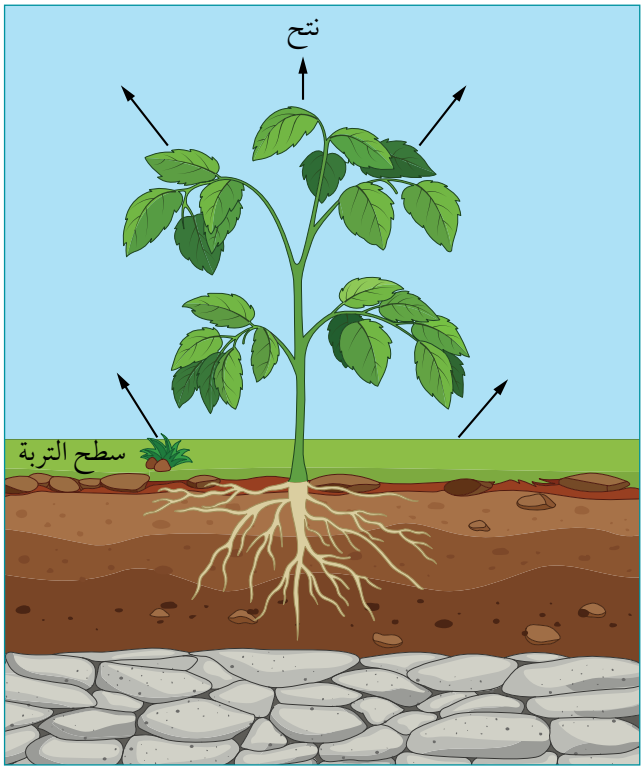
مراحل دورة الماء

التبخر

خلال مرحلة التبخر **Evaporation** من دورة الماء يتحوّل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية بفعل امتصاص الطاقة، ما يؤدي إلى تبريد البيئة. تتم هذه العملية بواسطة الطاقة القادمة من الشمس، والتي تعمل على تسخين المياه السطحية. ومع تبخر الماء تتبقى كل الشوائب مثل الأملاح والغبار والملوثات، لينتج ماءً نقيًا على شكل بخار ماء. يعود هذا الماء إلى الأرض في وقت لاحق من الدورة على شكل هطول، لذا لا تقلّ كمية الماء المختزن، بل يظل الماء يتنقل فقط بين مراحل دورة الماء. وأثناء هذه المرحلة فإن احتياطيات المياه العذبة تُعوض بالمياه النقية.

النتح

النتح **Transpiration** هي العملية التي تؤدي إلى انتقال الماء عبر النبات وخارجه (بشكل أساسي من خلال الأوراق، وفي بعض النباتات من خلال الساق أيضًا) قبل أن يطلق إلى الغلاف الجوي (الشكل ١-٢).



الشكل ١-٢ النتح هو عملية تؤدي إلى انتقال الماء من التربة إلى أعلى صعودًا عبر النبات حيث يخرج عبر مسامات أو ثقوب في الأوراق أو الساق.

مصطلحات علمية

التبخر **Evaporation**: عملية يتحوّل فيها السائل إلى غاز.

النتح **Transpiration**: فقدان الماء عبر أوراق النبات.

تؤثر ظروف الغلاف الجوي على معدلات التبخر والنتح. على سبيل المثال، يتباطأ النتح عندما تكون **الرطوبة Humidity** مرتفعة، حيث يقل منحدرها بين مصدر الماء (كالنبات مثلًا) والهواء، حيث تنتقل الرطوبة من منطقة مرتفعة الرطوبة إلى منطقة منخفضة الرطوبة بسرعة أكبر، لذلك، يتباطأ معدل التبخر عندما يقل هذا المنحدر. وفي يوم عاصف، يزداد معدل النتح والتبخر نتيجة دفع الهواء للرطوبة بعيدًا عن مصدر الماء، ما يزيد من منحدر الرطوبة.

التكثف

يتحوّل الماء أثناء مرحلة **التكثف Condensation** من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عن طريق إطلاق الطاقة، رافعًا درجة حرارة البيئة المحيطة. تحدث هذه المرحلة عندما يلتقي الهواء الدافئ المحمّل بالرطوبة مع الهواء البارد (أو يرتفع إلى ارتفاعات أعلى وأبرد). وعند حدوث التكثف، يتشبّع الهواء بالرطوبة وتتكوّن السحب.

الهطول

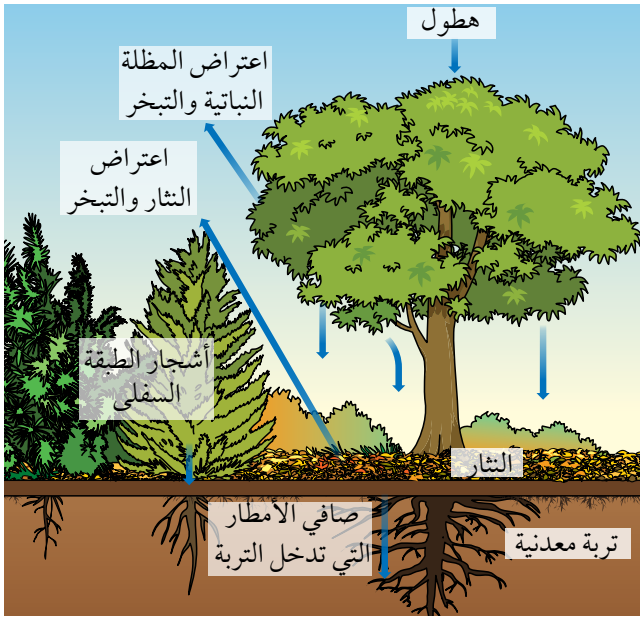
يحدث **الهطول Precipitation** بسقوط الماء المتكثف في السحب على سطح الأرض على شكل مطر، أو ثلج، أو برد، أو صقيع، أو ضباب. تختلف كمية الهطول حول الكوكب نتيجة عوامل كثيرة، تشمل معدلات الإشعاع الشمسي القادم، وأنماط الرياح العالمية، ودرجات حرارة المحيط، وتوزيع اليابسة والمحيطات على الكوكب.

تحصل المناطق المختلفة حول الكوكب على كميات وأنواع مختلفة من الهطول. على سبيل المثال، تحصل المناطق الصحراوية (الباردة أو الحارة) على أقل من 250 mm من الهطول في السنة، في حين قد تحصل المناطق الاستوائية المطيرة على أكثر من 2000 mm في السنة؛ أما في المناطق القطبية وعلى المرتفعات العالية فيكون الهطول على شكل ثلج بدلًا من المطر.

الاعتراض

يصف **الاعتراض Interception** (الشكل ١-٣) عملية منع الهطول من الوصول إلى الأرض عن طريق أوراق الأشجار أو المظلة النباتية، أو حتى النثار. ويتبخر الماء في النهاية إلى الغلاف الجوّي من دون أن تمتصه التربة.

الماء الذي لا تعترضه المواد النباتية ستمتصّه التربة أو يكوّن جريانًا سطحيًا. فالماء الذي تمتصّه التربة قد يجدد مخازن المياه الجوفية والتي تسمى **طبقات المياه الجوفية Aquifers**؛ أما المياه الجارية السطحية فقد تدخل البحيرات، أو الأنهار أو البحر.



الشكل ١-٣ المسارات النموذجية التي يمكن أن يسلكها الهطول في الغابة.

مصطلحات علمية

*الرطوبة **Humidity**: النسبة المئوية لبخار الماء في الهواء.

التكثف Condensation: عملية يتحوّل فيها الغاز إلى سائل نتيجة التبريد.

الهطول Precipitation: الماء الذي يسقط على الأرض على شكل مطر، أو ثلج، أو برد، أو صقيع أو ضباب.

الاعتراض Interception: حجب الأمطار عن طريق الغطاء النباتي، ومنعها من الوصول إلى التربة.

*طبقة المياه الجوفية **Aquifer**: طبقة منفذة من الصخور تحت سطح الأرض تخزن الماء في مسام الصخر.

أسئلة

٣ **ارسم وصف** بإيجاز دورة الماء مضمنًا المصطلحات العلمية الصحيحة وتسلسلها.

٤ **قارن** بين نظام الماء المفتوح ونظام الماء المغلق.

أفعال إجرائية

ارسم Sketch: أنشئ رسمًا تخطيطيًا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

صف Describe: قدّم/اذكر الخصائص أو السمات والميزات الرئيسية.

قارن Compare: حدّد أوجه التشابه و/ أو الاختلاف معلّقًا عليها.

١-٣ النظم البيئية

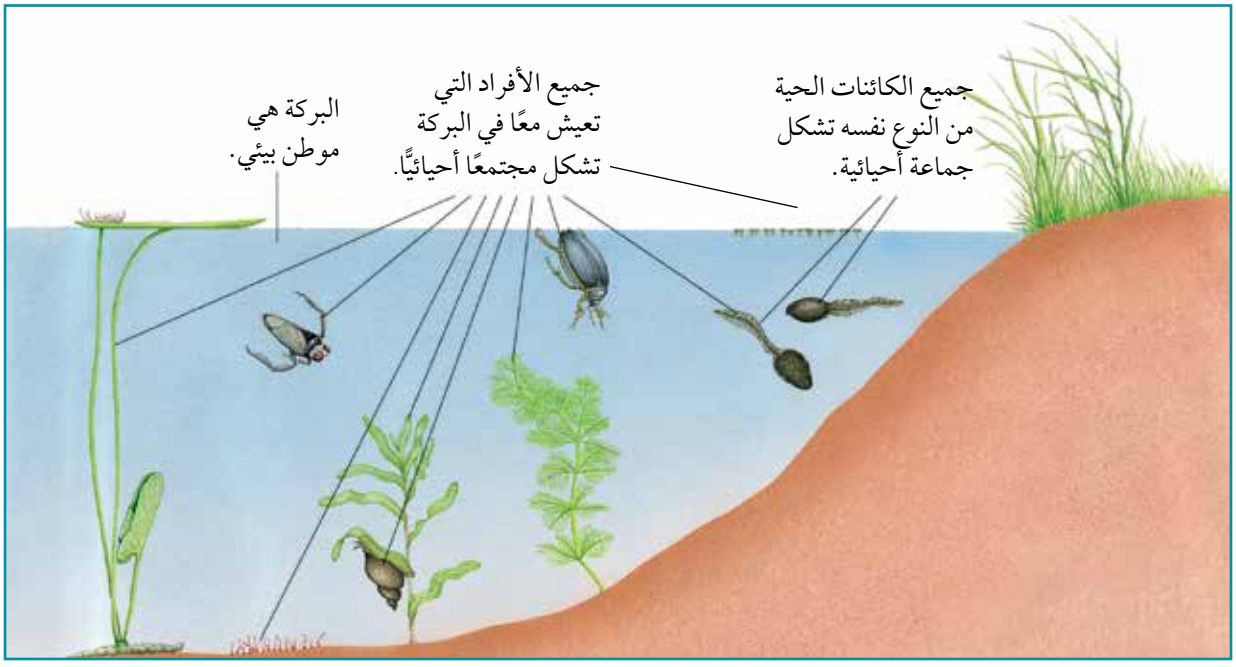
المنطقة الأحيائية Biome مجموعة من النظم البيئية المختلفة في منطقة جغرافية واسعة النطاق تُحدد بواسطة المناخ والغطاء النباتي السائد، على سبيل المثال، الغابة الاستوائية المطيرة. بالمقابل، النظام البيئي Ecosystem هو مساحة جغرافية أصغر من المنطقة الأحيائية، على سبيل المثال أرض رطبة صغيرة، أو نوع معيّن من الغابات.

يتمثل النظام البيئي بتفاعل العوامل **الحيوية Biotic** والعوامل **غير الحيوية Abiotic** لتكوين مجموعة معيّنة من أشكال الحياة.

تشمل العوامل الحيوية النباتات والحيوانات والكائنات الحية الأخرى كالبكتيريا، وتشمل العوامل غير الحيوية التربة والمناخ، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والماء، والأكسجين، ودرجة الملوحة، والضوء المتوافر، والرقم الهيدروجيني (pH) التي بدورها تؤثر على النظام البيئي.

يعتمد كل عامل داخل النظام البيئي بشكل مباشر أو غير مباشر على جميع العوامل الأخرى. على سبيل المثال، تعتمد الأشجار في منطقة الأمازون على مستويات هطول الأمطار المرتفعة. ويتغير عدد الأشجار الموجودة إذا تغيرت كمية الأمطار، الأمر الذي قد يؤثر على الكائنات الحية الأخرى، وقد يؤدي في النهاية إلى تغير التربة نتيجة لتأثر المغذيات في النظام البيئي.

قد يختلف حجم النظام البيئي، فقد تكون النظم البيئية صغيرة جدًا؛ على سبيل المثال، البركة Pond هي نظام بيئي، كالأرض الرطبة الصغيرة في الغابة (الشكل ١-٤). فالأراضي الرطبة Wetland لا تكون معزولة عن الغابة، وهي تتفاعل مع النظام البيئي الأكبر.



الشكل ١-٤ البركة والكائنات الحية التي تعيش فيها تشكل نظامًا بيئيًا.

مصطلحات علمية

المنطقة الأحيائية Biome: مجموعة من النظم البيئية المختلفة في نطاق جغرافي واسع له مناخ مماثل وغطاء نباتي سائد.

الحيوية Biotic: الكائنات الحية (مثل النباتات).

غير الحيوية Abiotic: الأشياء غير الحية التي تؤثر على تركيب النظام البيئي مثل المناخ ونوع التربة وزاوية الانحدار.

ومع ذلك، تختلف الأراضي الرطبة عن مظهر الأرض المحيطة بها من حيث إنها تحتوي على مياه راكدة، وبالتالي تعيش فيها نباتات وحيوانات معيّنة. كما أن الواحة Oasis في الصحراء مثال آخر على نظام بيئي يسهل التعرف عليه. فهي تختلف بشكل كبير عن مظهر الأرض المحيطة بها بسبب توافر المياه السطحية بشكل طبيعي في منطقة أحيائية قاحلة. وتعدّ واحات ولاية بدية ذات الرمال الذهبية الناعمة بيئة سياحية جاذبة وفريدة على مستوى سلطنة عمان.

إن أصغر عنصر مكوّن في تركيب النظام البيئي هو الفرد Individual (ضفدع واحد أو نبات واحد). وكل فرد هو عضو في النوع. ويعرف النوع بأنه مجموعة من الكائنات الحية يمكن أن يتكاثر أفرادها لإنتاج نسل خصب (قادر على الإنجاب). تسمى مجموعة الأفراد من النوع نفسه التي تعيش في النظام البيئي **جماعة أحيائية Population**. قد تتحرك الجماعة الأحيائية المتنقلة أو الفرد المتنقل بين النظم البيئية، وقد تغطي مسافة قصيرة أو طويلة. على سبيل المثال، تقضي جماعة طيور السنونو Swallows فصل الصيف (أبريل - سبتمبر) في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ثم تطير جنوبًا لقضاء الصيف (أكتوبر - مارس) في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، ومع ذلك لا تزال تعد جماعة أحيائية.

ويليها في تركيب النظام البيئي **المجتمع الأحيائي Community**، الذي يتكوّن من مختلف الجماعات الأحيائية التي تعيش معًا (الشكل ١-٥)؛ على سبيل المثال الأعشاب، والأشجار، والحشرات، والثدييات، والطيور. وتتفاعل هذه العناصر مع العوامل غير الحيوية لتكوين النظام البيئي (الصورة ١-٤).

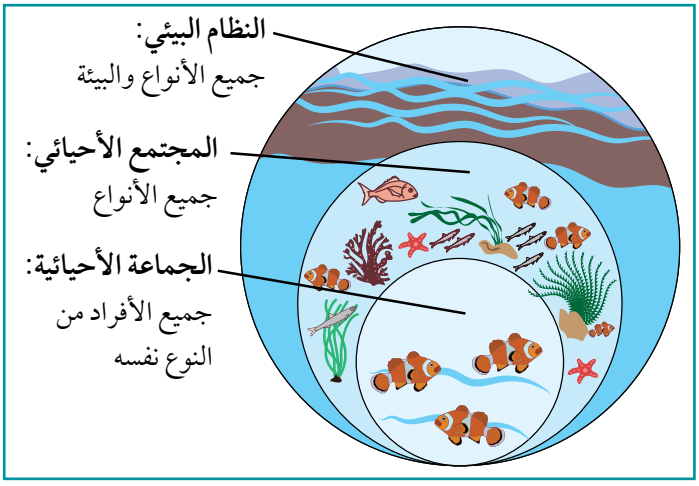
مصطلحات علمية

*الجماعة الأحيائية Population: مجموعة من الكائنات الحية من النوع نفسه تعيش في النظام البيئي.

*المجتمع الأحيائي Community: الجماعات الأحيائية المختلفة التي تعيش معًا في نظام بيئي.



الصورة ١-٤ جزء من مجتمع أحيائي من الحياة البرية حول تجمع مائي في تنزانيا بأفريقيا.



الشكل ١-٥ العلاقات بين الجماعات الأحيائية والمجتمعات الأحيائية والنظم البيئية.

يعيش المجتمع الأحيائي في النظام البيئي في **موطن بيئي Habitat**، وهو المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي. يلبي الموطن البيئي جميع الظروف البيئية التي احتاج إليها الكائن الحي وتأقلم معها للبقاء على قيد الحياة. وهذا يعني بالنسبة إلى الحيوان جمع الطعام، والحصول على الماء، والعثور على شريك للتزاوج والتكاثر. أما بالنسبة إلى النبات، فيعني ذلك توافر التربة المناسبة، وكمية الماء والضوء والمساحة اللازمة لتكاثر ناجح.

المكونات الرئيسية للموطن البيئي هي الماء والمأوى والطعام والمساحة. وكل كائن حي له موطن بيئي يتلاءم معه، وهذا يختلف من كائن حي إلى آخر اعتمادًا على احتياجات بقائه؛ على سبيل المثال، لا يحتاج الفهد إلى الكمية المناسبة من الطعام والماء والمأوى فقط للبقاء، لكنه يحتاج أيضًا إلى مساحة كافية. قد تؤدي **المنافسة Competition** مع الفهود أو الأنواع الأخرى إلى عدم استدامة هذا الموطن. فإذا كان كل من الفهد والأسد والضبع يصطاد الفريسة نفسها في المنطقة نفسها، فربما لا يتوافر الغذاء الكافي لها جميعًا. وإذا كانت المنافسة شديدة، فما على الحيوان إلا إيجاد منطقة جديدة. وبالإضافة إلى ذلك، إذا بدأ الإنسان باستخدام الأرض التي يصطاد فيها الفهد أو البناء فيها، فإن المساحة تتقلص ويصبح الموطن غير مناسب له.

مصطلحات علمية

الموطن البيئي Habitat: هو المكان الذي يتخذه الكائن الحي مسكنًا له، ويلبي جميع الظروف البيئية التي يحتاج إليها للبقاء على قيد الحياة.

المنافسة Competition: العلاقات بين الكائنات الحية التي تحتاج إلى المورد نفسه في المساحة نفسها.

العوامل الحيوية في النظم البيئية

العوامل الحيوية في المحيط الحيوي Biosphere هي الكائنات الحية (نباتات، حيوانات، حشرات، كائنات حية دقيقة)، وتفاعلاتها الحيوية التي تشمل المنافسة والافتراس والرعي والتحلل (الصورة ١-٥).



الصورة ١-٥ الكائنات الحية مثل النباتات الموجودة في هذه الغابة في جزر سيشل أمثلة على العوامل الحيوية التي تؤدّي دورًا في تشكل النظام البيئي ووظيفته.

من الأمثلة على بعض هذه التفاعلات الحيوية:

- **المنافسة داخل النوع Intra- specific competition**، على سبيل المثال، يتنافس الذكور للتزاوج مع الإناث، كأن يتنافس ذكر الغزال مع ذكر غزال آخر للتزاوج مع الإناث في القطيع.
- **المنافسة بين الأنواع Inter- specific competition**، حيث تتنافس الأنواع المختلفة على الموارد نفسها. (على سبيل المثال تفترس الأسود والضباع نوعًا واحدًا من الظباء).
- **الافتراس Predation**، حيث يتغذى كائن حي على كائن حي آخر، على سبيل المثال يتغذى الأسد على الظبي.
- **الرعي Grazing**، حيث تتغذى آكلات الأعشاب Herbivores على الأعشاب والنباتات الأخرى التي تُعدّ مصدر غذائها الرئيسي، إلا أن الرعي الجائر لهذه الأعشاب ينتج عنه تغير في أنواع وكمية النباتات الموجودة في المنطقة.

مصطلحات علمية

المنافسة داخل النوع Intra- specific competition: منافسة بين أفراد النوع نفسه.

المنافسة بين الأنواع Inter- specific competition: منافسة بين أفراد من أنواع مختلفة.

الافتراس Predation: تفاعل حيوي حيث يقوم كائن حي (المفترس) بقتل وأكل كائن حي آخر (فريسته).

الرعي Grazing: تفاعل حيوي يتغذى فيه كائن حي على النباتات مثل الأعشاب أو أوراق الأشجار أو الطحالب.

- توفر النباتات الخضراء الأكسجين للكائنات الحية من خلال عملية التمثيل الضوئي.
- تُطلق الحيوانات ثاني أكسيد الكربون بعملية التنفس الذي تستخدمه النباتات لإنتاج الغذاء والطاقة من خلال عملية التمثيل الضوئي.
- توفر النباتات الغذاء والموطن للحيوانات، ومع ذلك، فهي تعتمد بدورها على الكائنات الحية الموجودة في التربة التي تقوم بعملية التحلل، حيث إن عملية التحلل هذه تطلق المغذيات من المواد المتحلّلة التي تحتاج إليها النباتات للنمو.
- تشارك بعض الكائنات الحية في تكاثر النباتات، على سبيل المثال، يلقح النحل الأزهار ويساعد في إخصاب نبات من نبات آخر من النوع نفسه.

المستويات الغذائية والسلاسل الغذائية

تتكوّن العوامل الحيوية من المنتجات والمستهلكات، وهي تشغل موقعًا محددًا في **السلسلة الغذائية** Food chain.

يوجد عادة أربعة **مستويات غذائية** Trophic levels داخل **الهرم البيئي** Ecological pyramid (الشكل ١-٦). يتكوّن المستوى الأول من **المنتجات** Producers.

ومن الأمثلة على المنتجات، النباتات والطحالب والعوالق النباتية، وجميعها تستخدم الطاقة الضوئية (الإشعاع الشمسي) لتقوم بعملية التمثيل الضوئي وتنتج الغذاء الخاص بها.

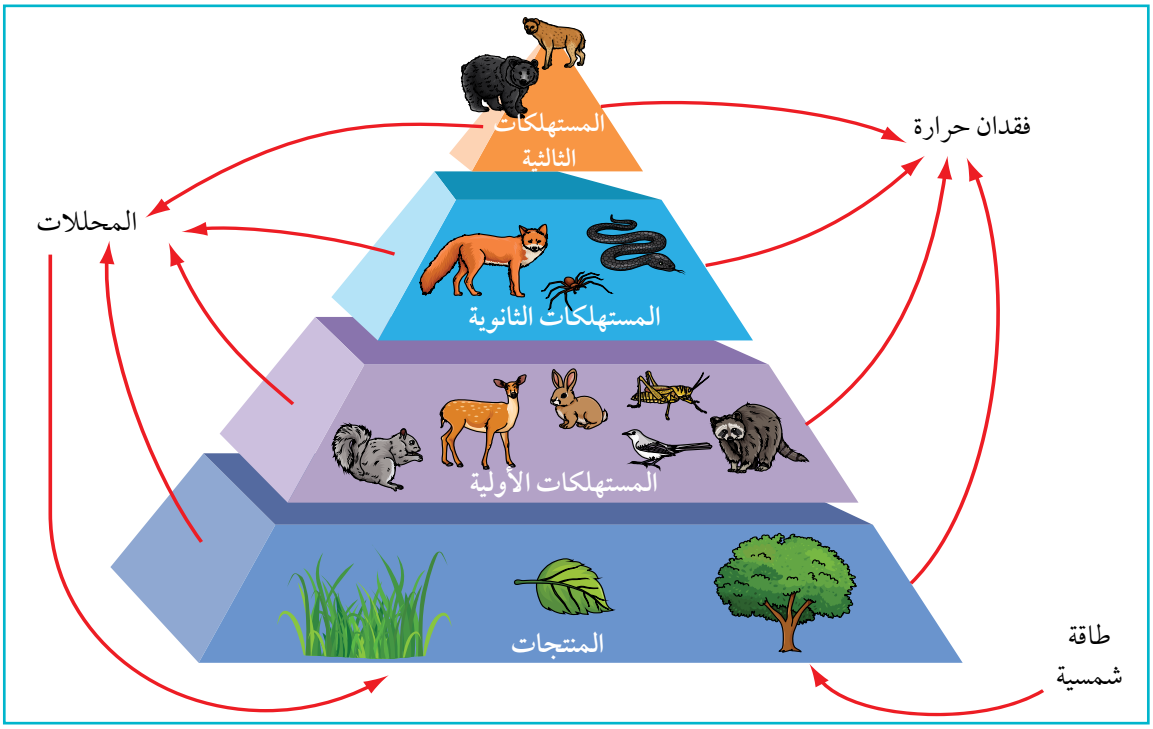
مصطلحات علمية

السلسلة الغذائية Food chain: تسلسل تغذية الكائنات الحية، ويشير إلى تدفق الطاقة، حيث يتم استهلاك أحد الأنواع من المستهلك الذي يليه، أي من المنتج عبر السلسلة إلى المفترس العلوي.

المستوى الغذائي Trophic level: مجموعة من الكائنات الحية داخل النظام البيئي تملأ المستوى نفسه داخل السلسلة الغذائية.

الهرم البيئي Ecological pyramid: رسم يمثل العلاقة بين الكائنات الحية في مستويات غذائية مختلفة في النظام البيئي.

المنتج Producer: الكائن الحي في السلسلة الغذائية الذي ينتج غذاءَه من خلال عملية التمثيل الضوئي.



الشكل ١-٦ هرم بيئي يوضح كيف يتوافق الصعود عبر المستويات الغذائية مع انخفاض مقدار المغذيات المتوافرة. يتم تمرير 10% فقط من الطاقة إلى المستوى التالي، ما يقلل من كمية الطاقة المتوافرة أثناء صعود الهرم.

تتكوّن المستويات الغذائية الثلاثة الأخرى من **المستهلكات Consumers**، التي لا تستطيع إنتاج مصدر غذائها، ويجب عليها استهلاك كائنات حية أخرى للحصول على المغذيات. يتكوّن المستوى الغذائي الثاني من **آكلات الأعشاب Herbivores** (المستهلكات الأولية)؛ وتأكل آكلات الأعشاب فقط المنتجات (النباتات) للحصول على طاقتها.

يتكوّن المستويان الثالث والرابع من **القوارت Omnivores** و**آكلات اللحوم Carnivores**. تعرف المستهلكات في المستوى الثالث باسم المستهلكات الثانوية، حيث إنها تأكل الكائنات الحية من المستويَين الغذائيَّين الأولَين. وهي عادة قوارت تأكل النباتات والحيوانات على حد سواء.

وتعرف المستهلكات في المستوى الرابع باسم المستهلكات الثالثية، وهي غالبًا مفترسات عليا Apex predators وتعدّ من آكلات اللحوم كالأسد في الصورة (١-٦) وتشكل قمة الطبقة العليا للهرم البيئي. تستهلك هذه الحيوانات اللحوم فقط ولا توجد مفترسات طبيعية لها. ويمكن للقوارت كالدب على سبيل المثال أن تكون مستهلكات ثالثية.

ومن الممكن أن تحتوي بعض الأهرامات البيئية على مستويات غذائية إضافية، اعتمادًا على النظام البيئي.



الصورة ١-٦ الأسد مثال على المفترس العلوي مع عدم وجود مفترسات طبيعية له ويحتل موقعًا على قمة الهرم البيئي.

لا تنتمي **المحللات Decomposers** كالفطريات والبكتيريا إلى مستوى غذائي محدد. ومع ذلك تؤدّي دورًا مهمًا في استهلاك المواد النباتية والحيوانية الميتة، وتحوّلها إلى مغذيات وطاقة تطلق مرة أخرى إلى التربة وتستخدمها النباتات للنمو. وهي بذلك «القائمة بإعادة التدوير» Recyclers في النظام البيئي بشكل فاعل (الشكل ١-٦).

العامل المحدد Limiting factor في **الشبكة الغذائية Food web** أو الهرم البيئي هو كمية الطاقة المتوافرة لكل مستوى غذائي. ويتم تحويل نحو 10% فقط من الطاقة التي يتم استهلاكها عند كل مستوى غذائي إلى **كتلة حيوية Biomass**، ويتم فقدان باقي الطاقة من خلال الفضلات، والتنفس، والتكاثر والنمو (الشكل ١-٦).

مصطلحات علمية

المستهلك Consumer: الكائن الحي الذي لا يستطيع إنتاج غذائه بنفسه ويجب أن يأكل كائنات حية أخرى للحصول على المغذيات.

***آكل الأعشاب Herbivore**: كائن حي يأكل النباتات فقط، ويعرف أيضًا باسم المستهلك الأولي.

***القارت Omnivore**: كائن حي يأكل كلًا من اللحوم والنباتات، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثانوي.

***آكل اللحوم Carnivore**: كائن حي يأكل اللحوم فقط، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثالثي.

المحلل Decomposer: كائن حي يقوم بتفكيك المادة العضوية.

العامل المحدد Limiting factor: هو العامل الذي يسبب تباطؤ نمو الجماعة الأحيائية أو تقييد حجمها (قد يستخدم مصطلح العامل المحدد أيضًا في سياقات أخرى للإشارة إلى أي عامل قد يبطئ أو يقلل من احتمال حدوث أمر ما).

الشبكة الغذائية Food web: ارتباط جميع أفراد السلاسل الغذائية داخل المجتمع الأحيائي.

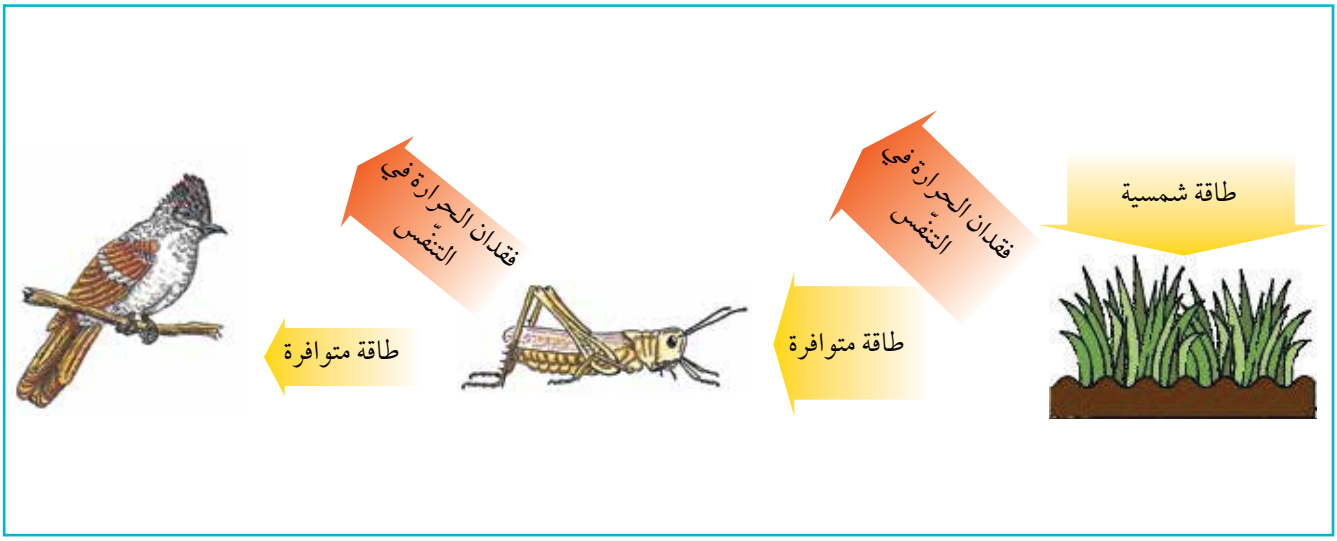
الكتلة الحيوية Biomass: إجمالي كمية المادة العضوية أو وزنها في النظام البيئي أو المواد النباتية المستخدمة كمصدر للطاقة.

وهذا يعني أنه في الوقت الذي يستهلك فيه المفترس العلوي – في المستوى الرابع– فريسته، سيكون 0.001% فقط من الطاقة التي خزنها المنتج في السلسلة الغذائية متاحًا ليستخدمه ذلك المفترس العلوي. وبالتالي، يتحدد طول السلسلة الغذائية بكمية الطاقة التي تنتقل بين كل مستوى من مستويات السلسلة الغذائية.

تمثل السلسلة الغذائية في الشكل (١-٧) تتابع تغذية الكائنات الحية الذي يشير إلى تدفق الطاقة نتيجة استهلاك نوع واحد من قبل المستهلك الذي يليه، بدءًا من المنتج الأساسي عبر السلسلة، وصولًا إلى المستهلك الثانوي. يشير السهم في السلسلة الغذائية إلى اتجاه تدفق الطاقة. قد تشتمل السلاسل الغذائية على العديد من المستويات الغذائية، وصولًا إلى المفترس العلوي.

الشبكة الغذائية في النظام البيئي هي تشابك العديد من السلاسل الغذائية المختلفة لتكوّن شبكة، حيث تكون جميع النباتات والحيوانات في النظام البيئي جزءًا من هذه الشبكة الغذائية المعقدة (الشكل ١-٨).

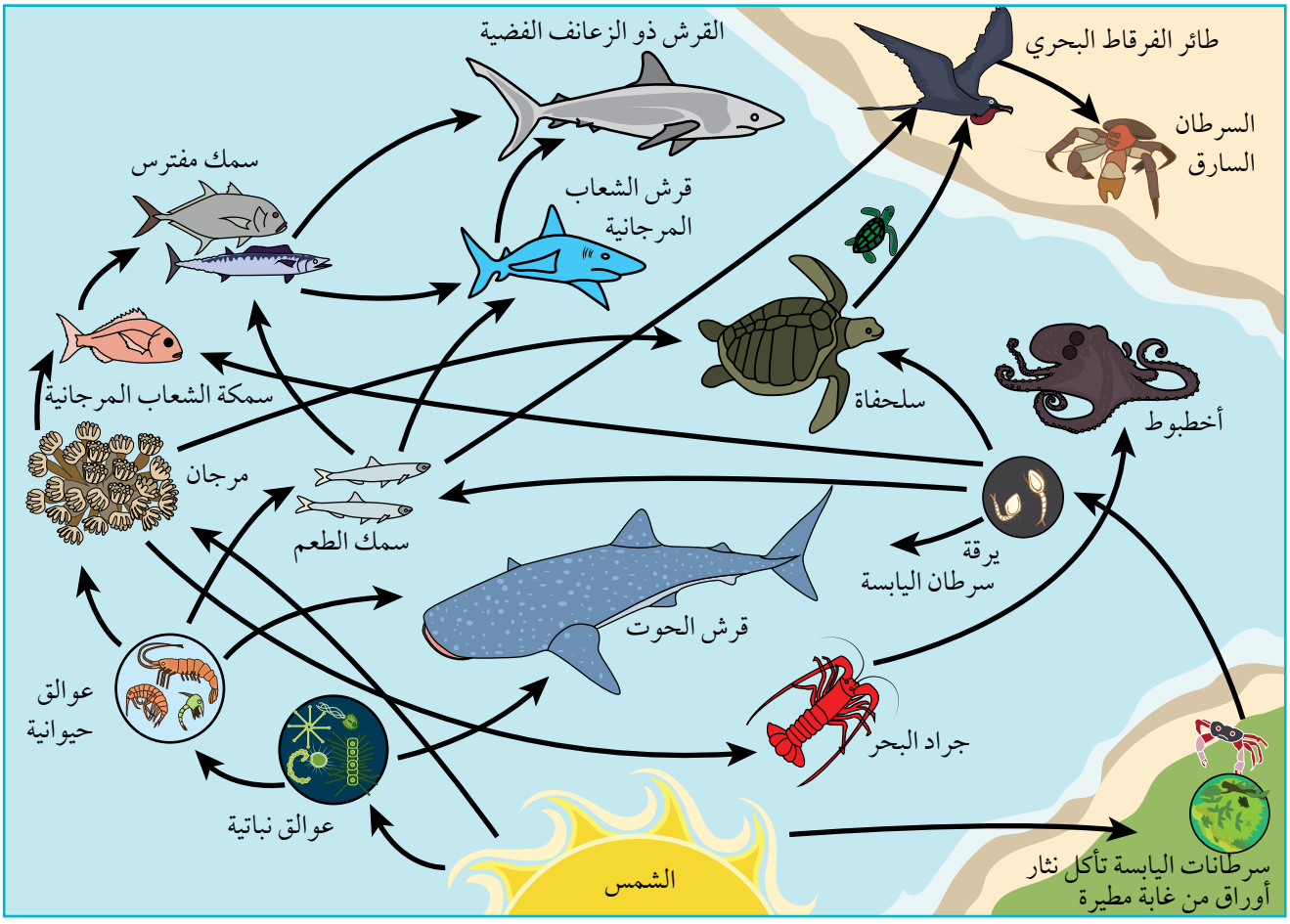
يكون النظام البيئي أكثر استقرارًا كلما كانت الشبكة الغذائية أكثر تعقيدًا. فإذا وجد عدد كبير من المنتجات والفرائس، فسيتوافر للمستهلكات مصادر غذائية بديلة عند اختفاء نوع واحد، ويصبح بإمكانها البقاء على قيد الحياة. في المقابل يكون النظام البيئي أكثر هشاشة كلما كانت الشبكة الغذائية أصغر وأقل تعقيدًا، وزيادة احتمالية انهياره نتيجة لأي عامل متغير داخله (مثل التلوث، أو نقص المياه، أو اختفاء الأنواع).



الشكل ١-٧ يوضح سلسلة غذائية تتدفق فيها الطاقة من المنتجات (النباتات) إلى المستهلك الأولي (الجندب)، ثم إلى المستهلك الثانوي (صائد الذباب).

مهمّ

عندما يطلب إليك رسم شبكة غذائية أو سلسلة غذائية تحتاج فقط إلى كتابة أسماء الكائنات الحية، لا إلى رسم صور للكائنات الحية نفسها.



الشكل ١-٨ مثال على الشبكة الغذائية التي توضح التعقيد في مسارات الطاقة مع مصادر غذاء مختلفة لكائنات حية متنوعة.

دراسة حالة

التأقلم مع مناخ الصحراء الحارة

تستطيع الكائنات الحية التأقلم مع الظروف المختلفة. ويكون هذا التأقلم في بعض الأحيان غير عادي، إذ تعيش بعض الأنواع في مناطق تكون فيها العوامل غير الحيوية قاسية جدًّا بحيث لا يمكنها البقاء على قيد الحياة. يكون التنوع البيولوجي في هذه المناطق منخفضًا بفعل الظروف القاسية، بحيث لا يبقى منها إلا الأنواع عالية التخصص.

خنفساء صحراء ناميبيا

الموطن الأصلي لخنفساء صحراء ناميبيا Namib desert beetle هو صحراء ناميبيا على امتداد الساحل الغربي لجنوب أفريقيا (الصورة ١-٧). قد تتلقى المناطق الأكثر جفافًا ما لا يقل عن 2 mm من الأمطار سنويًا، ما يجعلها صحراء شديدة الجفاف. ومع ذلك، جعل الله سبحانه وتعالى في خنفساء الصحراء طريقة تحافظ فيها على رطوبة جسمها. فهي تجمع الماء من على ظهرها المتعرج في الصباح الباكر عندما يتحرك الضباب من البحر باتجاه الداخل. ولشرب الماء تقف الخنفساء على نتوءات صغيرة من الرمال حيث تساعد أرجلها الخلفية الطويلة والرفيعة على رفع جسمها إلى الأعلى بزاوية 45 درجة. تنشر الخنفساء أجنحتها المتصلبة وتلتقط قُطيرات الضباب عليها، وهكذا تلتصق قُطيرات الماء على النتوءات **المحبة للماء Hydrophilic** الموجودة على الأجنحة، ثم تتدحرج نحو فم الخنفساء لتشرب. وتستطيع خنفساء صحراء ناميبيا بهذه الطريقة أن تعيش في بيئة يصعب فيها الحصول على كمية كافية من الماء لبقائها على قيد الحياة.

مصطلحات علمية

*محبة للماء **Hydrophilic**: مادة تجذب الماء وتحتفظ به.

تابع



الصورة ١-٧ تعيش خنفساء صحراء ناميبيا Namib في أحد المناخات الأكثر جفافًا في العالم، حيث يبلغ معدل هطول الأمطار 40 mm فقط في السنة. لقد تأقلمت عن طريق جمع الماء من ضباب الصباح الباكر، بما يسمى أيضًا تشمس الضباب.

ضفادع الصحراء

بعض البرمائيات التي ترتبط بالمناخات الرطبة تأقلمت على العيش في الصحراء أو في المناخات التي تتعرض لفترات طويلة من الجفاف. وقد جعل الله لها استراتيجيات مختلفة، كامتلاكها أطرافًا قادرة على الحفر؛ إذ تحفر حتى عمق 1.5 m تحت السطح بعيدًا عن الحرارة. ويمكنها قضاء أشهر وحتى سنوات في الحفرة في كل مرة، حيث تخرج للتكاثر في برك مؤقتة تتكوّن بعد هطول الأمطار.

الضفدع الأفريقي (بكسي) African Pixie ثاني أكبر ضفدع في العالم، ويعرف بالضفدع الأفريقي العملاق، أو الضفدع الثور Bullfrog نظرًا إلى حجمه الكبير وصوته العميق (الصورة ١-٨). يستطيع هذا الضفدع البقاء حيًا في المناخ الحار والجاف، حيث تتعرض المنطقة لموجات جفاف دورية طويلة المدى.

يمكن لهذا الضفدع البقاء تحت سطح الأرض أثناء ظروف الجفاف حتى 7 سنوات. فكيف يستطيع ذلك؟

يعيش ضفدع بكسي في المنطقة العشبية (السافانا) في جنوب أفريقيا بالقرب من مصادر المياه العذبة مثل البحيرات والبرك. لكنه يعيش خلال فترات الجفاف في الجحور على عمق (15-20 cm) تحت سطح الأرض، وقد كان الاعتقاد سابقًا أن ضفدع بكسي يموت خلال فترات



الصورة ١-٨ ذكر ضفدع بكسي ببطنه الأصفر المميز.

الجفاف الطويلة المعتادة في موطنه البيئي. عندما تبدأ الأرض بالجفاف، يفرز هذا الضفدع طبقة من المخاط حول جسمه تكوّن **كيسًا مخاطيًا Mucus sac** متخصصًا. ويعيش الضفدع في الكيس في حالة **سُبات Hibernation** بانتظار عودة الأمطار؛ وبمجرد عودتها يذيب الماء الكيس المخاطي، ويستيقظ الضفدع.

مصطلحات علمية

*المخاط **Mucus**: مادة لزجة دبقة تغلف السطح الذي تغطيه وتحميه وترطبه.

*السُّبات **Hibernation**: فترة زمنية يكون فيها النبات أو الحيوان في حالة سكون أو حالة غير نشطة تشبه النوم.

أسئلة

١. في مجموعات من طالبَين أو ثلاثة، ابحثوا عن كائن حي يشبه ضفدع بكسي أو خنفساء صحراء ناميبيا، اللذين يستخدمان طريقة غير عادية للبقاء على قيد الحياة في النظام البيئي، حيث لا يتوقع ذلك. ضمّن مناقشتك العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية والسلاسل الغذائية وتدفقات الطاقة.

٢. اعرض نتائجك على الصف، وناقش الآليات المختلفة التي ساعدت الكائنات الحية التي استقصيتها للبقاء على قيد الحياة.

دورة الكربون

دورة الكربون Carbon cycle سلسلة من العمليات يتم من خلالها إعادة استخدام الكربون في الطبيعة. في هذه الدورة، ينتقل الكربون من الغلاف الجوي إلى الكائنات الحية ثم إلى الأرض قبل أن يطلق مرة أخرى إلى الغلاف الجوي. معظم الكربون يتم تخزينه في الصخور والرواسب بينما يتم تخزين كميّات أقل في المحيطات والغلاف الجوي والكائنات الحية. يتدفق الكربون في دورة الكربون بين مخازنه المختلفة. وتكون بعض هذه التبادلات سريعة وبعضها الآخر بطيئًا. وقد يؤدي أي تغيير في تدفق دورة الكربون إلى حصول أحد المخازن على المزيد من الكربون ليخزن مقدارًا أقل في مخزن آخر. هذا المبدأ أساسي لفهم كيف تسبب التغيرات في توازن الكربون في الغلاف الجوي تغيرات في المناخ العالمي.

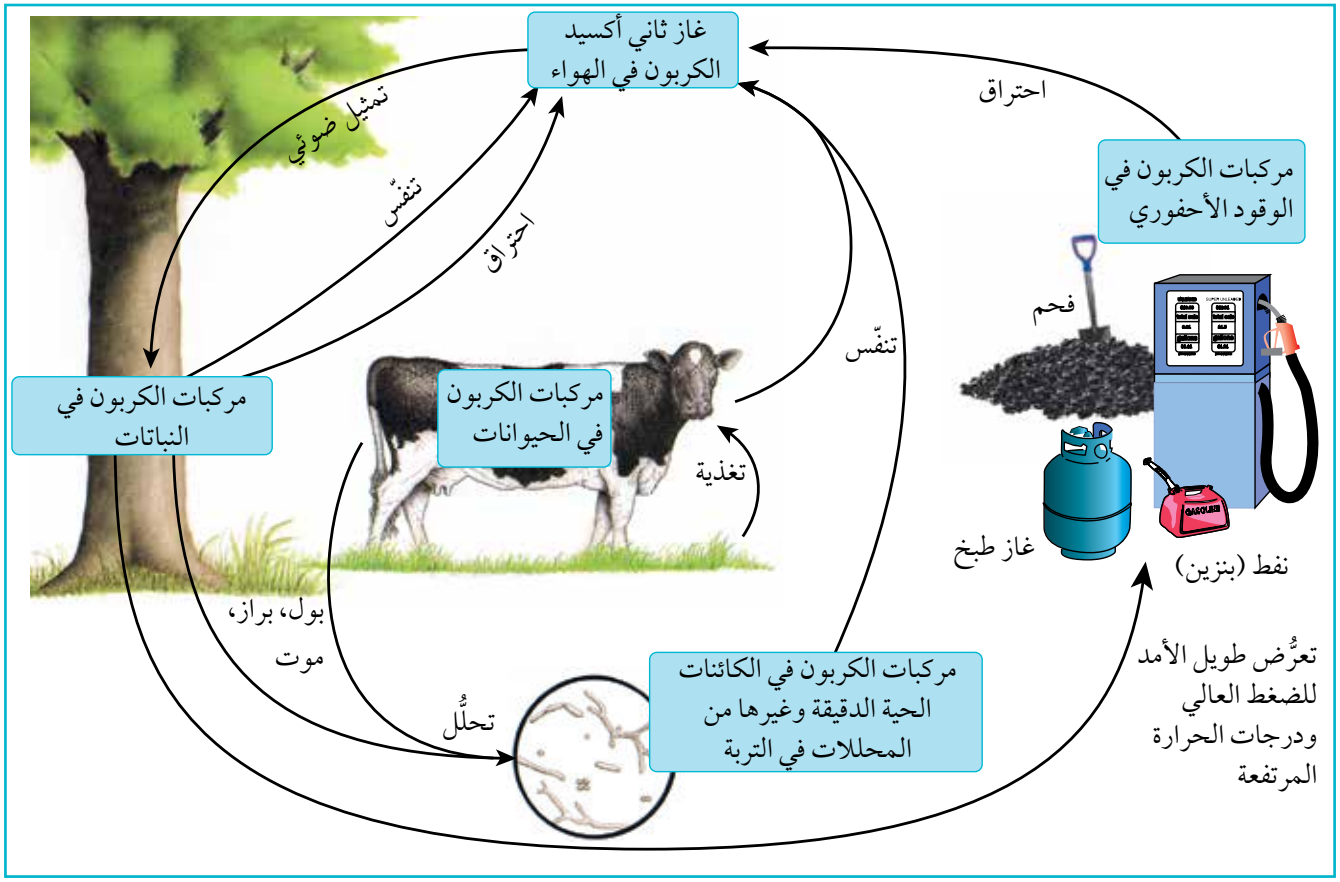
مصطلحات علمية

دورة الكربون Carbon cycle: تدفق الكربون بين مخازن الكربون المختلفة.

دورة الكربون مثل دورة الماء، تمثل نظامًا يحتوي على مدخلات، ومخازن، وتدفقات ومخرجات تنقل الكربون من مخزن كربون إلى مخزن آخر، الأمر الذي يغير من توازن الكربون داخل هذه الدورة.

يشكل الكربون أساس الحياة على الأرض، حيث تتكون الكائنات الحية منه، ويستهلكه الإنسان، وتعتمد حياته على اقتصادياته.

تمثل دورة الكربون حركة الكربون عبر الكائنات الحية على الأرض، وداخل المحيط الحيوي (الشكل ١-٩). تنتقل ذرات الكربون باستمرار من الغلاف الجوي إلى الأرض ثم تعود إلى الغلاف الجوي.

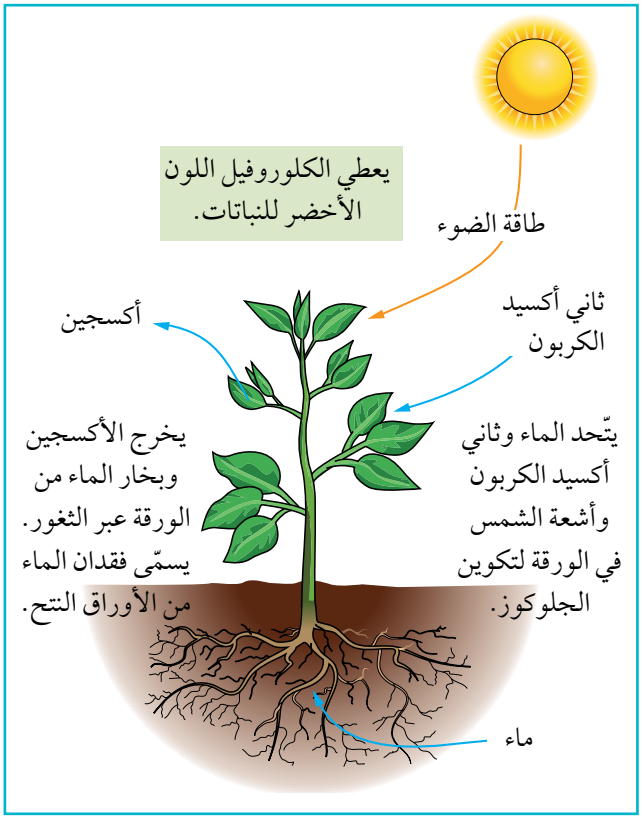


الشكل ١-٩ دورة الكربون، توضح كيف يمكن أن ينتقل ثاني أكسيد الكربون من مخزن إلى آخر في فترة زمنية قصيرة نسبيًا (أسابيع، أيام، وحتى ساعات).

ويخزن معظم الكربون على الأرض في الصخور والرواسب والأحافير، في حين يوجد الباقي في الغلاف الجوي والمحيطات والكائنات الحية. يؤدي تحجر Fossilization المادة العضوية إلى تكوّن مصادر طاقة الكربون مثل الفحم الحجري والنفط. وتختلف الفترات الزمنية التي تتم فيها العمليات المختلفة في دورة الكربون من أيام إلى عقود بين الكائنات الحية والغلاف الجوي، ومئات ملايين السنين أثناء عملية التحجر، والتي يتنقل فيها الكربون بين قشرة الأرض والغلاف الجوي.

الكربون عنصر متعدد الاستخدامات يمكنه تكوين تنوع كبير من الجزيئات العضوية المعقدة، حتى إن مركب DNA يُبنى حول سلسلة كربون.

يأتي الكربون في غالبية المنتجات من ثاني أكسيد الكربون في الهواء، والذي يتحول إلى الجلوكوز أثناء عملية **التمثيل الضوئي Photosynthesis** (الشكل ١-١٠). تستخدم الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي **الكلوروفيل Chlorophyll**، وهو صبغة موجودة في البلاستيدات الخضراء، لامتصاص الطاقة من ضوء الشمس واستخدامها لتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء معًا لإنتاج الجلوكوز والأكسجين (الصورة ١-٩).



الشكل ١-١٠ في عملية التمثيل الضوئي، يستخدم النبات طاقة الضوء وثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج الطاقة على شكل جلوكوز، ويطلق النبات الأكسجين كناتج ثانوي.

مصطلحات علمية

التمثيل الضوئي Photosynthesis: العملية التي تصنع النباتات من خلالها الجلوكوز باستخدام ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة من أشعة الشمس.

الكلوروفيل Chlorophyll: الصبغة الخضراء في أوراق جميع النباتات المسؤولة عن امتصاص الضوء لتوفير الطاقة لعملية التمثيل الضوئي.

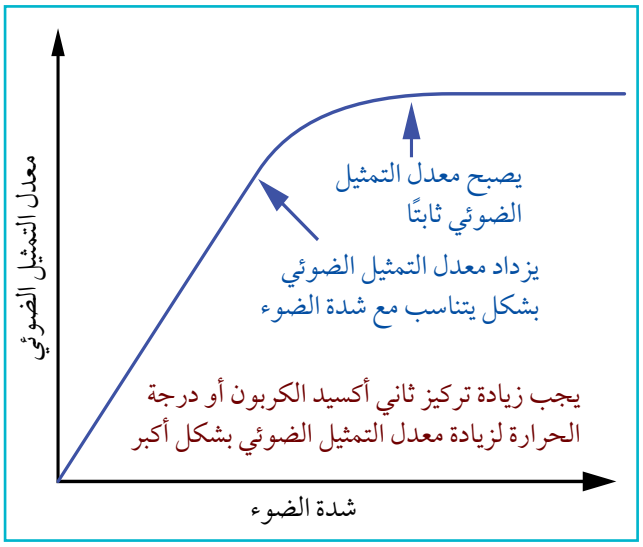






الصورة ١-٩ جميع هذه المنتجات الثلاثة: نبات الصبّار ونبات النعناع البلدي ونخيل جوز الهند تستخدم الكلوروفيل للقيام بعملية التمثيل الضوئي.

يعتمد التمثيل الضوئي على بعض العوامل المحددة. إن توافر الماء وثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة فضلًا عن الضوء كلها تؤثر على معدل عملية التمثيل الضوئي. فإذا كان أي من هذه العوامل محدودًا أو غائبًا، فسوف تتباطأ عملية التمثيل الضوئي أو تتوقف (الشكل ١-١١).



الشكل ١-١١ معدل التمثيل الضوئي مقابل شدة الضوء.

الكائنات الحية على الأرض التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي (النباتات والعوالق النباتية) تشكل جزءًا حيويًا من دورة الكربون، فتأخذ الكائنات الحية ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتحوله في خلاياها إلى الجلوكوز. تطلق تلك الكائنات الحية الطاقة المخزنة في الجلوكوز من خلال عملية تسمى التنفس. **التنفس الهوائي Aerobic respiration** يكسر جزيئات الجلوكوز باستخدام الأكسجين وينتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

التمثيل الضوئي:

أكسجين + جلوكوز ← (ضوء الشمس، الكلوروفيل) ماء + ثاني أكسيد الكربون

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

التنفّس الهوائي:

ماء + ثاني أكسيد الكربون ← أكسجين + جلوكوز

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

ملاحظة: المعادلتان متعاكستان.

يمكن إطلاق الكربون الذي يخزنه النبات بعدة طرائق:

- يستخدم النبات الجلوكوز للتنفس، ويطلق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، أو يدخل الكربون في خلايا جديدة للتكاثر والنمو وإصلاح التلف.
- يأكل المستهلك الأولي النبات، ويُدخل الكربون في نظامه الخاص، أو يطلقه على شكل ثاني أكسيد الكربون من خلال التنفّس.
- يتحلل النبات ويُعاد إطلاق الكربون مرة أخرى إلى الغلاف الجوي.
- يطلق الكربون مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على شكل ثاني أكسيد الكربون عند حرق النبات تاركًا الرماد.
- يطلق الكربون المختزن عند **احتراق Combustion** الوقود الأحفوري (النفط والفحم الحجري) الناتج من تحجر النباتات.

يطلق ثاني أكسيد الكربون في كل هذه العمليات مرة أخرى إلى الغلاف الجوي الأمر الذي يجعله متاحًا للامتصاص في دورة الكربون.

ترتبط دورة الكربون ارتباطًا وثيقًا بمواسم نمو النباتات، حيث يتزايد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أثناء فترات النمو البطيء (في الشتاء) ويتناقص أثناء فترات النمو السريع (في الصيف). لذلك تؤدّي الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي دورًا حيويًا في دورة الكربون (الشكل ١-٩).

تشكل دورة الكربون جانبًا مهمًا من الحياة على الأرض، فثاني أكسيد الكربون هو أحد غازات الدفيئة وقد يحتجز الحرارة من الشمس.

مصطلحات علمية

التنفّس الهوائي Aerobic respiration: التفاعلات الكيميائية في الخلايا التي تفكك جزيئات الجلوكوز باستخدام الأكسجين وتطلق الطاقة وثاني أكسيد الكربون والماء.

احتراق Combustion: احتراق شيء ما، مثلًا احتراق الوقود الأحفوري لاستخدام طاقته.

الحياد الكربوني وصافي الانبعاثات الصفري

يخزن الكربون في **مصارف الكربون** **Carbon sinks** طويلة الأمد أو قصيرة الأمد، وهو مخزن طبيعي أو صناعي يمتص الكربون ويحتفظ به. عندما يطلق أحد هذه المخازن الكربون يصبح **مصدر كربون** **Carbon source**.

يمكن للعديد من الأنشطة البشرية أن تسهم في زيادة كربون الغلاف الجوي إما بإزالة مصارف الكربون، مثل قطع أشجار القرم (المانجروف)، أو تكوين مصادر كربون من خلال احتراق الوقود الأحفوري. قد تؤدي زيادة كميّة الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري (تأثير غازات الدفيئة)، ما يسبب ارتفاع درجة الحرارة العالمية، ويؤدي إلى تغير المناخ. سوف تتعلم المزيد عن هذا الموضوع في الصف الثاني عشر.

إحدى الطرائق الرئيسية التي يسهم فيها الإنسان في زيادة كربون الغلاف الجوي هي احتراق الوقود الأحفوري، وهو الوقود الذي يحتوي على الكربون المتكوّن على مدى ملايين السنين من تحلل المواد العضوية.

فيما يأتي معادلة احتراق نوعَين من الوقود:

احتراق غاز الميثان:

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟵ أكسجين + ميثان

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

احتراق الأوكتان، أحد مكونات النفط:

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟵ أكسجين + أوكتان

$$2C_8H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 18H_2O$$

لاحظ أوجه الشبه فيما بينها ومع معادلة التنفس الهوائي.

يحقق الشخص – أو الشركة أو الدولة – **الحياد الكربوني (أو الحياد الصفري)** **Carbon neutral** إذا وازن بين ثاني أكسيد الكربون الذي ينطلق في الغلاف الجوي من خلال الأنشطة اليومية، والكميّة التي يزيلها منه. ويمكن تحقيق ذلك بطريقتَين: تقليل كميّة مصادر الكربون التي يستخدمها، أو زيادة مصارف الكربون المتوافرة. على سبيل المثال، يمكن لشركة تنتج الطاقة من خلال احتراق الوقود الأحفوري أن توازن الكربون المنبعث من خلال رعاية برامج زراعة الأشجار. فالقيّمون على الشركة أو الدولة، وعلى الرغم من إضافتهم للكربون إلى الغلاف الجوي، إلا أنهم يعملون على امتصاصه من الغلاف الجوي أيضًا، حيث يكون صافي إنتاجهم الإجمالي لثاني أكسيد الكربون صفرًا، أي **صافي الانبعاثات الصفري** **Net zero emissions**.

مصطلحات علمية

مصرّف كربون **Carbon sink**: مخزن يمتص المزيد من الكربون من الغلاف الجوي مقارنة بما يطلقه.

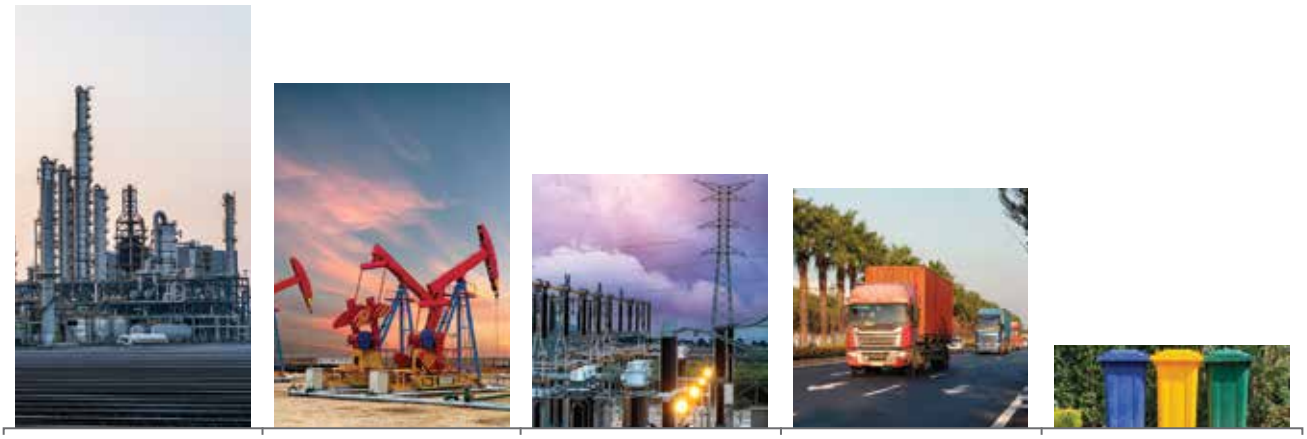
مصدر كربون **Carbon source**: مخزن يطلق المزيد من الكربون إلى الغلاف الجوي مقارنة بما يخزنه.

الحياد الكربوني **Carbon neutral**: التوازن بين كميّة الكربون الذي يتم إطلاقه وكميّة الكربون الذي يتم امتصاصه عبر الأنشطة المختلفة، الأمر الذي يؤدي إلى صافي انبعاثات صفري في الغلاف الجوي.

صافي الانبعاثات الصفري **Net zero emissions**: هدف التخلص التام من كمية الغازات الدفيئة الناتجة من الأنشطة البشرية وذلك عن طريق تخفيض الانبعاثات وتنفيذ طرائق لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

الاستراتيجية الوطنية للانتقال المنظم للوصول إلى الحياد الكربوني

يجب على الشركة أو الدولة التي تهدف إلى تحقيق صافي انبعاثات صفري النظر أولًا إلى بصمتها الكربونية الحالية التي ستُظهر جميع الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة الحالية. فعلى سبيل المثال تمّ في سلطنة عمان تقدير انبعاثات الكربون لعام 2021 م ما يقارب 90 مليون طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون؛ حيث إن 95 % من هذه الانبعاثات تصدر من خمسة قطاعات رئيسية، كما هو موضح في الشكل (١-١٢)



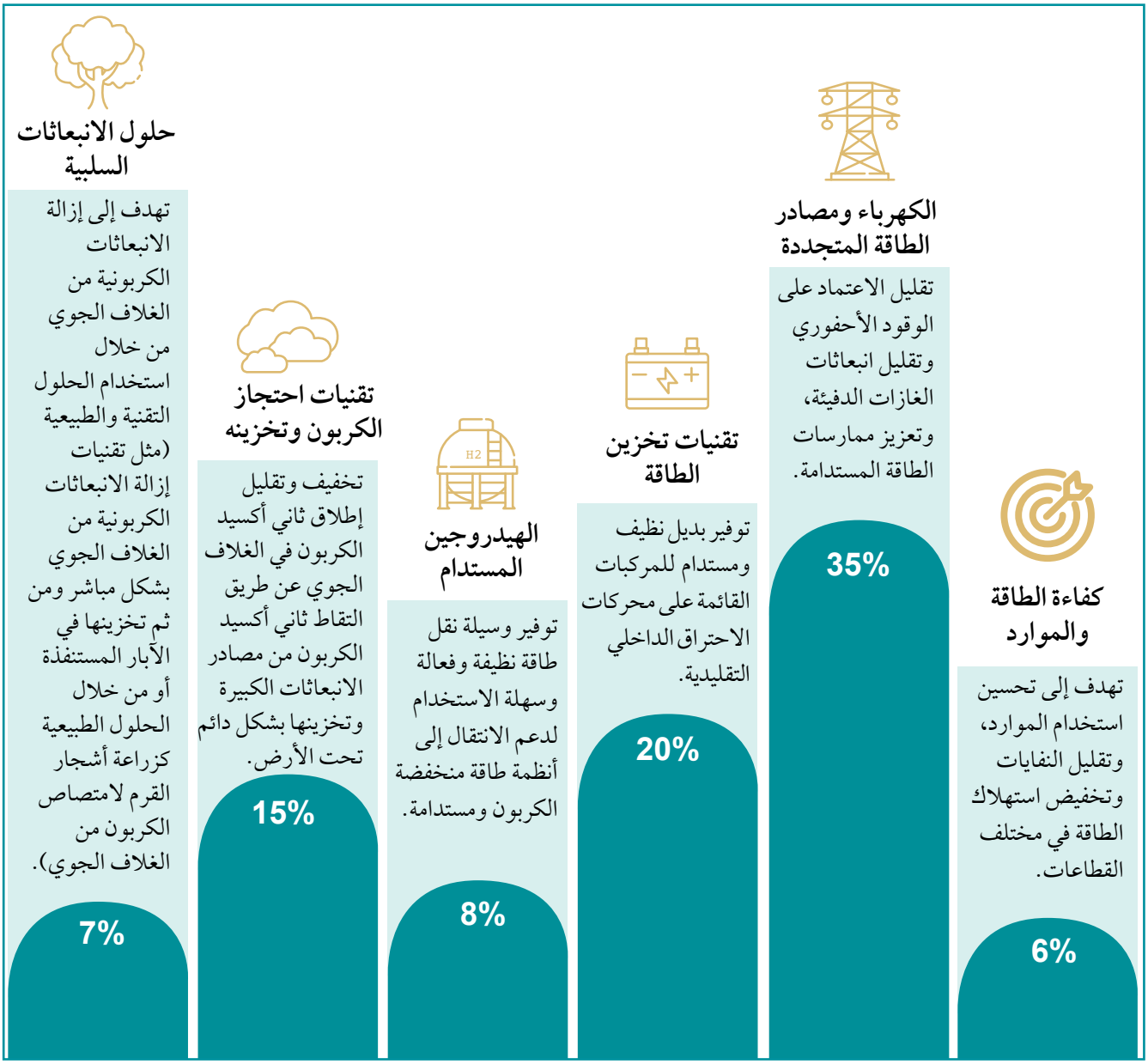
الشكل ١-١٢ الانبعاثات الكربونية من القطاعات الرئيسية في سلطنة عُمان عام 2021 م.

تحتاج سلطنة عمان لتحقيق صافي انبعاثات صفري إلى تقليل انبعاثاتها الكربونية من جميع القطاعات الخمسة، وزيادة احتجاز الكربون وتخزينه من خلال اتباع تقنيات مختلفة (الشكل ١-١٣).

ثمّة تحديات حقيقية تواجه تحقيق صافي انبعاثات صفري. فالكثير من الأشخاص في سلطنة عمان يمتلكون سيارات تعمل على البنزين، وتغيير ذلك يتطلب أساليب مختلفة، خصوصًا أن السيارات الكهربائية الجديدة عادة ما تكون أكثر تكلفة مقارنة مع سيارات البنزين. وقد كشف استطلاع رأي حديث لسكان محافظة مسقط عن وجود مخاوف بشأن استخدام السيارات الكهربائية من حيث البنية التحتية العامة للشحن الكهربائي، والمعرفة المحدودة بالسيارات الكهربائية، والأمور المالية المتعلقة بذلك. وكانت هناك حاجة أيضًا إلى زيادة الوعي العام بتغير المناخ وكيف يمكن للسيارات الكهربائية أن تساعد في الحد من هذا الأمر.

تقدم سلطنة عمان حوافز تشجيعية لاقتناء السيارات الكهربائية، مثل الإعفاء من الضريبة الجمركية ورسوم التسجيل. كما يشمل الدعم أيضًا تطويرات في البنية التحتية، مثل تركيب أجهزة الشحن السريع على الطرق السريعة. وقد يكون تشغيل السيارات الكهربائية أقل كلفة عند الاستخدام اليومي، حيث تستهلك السيارات الكهربائية طاقة كهربائية أقل (أي كفاءة أعلى في استهلاك الطاقة) لقطع المسافة نفسها التي تقطعها السيارات التي تعمل بالبنزين. وحتى لو تمّ توليد الطاقة الكهربائية من مصادر غير متجددة، تظلّ السيارات الكهربائية الخيار الأكثر صداقة للبيئة، وذلك لأنها تُصدر انبعاثات غازات دفيئة أقل بكثير من السيارات التي تعمل بالبنزين.

وعلى الرغم من الكلفة الأولية المرتفعة لشراء السيارة الكهربائية وتوفير البنية التحتية اللازمة، توجد فوائد لكل من المستهلك والبيئة. يعتقد معظم المشاركين في استطلاع الرأي في مسقط أن السيارات الكهربائية يمكن أن تحسن جودة الهواء، وتعزز الظروف المعيشية في المناطق المدنية، وتقلل من الضوضاء وتلوث الهواء.



الشكل ١-١٣ التقنيات المساهمة في تحقيق الحياد الكربوني لسلطنة عُمان بحلول عام 2050 م،
المصدر: تقرير البرنامج الوطني لصافي انبعاثات الكربون الصفري لعام 2023 م، سلطنة عمان.

يتمثل الهدف في سلطنة عمان في تقليل الانبعاثات من قطاع النقل إلى ما يصل إلى 100% بحلول سنة 2050 م، والسيارات الكهربائية هي الحل الأمثل لذلك (الصورة (١-١٠).



الصورة ١-١٠ سيارة كهربائية.

أسئلة

٥ عرّف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، النظام البيئي، الموطن البيئي.

٦ اشرح كيف يمكن أن يؤثر التغير في معدل التمثيل الضوئي على كميّة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

٧ اشرح أهمية التمثيل الضوئي في دورة الكربون.

٨ حدّد نظامًا بيئيًا محليًا واكتب 150 – 200 كلمة عنه. **لخص** معنى المصطلحات العلمية: حيوي، وغير حيوي، وعوامل محددة، وناقش تأثيرها على التنوع البيولوجي. ارسم سلسلة غذائية للأنواع الموجودة في النظام البيئي.

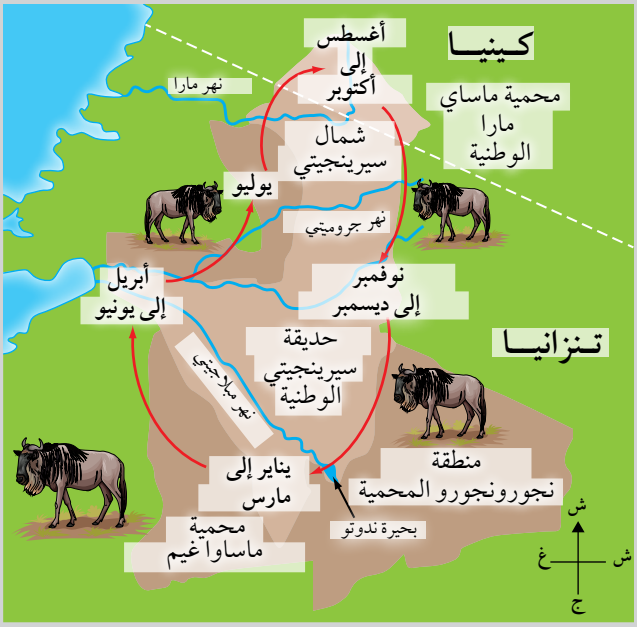
أفعال إجرائية

لخص Summarize: اختر وقدم النقاط الرئيسية بدون تفصيل.

دراسة حالة موسعة

ماساي مارا: الهجرة الكبرى

يهاجر كل سنة أكثر من مليوني حمار وحشي، وحيوان النّو وظبي الإيلاند وغزال من جنوب محمية سيرينجيتي Serengeti في تنزانيا لتتغذى على أعشاب ماساي مارا Masai Mara في كينيا (الشكل ١-١٤). لا تحدث هذه الهجرة مرة واحدة بين المنطقتَين، بل تشير إلى حركة مستمرة لهذه القطعان الكبيرة على مدار السنة، والتي تعرف بالهجرة الكبرى (الصورة ١-١١)، وتغطي مسافة 800 كم بنمط دائري يشبه اتجاه عقارب الساعة أثناء عبورها سيرينجيتي وماساي مارا.



الشكل ١-١٤ طرق هجرة القطعان الكبيرة.

(تابع)



الصورة ١-١١ الهجرة الكبرى: تتبع قطعان كبيرة من حيوان النّو وحمير الوحش والظباء والغزلان مسارًا مستمرًا للهجرة حول سيرينجيتي وماساي مارا كل سنة.

يتعيّن على الحيوانات عبور عدد من الأنهر في هذه الهجرة، بما في ذلك مارا Mara، وأنهر جرومتي Grumeti Rivers. وعلى الرغم من مخاطر المعبر المتمثّلة بوجود أكبر التماسيح في العالم وبتيارات الماء السريعة فهي تعبر الأنهر بحثًا عن الطعام على الجانب الآخر، بمعدّل يقارب 1.2 مليون من حيوان النّو سنويًا، ويموت منها نحو 6250 حيوانًا خلال هذا العبور (الصورة ١-١٢).



الصورة ١-١٢ تعبر حيوانات النّو الوحشية نهر مارا في كينيا بأعداد كبيرة ما يقلل من احتمال تعرض الأفراد لهجوم التماسيح. ومع ذلك، تزيد الأعداد الكبيرة من خطر الغرق أو التعرض للتدافع والدعس.

يمثل نهر مارا الذي يصبّ في بحيرة فكتوريا مصدرًا رئيسيًا للحياة البرية في النظام البيئي الأكبر سيرينجيتي-مارا. وتوفر الأفراد من القطعان التي تموت أثناء هجرتها غذاء للتماسيح وأسماك النهر. ويدعم كلا العاملَين، غير الحيوي (النهر) والحيوي (الحيوانات التي تموت في النهر) الحياة، فهما يعملان كنظام واحد، ويعتمد كل منهما على الآخر للتوازن البيئي.

الأسباب غير الحيوية والأسباب الحيوية للهجرة الكبرى

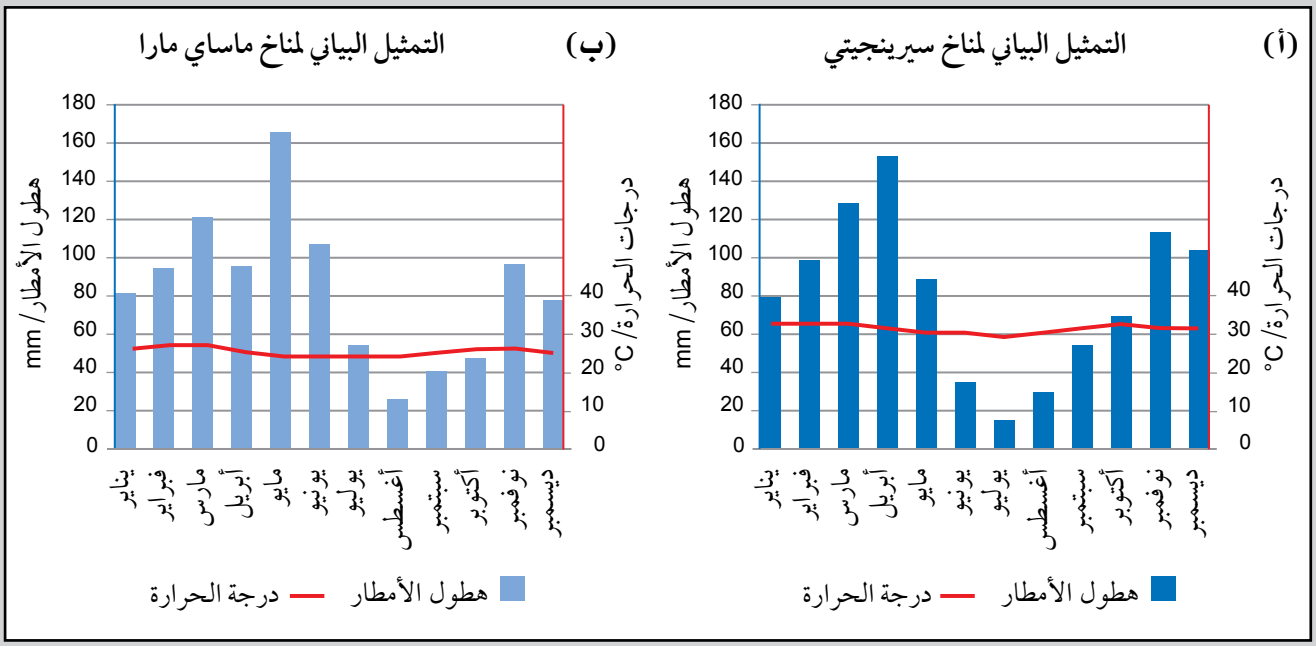
يُعتقد أن السبب الرئيسي غير الحيوي للهجرة الكبرى هو المناخ (الشكلان ١-١٥أ و ١-١٥ب)، حيث تتبع الحيوانات الأمطار. عند ملاحظة التمثيلات البيانية للمناخ لكل من جنوب سيرينجيتي (أقصى نقطة جنوبية للهجرة - الشكل ١-١٥أ) وماساي مارا (أقصى نقطة شمالية للهجرة، الشكل ١-١٥ب) لا يظهر اختلاف واضح في درجات الحرارة أو هطول الأمطار، فدرجات الحرارة القصوى ثابتة ومتماثلة على مدار العام في كلا المنطقتَين. يتراوح **مدى** Range درجات الحرارة في ماساي مارا بين 25 °C و 27 °C، ونطاقات درجات الحرارة في جنوب سيرينجيتي بين 29 °C و 34 °C. وتبدو أنماط الهطول المطري للوهلة الأولى متماثلة أيضًا مع مواسم جفاف تحدث في منتصف السنة. ومع ذلك، يوجد اختلاف بين المواسم الجافة والمواسم الرطبة. فالموسم الجاف في سيرينجيتي أكثر وضوحًا مما هو عليه في ماساي مارا، لأن الأمطار تهطل بانتظام أكبر في ماساي مارا الأقرب إلى خط الاستواء.

خلال شهرَي يناير وفبراير تنتشر القطعان عبر جنوب سيرينجيتي حيث الهطول كاف لتعزيز نمو النباتات، وهناك تلد الإناث. ومن شهر يوليو حتى شهر أكتوبر تنتقل الحيوانات بعيدًا عن المناطق الجنوبية شديدة الجفاف، وتتحرك شمالًا لتتبع هطول الأمطار والمناطق التي لا يزال نمو النبات فيها سليمًا. وتبدأ القطعان بالتوجّه إلى الجنوب مرة أخرى عندما تهطل الأمطار في المنطقة في شهر أكتوبر.

مصطلحات علمية

المدى Range: الفرق بين الحدود العليا والحدود الدنيا على مقياس معيّن (مثلًا درجة الحرارة).

(تابع)



الشكل ١-١٥ (أ) التمثيل البياني للمناخ في منطقة جنوب سيرينجيتي التي تقع في جنوب طريق الهجرة، و (ب) ماساي مارا التي تقع في شمال طريق الهجرة، وتظهر فيه درجات الحرارة القصوى الشهرية ومتوسط هطول الأمطار الشهري.

يرتبط العامل الحيوي الرئيسي في هذه الهجرة، وهو الغطاء النباتي المتوافر، ارتباطًا وثيقًا بالمناخ؛ إذ تحتاج النباتات إلى الأمطار، وهي تموت خلال موسم الجفاف لتنمو مرة أخرى خلال موسم الأمطار. وعلى الرغم من أن المناخ هو السبب، فإن للغطاء النباتي القدر نفسه من الأهمية عند مناقشة أسباب الهجرة الكبرى، حيث تتبع القطعان الكبيرة الطعام.

ومع سعيها المستمر إلى الطعام، تضيف القطعان الكبيرة عاملًا حيويًا آخر يستحق أن يؤخذ بعين الاعتبار، يتمثل بضغط الرعي على موارد الغذاء المتوافرة. ففي كل منطقة تنتقل إليها القطعان الكبيرة، يحدث فيها الرعي، الذي يقلل من كمية الطعام المتاحة، لذلك تسعى هذه الحيوانات إلى الانتقال للعثور على مصدر غذاء أكثر وفرة.

إن هذه الهجرة توفر إمدادات الغذاء على المدى الطويل، لأن المنطقة التي تم رعيها تتعافى بعد مغادرة الحيوانات لها بسبب كمية المغذيات الناتجة من روث هذه الحيوانات وتقليب التربة بحوافرها. وعندما تعود إليها بعد سنة، تكون هذه المناطق قد تعافت تمامًا ونمت نباتاتها، وهكذا تستمر في دعم القطعان سنة تلو أخرى.

لا نعرف حتى الآن كيف تدرك الحيوانات مكان وجود الطعام، ومتى تتحرك للعثور عليه. وقد تم تطوير بعض النظريات حول هذا السلوك، بحيث تشير معظم الأدلة إلى أن لأنماط الطقس ودورة مواسم الأمطار والجفاف التأثير الأكبر على حركة الحيوانات. ومع ذلك، لا يمكن التنبؤ بموعد هطول الأمطار في المنطقة، لذا يصعب التنبؤ بدقة أين ستكون الحيوانات في وقت معيّن من السنة، وكم من الوقت ستبقى في المنطقة.

أسئلة

١. **احسب** النسبة المئوية لأعداد حيوان النّو المتوقع أن تموت أثناء عبور نهر مارا كل سنة.

٢. قدّر كمية هطول الأمطار سنويًا في منطقة ماساي مارا وجنوب سيرينجيتي.

٣. صف الموارد التي توفرها القطعان الكبيرة للنباتات أثناء تحركها عبر المنطقة.

٤. اشرح: لماذا تلد الإناث في شهرَي يناير/فبراير عندما تكون في الجنوب؟

(تابع)

٥. صف تأثير تسوير منطقة سيرينجيتي على الحياة البرية والنباتات. اشرح السبب.

مشروع دراسة الحالة الموسعة

نفذ بحثًا لتستقصي:

١. كيف يمكن للسياحة في محميّتَي سيرينجيتي وماساي مارا أن تشكل تهديدًا للنظام البيئي والسكان الأصليين.

٢. اقترح بعض الحلول المستدامة التي يمكن توظيفها لتحسين السياحة وتدريب منظِّمي الرحلات السياحية في المحميات.

٣. استنتج مدى نجاح هذه الممارسات المستدامة إذا نفذت.

ضمّن البحث أمورًا مثل: عدد السياح، والمركبات المستخدمة، وبناء أماكن الإقامة، والنفايات، والتلوث الذي يسببه السياح، والضوضاء، ونوع السياحة، والحواجز الصناعية مثل الأسوار، ووصول سكان ماساي مارا إلى المناطق، وتآكل التربة، وفقدان المواطن البيئية.

اكتب تقريرًا من 600–800 كلمة مع النتائج التي توصلت إليها. يجب أن يتضمن التقرير العناوين الآتية:

مقدمة، السياحة كتهديد، فرص السياحة المستدامة، الاستنتاج.

أفعال إجرائية

احسب Calculate: إيجاد الحل استنادًا إلى الحقائق أو الأرقام أو المعلومات المقدمة.

ملخّص

الاستدامة البيئية هي حماية البيئة ومواردها الطبيعية لحماية مستقبل احتياجات الأجيال القادمة والطبيعة.
دورة الماء هي تدفق الماء بين اليابسة والمسطحات المائية والغلاف الجوي.
تختلف النظم البيئية من حيث الحجم والتنوع البيولوجي، وتتكوّن من عوامل حيوية وعوامل غير حيوية.
توفر الكائنات الحية في النظام البيئي الموارد بعضها لبعض، وتقسم تدفقات الطاقة الناتجة في مستويات غذائية.
التمثيل الضوئي هي العملية التي يتم من خلالها تحويل طاقة الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون إلى طاقة مخزنة على شكل جلوكوز وأكسجين، ثم يتم إطلاقها للاستخدام أثناء التنفّس.
دورة الكربون هي الحركة المستمرة لذرات الكربون من الغلاف الجوي إلى الكائنات الحية وخزنها داخل الأرض، ثم عودتها إلى الغلاف الجوي.
قد تتسبب أنشطة الإنسان في إطلاق كميات إضافية من الكربون في الغلاف الجوي. وتهدف تقنيات تحقيق صافي الانبعاثات الصفري والحياد الكربوني إلى تحقيق التوازن بين انبعاثات الكربون وامتصاص الكربون. وهذه غالبًا ما تتطلب استثمارًا اقتصاديًا وتغييرات سلوكية.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أي العمليات الآتية تمتص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي؟

أ. الاحتراق

ب. التمثيل الضوئي

ج. التنفس

د. التحلل **[1]**

٢ أي سلسلة غذائية هي الصحيحة؟

أ. مستهلك ثالثي ← مستهلك أولي ← منتج

ب. منتج ← مستهلك أولي ← مستهلك ثالثي

ج. مستهلك أولي ← منتج ← مستهلك ثانوي

د. منتج ← مستهلك أولي ← مستهلك ثانوي **[1]**

٣ أي العبارات الآتية تعرّف مصطلح المنطقة الأحيائية بشكل صحيح؟

أ. مجموعة من النظم البيئية المختلفة في نطاق جغرافي واسع يحددها مناخ مماثل وغطاء نباتي سائد.

ب. مجتمع أحيائي من الكائنات الحية التي تتفاعل مع بعضها ومع البيئة المادية.

ج. مجموعة من الكائنات الحية المختلفة التي تشترك في سمات متشابهة وتتأقلم مع بيئة المنطقة التي تعيش فيها.

د. العوامل الحيوية لنظام بيئي. **[1]**

(تابع)

٤ تتناول المقالة القصيرة أدناه الطريقة التي تستخدمها شركة في إنتاج الملابس. اقرأ المقالة ثم أجب عن الأسئلة الآتية.

مصنوعة لإعادة الاستخدام

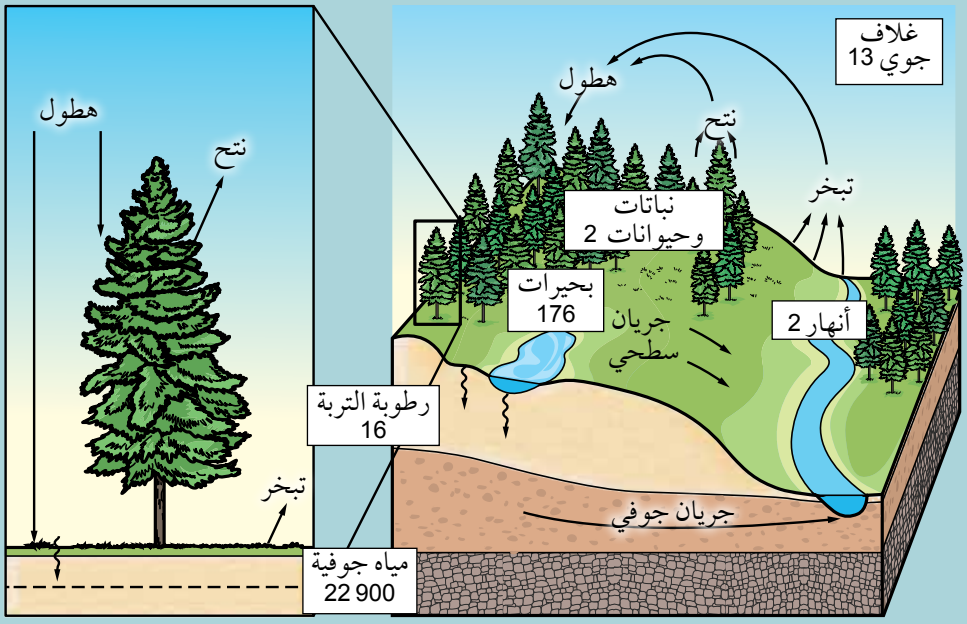
تهدف شركة لوغان إكو كلوثنغ Logan's Eco- Clothing إلى تعزيز التزامها بالمساعدة في معالجة النفايات البلاستيكية على الأرض. وقد طرحت أحدث مجموعة من ملابسها المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره من المحيط، وهي قابلة لإعادة التدوير بنسبة 100%. يمكن إعادة جميع المنتجات المستخدمة إلى الشركة حيث يتم تفكيكها لتُستخدم مرة ثانية لإنتاج ملابس جديدة. وبهذه الطريقة قد يعاد استخدام المواد الخام باستمرار ما يقلل الضغط على مكبات النفايات والمحيطات.

أ. عرّف المصطلح "استدامة". **[2]**

ب. اشرح كيف يمكن اعتبار منتجات شركة لوغان إكو كلوثنغ مستدامة. **[3]**

[المجموع: 5]

٥ يمثل الشكل أدناه بعض تدفقات ومخازن دورة الماء في الغابة.



الشكل ١-١٦ دورة الماء في الغابة. تمثل الأرقام الكتل في 10^{15} kg من المياه المخزنة في كل خزان.

أ. عرّف المصطلحَين: **الاعتراض، النتح** **[2]**

ب. استخدم الشكل لحساب إجمالي كميّة المياه المختزنة على شكل مياه سطحية على الأرض. **[2]**

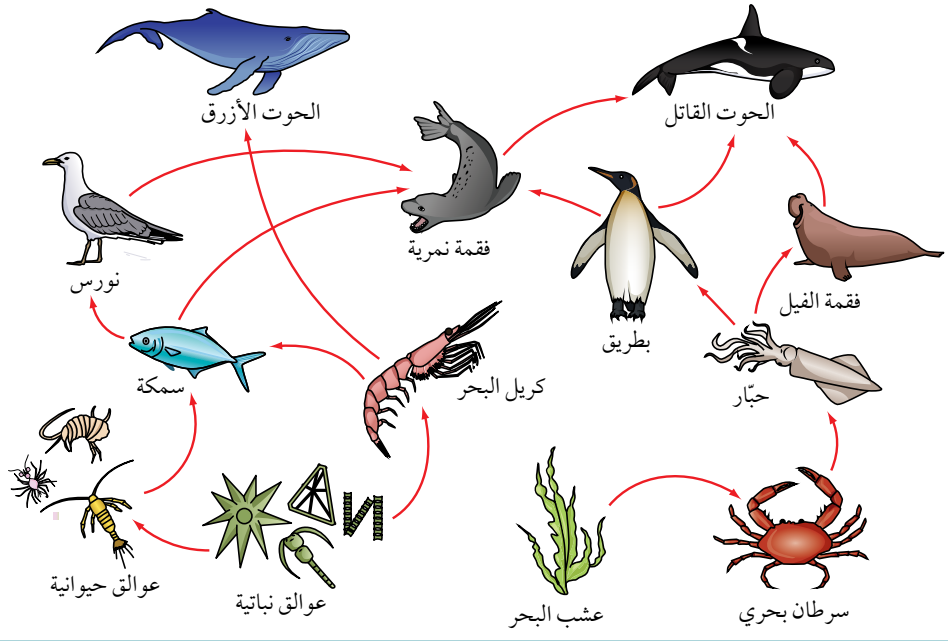
ج. اذكر عملية واحدة، غير التكثف، وصف كيف تتغيّر فيها حالة الماء في دورة الماء. **[2]**

د. اشرح التأثير الناجم عن تغير توافر المياه على معدل عملية التمثيل الضوئي في الغابة. **[3]**

[المجموع: 9]

(تابع)

٦ يبيّن الشكل أدناه شبكة غذاء بحرية.



أ. اقترح تأثير انخفاض عدد فقمات الفيل على شبكة الغذاء البحرية الموضحة أعلاه. [4]

ب. اشرح أهمية المنتجات في هذه الشبكة الغذائية. [2]

ج. اذكر كيف يمكن أن يؤدي تأثير الانخفاض في أعداد المنتجات في هذا النظام البيئي على الإنسان. [2]

[المجموع: 8]

٧ تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وشدة الضوء عاملان يحدّان من معدل عملية التمثيل الضوئي.

أ. اشرح المقصود بـ **العامل المحدد** فيما يتعلق بعملية التمثيل الضوئي. [2]

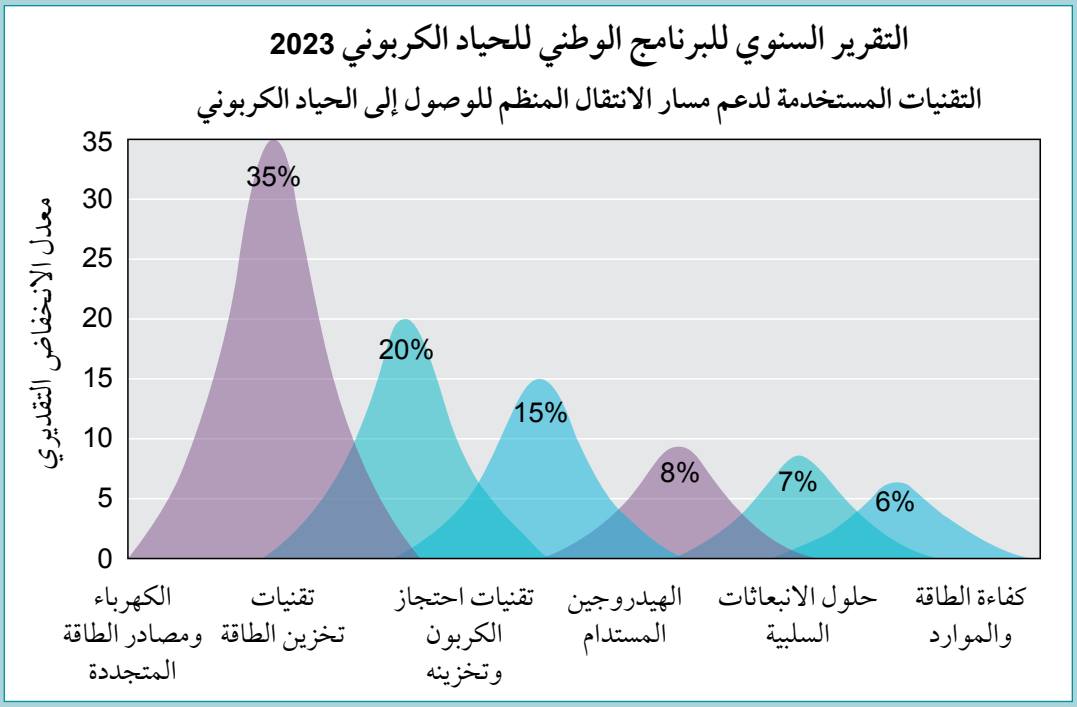
تعيش الشعاب المرجانية في تكافل مع حُيَيْوَنَات صفراء zooxanthellae (طحالب تقوم بعملية التمثيل الضوئي)، حيث توفر هذه الطحالب المغذيات للشعاب المرجانية، وتوفر الشعاب المرجانية بدورها البيئة المناسبة للحُيَيْوَنَات الصفراء.

ب. صف تأثيرات انخفاض جودة و/ أو كمية الضوء على كل من الشعاب المرجانية والحُيَيْوَنَات الصفراء. [3]

[المجموع: 5]

(تابع)

٨ يبيّن الشكل (١-١٧) تقريرًا عن التقنيات المستخدمة لتحقيق الحياد الكربوني، والانخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التقديرية الذي ستحققه كل تقنية.



الشكل ١-١٧

أ. ١. ما المقصود بـ «الحياد الكربوني»؟ **[3]**

٢. لماذا تهدف سلطنة عمان للوصول إلى الحياد الكربوني؟ **[2]**

٣. إذا كانت التقنيات الستّ جميعها ناجحة، فكم سيكون الانخفاض الإجمالي في الانبعاثات الكربونية؟ **[1]**

ب. حلول الانبعاثات السلبية مذكورة أيضًا. اشرح كيف ستساعد "حلول الانبعاثات السلبية" على تخفيض الانبعاثات الكربونية. **[3]**

ج. السيارات الكهربائية جزء رئيسي من خطة تحقيق الحياد الكربوني في سلطنة عمان بحلول العام 2050 م.

إلى أي مدى تتفق مع هذه العبارة؟

أعط أسبابًا مضمنًا معلومات من أمثلة ذات صلة لدعم إجابتك. **[10]**

[المجموع: 19]

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي.

ستساعدك هذه القائمة على اكتشاف الثغرات في معرفتك وتساعدك على التعلم بشكل أكثر فاعلية.

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أعرّف مصطلح الاستدامة بأنها القدرة على تلبية احتياجات الحاضر من دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.				١-١
أشرح الحاجة إلى الإدارة المستدامة للموارد.				١-١
أصف دورة الماء مقتصرًا على: • التبخر • النتح • التكثف • الهطول • الاعتراض.				١-٢
أفسر وأرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الماء.				١-٢
أعرّف المصطلحات الآتية: المنطقة الأحيائية، النظام البيئي، الموطن البيئي.				١-٣
أذكرالعوامل الحيوية وغير الحيوية لنظام بيئي.				١-٣
أشرح التفاعلات الحيوية باستخدام أمثلة.				١-٣
أصف كيفية تأثير العوامل الحيوية على عدد الكائنات الحية الموجودة داخل النظام البيئي وعلى تنوعها.				١-٣
ألخص أمثلة على التفاعلات الحيوية مقتصرًا على: • المنافسة (داخل النوع وبين الأنواع) • الافتراس • الرعي.				١-٣
أحدّد وأصف التفاعلات الحيوية الممثلة بالسلاسل الغذائية والشبكات الغذائية (مقتصرًا على المنافسة والافتراس والرعي)، بما في ذلك استخدام المصطلحات: المستوى الغذائي، المنتج، والمستهلك الأولي، والمستهلك الثانوي، والمستهلك الثالثي، والمحلل.				١-٣
أشرح كيفية فقدان الطاقة في السلاسل الغذائية.				١-٣

(تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف دورة الكربون، بما في ذلك استخدام المعادلات الكيميائية للتمثيل الضوئي والتنفّس الهوائي واحتراق الوقود الأحفوري (مقتصرًا على CH_4 و C_8H_{18}).				١-٣
أفسر وأرسم رسومًا تخطيطية تمثل دورة الكربون.				١-٣
أذكر أن الكلوروفيل يلتقط الطاقة الضوئية لعملية التمثيل الضوئي.				١-٣
أصف وأشرح تأثير العوامل المحددة لعملية التمثيل الضوئي بما في ذلك الماء وتركيز ثاني أكسيد الكربون وشدة الضوء ودرجة الحرارة.				١-٣
أشرح كيف أن عملية التمثيل الضوئي على اليابسة وفي المحيطات هي جزء حيوي في دورة الكربون ولها تأثير مهم على تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من خلال تكوين مخازن الكربون.				١-٣
أعرّف المصطلحَين: الحياد الكربوني والحياد الكربوني.				١-٣
أصف وأقيّم تقنيات تحقيق الحياد الكربوني.				١-٣



الوحدة الثانية

البحوث البيئية وجمع البيانات

Environmental Research and Data Collection

أهداف التعلّم

٢-١ يصف كيف يتضمن المنهج العلمي التفاعل بين الملاحظات وتكوين الفرضيات واختبارها وتقييمها.

٢-٢ يصيغ الفرضيات بناءً على الملاحظات أو البيانات التجريبية.

٢-٣ يخطط استقصاءات يتم فيها ضبط المتغيرات وجمع النتائج الكمية.

٢-٤ يشرح مصطلحَي المتغير المستقل والمتغير التابع ويحدّد كل نوع في تجربة معيّنة.

٢-٥ يفسّر البيانات ليحدّد ما إذا كانت تدعم أو تدحض الفرضية التي يتم اختبارها.

٢-٦ يشرح كيف تؤدي المحددات في قياس البيانات إلى عدم اليقين في النتائج.

٢-٧ يصف كيف يمكن للفرضية التي يتم دعمها باستمرار عن طريق الملاحظة والاستقصاء أن تصبح نظرية.

٢-٨ يعرف المصطلحَين: الموثوقية والتحيّز ويشرح أهميتهما للاستقصاءات البيئية.

٢-٩ يذكر أن استراتيجيات جمع العيّنات تستخدم لجمع البيانات الممثّلة.

٢-١٠ يشرح كيف تهدف استراتيجيتا جمع العيّنات العشوائية وجمع العيّنات المنتظمة إلى ضمان توزيع العيّنات بشكل جيد مع تقليل خطر التحيز.

٢-١١ يصف ويشرح العوامل المؤثرة على مدى ملاءمة استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة للدراسات المختلفة، متضمنًا الحجم، وسهولة الوصول والمعرفة بالبيئة.

٢-١٢ يقيّم اختيار استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة في السياقات المألوفة وغير المألوفة.

٢-١٣ يصف التقنيات المستخدمة لجمع بيانات العيّنات.

٢-١٤ يصف فوائد ومحددات تقنيات جمع العيّنات المختلفة.

٢-١٥ يختار ويستخدم تقنية جمع عيّنات مناسبة لجمع البيانات البيئية.

٢-١٦ يستخدم البيانات لكي:

- يحسب الحجم التقديري للجماعة الأحيائية باستخدام مؤشر لينكولن (سيتم تضمين مؤشر لينكولن).
- يحسب التنوع البيولوجي التقديري باستخدام مؤشر سيمبسون للتنوع (سيتم تضمين مؤشر سيمبسون).
- يقدّر النسبة المئوية للتغطية والتكرار باستخدام بيانات المربعات القياسية.
- يقدّر الوفرة باستخدام بيانات المربعات القياسية.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. من خلال العمل في مجموعة ثنائية، تعاون مع زميلك على حل الأسئلة الآتية، ثم ناقشا إجاباتكما مع باقي الزملاء في الصف.

أ. أراد باحث تسجيل كميّات هطول الأمطار ودرجات الحرارة لمدة شهر. صمّم جدولًا يمكن استخدامه لجمع البيانات.

ب. كيف تختلف العيّنات العشوائية عن العيّنات المنتظمة؟

ج. تنبأ بنتائج الاستقصاء الآتي: تتناقص كميّة الأمطار في منطقة زراعية. تم إجراء استقصاء لتحديد ما إذا كان انخفاض معدل الأمطار يؤثر في نمو المحاصيل.

العلوم البيئية ضمن سياقها

دور المنهج العلمي في الإدارة البيئية

تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA) هو عملية منهجية تهدف إلى تحديد وتقييم الآثار البيئية المحتملة لإنشاء أو لتطوير مشروع مُقترح، مثل منجم، أو مبنى، أو حتى ملعب جولف. وهي تراعي العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لإنشاء أو لتطوير المُقترح، والنتائج الإيجابية والسلبية. ويُعدّ تقييم الأثر البيئي أداة تستند إلى المنهج العلمي وتحدد المجالات المحتملة للقلق قبل بدء المشروع.

تعدين الرمل المعدني في موزمبيق

اُقتُرح إنشاء منجم **لثاني أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide** على شاطئ ناءٍ في موزمبيق (على الساحل الشرقي لجنوب أفريقيا). وبسبب نقص الأبحاث التي أُجريت على المنطقة، فإن المعرفة تكون محدودة جدًا بالأنواع التي تعيش فيها، والتنوع البيولوجي، والهشاشة البيئية والاستقرار الاجتماعي. ولمعرفة ما إذا كان التعدين في المنطقة مقبولًا بيئيًا، يجب القيام بدراسات علمية. تشمل هذه الدراسات تحديد جيولوجية المنطقة، والغطاء النباتي، والأنواع النباتية والحيوانية التي تعيش فيها، ومستويات التنوع البيولوجي، وتراكيب المنطقة الاجتماعية والثقافية.

إضافة إلى أنه يجب تحديد المجالات التي تثير القلق، والتي قد تكون طبيعية أو بشرية. وقد تشمل المخاطر التي تهدد المواطن البيئية، أو الأنواع المهددة بالانقراض، أو تلك التي تهدد المشروع نفسه. يتم بعد ذلك استقدام الباحثين المتخصصين في المجالات الرئيسية (مثل: علماء النبات وعلماء الحيوان) إلى المنطقة لإجراء دراسات علمية متنوعة باستخدام المنهج العلمي بهدف تحديد الأنواع الموجودة. تعمل الدراسة العلمية على تحديد أكبر عدد ممكن من الأنواع أو المجالات التي تثير القلق ثم تقديم تقارير بالنتائج التي تم الحصول عليها. تستخدم هذه الدراسات تقنيات مثل صور الأقمار الصناعية، وجمع العيّنات على الأرض، وإجراء مقابلات ومناقشات مع السكان المحليين.

يجب تطبيق المنهج العلمي بطريقة شفافة وغير متحيزة للحصول على بيانات موثوقة. ولا بدّ من أن يتم تحديد الأنواع على نحو صحيح، وعند الضرورة، سيُطلب من المجتمع الدولي تحديد الأنواع النادرة وتلك التي تم اكتشافها حديثًا.

مصطلحات علمية

***تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA):**
تقييم العواقب البيئية لخطة، أو سياسة، أو برنامج، أو مشروع قبل اتخاذ قرار العمل به.

***ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide:**
معدن شائع يوجد في النباتات والحيوانات، وهو العنصر التاسع الأكثر شيوعًا في قشرة الأرض. وهو مسحوق أبيض يمكن تحويله إلى صبغة بيضاء ناصعة، ويُستخدم في منتجات كثيرة، منها: الطلاء، والورق، والبلاستيك، والحبر، والصابون، وملونات الطعام، والكريم الواقي من الشمس.

أسئلة للمناقشة

١. لماذا من المهم تحديد الأنواع التي تعيش في منطقة ما قبل بدء مشروع مثل المنجم الظاهر في الصورة ٢-١؟

٢. باعتقادك، ما مدى شدة الأثر البيئي الذي قد يستلزم إيقاف مشروع كهذا؟

٣. باعتقادك، كيف يمكن أن يؤثر المناخ سلبًا على مشروع كهذا؟

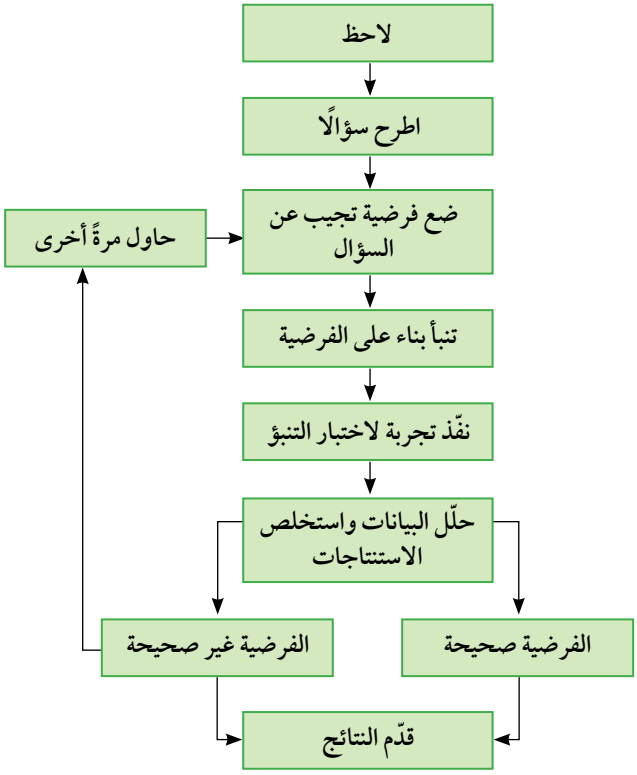
٤. تقدّم تقييمات الأثر البيئي (EIAs) فرصة للعلماء لإجراء البحوث في أجزاء غير مستكشفة من العالم. هل تعتقد أن هذا سيكون مفيدًا؟ ولماذا؟



الصورة ٢-١ التعدين الشاطئي باستخدام منصّة الحفر في الرمال والماء، في خليج ريتشارد Richard's Bay، جنوب أفريقيا. وهذا هو التعدين نفسه الذي سيُستخدم في منجم الرمال المعدنية في موزمبيق.

٢-١ المنهج العلمي

سوف تجري استقصاءً لجمع البيانات من البيئة. للقيام بذلك يجب عليك أولًا التخطيط للاستقصاء قبل البدء بالعمل الميداني المناسب. هناك العديد من الاستقصاءات المختلفة التي يمكنك اختيارها، والتي يجب أن تتبع جميعها **المنهج العلمي Scientific method** وهو عملية موحّدة تتيح لك اختبار **فرضية Hypothesis** ما. حتى وإن ثبتت صحة فرضية ما، فإنه يمكن إعادة اختبارها في المستقبل (الشكل ٢-١).



الشكل ٢-١ المنهج العلمي يبدأ بملاحظة، ثم يمر بجميع الخطوات إلى أن يتم تقديم نتيجة. يتضمن المنهج العلمي مسار حلقة تغذية راجعة؛ وعندما يثبت خطأ الفرضية يتم إعادة الاختبار.

الخطوات الأساسية للمنهج العلمي، هي:

١. إجراء **ملاحظة Observation** تصف مشكلة ما أو طرح سؤال.

٢. وضع فرضية.

٣. اختبار الفرضية باستخدام **البيانات Data** التي تم جمعها، واستخدام طرائق محددة جيدًا للقيام بذلك.

٤. استخلاص الاستنتاجات باستخدام البيانات.

مصطلحات علمية

المنهج العلمي Scientific method:
إجراء يتضمن الملاحظة المنهجية، والقياس، والتجربة لاختبار الفرضيات.

الفرضية Hypothesis:
عبارة محدّدة قابلة للاختبار يُصيغها الباحث ويتنبأ بها نتيجة دراسة تم التخطيط لها للإجابة عن سؤال محدد.

الملاحظة Observation:
مراقبة، أو مشاهدة، أو الانتباه بهدف الاستقصاء العلمي.

البيانات Data:
مجموعة من المعلومات، على شكل حقائق، أو أعداد، أو قياسات، أو إحصائيات، يمكن استخدامها للتحليل.

البيانات النوعية Qualitative data:
بيانات وصفية، أو غير عددية. يتم جمع هذه البيانات من خلال الملاحظات، والمقابلات، ومجموعات التركيز.

البيانات الكمّية Quantitative data:
بيانات عددية، تبيّن الكميّة، والمدى أو مقدار متغيّر ما. على سبيل المثال، كميّة الأمطار الشهرية.

الملاحظات والأسئلة والفرضيات

الخطوة الأولى في المنهج العلمي هي إجراء الملاحظات. على سبيل المثال، قد تلاحظ في منطقة ما أن الغطاء النباتي يتعرّض للموت (أي وجود مناطق فيها بقايا نباتات ميتة). في هذه المرحلة، تكون الملاحظات غالبًا نوعية Qualitative، وليست كمّية Quantitative. وبالتالي نحصل على **بيانات نوعية Qualitative data** وليست **بيانات كمّية Quantitative data** (الصورة ٢-٢ والجدول ٢-١).



الصورة ٢-٢ باحث يلاحظ المياه لجمع البيانات بهدف إجراء دراسة بحثية.

البيانات النوعية هي معلومات تعتمد على الوصف بدلًا من البيانات الكمّية. فمثلًا نعلم أن النباتات (أو الغطاء النباتي) تواجه صعوبة في بقائها ونموّها في منطقة ما؛ لأننا لاحظنا بالعين المجرّدة موت هذه النباتات في تلك المنطقة. يمكن أن تساعد البيانات الكميّة (العددية) في استقصاء أسباب موت هذه النباتات.

أوجه المقارنة	البيانات النوعية	البيانات الكميّة
التعريف	بيانات وصفية ليس شرطًا أن يعبّر عنها بالأعداد.	بيانات عددية يمكن التعبير عنها بالأعداد أو يمكن قياسها.
هل البيانات قابلة للعد؟	لا	نعم
نوع البيانات	كلمات، أشياء، صور، ملاحظات، رموز.	أعداد أو إحصائيات.

الجدول ٢-١ مقارنة بين البيانات النوعية والبيانات الكمّية.

تُصاغ فرضية لمحاولة تفسير ملاحظة معيّنة. الفرضية هي إحدى الإجابات المحتملة عن السؤال «لماذا؟» ففي المثال الوارد أعلاه، قد يكون السؤال «لماذا تموت النباتات في هذه المنطقة؟» وقد تكون الفرضية: «تناقص مستويات هطول الأمطار السنوية يتسبب في موت النباتات» أو «تسبّب تسرب مواد سامّة في تلوث التربة، ما أدى إلى موت النباتات».

في هذه المرحلة، يمكن **التنبؤ Prediction**، وهو جملة يتم فيها توقّع النتائج التي يمكن التوصّل إليها. على سبيل المثال، «تناقص هطول الأمطار في المنطقة تدريجيًا على مدى الأعوام الماضية أدى إلى قلّة المياه المتوافرة في البيئة».

من خصائص الفرضية الجيدة أنها:

- تكون على شكل جملة.
- لا تكون على شكل سؤال.
- تتضمّن سببًا ونتيجة.
- تكون مختصرة.
- يمكن اختبارها عن طريق تجربة.
- قد يثبت عدم صحتها من خلال النتائج.

اختبار الفرضية وضبط المتغيّرات

بعد صياغة الفرضية، تحتاج إلى تخطيط تجربة لاختبارها من دون **تحيُّز Bias**. فإذا لم تجب البيانات عن الفرضية، فستحتاج إلى التخطيط لتجربة جديدة للحصول على إجابة. بالمقابل، إذا وجدت أن الفرضية غير صحيحة، يمكنك اقتراح فرضية ثانية واختبارها؛ لإيجاد سبب للملاحظة.

مصطلحات علمية

التنبؤ Prediction:
جملة تُبيّن النتائج المتوقّعة لتجربة اختبار الفرضية؛ لمعرفة ما إذا كانت الفرضية صحيحة.

التحيّز Bias:
عندما يقوم الباحث، بقصد أو من دون قصد، بأخطاء منهجية في جمع العيّنات أو اختبار الفرضية، باختيار أو تفضيل نتيجة معيّنة من دون غيرها.

لتحليل البيانات باستخدام **الإحصاء Statistics**، تحتاج التجربة إلى تسجيل أو جمع بيانات كميّة يمكن تحليلها وإثبات الفرضية أو دحضها. ولتحقيق ذلك، يجب ضبط **المتغيرات Variables** في التجربة على نحوٍ صحيح.

المتغيّرات

المتغير هو أي عامل يمكن تغييره أو التحكم فيه، أو قياسه في تجربة ما. وبعبارة أخرى، المتغيرات هي ظروف في التجربة يمكن أن تتغير أو يتم تغييرها. تتضمن التجارب أنواعًا مختلفة من المتغيرات والتي تُقسم إلى **متغيرات مستقلة Independent variables** و**متغيرات تابعة Dependent variables** (الشكل ٢-٢).



الشكل ٢-٢ المتغيرات المستقلة و المتغيرات التابعة. الماء هو المتغير المستقل الذي يتم تغييره. حجم النبتة، أو عدد الأوراق، وما إذا كانت النبتة تعيش أو تموت هي المتغيرات التابعة.

المتغير المستقل هو الذي يتم تغييره خلال التجربة. وهو أيضًا سبب أي تغيير يحدث في التجربة وتكون قيمته مستقلة عن المتغيرات الأخرى في الدراسة (مثل كمية الماء أو السماد التي يتم تزويد النبتة بها).

المتغير التابع هو الذي يتأثر في التجربة. تعتمد قيمته على التغييرات في المتغير المستقل. المتغير التابع أيضًا هو المتغيّر الذي تتم ملاحظته أو قياسه (مثل معدل نمو النبتة). فمع تغيير المتغير المستقل، تتم ملاحظة المتغير التابع للتأكد من حدوث التغيير. يوضح الجدول ٢-٢ أمثلة تبيّن الفرق بين المتغيّرات المستقلّة والمتغيّرات التابعة.

إضافة إلى هذَين المتغيرَين (المستقل والتابع)، يجب أيضًا تضمين التجربة بـ **مجموعة ضابطة Control group** (الشكل ٢-٣). يتم التعامل مع هذه المجموعة بالطريقة نفسها التي تُعامل بها المجموعة التجريبية، ويجب أن تكون جميع المتغيرات التي تتعرض لها هذه المجموعة متطابقة تمامًا مع ما تتعرّض له المجموعة التجريبية، باستثناء المتغيّر المستقل. تُستخدم المجموعة الضابطة لعزل تأثير المتغير المستقل وتحديد سبب التغييرات التي تلاحظها.

مصطلحات علمية

***الإحصاء Statistics:**
ممارسة جمع وتحليل وتفسير البيانات العددية التي تكون كميّاتها كبيرة ويشمل ذلك طرائق مراجعة البيانات واستخلاص الاستنتاجات من هذه البيانات. الإحصاء هو طريقة لرؤية الأنماط في البيانات العددية أو لتحديد ما إذا كانت البيانات تظهر فروقًا بين طريقتَين تُعتمدان لمعالجتها.

المتغيّر Variable:
عامل قد يتغير في النوعية أو الكميّة أو الحجم بحسب فئة البيانات التي يتم قياسها (مثل هطول الأمطار).

المتغيّر المستقل Independent variable:
متغير قائم بذاته ولا يتغيّر بالمتغيرات الأخرى. وهو المتغيّر الذي يتم تغييره في التجربة لاختبار الفرضية.

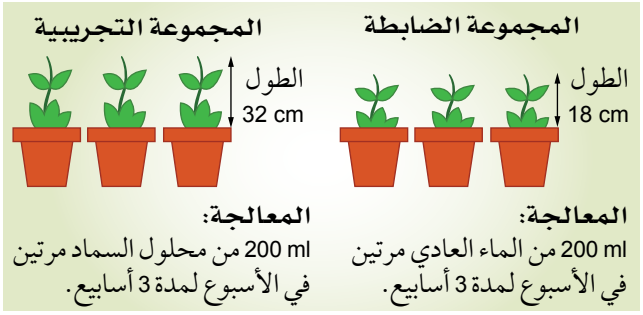
المتغيّر التابع Dependent variable:
متغير يعتمد على عوامل أخرى، وهو المتغير الذي يتم قياسه خلال التجربة.

***المجموعة الضابطة Control group:**
مجموعة في الاختبار لا تتم معالجتها أو تعريضها للمتغير المستقل. تتم مقارنة نتائج هذه المجموعة بنتائج المجموعة التجريبية المستهدفة في الاختبار.

التجربة	المتغيّر المستقل	المتغيّر التابع	مثال على مجموعة ضابطة
تأثير الأسمدة على نمو النبات.	كمية الأسمدة المستخدمة.	معدّل نمو النبات.	نباتات لم تزوّد بالأسمدة، تنمو في ظروف تربة طبيعية.
تأثير الملح على ملوحة الماء.	كمية الملح المُضافة إلى الماء.	ملوحة الماء.	ماء بدون إضافة ملح.
هل يؤثر التغيّر في درجة حرارة غرفة الصف على درجات اختبار مادة الرياضيات؟	درجة الحرارة في الغرفة، والتي يمكن أن تكون مرتفعة أو منخفضة لاختبار التأثير.	الدرجات التي حصّلها الطلبة في اختبار الرياضيات. يمكنك استخدام اختبار قياسي (اختبار موحد)، لتحديد ما إذا كانت الدرجات تتفاوت بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة في الغرفة.	الدرجات المحصّلة عندما تكون درجة حرارة الغرفة معتدلة.
اختبار تأثير ضوء الشمس على نمو النبات.	كمية ضوء الشمس التي يتعرض لها النبات. يمكن تغييرها لاختبار أي تأثير.	معدّل النمو، أو تدهور حالة النبات.	نباتات تتعرض لكمّية قياسية محدّدة من ضوء الشمس التي تسمح بنمو طبيعي.
تأثير الرقم الهيدروجيني pH على فقس بيض الأسماك.	مستوى حامضية الماء أو قاعديته (الرقم الهيدروجيني pH).	فقس بيض الأسماك.	الاحتفاظ ببيض الأسماك من النوع نفسه عند الرقم الهيدروجيني pH الطبيعي له.
تأثير تسرّب مياه الصرف الصحي على الكائنات الحية المائية.	تسرّب مياه الصرف الصحي.	الكائنات الحية المائية الموجودة في النهر مع اتجاه تسرّب مياه الصرف الصحي.	عيّنات Samples (الكائنات الحية) الموجودة في النهر في موقع بعيد عن اتجاه مياه الصرف الصحي ولم يتأثر بالتسرب.

الجدول ٢-٢ أمثلة على تجارب توضح المتغيّرات المستقلة والمتغيّرات التابعة.

ويغير الباحثون المتغير المستقل في المجموعة التجريبية إلا أنهم يحافظون عليه ثابتًا في المجموعة الضابطة. يمكن بعد ذلك مقارنة نتائج المجموعتَين.



الشكل ٢-٣ المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في تجربة أجريت على نبات. للمجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية المتغيّرات ذاتها باستثناء محلول السماد، وهو المتغير المستقل في هذا المثال الذي بدوره يؤثر على معدل نمو النبات وهو المتغير التابع.

توفر المجموعة الضابطة للباحث النتائج التي يمكن توقعها تحت «الظروف الطبيعية». قد تختبر الفرضية: «أن نمو النبات يتحسن عندما تُضاف الأسمدة السائلة إلى مياه الري». ستكون المجموعة الضابطة هي النباتات التي تُروى بالماء من دون إضافة سماد، في حين تحتوي المجموعة التجريبية على نباتات تُروى بالماء المضاف إليه محلول السماد. يُذكر أن جميع المتغيرات الأخرى تبقى ثابتة لكلا المجموعتَين.

مصطلحات علمية

عيّنة Sample:
مجموعة من البيانات (عدد النباتات، وعدد الأنواع، وتوزيع النباتات) جُمعت من جماعة أحيائية كبيرة لقياسها.

عند إجراء تجربة، قد تؤثر عدة متغيرات على نتائجك، فعلى سبيل المثال، عند اختبار كيفية استجابة نمو النبات لكمية الماء، من المهم تذكّر أن النباتات يمكن أن تتأثر أيضًا بضوء الشمس، ونوع التربة، والرياح والآفات الزراعية. لاختبار تأثير الماء وحده في التجربة يجب ضبط جميع المتغيرات الأخرى المحتملة، والتي تُعرف **بالمتغيرات الضابطة Control variables** (الجدول ٢-٣).

التجربة	المتغيّر الذي يتم اختباره	المتغيرات التي يتم ضبطها
اختبار تأثير نوعية التربة على نمو النبات.	نوعية التربة.	درجة الحرارة، كميّة الضوء، كميّة الماء، نوع النبات المُستخدم وحجمه.
اختبار تأثير درجة حرارة الغرفة على درجات الاختبار.	درجة حرارة الغرفة.	راحة الطلبة، كميّة الإضاءة المتاحة، الضوضاء، مدة الزمن المُتاح.

الجدول ٢-٣ أمثلة على متغيّرات ضابطة.

المتغيّر الضابط هو أي متغير يُثبّت (يبقى ثابتًا) في الاستقصاء. ولا يكون تأثيره جزءًا من الاستقصاء، بل يحتاج إلى الضبط كي لا يؤثر على النتائج. ومن الأمثلة على العوامل التي قد تحتاج إلى الضبط:

- درجة الحرارة
- CO_2
- O_2
- الرقم الهيدروجيني pH
- شدة الإضاءة

إذا تم تغيير أكثر من متغير واحد في تجربة معيّنة عند اختبار متغير مستقل محدّد، فلن تكون البيانات التي تم الحصول عليها موثوقة (صحيحة). ويعود سبب ذلك إلى عدم إمكانية تحديد أي متغير تسبب في تغيير البيانات.

مصطلحات علمية

المتغيّر الضابط Control variable:
أي متغير يُثبّت (يبقى ثابتًا) خلال التجربة.

تفسير البيانات

إن لتفسير البيانات دورًا مهمًا في نجاح التجربة. فمن خلال تفسير البيانات وتحليلها، يمكنك تحديد ما إذا كانت نتائج التجربة تدعم الفرضية أو تدحضها. يعطي تفسير البيانات معنى للمعلومات التي تم جمعها، وسيساعدك على تحديد مدى أهميتها. في بعض الحالات، قد تدعم البيانات الفرضية جزئيًا فقط.

تحتاج إلى تمثيل البيانات الكمّية (الرقمية Numerical data) التي تم جمعها أثناء الاستقصاءات في شكل تمثيلات بيانية. سيساعدك هذا الأمر على تصوّر بياناتك وتفسيرها. وسيمكّنك هذا أيضًا من معرفة ما إذا كانت بياناتك تحتوي على أنماط أو اتجاهات متسقة أو **قيم شاذة Anomalies values**.

عند تنفيذ التمثيلات البيانية، تأكد من كتابة مسمّيات المحاور بوضوح وتضمين الوحدات عند الحاجة. يجب أن يسمح مقياس المحاور للتمثيل البياني بملء أكثر من نصف الشبكة في كِلا الاتجاهَين. لا تضغط التمثيل البياني في زاوية واحدة من الشبكة. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي استخدام مقياس معقول ومقبول.

مصطلحات علمية

قيم شاذة Anomalies values:
بيانات غير معتادة، والتي تنحرف عن الأنماط والاتجاهات التي تشير إليها بقية البيانات.

تشمل أنواع التمثيلات البيانية ما يلي:

- تمثيل بياني بالأعمدة – للبيانات ذات الفئات (الشكل ٢-٤ أ).
- مخطط دائري – للبيانات ذات الفئات (الشكل ٢-٤ ب).
- تمثيل بياني خطي – للبيانات المستمرة (الشكل ٢-٤ ج).
- تمثيل بياني مبعثر – للبيانات المستمرة (الشكل ٢-٤ د).

هناك ست خطوات رئيسية لتفسير التمثيل البياني:

١. **اقرأ الأساسيات:** اقرأ المسمّيات وكافة الإيضاحات والتعليقات التفسيرية الموجودة على التمثيل البياني. ما هي المعلومات التي يقدمها لك التمثيل البياني؟

٢. **اقرأ الأعداد المهمة:** النقاط المهمة هي نقاط الذروة (الارتفاعات القصوى)، ونقاط أدنى المستويات، ونقاط التكتلات أو التجمعات، والنقاط التي تلتقي فيها البيانات أو تتقاطع فيها، والقيم الشاذة.

٣. **عرّف الاتجاهات:** ما الاتجاهات التي تلاحظها في البيانات؟

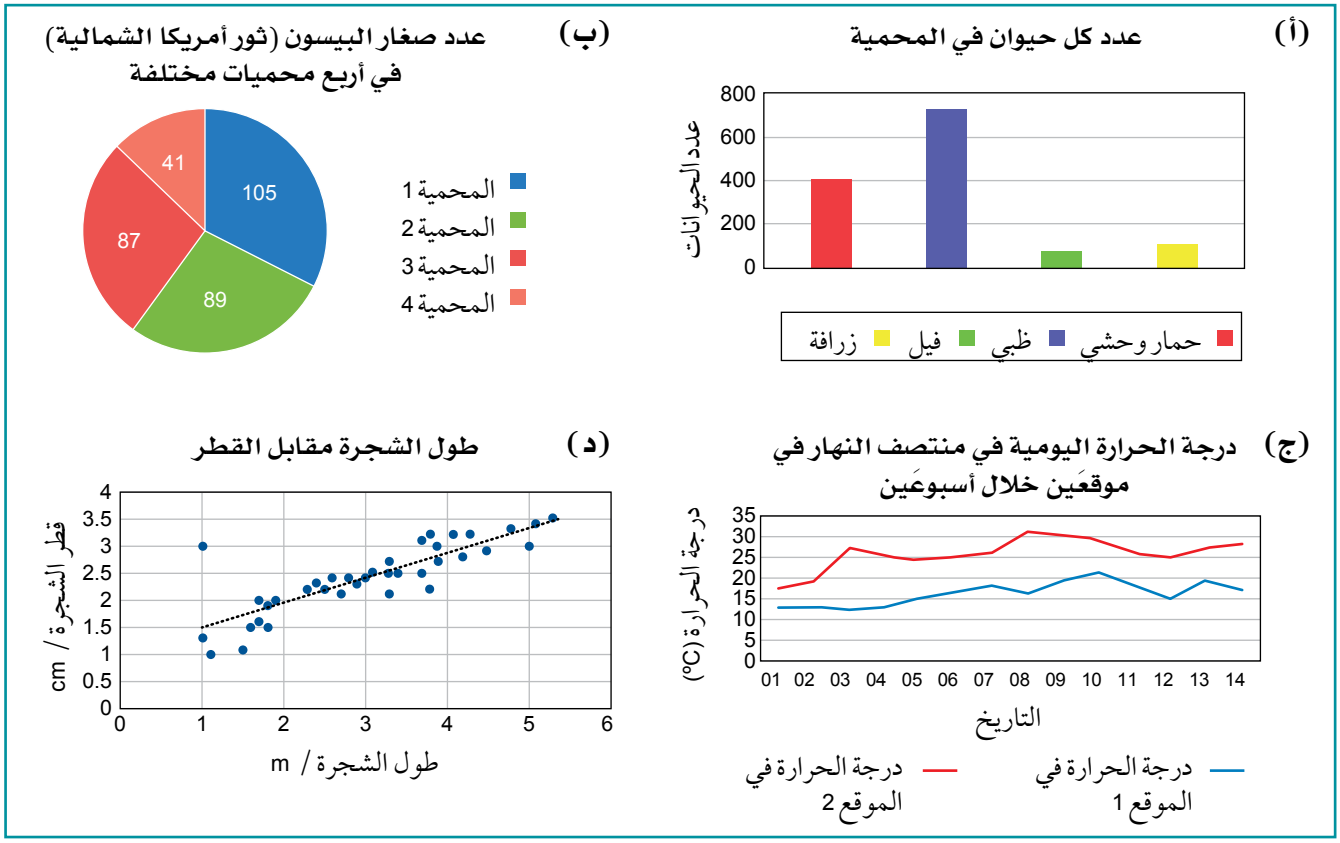
٤. **قارن الاتجاهات:** عندما يتم تمثيل مجموعات بيانات متعددة معًا على التمثيل البياني نفسه، يمكنك مقارنة المعلومات أو الاتجاهات (الشكل ٢-٤ ج).

٥. **تحليل الاتجاهات:** قد تثبت البيانات فرضية ما أو تدحضها، أو قد تسمح بوضع فرضية جديدة.

٦. **استخلاص الاستنتاجات:** استخدم البيانات الموجودة في التمثيل البياني لاستخلاص الاستنتاجات ودعمها.

وتشمل المصطلحات التي يمكنك استخدامها لوصف التغيير في التمثيل البياني ما يأتي:

- الصعود: يزيد، يعلو، يرتفع، يتزايد.
- النزول: يقل، يهبط، ينخفض، يتناقص.



الشكل ٢-٤ قد تشتمل الأنواع المختلفة من التمثيلات البيانية لعرض البيانات على: (أ) تمثيل بياني بالأعمدة، (ب) مخطط دائري، (ج) تمثيل بياني خطّي، (د) تمثيل بياني مبعثر.

- لا تغيير: تبقى مستقرة وثابتة.
- متغير بشكل متكرر: متقلب.
- في الأعلى: الذروة، أعلى نقطة.
- في الأسفل: أدنى نقطة.

تأكّد من أنك تصف بوضوح ما يحدث في التمثيل البياني، وادعم وصفك ببيانات منه. انظر الشكل ٢-٤، هل يمكنك تفسير البيانات الموجودة في التمثيلات البيانية الأربعة؟ هل يمكنك اقتراح فرضيات قد تدعمها هذه التمثيلات البيانية؟

المحددات Limitations في المنهج العلمي هي أوجه القصور، وأجزاء التجربة التي تحول دون حصول الباحثين على **بيانات موثوقة Reliable data** وتؤدي إلى عدم اليقين في النتائج. قد توجد محددات تجريبية بسبب القيود في تصميم البحث أو الاستقصاء، أو المواد، أو المنهجية المعتمدة، أو الزمن المتاح والتكاليف (الصورة ٢-٣). ومن الأمثلة الأخرى على المحددات، المشكلات التي تتعلّق بالعيّنة، وحجم العيّنة ومشكلات في الأدوات أو التقنيات المستخدَمة لجمع المعلومات. يمكن التغلّب على هذه المحددات عن طريق تحديد المشكلة المحتملة بوضوح واقتراح طرائق لمعالجتها. وتعدّ القيود الزمنية والمالية أيضًا محدّدات شائعة، ويجب تحديدها بوضوح وملاحظتها عند إجراء البحث.

مصطلحات علمية

المحددات Limitations:
أوجه القصور في دراسة ما، والتي يمكن أن تؤثر على المعلومات التي يتم جمعها. تشمل المحددات تصميم البحث، والمنهجية، والمواد والقيود الزمنية والمالية (التكاليف).

بيانات موثوقة Reliable data:
بيانات كاملة ودقيقة إلى حدّ معقول، تعمل على الإجابة عن الفرضية بطريقة واضحة وشفافة ولم يتم التدخل فيها أو تعديلها بشكلٍ غير مناسب.



الصورة ٢-٣ باحثان يجمعان البيانات في الميدان. المحددات في هذا النوع من جمع البيانات قد تشمل صعوبة الوصول إلى المواقع النائية لتكرار جمع البيانات، أو الظروف الجوية.

والمحددات في المنهج العلمي لها اعتبارات مهمة؛ حيث يجب أن تكون الفرضية قابلة للاختبار لإثباتها أو دحضها. لذلك، يجب أن يكون ممكنًا تكرار التجربة بنتائج مماثلة، وعلى الباحثين الإبلاغ عن أية قضايا يتم تحديدها، الأمر الذي سيسهم في فهم الآخرين للمحدّدات المحتملة للبيانات التي يتم تحليلها.

أمثلة على المحددات في التجارب العلمية:

- المعرفة البشرية الحالية: على سبيل المثال، قبل 500 سنة، كان التطبيب بالإدماء يُعدّ طريقة علمية سليمة لعلاج المرض، في حين نحن الآن نعلم أنها ليست طريقة فعّالة للسيطرة على المرض.
- الخطأ البشري (مثل الخطأ في تحضير تركيز مادة كيميائية لاختبارها، أو خطأ في حساب الزمن اللازم للتجربة) قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة.
- تحيّز الباحث، قد يكون نطاق التركيز على التجربة ضيقًا بسبب تحيز الباحث. هذا يعني أن الباحث قد يتوقع إجابة محددة، وبالتالي قد يغفل عن معلومات أخرى يمكن أن تعطي نتيجة مختلفة.

الفرضية التي تدعمها النتائج العلمية باستمرار من خلال العديد من الملاحظات والاستقصاءات المتكررة، وقابلة

للتطبيق على مجموعة واسعة من الظواهر أو الحالات، حينها يمكن أن تصبح **نظرية علمية** Scientific theory. على سبيل المثال، تؤدي انبعاثات الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة قابلية الغلاف الجوي على الاحتفاظ بالحرارة (ظاهرة الاحتباس الحراري). لم تعد هذه فرضية، بل أصبحت نظرية. يمكن استخدام النظريات في **النماذج** Models للتنبؤ بما قد يحدث في مواقف مختلفة. على سبيل المثال، إذا استمر تزايد انبعاثات الكربون، فما النتائج المتوقعة؟

النظريات ليست ثابتة. يمكن تعديلها وتغييرها كلما توافرت بيانات جديدة.

مصطلحات علمية

النظرية العلمية Scientific theory:
تفسير لجانب من جوانب العالم الطبيعي تم اختباره مرارًا وتكرارًا للتحقق منه باستخدام المنهج العلمي.

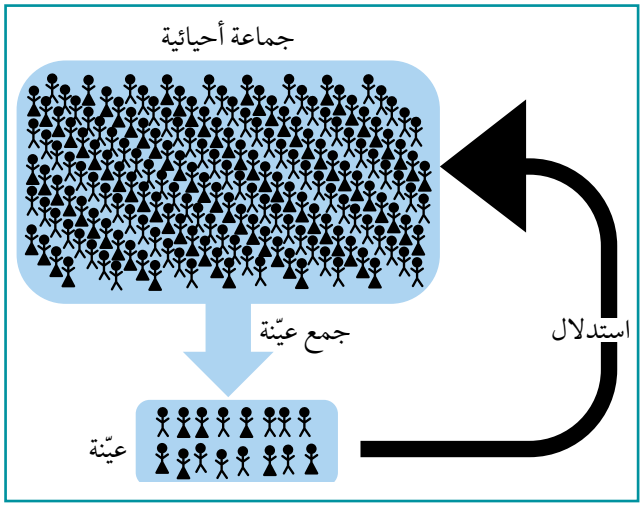
النموذج Model:
هو نتاج تمثيل فيزيائي، أو مفاهيمي أو رياضي لحدث حقيقي صعب الملاحظة.

أسئلة

١. عرّف مصطلحَي: التحيز والتنبؤ.
٢. قارن بين معنى المتغير المستقل والمتغير التابع.
٣. لخّص كيفية صياغة فرضية لتجربة ما.
٤. صِف الخطوات الأساسية عند اختبار فرضية ما. يمكنك استخدام رسم تخطيطي لتوضيح الخطوات.
٥. صِف متطلبات أن تصبح فرضية ما نظرية علمية.

٢-٢ جمع البيانات البيئية

العيّنة هي مجموعة صغيرة من البيانات (عدد النباتات، عدد الأنواع، توزيع النبات) التي يتم جمعها من جماعة أحيائية كبيرة. يجب أن تمثّل العيّنة المتغير الذي يتم استقصاؤه، وبذلك يضمن أن النتائج يمكن استخدامها لتعميمها على الجماعة الأحيائية أو المنطقة بأكملها (الشكل ٢-٥).



الشكل ٢-٥ رسم تخطيطي يمثل جماعة أحيائية وعيّنة ممثلة لها.

العيّنات العشوائية والعيّنات المنتظمة

الاستراتيجيات المستخدمة لجمع البيانات تشمل جمع العيّنات العشوائية والعيّنات المنتظمة (الشكل ٢-٦).

يتم **جمع العيّنات العشوائية** Random sampling من خلال اختيار نقاط جمع العيّنات باستخدام أرقام عشوائية. يمكن إنشاء هذه الأرقام باستخدام برنامج حاسوبي، أو عن طريق إنشاء نمط شبكي لمنطقة الدراسة؛ إذ يُخصّص رقم لكل نقطة في الشبكة، ويتم اختيار هذه الأرقام على نحوٍ عشوائي لتجمع العيّنات من هذه النقاط. تساعد هذه الاستراتيجية في تقليل تحيّز الباحث. جمع العيّنات العشوائية مفيد عندما يكون حجم الجماعة الأحيائية أو حجم العيّنات الفردية صغيرًا نسبيًا؛ إذ يكون لجميع الأفراد فرصة متساوية ليكونوا ضمن العيّنات (انظر الموضوع ٢-١ المنهج العلمي).

مصطلحات علمية

جمع العيّنات العشوائية Random sampling:
جمع عيّنات تعتمد على سحب أسماء/أرقام على نحوٍ عشوائي أو استخدام برنامج حاسوبي لإعطاء قائمة عشوائية.

أما **جمع العيّنات المنتظمة Systematic sampling** فيتم باستخدام نمط منتظم لتحديد نقاط العيّنة، على سبيل المثال، كل ثالث منزل في جانب الشارع الأيسر طُلب إليه الإجابة عن استبانة، أو جمع عيّنة بعد كل خمسة أمتار مربعة على النمط الشبكي لمنطقة الدراسة. يكون جمع العيّنات المنتظمة أكثر فاعلية عندما لا تُظهر البيانات أنماطًا متوقعة وعندما لا يتلاعب الباحث بالبيانات.

استراتيجيات جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة قد تتضمن جمع العيّنات النقطية والخطية على حدّ سواء. في معظم الحالات، تستخدم الطريقة النقطية لجمع العيّنات العشوائية، والطريقة الخطية لجمع العيّنات المنتظمة.

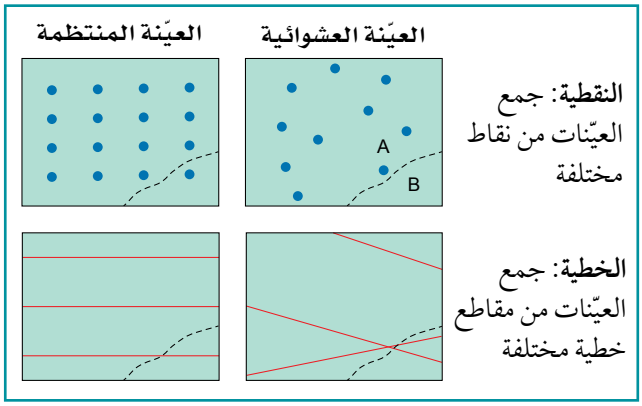
جمع العيّنات النقطية

جمع العيّنات النقطية Point sampling هي من أكثر الطرائق شيوعًا لتقدير الغطاء النباتي في موقع معيّن. يتم ذلك عن طريق اختيار عدد من النقاط داخل منطقة معيّنة (إما بشكل عشوائي أو منتظم) وتحديد عدد تلك النقاط التي تحتوي على نوع محدد من النباتات. وبهذه الطريقة، يمكن حساب إجمالي الغطاء النباتي من هذا النوع كنسبة مئوية من عدد المرات التي تقع فيها النقاط على النوع النباتي الذي تستهدفه الدراسة (انظر الشكل ٢-٦).

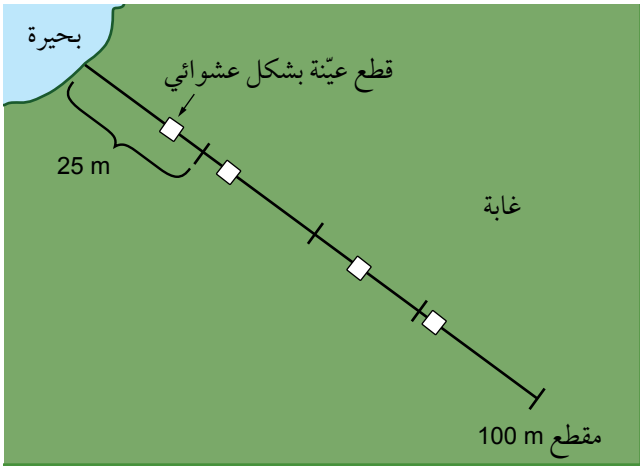
جمع العيّنات الخطّية

تُعدّ جمع العيّنات الخطية Line sampling من استراتيجيات جمع العيّنات، حيث يتم جمع البيانات على طول خط مستقيم يسمّى مقطع، ويتم تسجيل كل نبات يلامس الخط. تستغرق هذه الطريقة وقتًا طويلًا، ويمكن استخدامها مع طريقة العيّنة النقطية، وذلك لجمع عيّنات من نقاط محددة على طول الخط.

وفي بعض الحالات عند جمع العيّنات الخطّية يتم وضع **مربعات قياسية Quadrats** بشكل عشوائي أو منتظم على طول المقطع (انظر الشكلَين ٢-٦ و ٢-٧).



الشكل ٢-٦ استراتيجيات مختلفة لجمع العيّنات ستوفر المنطقة B نتائج مختلفة اعتمادًا على الاستراتيجية المستخدمة. على سبيل المثال، قد يؤدي نظام جمع العيّنات العشوائية إلى خطأ (نقص أو زيادة) في تمثيل البيانات من المنطقة B، والذي قد يظهره جمع العيّنات المنتظمة.



الشكل ٢-٧ جمع العيّنات الخطّية.

مع زيادة حجم العيّنات وحاجة الباحث إلى إنشاء عيّنات متعددة، قد تصبح عملية جمع العيّنات مكلفة وتستغرق وقتًا طويلًا.

مصطلحات علمية

جمع العيّنات المنتظمة Systematic sampling:
اختيار عيّنة بناءً على فواصل منتظمة عوضًا من الاختيار العشوائي.

المربع القياسي Quadrat:
إطار لجمع عيّنات بمساحة محددة مثلًا متر مربع واحد ($1\ m^2$)، يتم اختيارها لتقييم التوزيع المحلي للنباتات أو الحيوانات.

ملاءمة استراتيجيات جمع العيّنات وحجم العيّنة

يعدّ هدف الدراسة العامل الأساسي في تحديد استراتيجية جمع العيّنات المُناسبة. على سبيل المثال:

- عند قياس إجمالي المواد السامة التي تلقى في نهر ما: يمكن جمع عيّنة ماء كبيرة على مدار 24 ساعة لقياس متوسط تركيز المواد السامة في النهر.
- بينما عند مراقبة الانسكابات العَرَضية للمواد السامة: يمكن جمع عيّنات ماء فردية بشكل متكرّر، على سبيل المثال كل ساعة، لمعرفة التغيّرات السريعة في تركيز المواد السامة.

يحتاج الباحثون إلى التفكير في حجم العيّنة المطلوب، ومدى سهولة الوصول إلى موقع جمع العيّنات، ومعرفتهم بالبيئة التي يتم دراستها والدراسات المماثلة السابقة التي يمكن أن توجّه الاستراتيجية التي تم اختيارها.

بالنسبة إلى حجم العيّنة، فإن الحد الأدنى الذي سيعطي نتائج ذات معنى هو 100، في حين يكون الحد الأقصى لحجم العيّنة 10% من الجماعة الأحيائية، طالما أن هذا العدد لا يتجاوز 1000. على سبيل المثال، إذا تم إجراء مسح على خمس مدن بإجمالي 7200 منزل، فلن يكون ممكنًا مسح كل منزل، بسبب القيود المتعلقة بالتكلفة والوقت. في هذه الحالة، سيختار الباحث عادةً عيّنة ممثّلة من تلك المنازل الـ 7200 للحصول على بيانات ممثّلة. يعتمد حجم العيّنة على مستوى الدقة الذي يسعى الباحث لتحقيقه. ففي هذا المثال، سيكون مقدار العيّنة 10% هو مسح 720 منزلًا. ومع ذلك، تخيّل لو أن هذه المدينة تضمّ 20 000 منزل، فإن 10% من 20 000 تساوي 2000، أي أن الرقم تجاوز 1000، في هذه الحالة، سيكون الحد الأقصى لحجم العيّنة هو 1000.

أما عندما يكون حجم الجماعة الأحيائية أقل من 100، فإنه يجب تضمين جميع الأفراد أو نقاط جمع العيّنة في المسح.

يتم اختيار الحجم الأدنى للعيّنة عندما:

- يكون كل من الزمن والميزانية محدودَين.
- يكون المطلوب تقديرًا تقريبيًا.
- لن يتم تقسيم البيانات إلى مجموعات مختلفة للتحليل.
- توقّع إجابات / نتائج مشابهة.

يتم اختيار الحجم الأقصى للعيّنة عند:

- وفرة الزمن والميزانية.
- الحاجة إلى الحصول على النتائج الدقيقة.
- إمكانية تقسيم البيانات إلى فروع مختلفة.
- توقّع إجابات / نتائج مختلفة.

سواء أكنت تستخدم طرائقك الخاصة أو التي استخدمها الآخرون سابقًا، يجب أن تبحث عن التحيز، والدقة (كيفية جمع البيانات بحرص) وكفاءة العملية وما إذا كانت استراتيجية جمع العيّنات المستخدمة مناسبة للدراسة. يوضح الجدول ٢-٤ ملخّص لاسترتيجيات وطرائق جمع العيّنات.

الاستراتيجية	الطريقة
جمع العيّنات العشوائية باستخدام الطريقة النقطية	١. قسّم المنطقة المحددة لجمع العيّنات منها إلى شبكة من مربعات باستخدام أشرطة القياس. ٢. استخدم أرقامًا تم إنتاجها حاسوبيًا، أو اسحب أرقامًا بطريقة عشوائية؛ لتحديد إحداثيات داخل الشبكة لجمع العيّنة. ٣. اجمع العيّنات في نقطة محددة باستخدام أدوات جمع العيّنات المناسبة.

الاستراتيجية	الطريقة
	٤. اجمع البيانات ذات الصلة، مع تحديد أي أنواع الكائنات الحية أو العوامل التي تحتاج إلى تسجيلها. ٥. سجّل النتائج في جدول. ٦. احسب المتوسط الحسابي للبيانات التي تم جمعها.
جمع العيّنات المنتظمة باستخدام الطريقة الخطية	١. مدّ شريط قياس من جانب واحد من الموطن البيئي إلى الجانب الآخر. ٢. ابدأ بجمع العيّنات عند (0 m) على الشريط باستخدام أدوات جمع العيّنات المناسبة. ٣. اجمع البيانات ذات الصلة. ٤. استخدم «مفتاح تعرف» لتحديد ما إذا كان كل نوع ذا صلة. ٥. سجّل النتائج في جدول. ٦. انقل معدّات جمع العيّنات على طول شريط القياس. ٧. كرّر الخطوات من ٣ إلى ٥ على فترات منتظمة على طول شريط القياس. ٨. استمر إلى أن يتم جمع عيّنات على طول شريط القياس كاملًا. ٩. احسب المتوسط الحسابي للبيانات التي تم جمعها.

الجدول ٢-٤ استراتيجيات وطرائق جمع العيّنات. بالنسبة إلى جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة، تأكد من توحيد طريقة جمع العيّنات في كل نقطة لجعل البيانات قابلة للمقارنة. على سبيل المثال، المدة الزمنية التي تقضيها في جمع العيّنات من نقطة ما، أو حجم المنطقة التي تم جمع عيّنات منها، أو عدد العيّنات التي تم جمعها.

أسئلة

٦ اذكر الاختلاف بين جمع العيّنة العشوائية وجمع العيّنة المنتظمة.

٧ حدّد العوامل التي يجب مراعاتها عند تحديد الحد الأدنى أو الأقصى لحجم العيّنة المطلوب.

٨ احسب حجم العيّة في الحالتين الآتيتين:

أ. يريد باحث معرفة النسبة المئوية للأشجار التي أصيبت بالفطريات في غابة ما باستخدام العيّنة العشوائية. تحتوي المنطقة التي يتم فحصها من الغابة على 2750 شجرة. كم شجرة يجب على الباحث تضمينها في المسح؟

ب. يستقصي باحث عدد الأسر التي تعيد تدوير نفاياتها في ثلاث مدن مختلفة:

- المدينة ١: فيها 98 منزلًا.
- المدينة ٢: فيها 10 700 منزل.
- المدينة ٣: فيها 2970 منزلًا.

ما حجم العيّنة التي يجب أن تُجمع من كل مدينة للحصول على بيانات ممثلة لمنطقة الدراسة؟

أفعال إجرائية

حدّد Identify: سمِّ، اختر، تعرّف.

إذا كنت ترغب في إجراء تحليل للبيانات في نهاية التجربة، فأنت بحاجة إلى عيّنة كبيرة بما يكفي للتوصّل إلى استنتاجات سليمة منها. لذا، فمن المهم أن تقرر عدد العيّنات التي ستجمعها للحصول على نتائج موثوقة، علمًا بأن ذلك يختلف بحسب العمل الميداني الذي يتم تنفيذه. بالنسبة إلى التجارب المخبرية، فإن تكرار الاختبار خمس مرات يوفر بيانات أساسية كافية لإجراء تحليل إحصائي للمعلومات. كلما جمعت المزيد من البيانات، كانت نتائجك أكثر موثوقية. ومع ذلك، لاحظ أن كثرة البيانات قد تكون أيضًا مشكلة؛ لأنها تصبح صعبة المعالجة والتطبيق بطريقة ذات معنى.

تقنيات جمع العيّنات

تتوافر تقنيات مختلفة لجمع العيّنات للعمل الميداني. من المهم اختيار التقنية الصحيحة للمهمة المطلوبة.

لجميع تقنيات جمع العيّنات فوائد ومحددات. تشمل بعض المحددات التحيز في جمع العيّنات، ونقص المهارة في تحديد الأنواع، والذي يؤدي إلى خطأ في التعرف على الأنواع أو نقص / زيادة في إحصاء الأنواع، إضافة إلى الإضرار بأفراد الجماعة الأحيائية التي تشملهم العيّنة، وطول المدة الزمنية اللازمة للحصول على عيّنات ذات دلالة إحصائية، وتكلفة العمل الذي يستغرق مدّة زمنية طويلة في الميدان. إن العديد من التقنيات ليست صعبة التنفيذ، لذا فإن سهولة الاستخدام والتكلفة المنخفضة لإنتاج المعدات لهما فائدة في العمل الميداني. إضافة إلى ذلك، تؤدي هذه الطرائق إلى إنتاج بيانات كمية يمكن استخدامها في الإحصاءات وإعداد التمثيلات البيانية.

المربع القياسي

يتم جمع البيانات داخل مربع ذي أربعة جوانب بحجم محدد مسبقًا. يمكن دمج هذه التقنية مع طريقة جمع العيّنات الخطّية، كما يظهر في الصورة ٢-٤.



الصورة ٢-٤ يمكن استخدام المربع القياسي الشبكي لجمع عيّنات من منطقة أو على طول مقطع.

تُستخدم المربعات القياسية Quadrats لجمع عيّنات من الأنواع **الثابتة Sedentary** أو الأنواع التي تتحرك ببطء شديد، مثل الحلازين. عند اللجوء إلى جمع العيّنات لأنواع معيّنة فهي إما أن تكون موجودة أو غير موجودة. يمكن بعد ذلك استخدام البيانات لتحديد **تكرار Frequency** كل نوع في منطقة العيّنة كاملة.

مصطلحات علمية

***الثابتة Sedentary:**
الكائنات التي لا تتحرك، كالنباتات أو الأنواع التي تعيش على الشواطئ الصخرية مثل البرنقيل.

التكرار Frequency:
عدد مرات ظهور نوع معيّن (مثل النبات) في عيّنة ما.

يُعدّ المربع القياسي المفتوح Open frame quadrat أبسط طريقة لجمع البيانات لقائمة الأنواع. المربع القياسي هو إطار مربع، يكون في العادة مصنوعًا من سلك أو خشب بأبعاد محددة (على سبيل المثال، 0.25 m × 0.25 m). يتم وضع الإطار على الأرض بحيث يمكن دراسة النباتات الموجودة بداخله.

يمكن استخدام جمع العيّنات بالمربع القياسي لتحديد ما يأتي:

- عدد النباتات الفردية.
- عدد الأفراد من نوع معيّن.
- عدد الأنواع المختلفة.

- النسبة المئوية المقدرة للتغطية (النسبة المئوية لمنطقة المربع القياسي المغطاة بنوع معيّن).

يمكن التعبير عن المعلومات على شكل نسبة مئوية للتغطية أو على شكل تكرار موضعي. كما يمكن استخدام المربع القياسي بشكل عشوائي أو منتظم على نمط شبكي ما.

المحددات:

- قد يؤدي التقدير إلى التحيز، وإلى الحسابات الخاطئة، وفي النهاية إلى بيانات غير موثوقة.

الفوائد:

- سهل وسريع وغير مكلف.

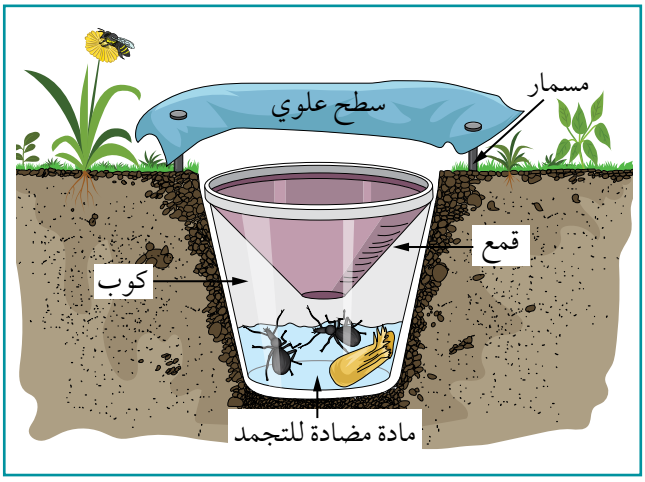
أما المربع القياسي الشبكي Gridded quadrat فهو مربع تم تقسيمه إلى مربعات أصغر (شبكة) (الصورة ٢-٤).

يتم حساب عدد مربعات الشبكة التي يوجد فيها النبات وتُحسب النسبة المئوية للتغطية. هذه الطريقة أكثر موثوقية من المربع القياسي المفتوح. ومع ذلك، يحتاج الباحث إلى معرفة كافية لتحديد الأنواع النباتية المختلفة. وفي حال كانت الأنواع متشابهة جدًا، قد يصبح هذا الأمر صعبًا.

المصائد الشِّراكية

المصيدة الشِّراكية Pitfall trap هي مصيدة تُستخدم لجمع عيّنات من جماعات الحشرات التي تكون نشطة على الأرض. تتكوّن هذه المصيدة عادةً من كوب أو دورق يُدفن بحيث تكون حافته العلوية مستوية مع سطح الأرض. تسقط الحشرات في المصيدة ويمكن تحديدها عند الفحص (الشكل ٢-٨).

بعض المصائد الشراكية تحتوي على ثقب في القاعدة للسماح بتصريف الماء في حال هطول الأمطار خلال الليل، بينما يُضاف إلى مصائد أخرى مادة مضادة للتجمد Antifreeze تقتل الحشرات، الأمر الذي يمنع افتراسها من الحشرات المفترسة ويمنع حشرات العيّنة من الهروب من المصيدة.



الشكل ٢-٨ مثال على مصيدة شراكية.

المحددات:

- قد تأكل الحشرات المفترسة الحشرات الأخرى في المصيدة، لذلك غالبًا ما توضع مادة مضادة للتجمد أو مادة أخرى في المصيدة لقتل الحشرات.
- يتطلب التعرّف على الحشرات تدريبًا ومهارة.
- يستغرق زيارة المواقع وقتًا، ويجب أن يكون عدد المواقع المشمولة في موقع العيّنة محدودًا.
- قد تمتلئ المصيدة بالماء إذا تُركت لفترة طويلة جدًا، ما يؤدي إلى قتل الحشرات أو جرفها بعيدًا.
- هذه المصائد مخصصة لاصطياد الحشرات الصغيرة، أما الحشرات الطائرة فتتمكّن من الهروب.
- المناطق الحضرية لا تناسب هذا النوع من جمع العيّنات، لأن أسطحها عادةً ما تكون صلبة، وتحتاج الحاويات إلى أن تُغمر في الأرض.

الفوائد:

- المصائد سهلة وغير مكلفة في الإعداد.
- يمكن ترك المصائد لفترات زمنية طويلة لزيادة فرصة جمع العيّنات.

شِباك اصطياد الحشرات

شِباك اصطياد الحشرات Sweep nets (الشكل ٢-٩) هي شِباك مركّبة على عصا. تُستخدم لجمع الحشرات

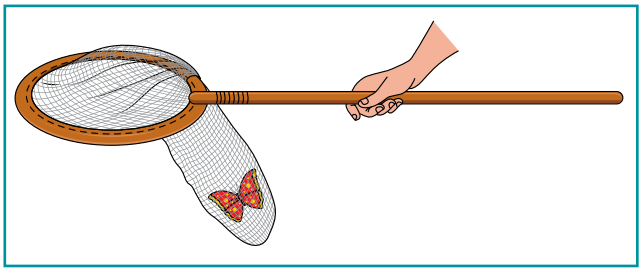
وغيرها من اللافقاريات التي تكون على الأعشاب الطويلة. يمكن رفع الشبكة فوق النباتات وتحريكها بحركة على شكل الرقم ثمانية (8)، أو إبقاؤها بين النباتات وتحريكها بحركة بندولية. بمجرد الانتهاء من جمع العيّنة، عليك الاحتفاظ بالشبكة مغلقة حتى لا تتمكن الحشرات من الهروب.

المحددات:

- الغطاء النباتي الكثيف لا يصلح لهذا النوع من جمع العيّنات.
- ليست كل الحشرات قابلة للصيد بالسهولة ذاتها؛ لذا ربما لا تمثل العيّنة جميع الأنواع الموجودة.
- تستغرق وقتًا طويلًا وقد تتسبب في تلف النباتات.

الفوائد:

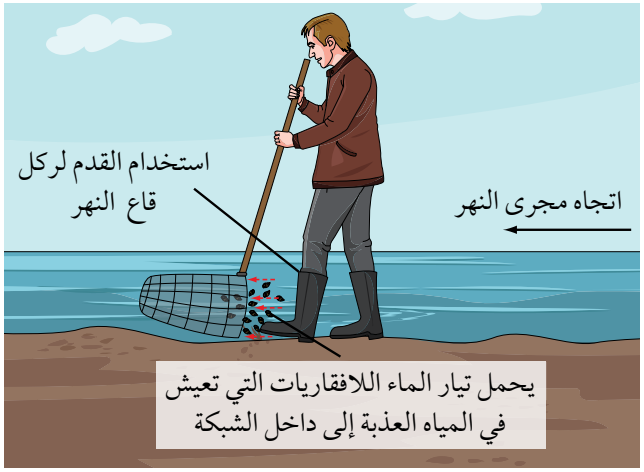
- هذه الطريقة غير مكلفة وسهلة الاستخدام، ولا تتطلب مدة زمنية طويلة أو المهارة لإكمالها. يمكن للمتطوعين المساعدة في جمع العيّنات.



الشكل ٢-٩ مثال على شبكة اصطياد الحشرات تُستخدم لصيد الحشرات الطائرة.

جمع العيّنات بالركل

يُستخدم جمع العيّنات بالركل Kick sampling على نطاق واسع لجمع عيّنات من اللافقاريات التي تعيش في قاع النهر أو حافة وادي أو فلج. توضع شبكة اصطياد الحشرات في اتجاه مجرى النهر من نقطة جمع العيّنات، بحيث يتدفق الماء إلى داخلها. يقوم الباحث بركل قاع النهر لمدة زمنية محددة في كل مرة يستهدف فيها عيّنة، وتُجمع الكائنات التي تُثار من القاع بفعل الركل في الشبكة للتعرف عليها لاحقًا (الشكل ٢-١٠).



الشكل ٢-١٠ يتم جمع العيّنات بالركل في المياه الضحلة من قاع النهر، بواسطة شخص واحد أو شخصين.

المحددات:

- قد يتم فقدان الأنواع الصغيرة إذا كانت فتحات الشبكة كبيرة جدًا.
- الأنواع الملتصقة بالصخور سيتم فقدانها.
- من الصعب تنفيذ هذه الطريقة في المياه التي تحتوي على الكثير من الطمي.

الفوائد:

- سريع التنفيذ وفعّال من حيث التكلفة.

ضع علامة - أطلق - أعد الإمساك

تُستخدم تقنية ضع علامة - أطلق - أعد الإمساك Mark – release – recapture لتقدير حجم الجماعة الأحيائية (مؤشر لينكولن)؛ إذ لا يكون الإمساك على جميع الأفراد فيها أمرًا عمليًا.

في هذه التقنية يُستخدم الاصطياد المباشر، حيث يتم فيها الإمساك بالأفراد ثم وضع علامة عليها بطريقة لا تؤذيها. يسجّل الباحث بعد ذلك معلومات عنها (الجنس، والوزن، والطول، واللون، والنوع، وكيف تم وضع العلامة) قبل إطلاقها مرة أخرى لتعود إلى الجماعة الأحيائية حيث تم الإمساك بها. عندما يتم إعادة جمع عيّنات من المنطقة، يكون من السهل التعرف على الأفراد التي تم الإمساك بها مسبقًا، ويتم تسجيل إعادة الإمساك

بها لتضاف إلى جميع الكائنات التي تم القبض عليها لأول مرة. تُستخدم العلامات لمعرفة الكائنات الحية المأخوذة من العيّنات لاحقًا سواء أكانت حيوانات كبيرة أوحتى حشرات (الصورة ٢-٥).



الصورة ٢-٥ توضح عملية وضع العلامة على الكائن الحي وإطلاقه لتعقب حركته. عندما تتم إعادة جمع عيّنات من المنطقة، يكون من السهل التعرف على هذا الفرد.

المحددات:

- قد تؤدي عملية الإمساك أو وضع العلامة على الكائن الحي إلى تقليل فرص نجاته.
- ربما لا تسهل رؤية العلامات على الكائن الحي عند إعادة الإمساك به.
- الكائن الذي يتم اصطياده مرة واحدة قد تقل احتمالية اصطياده مرة أخرى بسبب اكتسابه لسلوكيات تحاشي المصائد.
- يتم الاصطياد المباشر لكائنات حية، لذلك يجب فحص المصائد بانتظام لضمان عدم تعرض الكائنات للأذى.

الفوائد:

- أدنى حدّ من الأذى يمكن أن يلحق بالكائنات الحية.
- يمكن إجراء هذا النوع من جمع العيّنات في المواقع النائية ويمكن إعادة زيارة نقطة العيّنة المحددة في تواقيت لاحقة.

يوضح الجدول ٢-٥ الطرائق المستخدمة لكل تقنية.

التقنية	الطريقة
المربع القياسي	**جمع العيّنات العشوائية باستخدام المربع القياسي:** ١. ضَع المربع القياسي عند كل إحداثية تم تحديدها في عملية جمع العيّنات العشوائية. ٢. احسب عدد أفراد كل نوع في كل مربع. **جمع العيّنات المنتظمة باستخدام المربع القياسي:** تُستخدم طريقة جمع العيّنات الخطية عندما يكون هناك تغيير تدريجي من جانب واحد للموطن البيئي إلى الجانب الآخر، مثل التغيير في مقدار الضوء بين الحدود الخارجية للغابة ومركزها. - باستخدام إجراء جمع العيّنات المنتظمة، ضع المربع عند (0 m) ثم احسب عدد أفراد كل نوع.

التقنية	الطريقة
المصائد الشراكية	**بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:** ١. اختر موقعًا لمصيدتك، على أرض مستوية، بالقرب من الغطاء النباتي. ٢. استخدم مجرفة لحفر حفرة صغيرة. ٣. ضع كوبًا نظيفًا في الحفرة. ثم املأ أي فراغ حول الكوب بالتربة. تأكد من أن الجزء العلوي من الكوب مستوٍ مع الأرض. ٤. إذا كنت تريد تجنّب تراكم مياه الأمطار في المصيدة، فاثقب الكوب من الأسفل. ٥. اترك مصيدتك طوال الليل. إذا كنت تتركها خلال النهار، فافحصها على الأقل كل بضع ساعات. ٦. فرّغ محتوى المصيدة في صينية لترى الحشرات التي قمت بصيدها. ثم استخدم أدلة التعرف لمساعدتك في تحديد الحشرات. ٧. سجّل نتائجك. اكتب ملاحظات بشأن ما اصطدته: التاريخ والموقع. ٨. يمكنك رسم الحشرات التي اصطدتها، أو التقاط صور لها. ٩. أطلق الحشرات بحذر، وأعدها إلى مأواها أو إلى مكان آمن في المنطقة التي وجدتها فيها.
شباك اصطياد الحشرات	**بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:** ١. حافظ على مسار الشبكة موازيًا للأرض. ٢. قم بإمالة فتحة الشبكة بحيث تكون الحافة السفلية للإطار متقدمة قليلًا على الحافة العلوية. ٣. حرّك الشبكة من جانب إلى آخر بحركة نصف دائرية. ثم امسح، بحركة واحدة، في كل خطوة أثناء السير في منطقة العيّنة أو على طول الخط. ٤. في منطقة الغطاء النباتي التي تكون فيها النباتات قصيرة، حرّك الشبكة بعمق قدر الإمكان. ٥. في منطقة النباتات الأطول، امسح فقط بعمق كافٍ للحفاظ على الحافة العلوية لفتحة الشبكة متساوية مع قمم النباتات. ٦. فرّغ محتوى الشبكة في صينية لترى الحشرات التي اصطدتها. واستخدم أدلة التعرف لمساعدتك في تحديد الحشرات. ٧. سجّل نتائجك. اكتب ملاحظات بشأن ما اصطدته: التاريخ والموقع. ٨. يمكنك رسم الحشرات التي اصطدتها، أو التقاط صور لها.

التقنية	الطريقة
جمع العيّنات بالركل	**بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:** ١. ابحث عن منطقة مناسبة لمياه جارية ضحلة مثل قاع وادي أو فلج. ٢. أمسك شبكة دقيقة المسامات في اتجاه مجرى الماء حيث تقف. ٣. استخدم قدمًا واحدة لركل قاع الجدول. ستنتقل الكائنات الحية التي تمّت إزاحتها من قاع المياه الضحلة إلى الشبكة. ٤. اجمع العيّنة الأولى من النقطة الأدنى في المجرى أوّلًا، ثم اعمل على جمع العيّنات صعودًا باتجاه المجرى.
ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك	**بعد استخدام استراتيجية جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة:** ١. استخدم الاصطياد المباشر للإمساك بالكائنات الحية. ٢. ضع علامة مناسبة للكائن الحي. قد تكون العلامة بقعة من الطلاء الملون المضاد للماء أو حلقة ملونة أو علامة راديو RFID tag. يجب أن يتم استخدامها بطريقة لا يتأثر بها الكائن الحي. ٣. انتظر فترة زمنية مناسبة قبل العودة إلى الموقع نفسه واستخدام التقنية نفسها للإمساك بالكائنات الحية. ٤. سجل عدد الكائنات الحية التي تم الإمساك بها في الخطوة ٣ والتي تم وضع علامة عليها في الخطوة ٢، وعدد الكائنات التي لم يتم وضع العلامة عليها. ٥. قم بتطبيق مؤشر لينكولن لتقدير حجم الجماعة الأحيائية (انظر المثال ١).

الجدول ٢–٥ طرائق استخدام التقنيات في الحقل.

تحليل البيانات باستخدام أدوات إحصائية

بمجرد جمع البيانات، يمكنك معالجة النتائج بعدة طرائق (الصورة ٢–٦). التحليل الإحصائي Statistical analysis للبيانات ضروري لفهم المعلومات، ويمكن استخدامه لتحديد الأنماط في البيانات أو لإظهار الفروقات بين مجموعات البيانات.



الصورة ٢–٦ يتم تحليل البيانات المجمعة من أنحاء كوكب الأرض باستخدام مجموعة متنوعة من الأدوات الإحصائية.

يمكن استخدام مجموعة متنوعة من الأدوات الإحصائية، مثل:

مؤشر لينكولن

يُستخدم مؤشر لينكولن لحساب حجم الجماعة الأحيائية التقديري. يتم ذلك باستخدام تقنية ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك وتطبيق المعادلة الآتية:

$$N = \frac{n_1 \times n_2}{m_2}$$

حيث:

N = حجم الجماعة الأحيائية التقديري.

n_1 = عدد الأفراد التي تم إمساكها في العيّنة الأولى.

n_2 = عدد الأفراد (المميزة بعلامة بالإضافة إلى تلك التي لا تتميّز بعلامة) والتي تم إمساكها في العيّنة الثانية.

m_2 = عدد الأفراد المميزة بعلامة وقد تمّ إعادة إمساكها في العيّنة الثانية.

مثال

استخدام مؤشر لينكولن

١. بعد جمع عيّنات عشوائية، تم إمساك 200 بطة، ووضع عليها علامة ثم أُعيد إطلاقها. بعد أربعة أسابيع، تم جمع عيّنات من 180 بطة لا توجد عليها علامة و 20 بطة عليها علامة في الموقع نفسه.

الخطوة ١: $n_1 = 200$

الخطوة ٢: $n_2 = 180 + 20 = 200$

الخطوة ٣: $m_2 = 20$

الخطوة ٤: $N = \frac{200 \times 200}{20}$

الإجابة: $N = 2000$

يشير هذا إلى أنه في الموقع الذي تم فيه جمع العيّنات، يكون تقدير عدد الجماعة الأحيائية للبط نحو 2000.

الآن استخدم البيانات التالية ومؤشر لينكولن لحساب حجم الجماعة الأحيائية. اكتب الخطوات التي اتبعتها للوصول إلى الإجابة.

تم استخدام طريقة ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك لتحديد عدد نسور السمك على جزيرة (الصورة ٢–٧). تم تسجيل البيانات الآتية:

١. عدد نسور السمك التي تم القبض عليها في البداية، ووضع علامة عليها ثم أُعيد إطلاقها = 22

٢. العدد الإجمالي لنسور السمك التي تم القبض عليها في العيّنة الثانية = 14

٣. عدد نسور السمك التي عليها علامة في العيّنة الثانية = 2



الصورة ٢–٧ نسر سمك أفريقي يصطاد سمكة من نهر.

لاحظ أن مؤشر لينكولن يأخذ ببعض الافتراضات:

- عدم وجود هجرة خارجية أو داخلية للجماعة الأحيائية. بمعنى آخر، الجماعة الأحيائية التي يتم دراستها هي جماعة مغلقة.
- الفترة الزمنية الفاصلة بين جمع العيّنات قليلة مقارنة بالعمر الافتراضي للكائن الحي الذي يتم جمع عيّنات منه.
- الكائنات الحية المميزة بعلامة قد اختلطت ببقية الجماعة الأحيائية في الفترة الزمنية بين جمع العيّنات.

مؤشر سيمبسون

يُستخدم مؤشر سيمبسون لحساب التنوع البيولوجي المقدّر في النظام البيئي (الصورة ٢–٨). ويؤخذ في الاعتبار كل من عدد الأنواع الموجودة (ثراء الأنواع) ووفرة كل نوع. يمكن استخدام مؤشر سيمبسون مع البيانات التي تُظهر أنواعًا، وأجناسًا، أو عائلات.



الصورة ٢–٨ سرب من الأسماك في نهر سوكوري، البرازيل.

ويتم إجراؤه باستخدام تقنيات جمع العيّنات الخطية بالمربع القياسي والمعادلة الآتية:

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

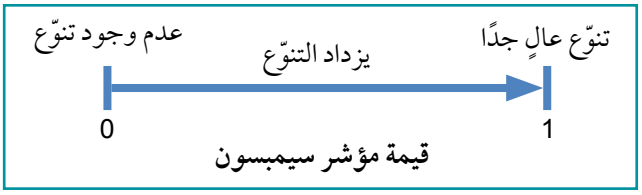
D = التنوع.

Σ = المجموع (الإجمالي).

n = عدد الأفراد من كل نوع موجود.

N = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع الموجودة في العيّنة.

يتراوح التنوع من 0 إلى 1؛ إذ يُمثّل 1 تنوعًا عاليًا جدًا و 0 يُمثّل عدم وجود تنوع. كلما اقتربت النتيجة من 1، ازداد التنوع.



قيمة مؤشر سيمبسون

مثال

استخدام مؤشر سيمبسون

٢. تم اختبار تنوع الغطاء النباتي في منطقة معيّنة بجمع العيّنات العشوائية باستخدام المربعات القياسية. يتم تسجيل عدد الأنواع النباتية في كل مربع، إضافة إلى عدد أفراد كلّ نوع.

النوع	العدد (n)
أ	5
ب	8
ج	2
د	7
هـ	3
المجموع	N = **25**

شاهد ما يحدث عندما تضع هذه الأرقام في مؤشر سيمبسون:

الخطوة ١: $D = 1 - \left(\Sigma\left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$

الخطوة ٢:

$$D = 1 - \left(\left(\frac{5}{25}\right)^2 + \left(\frac{8}{25}\right)^2 + \left(\frac{2}{25}\right)^2 + \left(\frac{7}{25}\right)^2 + \left(\frac{3}{25}\right)^2\right)$$

الخطوة ٣:

$$D = 1 - ((0.2)^2 + (0.32)^2 + (0.08)^2 + (0.28)^2 + (0.12)^2)$$

الخطوة ٤:

$$D = 1 - (0.04 + 0.1 + 0.006 + 0.08 + 0.01)$$

الخطوة ٥:

$$D = 1 - 0.236$$

الإجابة: $D = 0.76$

هنا يمثل 0.76 من الاحتمالية. هذا يعني أنه إذا اخترت أي فردَين من العيّنة عشوائيًا، فسيكون هناك احتمال بنسبة 76% أن يكون الفردان مختلفَين. وهذا يعني أن هناك تنوعًا بيولوجيًا كبيرًا.

الآن احسب التنوع البيولوجي في نهر ما باستخدام البيانات التالية ومؤشر سيمبسون (الصورة ٢-٩). اكتب الخطوات التي اتبعتها للوصول إلى إجابتك.


الصورة ٢-٩ سمكة سلور.

النوع	العدد (n)
السلمون المرقّط	83
الباس (القاروس)	65
الكارب (الشبوط)	110
السلور (القرموط)	9
المجموع	N = ...

النسبة المئوية للتكرار والتغطية باستخدام بيانات المربع القياسي

تعكس نسبة التكرار احتمال وجود نوع معيّن في مربع قياسي واحد في منطقة العيّنة.

$$\text{التكرار} = \frac{\text{عدد المربعات القياسية التي يوجد فيها النوع}}{\text{عدد المربعات القياسية الكلي}}$$

$$\text{النسبة المئوية للتكرار} = \frac{\text{عدد المربعات القياسية التي يوجد فيها النوع}}{\text{عدد المربعات القياسية الكلي}} \times 100$$

مثال

استخدام معادلة النسبة المئوية للتكرار

٣. أُجري استقصاء بهدف تحديد الفرق في المساحة التي تغطيها النباتات بين منطقتَين إحداهما يتوافر فيها دجاج وأخرى خالية منه (الصورة ٢-١٠). تم جمع عيّنات منتظمة باستخدام المقاطع في كلا المنطقتَين. رُصدت أزهار القرع في 6 مربعات قياسية من أصل 30 مربعًا في المنطقة التي يوجد فيها دجاج، في حين رُصدت أزهار من النوع ذاته في 20 مربعًا قياسيًّا من أصل 30 مربعًا في المنطقة الخالية من الدجاج.

(أ)



(ب)



الصورة ٢-١٠ منطقة (أ) يكثر فيها الدجاج وتُظهر كيف قُضِي على جميع النباتات فيها، مقارنةً بمنطقة أخرى (ب) تكون التغطية النباتية فيها جيدة ولا دجاج فيها.

النسبة المئوية للتكرار في المنطقة التي يتواجد فيها دجاج:

$$= \frac{6}{30} \times 100 = 20\%$$

النسبة المئوية للتكرار في المنطقة الخالية من الدجاج:

$$= \frac{20}{30} \times 100 = 66\%$$

إن عدد عيّنات المربعات القياسية التي جُمعت يؤثر على مصداقية النتائج. لذا لا بد أن يكون عدد العيّنات كبيرًا بما يكفي لضمان الدقة، على أن لا يكون العدد مبالغًا فيه بحيث يتعذر التعامل معه منطقيًا. وبما أن البيانات كمّية فإن ذلك يقلل من خطر تحيّز الباحث.

لنقم الآن بحساب التكرار في المثال الآتي:

نجم البحر المكلّل بالأشواك Crown-of-thorn starfish كائن حي مفترس، موطنه الطبيعي الشعاب المرجانية، ويتغذّى عليها. أدى الصيد الجائر للمفترس الرئيسي لنجم البحر وهو التريتون العملاق (Giant triton) (حلزون بحري كبير) من أجل الحصول على لحمه وقشرته، إلى ازدياد كبير في أعداد نجم البحر. وقد أثّرت هذه الزيادة الكبيرة في أعداده سلبًا على الشعاب المرجانية، فبات النظام البيئي غير متوازن.

استخدم البيانات الآتية لحساب تكرار الشعاب المرجانية الميتة عندما يكون نجم البحر المكلّل بالأشواك موجودًا.

أُجري استقصاء باستخدام العيّنات العشوائية والمربعات القياسية؛ لتحديد عدد الشعاب المرجانية الميتة في المناطق التي ازدادت فيها أعداد نجم البحر المكلّل بالأشواك على نحو كبير (الصورة ٢-١١).

وُجدت الشعاب المرجانية ميتة في 27 مربعًا قياسيًا من أصل 35 مربعًا في المناطق التي كثُر فيها نجم البحر المكلّل بالأشواك، في حين كانت الشعاب المرجانية ميتة في مربّعَين من أصل 35 مربعًا قياسيًا في المناطق التي لا يوجد فيها نجم البحر.

١. احسب نسبة تكرار الشعاب المرجانية الميتة في الحالتَين. وضّح كيف توصلت إلى إجابتك.

٢. ناقش الاستنتاجات التي يمكنك استخلاصها من هذه النتائج.



الصورة ٢-١١ مثال على نجم البحر المكلّل بالأشواك الذي يتغذى على الشعاب المرجانية في المحيط الهندي.

يمكن حساب **النسبة المئوية للتغطية Percentage cover** باستخدام الطريقة ذاتها. النسبة المئوية للتغطية هي المساحة التي يغطيها نوع معيّن، بدلًا من عدد الأفراد الموجودة. على سبيل المثال، في حالة النباتات مثل الحزازيات Mosses أو الأعشاب، من الصعب عدّ النباتات الفردية؛ لذا يقوم الباحث بتقدير نسبة المساحة التي يغطيها النبات في كل مربع قياسي. يتم استخدام تلك المعلومات بعد ذلك لحساب متوسط النسبة المئوية للتغطية في جميع المربعات التي تم جمع عيّنات منها.

مصطلحات علمية

النسبة المئوية للتغطية Percentage cover:
مقياس لمدى المساحة التي يشغلها كائن حي كنسبة مئوية من منطقة محددة.

تقييم ذاتي

١. هل تدرّبت من خلال الأمثلة التي شُرحت لك؟ هل باستطاعتك فهم كيفية استخدام كل صيغة إحصائية؟
٢. هل تمكّنت من العمل على أنشطة الإحصاء بنجاح باستخدام الأمثلة؟
٣. هل تفهم ما تعنيه نتائج حساباتك؟

الوفرة التقديرية باستخدام مقياس (ACFOR)

يمكن حساب **الوفرة Abundance** التقديرية باستخدام بيانات المربع القياسي ومقياس ACFOR النوعي. إن هذا الاستخدام يوفر نتائج أسرع من النسبة المئوية للتغطية، إلا أنه يعتمد على تقدير الفرد الذي يُجري الدراسة. بناءً على تقديرات الباحث يتوزع هذا التصنيف إلى الفئات التالية:

- وفيرة جدًا (**A**) : Abundant
- شائعة (**C**) : Common
- متكررة (**F**) : Frequent
- عَرَضية (**O**) : Occasional
- نادرة (**R**) : Rare
- غير موجودة (**N**) : None

من خلال هذا المقياس يمكننا استخدام حرف من الأحرف: A، C، F، O، R للدلالة على وفرة النباتات مثلًا في المربعات القياسية. يُستخدم الحرف N في حال لم يكن النبات موجودًا، في حين يُستخدم الحرف A إذا كان النبات يغطي معظم المربع القياسي. من فوائد استخدام هذا المقياس سهولته. ومع ذلك، توجد محددات لاستخدامه منها تحيّز الباحث (غالبًا ما يتم تقدير وفرة النباتات التي لها أزهار على نحوٍ مبالغ فيه، بينما يتم تجاهل النباتات غير اللافتة للنظر أو عدم الأخذ بأهميتها). إضافة إلى أن التقديرات تترك هامشًا للخطأ؛ إذ يجب أن يكون لدى الباحث معرفة عميقة ومتجذرة بعلم النباتات لتحديد التشابهات بين الأنواع المختلفة من النباتات.

لتقليل تحيز الباحث، استخدم مربعًا قياسيًا يتضمّن شبكة (10 × 10)، واحسب المربعات التي تشغل ما لا يقل عن نصف النباتات.

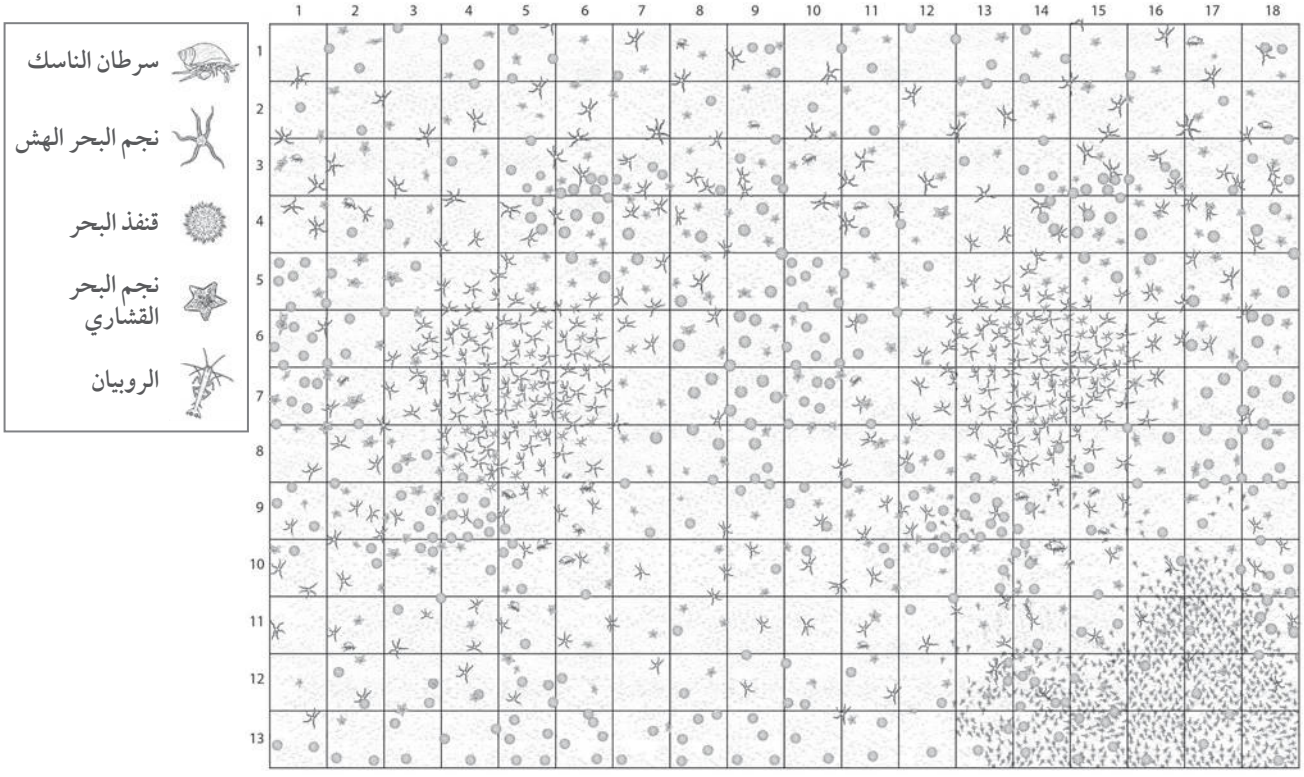
مصطلحات علمية

الوفرة Abundance:
حساب الوفرة يعني احتساب العدد الفعلي لكائن حيّ معيّن موجود. قد تكون الوفرة منخفضة، عندما يكون عدد الأفراد قليلًا. وتكون الوفرة كبيرة عندما يكون عدد أفراد الكائن الحي كبيرًا.

مثال

حساب النسبة المئوية للتغطية والوفرة التقديرية

٤. يوضح الشكل ٢-١١ قاع البحر، مقسمًا إلى شبكة من المربعات أبعاد كل مربع منها 0.5 m x 0.5 m. تمّت تسمية كل محور بأعداد لتحديد إحداثيات شبكة المربعات. أراد أحد العلماء حساب النسبة المئوية للتغطية التقديرية لنوعَين مكتظَّين (الأكثر تعدادًا)، نجم البحر الهش brittlestar والروبيان (أسفل يمين الشكل)، حيث كان من الصعب حساب عدد الكائنات الحية الفردية.



الشكل ٢-١١ الموطن البيئي لقاع البحر.

لحساب النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش، أحصى العالم جميع المربعات التي غطى فيها نجم البحر الهش غالبية المربع. لتسهيل الأمر، رسم العالم خطًا أزرق حول الجماعات الأحيائية لنجم البحر الهش التي كانت متجمعة معًا (الشكل ٢-١١)، وأحصى عدد كل هذه المربعات. إذا تم تغطية نصف مربعين تقريبًا، فسيتم جمعهما معًا لتكوين مربع كامل واحد. وبما أن هذا كان تقديرًا، فقد تحصل على قيم مختلفة قليلًا.

النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش:

$$= \frac{\text{عدد المربّعات القياسية المغطاة بنجوم البحر الهشة}}{\text{عدد المربّعات القياسية الكلّي}} \times 100$$

النسبة المئوية للتغطية لنجم البحر الهش:

$$= \frac{18}{234} \times 100$$

$$= 0.077 \times 100$$

$$= 7.7\%$$

١. هل ستؤدي هذه الطريقة إلى تقليل تقدير النسبة المئوية للتغطية لنجوم البحر الهشة أو إلى تقدير مبالغ فيه؟ اشرح أسبابك.

٢. احسب النسبة المئوية للتغطية للروبيان باستخدام الطريقة نفسها.

استخدم عالم آخر طريقة مقياس ACFOR لتقدير وفرة الأنواع في المنطقة نفسها. لقد اختار مربعًا عشوائيًا، وتم تقييم كل نوع فيه باستخدام مقياس ACFOR، كالآتي:

وفيرة جدًا Abundant = تغطية أكبر من 80%

شائعة Common = تغطية 61-80%

متكررة Frequent = تغطية 41-60%

عَرَضية Occasional = تغطية 21-40 %

نادرة Rare = تغطية 1-20%

غير موجودة None = تغطية 0%

تابع

النوع	مقياس ACFOR (مربع 3 x 17)
سرطان الناسك	N
نجم البحر الهش	O
قنفذ البحر	R
نجم البحر القشاري	R
الروبيان	N

٣. اختر مربعًا عشوائيًا آخر وقم بتقييم وفرة كل نوع باستخدام مقياس ACFOR.

٤. ناقش إيجابيات وسلبيات استخدام طريقة مثل مقياس ACFOR

أسئلة

(٩) اشرح الفرق بين المربع القياسي المفتوح والمربع القياسي الشبكي.

(١٠) متى يمكنك استخدام مؤشر لينكولن كأداة إحصائية؟

(١١) ما الذي يمكن تحديده باستخدام البيانات التي تُجمع بواسطة المربعات القياسية؟

(١٢) اشرح كيف يتم استخدام المصائد الشراكية أو جمع العيّنات بالركل في الميدان لجمع عيّنات من الأنواع المتنقلة.

(١٣) متى يكون استخدام تقنية «ضع علامة – أطلق – أعد الإمساك» أكثر مناسبة؟

التخطيط لاستقصاء بيئي

الاستقصاء البيئي عملية تتبع المنهج العلمي. وهو يُستخدم لتحديد المخاطر البيئية أو المشكلات القائمة (الصورة ٢-١٢). قد تتراوح الاستقصاءات البيئية ما بين الاستقصاءات البيئية السريّة (لتحديد ما إذا كان يتم إحداث ضرر بيئي من خلال أنشطة غير قانونية، مثلًا)، واستخدام البيانات لضمان أن التطوير المقترح يسبب أقل ضرر بيئي ممكن.

يجب أن يبدأ الاستقصاء البيئي بسؤال أو مشكلة محددة، ومن هنا يطوّر الباحث فرضيته. وبمجرد تحديد الفرضية، يجب تصميم خطة لجمع البيانات لإثبات الفرضية أو دحضها.



الصورة ٢-١٢ باحث يقوم بجمع عيّنات من التربة في حقل أناناس.

عادةً ما يكون هناك مبدأ أساسي يدعم الفرضية، على سبيل المثال، قد تكون فرضيتك: «كمية الأمطار تتناقص مع مرور الزمن في مدينة صلالة». المبادئ الأساسية التي تدعم هذه الفرضية قد تتضمن مناقشات تتعلق بسجلات وبيانات تغير المناخ في المنطقة والتغيرات في الغطاء النباتي (انخفاض الغطاء النباتي أو حدوث التصحر بسبب الرعي الجائر وزيادة أعداد المواشي في المنطقة أو حدوث التصحر، إلخ). وقد يثبت أن هذه الفرضية غير صحيحة. على سبيل المثال، قد يكون التغير في كمية المياه المتوافرة ناجمًا عن الإفراط في استخدامها من قبل الناس في المنطقة، أو زيادة السكان بسبب زيادة أعداد السيّاح في موسم الخريف.

ثم يتنبأ الباحثون بالنتيجة المتوقعة. قد تستند هذه التنبؤات إلى أعمال تجريبية سابقة أو حقائق علمية مثبتة تدعم نتيجة محتملة معيّنة (المبدأ الذي يدعم الفرضية). وقد تثبت عدم صحة التنبؤات والفرضيات على حدٍ سواء.

عند التخطيط للطرائق التي سيتم استخدامها، يحتاج الباحث إلى مراعاة الأمور الآتية:

- كيف سيتم جمع البيانات؟
- هل تتوافر بيانات أخرى يمكن استخدامها لتطوير النتائج؟
- ما المعدات اللازمة؟
- ما التكاليف اللازمة؟
- هل من الممكن جمع البيانات ذات الصلة بالموارد المتاحة؟

بعد أن يجمع الباحثون البيانات، يتم تحليل النتائج؛ لتحديد ما تكشفه. ثم يتوصل الباحثون إلى استنتاجات بناءً على كل من البيانات التي تم جمعها والمعلومات المتوافرة. إذا ثبت أن الفرضية غير صحيحة، فيجب أن يبدأ الاستقصاء من جديد لمعرفة سبب المشكلة التي تم تحديدها.

دراسة حالة موسعة

استكشاف أسرار التنوع البيولوجي البحري باستخدام التكنولوجيا

يعمل العلماء والمهندسون معًا لتصميم طرائق مبتكرة جديدة لجمع البيانات الحيوية وغير الحيوية اللازمة لكشف الأسرار البيئية للمحيط الأزرق العميق والكائنات التي تعيش على حوافه الساحلية. تستخدم هذه التقنيات أحدث التكنولوجيا والطرائق لجمع عيّنات من البيئة، الأمر الذي يعني أنه يمكن جمع البيانات من أماكن لم يتم مسحها من قبل.

روبوتات بلح البحر Robomussels

تستخدم مؤسسة الدراسات متعددة التخصصات للمحيطات الساحلية PISCO «روبوتات بلح البحر Robomussels» لمراقبة كيفية تأثير العوامل غير الحيوية على التنوع البيولوجي للشواطئ الصخرية. فروبوتات بلح البحر هي أجهزة تسجيل بيانات تشبه بلح البحر الحقيقي وتغيّر درجة حرارتها (الصورة ٢-١٣). عند تثبيتها على الشواطئ الصخرية يمكن استخدامها لتسجيل درجات حرارة مجموعات بلح البحر، ثم يتم استخدام هذه البيانات لمراقبة آثار الاحتباس الحراري والتنبؤ بها.



الصورة ٢-١٣ روبوت بلح البحر.

هياكل مراقبة الشعاب المرجانية المستقلة (ARMS)

يتم اتّباع طريقة مختلفة من قبل مشروع التنوع البيولوجي البحري العالمي سميثسونيان Smithsonian's Global Marine Biodiversity Project. يستخدم هذا المشروع هياكل مراقبة الشعاب المرجانية المستقلة ARMS، وهي مكعبات تحتوي على طبقة من الصفائح التي تحاكي الشقوق والفجوات في الشعاب المرجانية. تم تصميم هذه المعدّات لتستعمرها الحيوانات اللافقارية الصغيرة والطحالب (Cryptofauna) التي تعيش في قاع المحيط بدلًا من الحيوانات الفقارية المعروفة. يتم وضع ARMS على قاع المحيط وتركها لمدة تتراوح بين سنة وثلاث سنوات. توفر ARMS طريقة معيارية لقياس ومقارنة كمية التنوع البيولوجي بين المجتمعات الأحيائية للشعاب المرجانية العالمية.

تابع

لقد استخدم الغواصون ARMS لمراقبة الشعاب المرجانية في المياه الضحلة. أما الآن فيمكن نشر ARMS باستخدام الغواصات، في الشعاب العميقة لاستكشاف الدور الذي قد تؤدّيه هذه الشعاب العميقة في بقاء الشعاب الضحلة. ومع مرور الوقت، يأمل العلماء أن تتمكن ARMS من مراقبة تأثير ارتفاع درجة الحرارة وحامضية المحيطات على الشعاب المرجانية.

الغواصات فائقة السرعة

تُعدّ أعمق نقاط الأرض، كخنادق أعماق البحار، من أصعب المواطن البيئية البحرية استكشافًا، وقد تمكّن علماء البحار منذ عدة سنوات من مراقبة وجمع عيّنات من الرواسب القاعية باستخدام مركبات يتم تشغيلها من بُعد ROVs أو بإسقاط أجهزة حفر طويلة من سفن المسح إلى قاع المحيط.

تعتبر الغواصات فائقة السرعة تطورًا مثيرًا يُستخدم في الآونة الأخيرة، إذ تعمل على نقل الناس إلى أعمق أجزاء المحيطات. وقد جرى أول غوص لاستكشاف خندق ماريانا Mariana Trench في المحيط الهادئ الغربي في عام 1960 م من قبل الملازم في البحرية الأمريكية دون والش Don Walsh والمهندس السويسري جاك بيكارد Jacques Piccard على متن سفينة تدعى باتيسكاف تريبستي Bathyscaphe Trieste. ثم قام مخرج الأفلام جيمس كاميرون James Cameron بعد نصف قرن في عام 2012م بالغوص في غواصته ديب سي تشالنجر Deep Sea Challenger. وفي مايو 2019م، قام المستكشف البحري فيكتور فيسكوفو Victor Vescovo بقيادة غواصته المصنوعة من التيتانيوم، مركبة الغوص العميق "DSV" Limiting Factor، بمفرده (الصورة ٢-١٤).



الصورة ٢-١٤ غواصة فيكتور فيسكوفو، DSV Limiting Factor.

أصبح فيسكوفو Vescovo أول شخص يصل إلى أعمق جزء من خندق ماريانا على عمق 10 972 m، وقد اكتشف خلال رحلته ثلاثة أنواع جديدة من الحيوانات البحرية: مزدوجات الأرجل Amphipod، أفعوانية الذيل Spoon worm (الدودة الملعقية)، وسمكة الحلزون الوردية Pink snailfish، إضافة إلى أنه وجد دليلًا على احتمال وجود نفايات بلاستيكية في أعماق المحيطات، والتي تبيّن وصول النفايات البشرية البلاستيكية إلى أعماق المحيطات قبل وقت طويل من وصول الإنسان إليها.

تابع

لم يتوقف فيسكوفو وفريقه عند المحيط الهادئ، بل كانت رحلتهم الاستكشافية «بعثة الأعماق الخمسة Five Deeps Expedition» هي الأولى التي تصل إلى أعمق نقطة في كل من المحيطات الأخرى: خندق بورتوريكو Puerto Rico Trench في المحيط الأطلسي وخندق ساوث ساندويتش South Sandwich Trench في المحيط الجنوبي، خندق جاوة Java Trench في المحيط الهندي، وعمق مولوي Molloy Deep في المحيط المتجمد الشمالي (الشكل ٢-١٢). كانت الغواصة مصحوبة بسفينة بحث واستكشاف تسمى DSSV Pressure Drop، مجهزة بمختبرات جافة ورطبة إضافة إلى جهاز سونار Sonar (جهاز تحديد مواقع الأجسام باستخدام موجات الصوت) متعدد الحزم وعالي الدقة وقادر على رسم خرائط قاع البحر.

تم إجراء استكشاف علمي إضافي بواسطة ثلاث مركبات قاعية تسمى فلير Flere وسكاف Skaff وكلوسب Closp. كانت الغواصة والمركبات القاعية مزودة بكاميرات فيديو وإضاءة إضافة إلى صناديق بيولوجية يمكنها تخزين العيّنات الجيولوجية والبيولوجية.

أحد الأهداف الرئيسة للرحلة، إلى جانب اكتشاف مخلوقات جديدة تعيش في قاع المحيط هو المساعدة في فهم الأنماط الحياتية المختلفة والتكيفات والسلوكات التي تساعدها على البقاء في منطقة الهاديال Hadal zone (المنطقة الهاوية - أعمق منطقة في المحيطات). وقد استقصى علماء البحار تأثير النشاط الزلزالي المتكرر على التنوع، والحجم، والعمر، والتكاثر في المجتمعات الأحيائية التي تعيش في خنادق أعماق البحار.

صيدلية أعماق البحار

قد تثبت الفتحات البحرية العميقة أنها مصدر لأدوية صيدلانية جديدة حيث تسكنها كائنات حيّة في ظروف قاسية وذات كيمياء حيوية فريدة وغير مألوفة، الأمر الذي يمكّنها من البقاء في درجات حرارة وضغط ودرجة حموضة قاسية. يعمل علماء البحار على التنقيب البيولوجي في الرواسب القاعية عن طريق إسقاط جهاز حفر طويل من سفن المسح إلى قاع المحيط. تكون الكائنات الحية التي في الرواسب حساسة للضغط وتحتاج إلى غرف ضغط عالٍ للبقاء والنمو في المختبرات التي بمستوى سطح البحر. يستخرج الباحثون المركبات النشطة بيولوجيًا التي تُنتجها هذه الكائنات ويعملون على اختبارها لمعرفة خصائصها. كما يتم استخدام سمك الزرد Zebrafish (السمك المخطط) لاختبار الأدوية الجديدة لأنها تتمتع بفيسيولوجيا مشابهة للبشر. أحد هذه الأدوية المفيدة هو من البكتيريا *Dermacoccus abyssi*. وهي بكتيريا موجودة في رواسب خندق ماريانا. تنتج هذه البكتيريا مركبات الديرماكوزين Dermacozines، وهو دواء جديد قد يساعد في الحماية من الطفيل المسبب لمرض النوم الأفريقي.



الشكل ٢-١٢ بعثة الأعماق الخمسة.

تابع

تُستَخدم الأقمار الصناعية لتتبع الجماعات الأحيائية المتنقلة، مثل سلاحف منقار الصقر Hawksbill turtles (سلاحف بحرية)، بحيث يتم تثبيت جهاز إرسال على السلحفاة، وكلما ظهرت على السطح، يتم إرسال إشارة إلى الأقمار الصناعية فوق المحيط. يساعد موقع الأقمار الصناعية التي تستقبل الإشارة على تحديد موقع السلحفاة (الصورة ٢-١٥).



الصورة ٢-١٥ سلحفاة منقار الصقر مزوّدة بجهاز تتبّع عبر الأقمار الصناعية.

طرائق أخرى لجمع البيانات

يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرسم خريطة البيانات الجغرافية لمنطقة معيّنة. يظهر الشكل ٢-١٣ كيف تم استخدام هذا بالتزامن مع صور الأقمار الصناعية لرسم خريطة تسرب نفطي قبالة سواحل المكسيك.

يُعدّ جمع البيانات الجماعي أو حشد المصادر Crowd sourcing أيضًا طريقة شائعة لتتبع أعداد أفراد الجماعة الأحيائية. هناك العديد من المواقع والتطبيقات، مثل iNaturalist و Zooniverse، التي يمكن أن يستخدمها عامة الناس لتسجيل مشاهدات لحياة برّية معيّنة. توفر البيانات التي يتم جمعها وقتًا وموقعًا، ويمكن استخلاص تقديرات أعداد الجماعة الأحيائية من هذه البيانات.

أسئلة

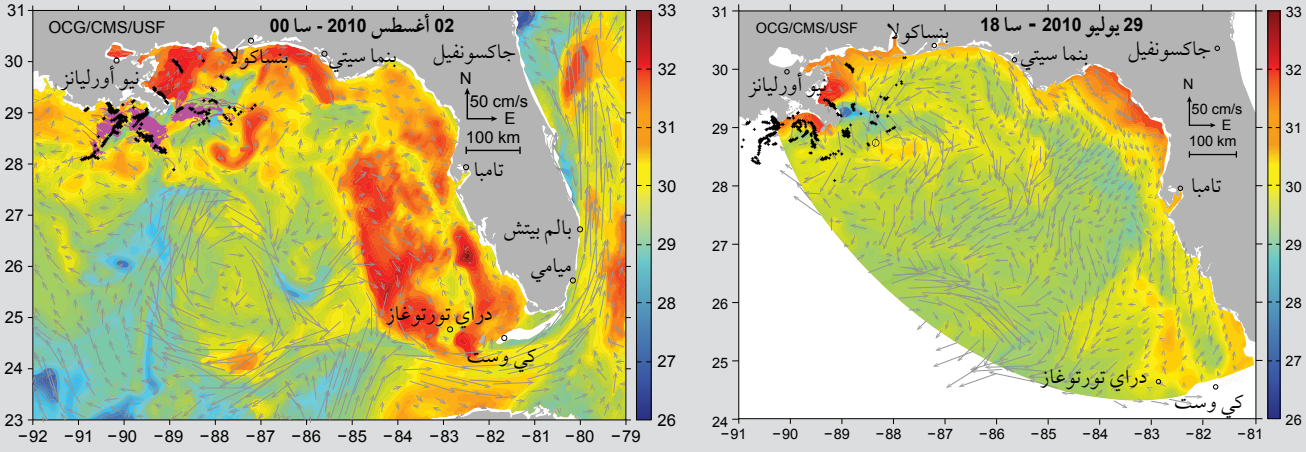
١. اقترح سبب اختبار بعثة الأعماق الخمسة للروابط الجينية بين العيّنات البيولوجية التي جمعت من الأعماق الخمسة.

٢. كانت غواصة (مركبة الغوص العميق) DSV Limiting Factor قادرة على قياس الظروف غير الحيوية في كل من مواقع الغوص الخمسة المختلفة. استخدم الخريطة في الشكل ٢-١٣ للتنبّؤ بما إذا كانت الفروقات في درجة الحرارة والضغط قد تؤدي إلى وجود تنوع بيولوجي مختلف للكائنات الحية.

٣. تعمل البعثات العلمية البحرية في مواقع نائية جدًا بعيدًا عن اليابسة. اقترح احتياطات السلامة التي يجب أن يتخذها قبطان سفينة الأبحاث.

٤. اقترح الفوائد التي يمكن أن توفرها غواصة يقودها البشر لاستكشاف المواطن البيئية البحرية بدلًا من استخدام هياكل مراقبة الشعاب المرجانية ذاتية التشغيل ARMS أو مركبة يتم تشغيلها عن بُعد ROV.

٥. تم اكتشاف ستة أنواع جديدة من الإسفنج البحري (A–F) في المواطن البيئية البحرية. أنتج كل نوع من الإسفنج مضادًا حيويًا مختلفًا ضد بكتيريوم مقاومة للأدوية.



الشكل ٢-١٣ صور تظهر حركة تسرب النفط من منصة Deep Water Horizon بين 29 يوليو 2010 و 2 أغسطس 2010 م.

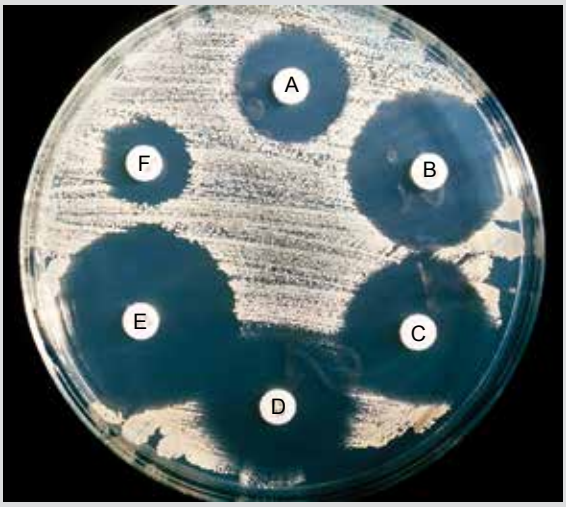
تابع

في تجربة أخرى، تم زراعة طبقة من البكتيريوم المقاومة للأدوية على طبق آجار (الصورة ٢-١٦)، ثم وُضعت أقراص بيضاء يحتوي كل منها على مضاد حيوي أنتجه نوع من الإسفنج على طبقة البكتيريوم وتركت لمدة 24 ساعة. ثم تم قياس تأثير كل مضاد حيوي وذلك بقياس نصف قطر منطقة التثبيط الخاصة به. منطقة التثبيط هي منطقة لا يمكن للبكتيريا النمو فيها بسبب إنتاج المضاد الحيوي. في الصورة ٢-١٦، منطقة التثبيط هي قطر المنطقة التي تخلو من النمو البكتيري حول كل قرص (A–F).

أ. صِف متغيرًا ضابطًا لكل قرص من أقراص المضاد الحيوي (A–F) من شأنه أن يساعد في ضمان اختبار عادل.

ب. أي إسفنج بحري (A–F) هو الأكثر فاعلية ضد نمو هذه البكتيريوم المقاومة للأدوية؟ اشرح إجابتك.

ج. اقترح أسبابًا قد تجعل الباحثين في مجال الطب يختارون إجراء تجارب سريرية باستخدام عدد من المضادات الحيوية المكتشفة وليس فقط بالمضاد الحيوي E.



الصورة ٢-١٦ تأثير المضادات الحيوية التي تنتجها ستة أنواع جديدة من الإسفنج البحري (A–F).

ملخّص

المنهج العلمي إجراء يتضمن الملاحظة المنهجية والقياس والتجربة لإثبات الفرضية أو دحضها.
يمكن جمع البيانات النوعية والكمّية.
يجب تجنّب التحيز العلمي عند اختبار الفرضية.
يتم تشكيل النظرية العلمية من خلال الاختبار العلمي المتكرر وإثبات فرضية.
جمع البيانات من العمل الميداني معقد بسبب العديد من المتغيرات. قد ينتج منه مجموعات كبيرة من البيانات.
قد تكون طرائق جمع العيّنات إما عشوائية أو منتظمة، بما في ذلك استخدام العيّنات النقطية، وعيّنات المقاطع الخطية.
يمكن استخدام تقنيات مختلفة للعمل الميداني، ومنها: المربعات القياسية، والمصائد الشّراكية، وشباك اصطياد الحشرات، وجمع العيّنات بالركل. يجب اختيار التقنية الصحيحة لكل استقصاء.
التحليل الإحصائي للبيانات مهم لإثبات الفرضية أو دحضها.

أسئلة نهاية الوحدة

١ باستخدام مجموعات البيانات الآتية ومؤشر سيمبسون:

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

- منطقة في غابة النرويج تحتوي على 122 شجرة صنوبر راتينجي و 31 شجرة تنوب و 42 شجرة صنوبر أحمر.
- حديقة وطنية في أفريقيا تحتوي على 8 أسود، و 17 وحيد قرن، و 1219 إمبالا (الظباء الأفريقية)، و 42 فيلًا، و 12 ضبعًا.

أ. احسب مؤشر تنوع سيمبسون لكل موقع. **[8]**

ب. قارن الفروقات في التنوع بين الموقعَين المذكورَين أعلاه. **[2]**

[المجموع: 10]

٢ تم جمع عيّنات من السلمون في موقع في المحيط الأطلسي مرة واحدة في السنة وفحصها للتأكد من وجود قمل البحر.

يوضح الجدول ٢-٦ نسبة السلمون المصاب بقمل البحر في المحيط الأطلسي بين عامَي 2007 و 2016 م.

العام	عدد أسماك السلمون التي تم اصطيادها في موقع جمع العيّنات	نسبة أسماك السلمون المصابة بقمل البحر (%)
2007	356	1.7
2008	302	4.3
2009	340	4.4
2010	253	4.6
2011	307	6
2012	105	7.4
2013	68	5.3
2014	35	8.2
2015	32	8.9
2016	15	11.4

الجدول ٢-٦

أ. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضّح التغيرات في عدد أسماك السلمون كل عام. **[4]**

ب. صِف نمط التمثيل البياني. **[2]**

ج. قيِّم الأدلة التي تشير إلى أن قمل البحر يؤثر على صحة السلمون. **[4]**

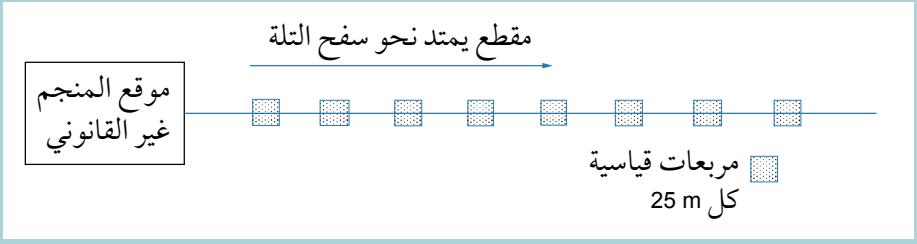
[المجموع: 10]

أفعال إجرائية

قيِّم **Evaluate**: تقييم شيء ما، أي الحكم على جودته أو أهميته أو كميته أو قيمته.

تابع

٣ رغب عالِم بيئة في تحديد ما إذا كانت التربة عند سفح التلة المنحدرة من منجم ذهب غير قانوني ملوثة بالزئبق، فجمع عيّنات تربة كتلتها 500 g من ثمانية مواقع (مربعات قياسية)، يبعد كل منها عن الذي يليه 25 m، على طول مقطع يمتد من المنجم نحو الأسفل، كما هو موضح في الشكل ٢-١٤.



الشكل ٢-١٤

اقترح الباحث طريقتَين:

الطريقة ١:

- غربلة كل عيّنة تربة كتلتها 500 g على نحوٍ منفصل لإزالة أي حجارة، أو مواد نباتية وحيوانية.
- يوضع 100 g من كل عيّنة في كيس واحد وخلطها جيدًا.
- اختبار العيّنة المختلطة للتعرّف على مستويات الزئبق.

الطريقة ٢:

- غربلة كل عيّنة تربة كتلتها 500 g على نحوٍ منفصل لإزالة أي حجارة، أو مواد نباتية وحيوانية.
- اختبار كل عيّنة بشكل فردي لمعرفة مستوى الزئبق في كل منها.
- تسجيل النتائج لكل عيّنة.

أ. اذكر ميزة واحدة لاستخدام الطريقة ١ مقارنة بالطريقة ٢. **[1]**

ب. من خلال الطريقة ٢، استخدم الباحث مقطعَين كل منهما من ثمانية مربعات قياسية وحصل على النتائج الموضحة في الجدول ٢-٧:

مستوى الزئبق في التربة (mg / kg من التربة)		
المربع القياسي	المقطع (1)	المقطع (2)
1	73.8	81.4
2	45.8	59.0
3	36.1	47.1
4	20.4	22.3
5	9.8	11.2
6	4.5	6.1
7	2.2	3.4
8	0.7	2.1

الجدول ٢-٧

تابع

١. مثّل المعلومات الواردة في الجدول تمثيلًا بيانيًا خطيًا. **[4]**

٢. صِف الاتجاه Trend الذي يظهره التمثيل البياني واقترح تفسيرًا للنتائج. **[4]**

٣. احسب مدى المقطع 1. **[1]**

ج. اقترح العالِم الفرضية الآتية: «**تنخفض تراكيز الزئبق في التربة بزيادة البُعد عن موقع المنجم**». بالإشارة إلى الجدول ٢–٧، اذكر ما إذا كانت هذه الفرضية صحيحة أم خاطئة. **[3]**

حقائق عن الزئبق

- الزئبق هو معدن ثقيل سام للكائنات الحية.
- الزئبق ضار إذا تم استنشاقه وقد يتم امتصاصه من خلال الجلد السليم.
- قد يتسبّب التعرض للزئبق بفشل الأعضاء، وبالسرطانات، وبتلف الدماغ، وحتى بالموت.
- قد يتسبّب الزئبق بحدوث ضرر للعينَين والرئتَين.
- يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة عندما تصل تراكيز الزئبق إلى 0.3 mg / kg في التربة.

د. بالإشارة إلى المعلومات الواردة في الشكل ٢–١٣ والجدول ٢–٨ و «حقائق عن الزئبق»، اكتب استنتاجًا مناسبًا حول المخاطر الصحية لكل من المنقّبين في المناجم غير القانونية، والباحثين الذين يعملون في الموقع. **[6]**

[المجموع: 19]

٤ أظهرت دراسة للفقمة الحلقية أن معدتها احتوت على مجموعة متنوعة من الفرائس اللافقارية: 73 سلطعونًا، 55 محارة، 47 حلزونًا، 32 من مزدوجات الأرجل، و 18 كريل شماليًا.

١. احسب، لأقرب رقم صحيح، متوسط اللافقاريات في معدة الفقمة، وضّح خطوات عملك. **[2]**

٢. استخدم مؤشر سيمبسون للتنوع (D) لحساب التنوع البيولوجي في نظام غذاء الفقمة.

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

Σ = المجموع (الإجمالي).

n = عدد الأفراد من كل نوع مختلف.

N = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع. **[2]**

٣. تم العثور على جماعة أحيائية مختلفة من الفقمة الحلقية لديها مؤشر تنوع أعلى للأنواع. إلامَ يشير مؤشر التنوع العالي للأنواع بخصوص الموطن البيئي؟ **[2]**

[المجموع: 6]

تابع

٥ تم جمع عيّنات من شاطئَين صخريَّين باستخدام المربعات القياسية. وقد وُجد في عيّنات المقطع الخطّي للشاطئ الصخري A: 320 محارة، 335 حلزونًا بحريًا، و 345 برنقيل (قشريات). في حين وُجد في عيّنات المقطع الخطّي للشاطئ الصخري B: 20 محارة، 39 حلزونًا بحريًا، و 941 برنقيل (قشريات).

أ. ما هو ثراء الأنواع لكل شاطئ صخري؟ **[1]**

ب. تنبّأ: أيّ شاطئ صخري لديه تنوع بيولوجي أكبر؟ **[3]**

ج. استخدم مؤشر سيمبسون للتنوع (D) لحساب التنوع البيولوجي للشاطئ الصخري A. وضّح خطوات عملك وأعط إجابتك مقرّبة إلى أقرب 3 أرقام عشرية.

$$D = 1 - \left(\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2\right)$$

حيث:

Σ = المجموع (الإجمالي).

n = عدد الأفراد من كل نوع مختلف.

N = العدد الإجمالي للأفراد من جميع الأنواع. **[2]**

أفعال إجرائية

برّر **Justify**: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

د. مؤشر سيمبسون للتنوع للشاطئ الصخري B هو 0.113.

برّر: أيّ شاطئ صخري لديه التنوع البيولوجي الأقل؟ **[1]**

[المجموع: 7]

٦ صِف طريقة جمع عيّنات منتظمة لاستقصاء توزيع ووفرة الكائنات الحية التي تعيش في منطقة الشاطئ بين المد العالي والمد المنخفض على شاطئ صخري. **[10]**

[المجموع: 10]

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف كيف يتضمن المنهج العلمي التفاعل بين الملاحظات وصياغة الفرضيات واختبارها وتقييمها.				١-٢
أصيغ الفرضيات بناءً على الملاحظات أو البيانات التجريبية.				١-٢
أخطط استقصاءات يتم فيها ضبط المتغيرات وجمع النتائج الكميّة.				١-٢
أشرح مصطلحَي المتغيّر المستقل والمتغيّر التابع وأحدد كل نوع في تجربة معيّنة.				١-٢
أفسّر البيانات لتحديد ما إذا كانت تدعم أو تدحض الفرضية التي يتم اختبارها.				١-٢
أشرح كيف تؤدي المحددات في قياس البيانات إلى عدم اليقين في النتائج.				١-٢
أصف كيف يمكن للفرضية التي يتم دعمها باستمرار بالملاحظة والاستقصاء أن تصبح نظرية.				١-٢
أعرّف مصطلحَي الموثوقية والتحيز وأشرح أهميتهما للاستقصاءات البيئية.				١-٢
أذكر أن استراتيجيات جمع العيّنات تُستخدم لجمع البيانات التمثيلية.				٢-٢
أشرح كيف تهدف استراتيجيتا جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة إلى ضمان توزيع العيّنات بشكل جيد مع تقليل خطر التحيّز.				٢-٢
أصف وأشرح العوامل التي تؤثر على مدى ملاءمة استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية أو المنتظمة للدراسات المختلفة متضمنًا الحجم وسهولة الوصول والمعرفة بالبيئة.				٢-٢
أقيّم اختيار استراتيجيتَي جمع العيّنات العشوائية والمنتظمة في سياقات مألوفة وغير مألوفة.				٢-٢
أصف التقنيات المستخدمة لجمع بيانات العيّنات.				٢-٢
أصف فوائد ومحددات تقنيات جمع العيّنات المختلفة.				٢-٢

قائمة تقييم ذاتي (تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أختار تقنية جمع عيّنات مناسبة وأستخدمها لجمع البيانات البيئية.				٢-٢
أستخدم البيانات لـ: • أحسب الحجم المقدّر للجماعة الأحيائية باستخدام مؤشر لينكولن (سيتم تضمين مؤشر لينكولن). • أحسب التنوع البيولوجي المقدّر باستخدام مؤشر سيمبسون للتنوع (سيتم تضمين مؤشر سيمبسون). • أقدّر النسبة المئوية للتغطية والتكرار باستخدام بيانات المربعات القياسية. • أقدّر الوفرة باستخدام بيانات المربعات القياسية.				٢-٢



الوحدة الثالثة

التفاعلات في النظم البيئية البحرية

Interactions in Marine Ecosystems



أهداف التعلّم

٣-١ يعرّف المصطلحات الآتية: التطفل، والتعايش والتبادل، ويذكر أنها كلها أمثلة على العلاقات التكافلية.

٣-٢ يصف العلاقة التطفلية بين مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية.

٣-٣ يصف العلاقة التعايشية بين أسماك شيطان البحر وأسماك الريمورا.

٣-٤ يصف العلاقة التبادلية بين سرطان البحر الملاكم وشقائق النعمان.

٣-٥ يشرح أن المنتجات يمكن أن تكون كائنات حية تقوم بالتمثيل الضوئي أو التمثيل الكيميائي.

٣-٦ يعرّف الإنتاجية بأنها معدل إنتاج الكتلة الحيوية لكل وحدة مساحة أو حجم لكل وحدة زمنية، ويشرح كيف يمكن أن تؤثر الإنتاجية الأولية العالية على السلاسل الغذائية.

٣-٧ يحسب ويفسر فقدان الطاقة على طول السلسلة الغذائية.

٣-٨ يرسم ويصف ويفسّر أهرامات الأعداد والكتلة الحيوية والطاقة، بما في ذلك تلك التي تحتوي على الطفيليات وفترات ازدهار العوالق النباتية مثل ازدهار الطحالب.

٣-٩ يعرّف المغذي على أنه مادة يحتاج إليها الكائن الحي للنمو أو الإصلاح أو الطاقة أو الأيض الطبيعي.

٣-١٠ يشرح أن بعض المغذيات تزوّد الكائنات الحية بمصدر للعناصر الأساسية وأن هذه العناصر لها أدوار حيوية مهمة:

- النيتروجين الذي يستخدم في تكوين البروتينات و DNA
- الكربون الذي يستخدم في تكوين كافة المركبات العضوية
- المغنيسيوم الذي يستخدم في تكوين الكلوروفيل
- الكالسيوم الذي يستخدم في تكوين العظام والأصداف والهياكل المرجانية
- الفوسفور الذي يستخدم في تكوين DNA والعظام.

٣-١١ يذكر أن المغذيات يمكن أن تشمل غازات مثل CO_2، وأيونات مثل Mg^{2+}، و CO_3^{2-}، و PO_4^{3-}، و NO_3^-، ومركبات عضوية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.

٣-١٢ يذكر أن بعض المغذيات قابلة للذوبان وأن هناك مخزونًا لهذه المغذيات الذائبة في المحيط وهو متاح للمنتجات والمستهلكات.

٣-١٣ يشرح سبب محدودية الإنتاجية بفعل توافر المغذيات الذائبة.

٣-١٤ يشرح العمليات التي يتم من خلالها تجديد مخزون المغذيات الذائبة، بما في ذلك ذوبان غازات الغلاف الجوي، والإخراج والتحلل، وارتفاع التيارات الصاعدة للمياه، والجريان السطحي، والنشاط التكتوني.

٣-١٥ يذكر أن مخزون المغذيات الذائبة ينضب بسبب امتصاصها بواسطة الكائنات الحية.

٣-١٦ يلخص كيف ينقل الثلج البحري المواد العضوية التي تحتوي على الطاقة من المياه السطحية إلى عمق المحيط.

٣-١٧ يشرح أن المغذيات التي تمتصها الكائنات الحية في السلاسل الغذائية يمكن إزالتها عن طريق الحصاد.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

- فكّر من خلال العمل في مجموعات صغيرة في أكبر عدد ممكن من الطرائق التي قد تتفاعل بها الكائنات الحية من أنواع مختلفة فيما بينها. نظِّم قائمتك في تفاعلات إيجابية وتفاعلات سلبية.
- ناقش من خلال العمل في مجموعة ثنائية ما تعرفه عن السلاسل الغذائية، وارسم إن أمكن سلسلة غذائية بسيطة مع مسمياتها.
- اكتب أمثلة على مغذيات سمعت عنها وأسباب حاجة الكائنات الحية إليها.

العلوم البيئية ضمن سياقها

أهمية العوالق النباتية

يعتمد ثلاثة مليارات من البشر تقريبًا على النظم البيئية البحرية في غذائهم، فهم يحصلون على غالبية البروتين في نظامهم الغذائي من الأسماك المستخرجة من البحار أو من مزارع الأسماك والكائنات البحرية الأخرى. وربما لا يدركون أن مصدر الكثير من الطاقة في طعامهم يأتي من كائنات حية دقيقة تسمى العوالق النباتية Phytoplankton، وهو مصطلح أصله يوناني ويعني «النباتات المنجرفة» (drifting plants)، وهي كائنات حية دقيقة مجهرية تطفو في الطبقات العليا للمياه التي يصلها ضوء الشمس. كما أنها تحتوي على الكلوروفيل، مثل نباتات اليابسة، الذي يمكّنها من القيام بعملية التمثيل الضوئي. تقوم العوالق النباتية بأكثر من نصف عملية التمثيل الضوئي على سطح الأرض، وتنتج ما يصل إلى 160 مليار طن من **الكربوهيدرات Carbohydrate** كل سنة.

قدرة العوالق النباتية على امتصاص الطاقة الموجودة في ضوء الشمس وتثبيتها في الكربوهيدرات ضرورية للحياة في المحيطات. ويجب على الكثير من المستهلكات أن تحصل على طاقتها من تناول العوالق النباتية مباشرة أو من أكل الحيوانات الأخرى التي تغذّت على العوالق النباتية. ويستفيد الإنسان من العوالق النباتية حتى ولو لم يتغذَّ على المأكولات البحرية، إذ إن مصدر أكثر من نصف الأكسجين الذي يتنفّسه الإنسان يأتي من عملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها العوالق النباتية.

يستخدم البرنامج المدني Civilian space programme لوكالة الفضاء الأمريكية – ناسا (NASA) صور الأقمار الاصطناعية لمراقبة مستويات العوالق النباتية في المحيطات، ويقارن لون الماء بلون الكلوروفيل والأصباغ الأخرى. وقد وجدت ناسا انخفاضًا في أعداد العوالق النباتية بشكل عام على مدى العقد الماضي؛ قد يعود ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة سطح المحيطات، الأمر الذي يقلل من اختلاط طبقات الماء السفلية الغنية بالمغذّيات بالطبقات العليا المعرضة للضوء light-exposed. إن انخفاض المغذيات يسبب تراجعًا في نمو وتكاثر العوالق النباتية. وبالمقابل، تتكوّن مناطق بحرية ميتة عندما تدخل أسمدة زائدة إلى الماء. حيث تصل الإنتاجية إلى الذروة فيفقد النظام البيئي توازنه، ويزداد عدد العوالق النباتية بشكل كبير في البداية في ظاهرة تعرف باسم **ازدهار الطحالب Algal bloom**. وعندما تموت خلايا هذه العوالق وتتحلل بواسطة البكتيريا، تنخفض مستويات الأكسجين. وفي نهاية المطاف، تصبح مستوياته منخفضة إلى حد كبير، بحيث لا يبقى سوى القليل من الحياة.

مصطلحات علمية

الكربوهيدرات Carbohydrate: مركبات عضوية توجد في الأنسجة الحية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين (مثل، النشا والسليلوز والسكريات). يمكن تفكيك الكربوهيدرات في عملية التنفّس لإطلاق الطاقة.

ازدهار الطحالب Algal bloom: زيادة سريعة في أعداد الجماعة الأحيائية للطحالب.

(تابع)

أسئلة للمناقشة

١. غالبًا ما تتشكّل المناطق البحرية الميتة عندما تدخل الأسمدة الزراعية إلى الماء من خلال الجريان السطحي، الأمر الذي يقلل عدد الأسماك المتاحة للصيد والمستخدمة كمصدر للغذاء. في المقابل، سينخفض العائد من المحاصيل الزراعية في حالة عدم استخدام الأسمدة. ناقش من خلال العمل في مجموعة ثنائية حلولًا لهذه المشكلة وتأثيراتها على النظم البيئية على اليابسة وفي المحيطات.

٢. فكّر في السبب الذي يدفع مؤسسة مثل وكالة ناسا إلى مراقبة العوالق النباتية في المحيط. ناقش من خلال العمل في مجموعات مدى أهمية ذلك، وما إذا كنت تعتقد أنه يمثل استخدامًا جيدًا للموارد (أي استخدام الأقمار الاصطناعية لمراقبة العوالق النباتية) والمال.

١-٣ التفاعلات

تعرفت في الوحدة الأولى كيف تعيش الكائنات الحية معًا في مجتمع أحيائي، وما يحدث بينها من تفاعلات بيئية، قد تؤثر عليها بطرائق مختلفة لذلك يمكن أن يستفيد بعضها ولا يستفيد الآخر. وتشمل التفاعلات البيئية العلاقات التكافلية وعلاقات التغذية بين الكائنات الحية، بالإضافة إلى دورات التغذية التي تتأثر بها وتؤثر فيها.

التكافل Symbiosis علاقة بين كائنَين حيَّين أو أكثر من أنواع مختلفة، تعيش قريبة بعضها من بعض جسميًا. وهي مصطلح أصله يوناني يعني «العيش معًا». يسمّى الكائن الحي الأصغر المتكافل Symbiont، ويسمى الكائن الحي الأكبر العائل Host. ويوجد عدة أنواع من التكافل، بما في ذلك:

- **التطفل Parasitism**– حيث يستفيد المتكافل ويتضرر العائل (على سبيل المثال، مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية).
- **التعايش Commensalism**– حيث يستفيد المتكافل ولا يتأثر العائل (على سبيل المثال، أسماك شيطان البحر وأسماك الريمورا).
- **التبادل Mutualism**– حيث يستفيد كلا الكائنَين الحيَّين من العلاقة (على سبيل المثال، سرطان البحر الملاكم وشقائق النعمان).

مصطلحات علمية

التكافل Symbiosis: علاقة بين كائنَين حيَّين أو أكثر من أنواع مختلفة تعيش متقاربة جسميًا.

التطفل Parasitism: علاقة بين كائنَين حيَّين حيث يستفيد المتطفل على حساب العائل.

التعايش Commensalism: علاقة بين كائنَين حيَّين حيث يستفيد أحد الكائنَين الحيَّين في حين لا يتضرر الآخر ولا يستفيد.

التبادل Mutualism: علاقة بين كائنَين حيَّين مختلفَين حيث يستفيد كلا الكائنَين الحيَّين.

أنواع العلاقات التكافلية

العلاقة التطفلية بين مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية

مجدافيات الأرجل Copepods قشريات صغيرة تشبه الروبيان، توجد في كل من المياه العذبة والمياه المالحة. وهي واحدة من أكثر أشكال الحياة وفرة على الأرض، ويوجد آلاف الأنواع منها. نصف أنواعها تقريبًا طفيلية، الأمر الذي يسبِّب أضرارًا اقتصادية كبيرة للتربية المائية للأسماك البحرية. من الأمثلة على مجدافيات الأرجل قمل البحر Sea lice الذي يوجد منه أكثر من 500 نوع. والنوعان الأكثر شيوعًا هما: القمل الطويل *Caligus elongates*، وقمل السلمون *Lepeophtheirus salmonis*.

قمل البحر من **الطفيليات الخارجية Ectoparasites**، أي أنها تعيش على سطح جسم العائل كما توضحه الصورة ٣-١، (بينما **الطفيليات الداخلية Endoparasites** مثل الدودة الشريطية توجد داخل جسم العائل). يتغذى قمل البحر على المخاط والأنسجة والدم، وهذا يؤدي إلى موت سمكة العائل مباشرة، خصوصًا عند التصاق أعداد كبيرة منه بالخياشيم أو بالأسماك الصغيرة الأكثر عرضة للخطر. حتى الإصابة الأقل شدة تقلل من معدل نمو السمكة وتتركها عرضة للعدوى بسبب تلف أنسجتها. لا يسبب قمل البحر مشكلات للأنواع المستزرعة فقط، بل قد ينتشر إلى الجماعات الأحيائية البحرية الأخرى، ويصبح ناقلًا لأمراض أخرى في ضوء انتشاره بين الأنواع، بما في ذلك فقر دم السلمون المعدي، والذي يتسبب به فيروس يؤدّي إلى خسائر فادحة لمزارع الأسماك. في هذه العلاقة، تتأثر السمكة (العائل) سلبًا، ويحصل قمل البحر (الطفيلي) على الطعام ويتأثر إيجابًا.



الصورة ٣-١ قمل البحر يلتصق بسمكة سلمون صغيرة.

علاقة التعايش بين أسماك شيطان البحر وأسماك الريمورا

لسمكة الريمورا Remora (وتسمى أيضًا الأسماك الماصة Suckerfish) زعنفة ظهرية، يمكنها القيام بالشفط لتلتصق السمكة بالأسطح الملساء، ومنها جلد سمكة شيطان البحر Manta ray (الصورة ٣-٢). تستطيع سمكة الريمورا التشبث بقوة تبلغ ثلاثة أضعاف وزنها، وقد أُجريت الدراسات عليها بهدف الاستفادة منها في تطوير تقنية لاصقة جديدة.

تُعد هذه العلاقة مثالًا على **الرَّحَلان Phoresis**، وهي علاقة تعايش لا يتأثر فيها العائل في حين يستخدم المتكافل العائل للانتقال. في هذه العلاقة، لا تتأثر سمكة شيطان البحر بحكم حجمها الكبير، في حين تستفيد سمكة الريمورا بعدم استهلاك طاقة للانتقال. وقد تصبح هذه العلاقة أيضًا تبادلية، إذ سجلت حالات أكلت فيها سمكة الريمورا الطفيليات التي تؤثر على سمكة شيطان البحر.

مصطلحات علمية

*طفيل خارجي **Ectoparasite**: طفيلي مثل البرغوث أو القملة يعيش على سطح العائل.

*طفيل داخلي **Endoparasites**: طفيلي مثل الدودة الشريطية يعيش داخل جسم العائل.

الرَّحَلان Phoresis: علاقة تعايش يلتصق فيها أحد الكائنَين الحيَّين بالكائن الحي الآخر للانتقال.



الصورة ٣-٢ سمكة شيطان البحر ملتصق بها اثنان من سمك الريمورا.

العلاقة التبادلية بين سرطان البحر الملاكم وشقائق النعمان

سرطان البحر الملاكم Boxer crabs (ويسمّى أحيانًا سرطان البحر بوم–بوم pom-pom crabs)، سرطان بحرٍ صغير (يقل عرضه عن 2 cm)، وينتمي إلى جنس *Lybia*. وقد جاء اسمه من شقائق النعمان التي يمسكها سرطان البحر بمخالبه لتبدو شبيهة بقفازات الملاكم أو كرات البوم–بوم (الصورة ٣–٣).



الصورة ٣–٣ سرطان البحر الملاكم يمسك بشقائق النعمان.

إن هذه العلاقة تبادلية، حيث يستفيد فيها كل كائن من الآخر. تحتوي شقائق النعمان على خلايا لاسعة Cnidocytes في لوامسها، يستخدمها سرطان البحر الملاكم للدفاع عن طريق إمساك شقائق النعمان بمخالبه. في المقابل تستطيع شقائق النعمان الحصول بسهولة على الطعام، كما تستخدم لوامسها كمكانس تلتقط بواسطتها البقايا والطعام من مخبأ سرطان البحر. وقد وُجد مؤخرًا أن معظم سرطانات البحر تحمل اثنَين من شقائق النعمان وهما نسختان متطابقتان، وهذا يشير إلى أن سرطان البحر بمجرد أن يمتلك واحدًا من شقائق النعمان يقسمه إلى قسمَين: واحد لكل مخلب. كما لوحظ أن سرطان البحر الملاكم يغذي شقائق النعمان مباشرة، الأمر الذي يدل على أن سرطانات البحر تغذي وتزرع شقائقها بشكل نشط، كما لو أنها تعتني بحيوان أليف.

أسئلة

١ انقل ثم أكمل الجدول ٣–١ باستخدام الرموز أدناه لإظهار تأثير العلاقات بين الأنواع المختلفة على كل من العائل والمتكافل:

- (0) الأنواع لا تتأثر.
- (–) الأنواع تتضرر.
- (+) الأنواع تستفيد.

العلاقة	العائل	المتكافل
التبادلية		
التطفلية		
التعايشية		

الجدول ٣–١ العلاقات بين الأنواع المختلفة.

٢ قارن بين التطفل والتعايش.

٣ أعط مثالًا على علاقة تكافل. ثم سمِّ **كائنَين حيَّين** يتشاركان هذا النوع من العلاقة، واكتب الضرر أو الفائدة لكل كائن حي.

٣-٢ علاقات التغذية

تعتمد كل أشكال الحياة على الأرض على الطاقة التي يتم تثبيتها في الكربوهيدرات عن طريق المنتجات والتي تسمى الكائنات الحية **ذاتية التغذية** **Autotrophic**. يستطيع الكائن الحي ذاتي التغذية صنع غذائه بنفسه بتكوين مركبات عضوية من جزيئات غير عضوية بسيطة. وتحتوي النظم البيئية البحرية على كائنات حية تقوم بالتمثيل الضوئي وعلى كائنات حية تقوم **بالتمثيل الكيميائي** **Chemosynthetic**، فتمتص الكائنات الحية

مصطلحات علمية

ذاتي التغذية **Autotrophic**: كائن حي يمكنه امتصاص طاقة الضوء أو المواد الكيميائية واستخدامها لإنتاج الكربوهيدرات من جزيئات بسيطة مثل ثاني أكسيد الكربون.

التمثيل الكيميائي **Chemosynthesis**: إنتاج المركبات الكيميائية بواسطة البكتيريا أو كائنات حية أخرى باستخدام الطاقة الناتجة من التفاعلات مع مواد كيميائية غير عضوية.

التي تقوم بالتمثيل الضوئي الطاقة الموجودة في ضوء الشمس، في حين تستطيع الكائنات الحية التي تقوم بالتمثيل الكيميائي استخدام الطاقة من المواد الكيميائية الذائبة في الماء.

تحدث عملية التمثيل الضوئي في طبقة المحيط العليا المضاءة بالشمس. لذا فإن 90% تقريبًا من جميع الحياة البحرية توجد في هذه المنطقة. وتمثل قدرة الكائنات الحية التي تقوم بالتمثيل الكيميائي على بناء الكربوهيدرات تأقلمًا مهمًا للعيش في الظروف القاسية، إذ توجد بالقرب من الفوهات المائية الحرارية Hydrothermal vents، وهي شقوق أو فجوات في قاع المحيط. ولا تحدث عملية التمثيل الضوئي هناك لعدم وجود ضوء. وقد كان يُعتقد أن الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تصل بها الطاقة إلى هذه الأماكن من المحيط تتمثل بموت الكائنات الحية وسقوط بقاياها إلى القاع. ولم يتم إثبات خطأ هذا الاعتقاد حتى تم اكتشاف وجود المجتمعات الأحيائية حول الفوهات المائية الحرارية في سبعينيات القرن الماضي.

الكائنات الحية الأخرى **غير ذاتية التغذية Heterotrophic** والتي تسمّى المستهلكات يجب أن تحصل على طاقتها عن طريق التغذي على الكائنات الحية ذاتية التغذية. يمكن تقسيم الكائنات الحية المستهلكة إلى فئات متنوّعة اعتمادًا على مدى قربها من المنتجات في السلسلة الغذائية. تتغذى المستهلكات الأولية مباشرة على المنتجات؛ في حين تتغذى المستهلكات الثانوية على المستهلكات الأولية. وتتغذى المستهلكات الثالثية على المستهلكات الثانوية، أما المستهلكات الرابعية فتتغذى على المستهلكات الثالثية. ومن النادر جدًا العثور على المزيد من المستهلكات، بسبب الانخفاض في مقدار الطاقة المتاحة في كل مستوى غذائي.

يجب أن تكون على دراية بالمصطلحات: آكل الأعشاب، والقارت، وآكل اللحوم التي يوضح الجدول ٣-٢ أمثلة على كل منها في النظام البيئي البحري.

	أمثلة في النظم البيئية البحرية
آكل الأعشاب	أسماك الببغاء التي تتغذى على الطحالب في الشعاب المرجانية
القارت	نوع سرطان البحر الذي يأكل الطحالب وصغار الأسماك واللافقاريات الصغيرة
آكل اللحوم	الفقمات التي تصطاد وتأكل الحبار والروبيان والأسماك

الجدول ٣-٢ أمثلة على الكائنات الحية البحرية ونوع تغذيتها.

مصطلحات علمية

غير ذاتي التغذية Heterotrophic: كائن حي لا يستطيع صنع غذائه بنفسه، بل يتغذى على كائنات حية أخرى. جميع الحيوانات والفطريات والأوليات الحيوانية غير ذاتية التغذية، وكذلك معظم البكتيريا.

في النظم البيئية البحرية، تُعدّ العوالق الحيوانية Zooplankton مستهلكات مهمة وهي تشمل مجدافيات الأرجل والمثقبات Foraminifera والكريل Krill. فمجدافيات الأرجل غير الطفيلية هي آكلة أعشاب صغيرة تتغذى على الدياتومات Diatoms؛ والمثقبات هي حيوانات وحيدة الخلية بأصداف من كربونات الكالسيوم، وهي في كثير من الأحيان من القوارت التي تتغذى على الطحالب ومجدافيات الأرجل؛ أما الكريل فهو قارت يشبه الروبيان ويتغذى على عوالق حيوانية أخرى وعوالق نباتية، وهو مصدر غذاء مهم للطيور والأسماك والفقمات والحيتان البالينية Baleen whales.

وعند موت الكائنات الحية تقوم المحللات Decomposers (البكتيريا والفطريات) بتفكيك جميع المغذيات العضوية في أجسامها. لذلك، تمثل المحللات المرحلة الأخيرة في أي علاقة غذائية، حيث تعود المغذّيات إلى البيئة لتمتصها المنتجات.

الافتراس

يُعدّ الافتراس من أهم العلاقات الغذائية التي تحصل بين **المفترس** Predator **والفريسة** Prey. فالمفترس حيوان يصطاد ويقتل ويأكل حيوانات أخرى. وقد تكون هذه الحيوانات مستهلكة ثانوية، أو ثالثية، أو رابعية. تشمل الحيوانات المفترسة البحرية القرش والأسماك آكلة اللحوم التي تأكل العوالق الحيوانية والأسماك. وغالبًا ما تتأقلم بشكل جيد من خلال سرعتها ورشاقتها، وقد تعتمد على التمويه، أو يكون لديها أسنان كبيرة، أو سم، أو تتصف بالقدرة على الصيد في مجموعات.

الفريسة هي الحيوانات التي تأكلها الحيوانات المفترسة. وغالبًا ما تتصف الفريسة بالقدرة على التمويه، وبوجود أشواك دفاعية، والقدرة على الاختباء في أماكن آمنة، أو القدرة على الهروب.

تُعدّ العلاقات بين المفترس والفريسة أمرًا بالغ الأهمية للمحافظة على التوازن الصحي للجماعة الأحيائية في النظام البيئي. على سبيل المثال، بدون نجم البحر (الصورة ٣-٤) لن تكون هناك حيوانات مفترسة طبيعية لضبط أعداد بلح البحر وقنافذ البحر والمحار؛ إذ ستتمكن هذه الجماعات الأحيائية إذا أصبح عددها كبيرًا جدًا من أن تدمر غابة طحلب الكِلب. وبالتالي سيؤثر هذا سلبًا على الأنواع الأخرى التي تتغذى على طحلب الكِلب أو تعيش في داخله.



الصورة ٣-٤ نجم البحر يأكل بلح البحر.

الإنتاجية

تعلمت في الوحدة الأولى تمثيل العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية على شكل سلاسل غذائية وشبكات غذائية، حيث تمثل الأسهم اتجاه انتقال الطاقة والكتلة الحيوية والمغذيات، كما في المثال الآتي:

السوطيات الدوارة ← جمبري ← سمك التونة ← سمك المرلين ← سمك القرش

تبدأ السلسلة الغذائية بكائن حي ذاتي التغذية (المنتج)، الذي يستخدم الطاقة من الضوء أو من المواد الكيميائية، لصنع جزيئات عضوية يمكن الاستفادة منها، بالإضافة إلى زيادة كتلته الحيوية.

تعتمد **الإنتاجية الأولية** Primary productivity للنظام البيئي بشكل مباشر على مدى كفاءة المنتجات (مثل النباتات والطحالب) في تحويل الطاقة الشمسية إلى مركبات عضوية. وكلما زادت سرعة هذه العملية، زاد «معدل إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة بواسطة الكائنات الحية ذاتية التغذية في وحدة مساحة أو حجم لكل وحدة زمنية» في ما يُعرف بالإنتاجية الأولية. على الرغم من أن مصارف الأنهار والمستنقعات والسبخات تتميز بأعلى إنتاجية لكل وحدة مساحة، إلا أن المحيطات، بفضل مساحتها الشاسعة، تساهم بأعلى **إنتاجية** productivity إجمالية على مستوى سطح الأرض (الصورة ٣-٥ ج).

مصطلحات علمية

المفترس Predator: حيوان يصطاد ويقتل ويأكل حيوانات أخرى.

الفريسة Prey: حيوان تأكله الحيوانات المفترسة.

الإنتاجية الأولية Primary productivity: معدل إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة في نظام بيئي ما لكل وحدة مساحة أو حجم خلال فترة زمنية معيّنة، والتي تنتجها الكائنات الحية ذاتية التغذية.

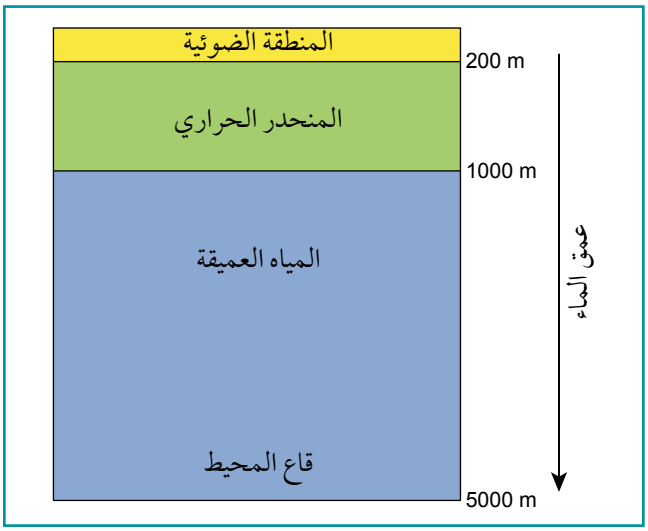
الإنتاجية Productivity: معدل إنتاج الكتلة الحيوية لكل وحدة مساحة أو حجم لكل وحدة زمنية.



الصورة ٣-٥ من أهم الكائنات الحية البحرية ذاتية التغذية الضوئية: (أ) عوالق نباتية (ب) طحلب الكِلْب (ج) حشائش البحر.

التمثيل الضوئي

الكائنات الحية **ذاتية التغذية الضوئية Photoautotrophs** (الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي) في المحيط، تشمل العوالق النباتية والكائنات الحية البسيطة أحادية الخلية، والطحالب الكبيرة Macroalgae مثل طحلب الكِلب Kelp وحشائش البحر Seagrasses (الصورة ٣-٥). ستعرف المزيد عن هذه الكائنات الحية في الوحدة الرابعة. لا تحدث عملية التمثيل الضوئي إلا في نطاق **المنطقة الضوئية Photic zone** من المحيط، حيث لا يمكن للضوء أن يخترق الماء أكثر ليصل إلى المياه العميقة (الشكل ٣-١). لذلك توجد غالبية الكتلة الحيوية في المحيط ضمن الطبقة العليا المضاءة والتي تصل إلى نحو 200 متر من سطح الماء.



الشكل ٣-١ طبقات الماء في المحيط.

قد تتحدد الإنتاجية الأولية بفعل درجة حرارة الماء وتوافر المغذيات وشدّة الضوء، وقد تتأثر جميعها بأنماط الطقس والمناخ. يسخن ضوء الشمس سطح المحيط فيزيد من الطاقة الحركية لجزيئات الماء مكونًا طبقة ماء أقل كثافة. وتمثل المنطقة الانتقالية بين الماء الدافئ الأقل كثافة والماء البارد الأكثر كثافة تدرج الكثافة Pycnocline، وتسمى أيضًا المنحدر الحراري Thermocline الذي يقلل من اختلاط هاتين الطبقتين أو يؤدّي إلى اختلاط بسيط بينهما. وعلى الرغم من أن درجات الحرارة الأكثر دفئًا قد تزيد من إنتاجية الكائنات الحية ذاتية التغذية الضوئية، إلا أن معظم المياه الغنية بالمغذيات توجد تحت المنحدر الحراري. وعادة ما يكون موقع الإنتاجية الأعلى بالقرب من المنحدر الحراري حيث يوجد التوازن الأمثل بين شدة الضوء ودرجة الحرارة وتوافر المغذيات.

مصطلحات علمية

ذاتي التغذية الضوئية Photoautotrophs: كائن حي يستخدم طاقة الضوء لصنع مركبات عضوية.

المنطقة الضوئية Photic zone: الطبقة السطحية من المحيط التي تتلقى ضوء الشمس.

التمثيل الكيميائي

لا يستطيع الضوء اختراق الماء إلى قاع المحيط لتحدث عملية التمثيل الضوئي فيه. ومع ذلك، تحتوي هذه المياه الغنية بالمغذيات على مصادر للطاقة الكيميائية توجد في جزيئات مثل كبريتيد الهيدروجين. الكائنات الحية

ذاتية التغذية الكيميائية Chemoautotroph هي نوع من البكتيريا يستخدم هذه الطاقة الكيميائية لتحويل الغازات الكربونية الذائبة إلى جزيئات عضوية يمكن الاستفادة منها. اكتُشفت البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية لأول مرة في الفوهات المائية الحرارية في قاع المحيط سنة 1977 م. وقد وجدت الفوهات على أعماق متفاوتة تتراوح بين 2000 m تقريبًا في مرتفعات غالاباغوس و 7700 m في مرتفع وسط المحيط الأطلسي؛ وهي عميقة جدًا بحيث لا يمكن أن يصل الضوء إليها. توفر الكائنات الحية ذاتية التغذية الكيميائية بداية السلسلة الغذائية في النظم البيئية للفوهات المائية الحرارية، والأنواع القادرة على العيش فيها هي الكائنات **المحبة للظروف القاسية Extremophiles**، إذ إنها تبقى على قيد الحياة في ظروف قاسية من الضغوط العالية ودرجات حرارة تتراوح بين 2 °C و 400 °C.

تأثيرات التغيرات في الإنتاجية على السلسلة الغذائية

لا تكون كل الكتلة الحيوية التي تنتجها الكائنات الحية ذاتية التغذية متاحة للمستهلكات، إذ تستهلك المنتجات بعض الكتلة الحيوية في عملية التنفّس لتوليد الطاقة. وتنتقل الكتلة الحيوية المتبقية إلى المستهلكات، وتسمى صافي الإنتاجية الأولية Net primary productivity؛ أما الإنتاجية الثانوية Secondary productivity فهي معدل إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة بواسطة المستهلكات بعد التغذي على المنتجات.

كلما زاد صافي الإنتاجية الأولية، زادت قدرة النظام البيئي على دعم عدد أكبر من الجماعات الأحيائية للمستهلكات، وسلاسل غذائية أطول. فمناطق المحيطات التي تشهد ارتفاعًا في التيارات الصاعدة، والتي تحمل معها مغذيات من الأعماق، تكون غنية بالحياة البحرية. على عكس، المناطق الاستوائية، التي بالرغم من وفرة الضوء، تعاني ارتفاع درجة حرارة المياه الذي يوفر منحدرًا حراريًا يقلل بشكل كبير من اختلاط المياه العميقة الغنية بالمغذيات مع المياه السطحية، الأمر الذي يحد من الإنتاجية؛ أما في المناطق القطبية، فإن برودة المياه تؤدّي إلى خلط أكبر للمياه، ما يوفر مغذيات كثيرة تدعم نمو العوالق النباتية والحيوانية، وبالتالي سلاسل غذائية أطول قد تصل إلى خمسة أو ستة مستويات غذائية خلال فصل الصيف عندما يكون الضوء كافيًا.

على عكس البيئات البرية مثل السافانا والغابات، لا تتراكم الكتلة الحيوية في المحيطات بشكل واسع النطاق. ومع ذلك، تؤدي العوالق النباتية دورًا حيويًا في النظام البيئي البحري، حيث تتكاثر بسرعة وتوفر غذاءً مستمرًا للمستهلكات. بالإضافة إلى ذلك، تساهم العوالق النباتية في إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، فبعد قيامها بعملية التمثيل الضوئي وتثبيت ثاني أكسيد الكربون في الكتلة الحيوية، تغرق عند موتها إلى قاع المحيط، ما يؤدي إلى احتجاز الكربون في الأعماق. سيناقش هذا الموضوع بمزيد من التفصيل في الموضوع ٣-٣.

إذا زاد مستوى المغذيات كثيرًا أو بوتيرة سريعة فقد تتكاثر العوالق النباتية والطحالب بسرعة كبيرة جدًا، ما يؤدي إلى ظاهرة تسمّى ازدهار الطحالب Algal bloom، المماثلة لظاهرة **الإثراء الغذائي Eutrophication** في النظم البيئية للمياه العذبة، حيث يمكن إنتاج ما يصل إلى خمسة ملايين خلية طحلب لكل لتر ماء، في فترة زمنية قصيرة جدًا. وهذه الكثافة المرتفعة من هذه الكائنات

مصطلحات علمية

*ذاتي التغذية الكيميائية **Chemoautotroph**: كائن حي يمكنه استخدام الطاقة الكيميائية لبناء المواد العضوية.

*محبة للظروف القاسية **Extremophile**: كائن حي متأقلم للبقاء في ظروف قاسية من درجات الحرارة أو الضغط أو الملوحة أو الرقم الهيدروجيني.

*الإثراء الغذائي **Eutrophication**: عملية إثراء المسطح المائي بالمغذّيات الذائبة (مثل النترات والفوسفات) التي تحفز نمو المنتجات، ما يؤدي عادة إلى استنفاد الأكسجين المذاب.

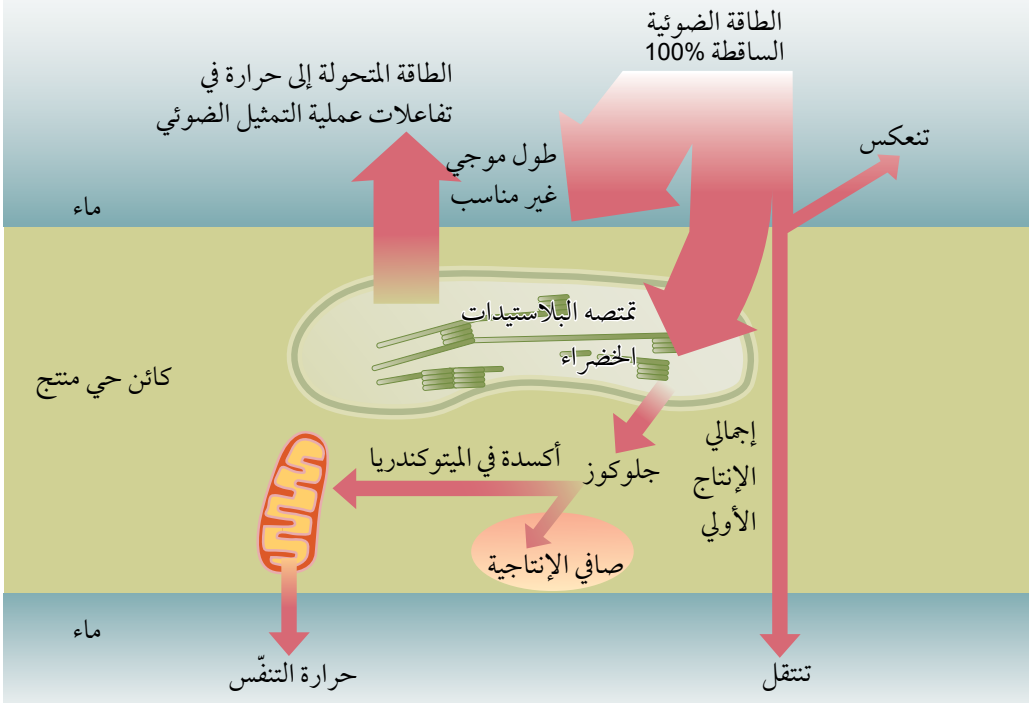
الحية الدقيقة قد تسد خياشيم السمكة بحيث لا تتمكن من الحصول على كفايتها من الأكسجين. وبمجرد موت العوالق النباتية أو الخلايا الطحلبية ستتحلل بواسطة المحلِّلات البكتيرية، ما يؤدي إلى زيادة أعداد الجماعات الأحيائية البكتيرية.

تستخدم البكتيريا الأكسجين المذاب في الماء للقيام بعملية التنفس، الأمر الذي يؤدي إلى نقص الأكسجين المذاب. ويسبب هذا الأمر موت الجماعة الأحيائية غير ذاتية التغذية وبالتالي انخفاض أعدادها. وإذا كانت أنواع الطحالب منتجة أيضًا للسموم، فستتسمم الكائنات الحية التي تأكل هذه الطحالب، ما قد يتسبب بموت جماعي لهذه الكائنات الحية المائية كالدلافين وخراف البحر والحيتان، إضافة إلى التسمم الغذائي للأشخاص الذين يأكلون المحاريات الملوثة.

انتقال الطاقة عبر السلسلة الغذائية

تثبّت المنتجات على الأرض كمية صغيرة فقط من الإشعاع الصادر عن الشمس، ولا يصل بعض الإشعاع مطلقًا إلى المنتجات لأنه ينعكس مرة أخرى إلى الفضاء. وبعض الضوء الذي يصل إلى المحيط إما أن يتم امتصاصه أو ينعكس أو يتشتت عن طريق الماء، وما تبقى منه يكون متاحًا للمنتجات، التي لا تستخدمه بكامله. يكون بعض الضوء بأطوال موجية لا تناسب صبغات المنتجات لامتصاصها؛ فعلى سبيل المثال، يمتص الكلوروفيل الضوء الأحمر والأزرق، ويعكس الضوء الأخضر (وهذا سبب ظهوره باللون الأخضر). وعلى الرغم من أن بعض الضوء ذو أطوال موجية مناسبة إلا أنه لا يصل إلى البلاستيدات، وبالتالي لا يتم امتصاصه (الشكل ٣-٢).

عملية التمثيل الضوئي نفسها ليست فعالة في استخدام الطاقة بشكل كامل، إذ يتم فقدان الطاقة على شكل حرارة خلال تفاعلات كيميائية تحدث عادة أثناء العملية. وتشير التقديرات إلى أن المنتجات في جميع أنحاء العالم تثبت 0.06% فقط من إجمالي الطاقة الشمسية المتاحة في النظم البيئية المائية، وقد يصل هذا الرقم إلى 1%.



الشكل ٣-٢ مصير الطاقة الضوئية الساقطة على المنتجات في المحيط.

يستخدم بعض الجلوكوز الناتج من عملية التمثيل الضوئي في التنفّس، وهذا يعني أن صافي الإنتاجية فقط من الكتلة الحيوية يكون متاحًا فقط للمستوى الغذائي التالي. وتمر الطاقة المخزنة في الكتلة الحيوية إلى الكائنات غير ذاتية التغذية عندما تتناول وتهضم وتمتص المغذيات من المنتجات، وعندها يمكن أن يتم التمثيل الغذائي لهذه المغذيات في كتلة حيوية جديدة. ويأكل المستهلك الأولي الخلية كلها عندما تكون المنتجات من العوالق النباتية، لذا تُنقل كل الطاقة المتاحة. وبالمقابل، توجد أجزاء لا تؤكل من الطحالب الكبيرة والنباتات الجذرية مثل الأعشاب البحرية (الجذور على سبيل المثال)، لذا لن تكون الطاقة المخزنة في هذه الأجزاء متاحة إلى المستوى الغذائي التالي، على الرغم من أنها قد تعود إلى النظام البيئي عن طريق التحلل عندما يموت النبات.

تتمثل الإنتاجية الثانوية بإنتاج كتلة حيوية جديدة بواسطة المستهلكات. وهي تشمل الحيوانات التي تأكل العوالق النباتية والطحالب الكبيرة والأعشاب البحرية والحيوانات التي تأكل حيوانات أخرى. وتفكك المحللات مثل البكتيريا والفطريات المادة العضوية الميتة لتحصل على المغذيات التي تحتاج إليها. وهذا يطلق أيضًا المغذيات في النظام البيئي.

تعتمد الإنتاجية الثانوية على:

- الكتلة الحيوية المتاحة في المنتجات.
- كمّية الطاقة التي تفقدها المستهلكات خلال عملية التنفّس.
- كمّية الطاقة التي تفقد في الفضلات مثل البول (الشكل ٣-٣).

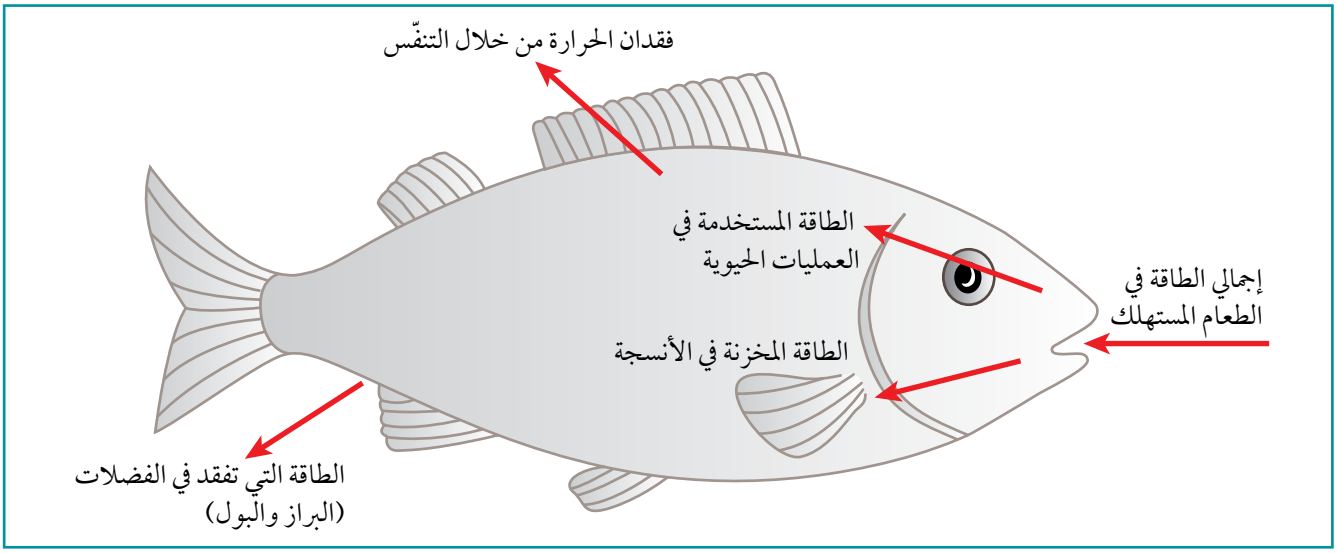
تفقد معظم أسماك المياه المالحة كمّيات صغيرة فقط من البول وتفرز معظم فضلاتها النيتروجينية على شكل أمونيا عبر الخياشيم. ويتم إخراج الطعام غير المهضوم على شكل براز.

يمكن التعبير عن عمليات انتقال الطاقة بالصيغة الآتية:

$$C = P + R + F + U$$

حيث (C) الطاقة المستهلكة، و (R) الطاقة المستخدمة في التنفّس، و (F) الطاقة الموجودة في البراز، و (U) الطاقة الموجودة في البول وفضلات عمليات الأيض الأخرى، و (P) الطاقة المتبقية لإنتاج كتلة حيوية جديدة بواسطة الحيوان.

وبذلك تكون طاقة الإنتاج (P) متاحة للانتقال إلى المستوى الغذائي التالي.



الشكل ٣-٣ نقل الطاقة إلى المستهلك ومنه.

بشكل عام، تبلغ كفاءة الانتقال بين المستويات الغذائية 10% تقريبًا، لكنها تختلف بحسب:

- مقدار الطعام الذي يؤكل.
- مدى سهولة هضم المستهلك للمغذيات والتمثيل الغذائي لها (أي تحويلها إلى طاقة).
- مقدار الطاقة المستخدمة للحركة.
- مقدار الفاقد في فضلات الأيض.

بعض الكائنات الحية أسهل في الهضم والتمثيل الغذائي من الكائنات الحية الأخرى: بشكل عام، تجد المستهلكات أنه من الأسهل لها الاستفادة من الطاقة الموجودة في حيوانات أخرى عوضًا من الاستفادة من الطاقة الموجودة في المنتجات؛ لأن ذلك سوف يوفر انتقال المزيد من الطاقة إلى المستهلك التالي. بالإضافة إلى ذلك، بعض الكائنات الحية في كل مستوى غذائي تفلت من الافتراس، لذا لا تنتقل الطاقة المخزنة في كتلتها الحيوية إلى المستوى التالي مطلقًا.

توضيح علاقات التغذية

يمكن إظهار العلاقات بين المستويات الغذائية المختلفة باستخدام أهرامات الأعداد وأهرامات الكتلة الحيوية وأهرامات الطاقة. تتكوّن هذه الأهرامات من أشرطة أفقية مرتبة على شكل هرم يُظهر سلسلة غذائية معيّنة. ويمكن رسم السلسلة بحسب مقياس الرسم أو على شكل رسم تخطيطي (تقريبي) لتقديم فكرة عن التغيرات أثناء انتقال الطاقة على طول السلسلة الغذائية. وتكون المنتجات دائمًا في القاع (أسفل الهرم)، أعلاها المستهلكات الأولية، والمستهلكات الثانوية، والمستهلكات الثالثية. ولا تظهر المحللات غالبًا في الهرم على الرغم من انتقال الطاقة إليها بمجرد موت المنتجات والمستهلكات.

أهرامات الأعداد

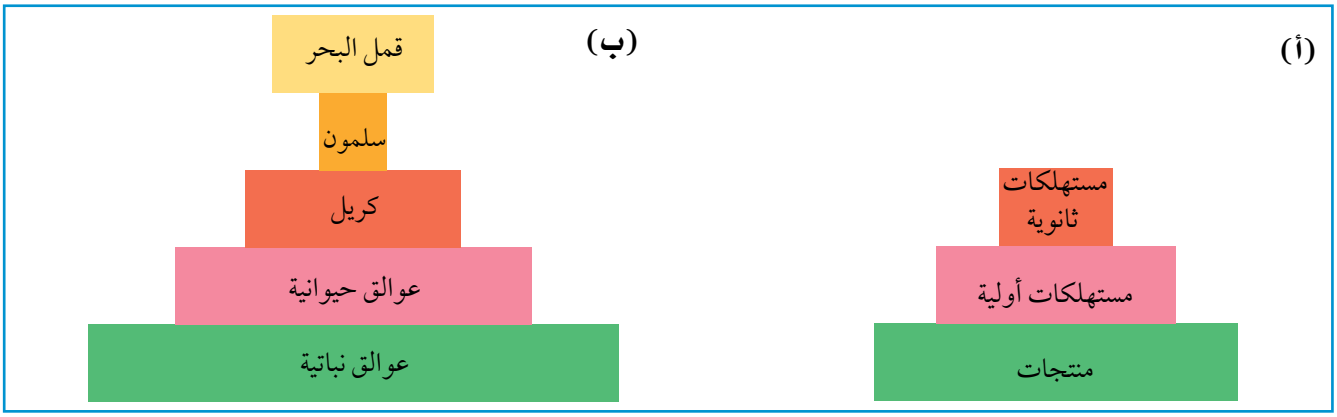
يبيّن **هرم الأعداد** **Pyramid of numbers** ببساطة عدد الكائنات الحية الموجودة في كل مستوى غذائي في لحظة من الزمن. ويتناسب فيه حجم كل شريط أفقي مع عدد الكائنات الحية. من الناحية النظرية، يجب أن يكون هذا الأمر بسيطًا جدًا، لكنه في الواقع صعب نوعًا ما. فغالبًا ما يصعب تقدير عدد الكائنات الحية الموجودة بدقة، حتى وإن تحقق ذلك، فمن الصعب توضيحه بمقياس الرسم. فعلى سبيل المثال، تكون السلسلة الغذائية النموذجية في المحيط كما يأتي:

عوالق نباتية ← عوالق حيوانية ← سمك شمس المحيط ← سمك القرش

قد توجد ملايين من خلايا العوالق النباتية وسمكة قرش واحدة فقط أو سمكتَين، وبالتالي يستحيل العثور على مقياس رسم يبيّن ذلك. لذا ترسم العديد من

مصطلحات علمية

هرم الأعداد **Pyramid of numbers**: رسم تخطيطي يبيّن عدد الكائنات الحية في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية.



الشكل ٣-٤ (أ) هرم أعداد عام، (ب) هرم الأعداد للنظام البيئي البحري يبيّن طفيليات صغيرة تتغذى على سمكة كبيرة.

أهرامات الأعداد على شكل رسوم تقريبية بدلًا من رسمها على مقياس محدد (الشكل ٣-٤).

بالإضافة إلى أنه يتم استهلاك الكثير من العوالق النباتية بسرعة كبيرة بعد إنتاجها. إذا كانت الأعداد تحسب في النظام البيئي بعد أن يؤكل معظم هذه العوالق فإن الهرم سيكون مقلوبًا، وسيبدو وجود عدد أقل من العوالق النباتية مقارنة بالعوالق الحيوانية. أيضًا يختلف عدد الكائنات الحية في النظام البيئي اعتمادًا على عوامل مثل الوقت من السنة وكمّية الصيد. وهذا يعني أن الهرم قد يبيّن فقط الأعداد في كل مستوى غذائي في لحظة معيّنة من الزمن. لا تأخذ أهرامات الأعداد أيضًا في الاعتبار حجم الكائنات الحية، والتي قد تؤدي إلى أهرامات غريبة المظهر. على سبيل المثال، سوف ترى الهرم مقلوبًا في حالة تغذية عدة طفيليات صغيرة على سمكة كبيرة واحدة (الشكل ٣-٤ب).

أهرامات الكتلة الحيوية

بدلًا من تحديد عدد كل كائن حي، يمكننا قياس إجمالي كتلتها الحيوية. تتغلب هذه الطريقة على صعوبة اختلاف أحجام الكائنات المختلفة، على سبيل المثال، الطفيليات الصغيرة التي تتغذى على سمكة كبيرة كما ذُكر في المثال السابق. ولكن، لا تحل طريقة قياس الكتلة الحيوية الإجمالية مشكلة استهلاك العوالق النباتية قبل قياسها. كذلك، من المحتمل أن تزداد أو تقل الكتلة الحيوية للكائنات الحية داخل النظام البيئي بعد إجراء القياسات، الأمر الذي يجعل الهرم غير دقيق.

يصعب تحديد الكتلة الحيوية لكل مستوى غذائي بدقة، إذ تختلف الكائنات الحية في كمّية الماء التي تحتويها، وهذا الماء لا يُسهم في كتلتها الحيوية. لهذا السبب يجب استخدام الكتلة الجافة مع إزالة الماء بالتبخر. وللقيام بذلك، يجب قتل الكائنات الحية، وهو إجراء ليس ملائمًا أو غير مرغوب فيه عند قياس الكتلة الحيوية للسلسلة الغذائية بأكملها. وبدلًا من ذلك ثمّة تحويلات يمكن استخدامها لتحويل كتلة المادة الحية إلى كتلة جافة. وهذا يعني أنه يجب العثور على كل فرد وقياس كتلته؛ أو يمكن أخذ الكتلة الجافة للعيّنة، ثم ضربها في العدد الإجمالي للكائنات الحية للحصول على متوسط الكتلة الجافة الكلية. تعطي كل من هاتَين الطريقتَين تقديرًا للكتلة الحيوية الإجمالية وإن كانت بشكل غير دقيق تمامًا.

قد يكون **هرم الكتلة الحيوية** **Pyramid of biomass** مقلوبًا في كل الأوقات حيث إن كمّية الكتلة الحيوية الإجمالية في العوالق النباتية صغيرة لأنها تؤكل بسرعة كبيرة. لكن معدل تكاثرها سريع جدًا، إذ تتكاثر بسرعة كبيرة لتوفير كتلة حيوية كافية للمحافظة على الجماعة الأحيائية للمستهلكات. بعبارة أخرى، يمكن القول إن كمّية الكتلة الحيوية صغيرة، لكن معدل إنتاج الكتلة مرتفع.

مصطلحات علمية

هرم الكتلة الحيوية **Pyramid of biomass**: رسم تخطيطي يبيّن الكتلة الحيوية الموجودة في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية.

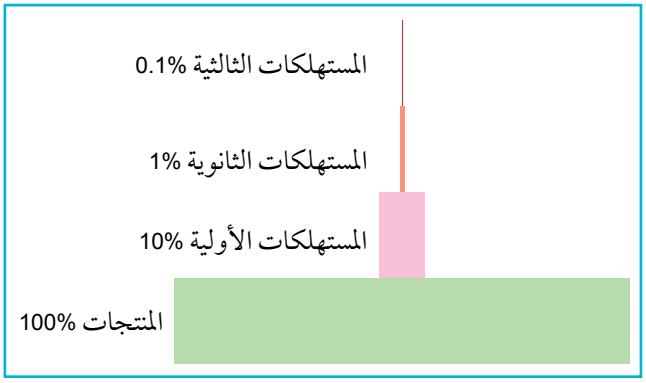


الشكل ٣-٥ (أ) يبيّن هرم الكتلة الحيوية الانخفاض في الكتلة الحيوية عبر السلسلة الغذائية
(ب) الهرم المقلوب للكتلة الحيوية يبيّن المشكلات الناجمة عن المحصول القائم للعوالق النباتية التي تتكاثر بسرعة.

تسمّى الكتلة الحيوية المقاسة في لحظة معيّنة من الزمن بالمحصول القائم Standing crop (الشكل ٣-٥).

أهرامات الطاقة

يبيّن **هرم الطاقة Pyramid of energy** معدل إنتاج الكتلة الحيوية بدل المحصول القائم، لذا يكون دائمًا على شكل هرم (الشكل ٣-٦)، ويتضمن تحديد الطاقة في كل مستوى غذائي في السلسلة الغذائية، وهو إجراء معقد، تجمع فيه البيانات على مدى فترة طويلة، عادة ما تكون سنة. كما تستخدم في كثير من الأحيان جداول التحويل التي تحوّل الكتل الجافة إلى طاقة. تستخدم في هرم الطاقة وحدات $kJ\ m^{-2}\ year^{-1}$ (kJ/m^2 year)، لذلك لن يكون محصولًا قائمًا بل هو قياس للطاقة المتوافرة على مدار السنة بأكملها. وأهرامات الطاقة هي على الأرجح الأكثر فائدة من حيث فهم النظام البيئي على الرغم من أنها الأصعب في إنتاجها.



الشكل ٣-٦ هرم عام للطاقة يبيّن الانتقال التقريبي بين المستويات الغذائية.

أهرامات الأعداد والكتلة الحيوية والطاقة أثناء ازدهار الطحالب

من المتوقع زيادة الأعداد، والكتلة الحيوية، والطاقة للعوالق النباتية أثناء ازدهار الطحالب، تليها زيادة الأعداد، والكتلة الحيوية، والطاقة للعوالق الحيوانية والمستهلكات الأخرى، حيث يتوافر المزيد من الطاقة لتمر على طول السلسلة الغذائية. وبمجرد أن تبدأ الحيوانات بالموت بسبب ظروف نقص الأكسجين، ستنخفض أعدادها وكتلتها الحيوية مرة أخرى. وعندما يحدث هذا الأمر، ستتوافر طاقة أقل لتمر عبر السلسلة الغذائية، وبالتالي ستنخفض الطاقة في كل مستوى غذائي. ومع ذلك، غالبًا ما تكون العوالق النباتية التي تنمو بشكل كبير أثناء الازدهار أنواعًا غير صالحة للأكل بفعل البكتيريا الخضراء المزرقّة Cyanobacteria. عندما تنخفض نسبة الخلايا الصالحة للأكل من العوالق النباتية، فهذا يعني عدم زيادة أعداد العوالق الحيوانية بالقدر المتوقع. ونتيجة لذلك سيكون شريط العوالق النباتية في جميع أنواع الأهرامات الثلاثة أكبر من الطبيعي. وسيكون شريط العوالق الحيوانية أصغر من المتوقع، ومع انتقال طاقة وكتلة حيوية أقل عبر السلسلة الغذائية سيكون هناك أيضًا عدد أقل من العوالق الحيوانية.

مصطلحات علمية

هرم الطاقة Pyramid of energy: رسم تخطيطي يبيّن مقدار الطاقة الموجودة في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية.

أسئلة

٤ **اذكر الطريقتَين** اللتَين يتم بهما إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة في المحيط.

٥ اشرح: لماذا تقتصر إنتاجية المحيطات على عمق لا يزيد عن 200 m؟

٦ اشرح سبب احتياج الكائنات الحية إلى عملية التنفّس.

٧ اشرح: لماذا يفضل استخدام الكتلة الجافة لتكوين أهرامات الكتلة الحيوية؟

٨ صف الهرم المقلوب، واشرح سبب حدوثه.

أفعال إجرائية

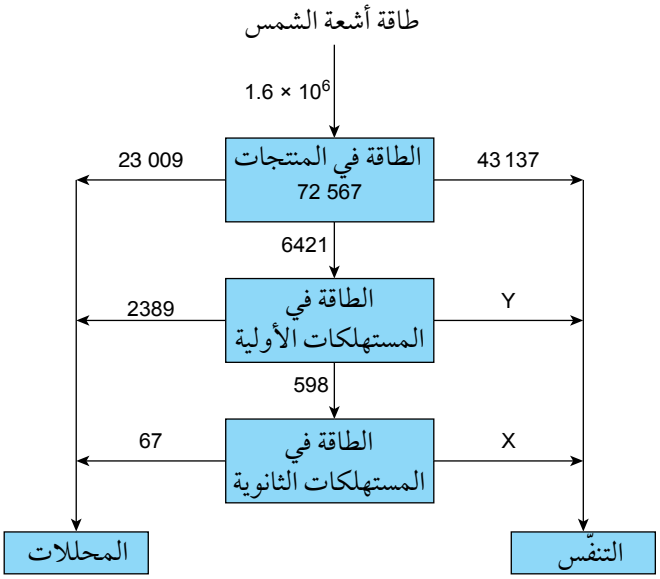
اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

مثال

تفسير الرسوم التخطيطية للطاقة ورسم أهرامات الطاقة

تمثل رسوم الطاقة التخطيطية طريقة أخرى لتوضيح تدفق الطاقة في النظام البيئي (الشكل ٣-٧). وهي تبيّن دخول الطاقة إلى النظام البيئي من الشمس وانتقالها عبر المنتجات وفقدانها نتيجة التنفّس والإخراج. النقطة الرئيسية التي يجب تذكرها هي أن كل الطاقة يجب أن تذهب إلى مكان ما، وبالتالي يجب أن تكون القيم على الأسهم التي تدخل الصندوق مساوية دائمًا لمجموع القيم على الأسهم التي تخرج منه. يمكن استخدام الوحدات (kJ/ m^2 year) أو وحدات تقديرية. فالوحدات التقديرية هي وحدات قياس نسبية تستخدم للمقارنة بين الكميات، ولا تتبع أي نظام قياس عالمي موحد. على سبيل المثال، إذا كانت الطاقة في المنتجات ضعف تلك التي في المستهلكات الأولية، فقد تكون الوحدات التقديرية: 5 و 10 أو 50 و 100، وكلاهما صحيح طالما نعبّر عن الضعف بطريقة مناسبة.

مثال:



الشكل ٣-٧ مثال عملي على الرسم التخطيطي لتدفق الطاقة (الوحدات المستخدمة بـ kJ/ m^2 year).

١. ما مقدار الطاقة المفقودة في عملية التنفّس بواسطة المستهلكات الثانوية الموضحة في الشكل ٣-٧؟

تذكّر أن الطاقة التي تدخل المستهلكات الثانوية يجب أن تساوي الطاقة الخارجة منها.

قد ترى من الرسم التخطيطي أن 598 kJ/ m^2 year من الطاقة تدخل المستهلكات الثانوية (سهم الدخول)، وأن 67 kJ/ m^2 year تنتقل إلى المحللات.

السهم الأخير الوحيد هو سهم التنفّس (المسمّى X).

لذا، يجب أن تساوي الطاقة المفقودة في عملية التنفّس، $X = 598 - 67 = 531$ kJ/ m^2 year.

يمكن التحقق من الإجابة بالتأكد من الأسهم:

«سهم الدخول» 598 و «سهما الخروج» 531 و 67.

598 = 67 + 531. لذا الإجابة صحيحة.

٢. ما النسبة المئوية للطاقة التي تنتقل من الشمس إلى المنتجات؟

من المفيد حساب النسبة المئوية لأنها تتيح المقارنة بين النظم البيئية المختلفة، حيث تختلف مدخلات الطاقة الأولية. النسبة المئوية هي الطاقة المنتقلة مقسومة على الطاقة التي كانت في المستوى الغذائي السابق، مضروبة في 100.

كانت الطاقة المنقولة إلى المنتجات 72567 kJ/ m^2 year وكانت الطاقة في المستوى الغذائي السابق (الشمس) 1.6×10^6 kJ/ m^2 year.

لذا تكون النسبة المئوية المنقولة:

$$\frac{72567}{1.6 \times 10^6} \times 100 = 4.54\%$$

وقد تُعطى معلومات مماثلة على شكل هرم للطاقة؛ في هذه الحالة استخدم الأعداد الموجودة في الهرم لحساب النسبة المئوية. اقسم دائمًا الرقم لأي مستوى غذائي معيّن على الرقم الخاص بالمستوى الغذائي السابق ثم اضربه في 100.

على سبيل المثال:

$$\frac{\text{الطاقة في المستهلكات الأولية}}{\text{الطاقة في المنتجات}} \times 100$$

تابع

٣. ارسم رسمًا تقريبيًا لهرم الطاقة يوضح الطاقة في المنتجات والمستهلكات الأولية والثانوية. لن تضطر إلى رسم مخطط لتدفق الطاقة، لكن قد يكون عليك رسم هرم الطاقة. إذا طلب إليك رسمه وفقًا للمقياس، فاعتبر أن كل شريط في الهرم يشبه الأعمدة الموجودة على التمثيل البياني بالأعمدة. غالبًا ما تقدم البيانات في هذه الحالة بالوحدات التقديرية لتسهيل ملاءمتها لمقياس واحد. إذا طلب إليك تنفيذ رسم تقريبي لهرم الطاقة (أو الأعداد أو الكتلة الحيوية)، فلا ضرورة إلى رسمه وفقًا لمقياس، بل يجب أن تكون الأشرطة أكبر أو أصغر تبعًا للأعداد المتوافرة. يتم رسم المنتجات على أنها الشريط الأدنى، يليها المستهلكات الأولية ثم المستهلكات الثانوية وصولًا إلى قمة السلسلة الغذائية. اكتب في كل شريط مسمى الكائن الحي من السلسلة الغذائية التي ترسمها.

أسئلة

١. أ. احسب كمّية الطاقة التي تستخدمها المستهلكات الأولية الواردة في الشكل ٣-٧ في التنفّس (Y).

ب. احسب النسبة المئوية للطاقة المنقولة بين المنتجات والمستهلكات الأولية.

٢. أ. ارسم رسمًا تقريبيًا لهرم طاقة للبيانات الآتية:

الأسماك 86 وحدة تقديرية، العوالق الحيوانية 912 وحدة تقديرية، العوالق النباتية 8000 وحدة تقديرية.

ب. استخدم البيانات من الهرم لحساب النسبة المئوية للطاقة المنقولة من العوالق الحيوانية إلى الأسماك.

ج. يبلغ متوسط النسبة المئوية للطاقة المنقولة بين المنتجات والمستهلكات الأولية 10%. اقترح: لماذا يكون الانتقال في هذه السلسلة الغذائية بين العوالق النباتية والعوالق الحيوانية أعلى من ذلك؟

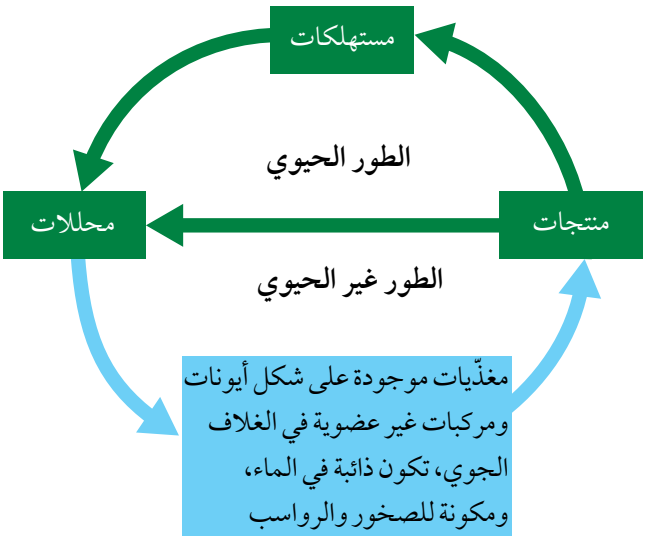
٣-٣ دورات المغذّيات

تبيّن **دورات المغذّيات Nutrient cycles** الحركة الأساسية وإعادة تدوير العناصر اللازمة للكائنات الحية للعيش والنمو. ربما تكون دورتا الكربون والنيتروجين هما الأكثر شهرة والأكثر فهمًا ووضوحًا، لكن العديد من العناصر الأخرى مهمة أيضًا، وتشمل الفسفور والكالسيوم والمغنيسيوم. ولكل عنصر من هذه العناصر دور حيوي مختلف داخل الكائنات الحية. فالنيتروجين يُستخدم لتكوين الأحماض الأمينية والبروتينات وDNA، والمغنيسيوم لتكوين الكلوروفيل وهو ضروري لعملية التمثيل الضوئي. ويُستخدم الكالسيوم لتكوين العظام والأصداف والهياكل المرجانية، والفسفور لتكوين العظام و DNA؛ أما الكربون فيوجد في جميع المركبات.

لجميع دورات المغذّيات طور حيوي وطور غير حيوي (الشكل ٣-٨). ينتقل **المغذّي Nutrient** من الطور غير الحيوي إلى الطور الحيوي عندما تمتصه المنتجات وتقوم **بتمثيله غذائيًا Assimilation**.

مصطلحات علمية

دورات المغذيّات Nutrient cycles: حركة وتبادل العناصر الضرورية للحياة من الجزيئات غير العضوية ومن خلال التثبيت، ومن ثم إلى الكائنات الحية، قبل أن تتحلل مرة أخرى إلى جزيئات غير عضوية.



الشكل ٣-٨ دورة عامة لمغذٍّ توضح الحركة من الطور الحيوي إلى الطور غير الحيوي.

تستخدم العناصر الأساسية لتكوين جزيئات ومركبات كبيرة في الكائنات الحية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون (الجدول ٣-٣).

نوع المركب	العناصر الأساسية	الاستخدامات الحيوية في الكائنات الحية
الكربوهيدرات	الكربون، الهيدروجين، الأكسجين	الطاقة (على سبيل المثال، الجلوكوز، النشا) أو تركيبية (على سبيل المثال السليلوز)
البروتينات	الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، النيتروجين، الكبريت	الإنزيمات، الهرمونات، أجزاء من العظام، العضلات، الدم في الحيوانات، البروتينات الناقلة في جدران الخلايا النباتية
الدهون	الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، وغيرها	تخزين الطاقة، العزل، الحماية، أغشية الخلية، الهرمونات

الجدول ٣-٣ كيفية استخدام المغذّيات في الكائنات الحية.

مصطلحات علمية

المغذّي Nutrient: مادة كيميائية تحتاج إليها الكائنات الحية لتنمو وتصلح الخلايا والأنسجة التالفة، ولإطلاق الطاقة، أو لعملية الأيض.

التمثيل الغذائي Assimilation: تحوّل المغذّي إلى شكل قابل للاستخدام يمكن دمجه في أنسجة الكائن الحي.

الطور الحيوي

في دورة الكربون يتم تثبيت ثاني أكسيد الكربون (جزيء غير عضوي يمثل جزءًا من الطور غير الحيوي) خلال عملية التمثيل الضوئي إلى الجلوكوز. ويمكن تحويل الجلوكوز لاحقًا إلى الجزيئات الأخرى التي يحتاج إليها الكائن الحي المنتج (على سبيل المثال النشا)، وبذلك يكون قد تم تمثيله غذائيًا وأصبح الآن جزءًا من الطور الحيوي. تنتقل المغذّيات خلال الطور الحيوي من كائن حي إلى آخر عن طريق التغذية، لذا تنتقل المغذّيات على طول السلسلة الغذائية من المنتجات إلى المستهلكات. كما يفقد كل كائن حي بعض هذه المغذّيات عن طريق التبرز والإخراج، وبعضها الأخر يبقى داخل المركبات العضوية حتى يموت الكائن الحي. توجد المغذّيات في هذا الطور الحيوي من الدورة على شكل مركبات عضوية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.

الطور غير الحيوي

تفكك المحللات الكائنات الحية بعد الموت، الأمر الذي يؤدي إلى عودة المغذّيات إلى حالتها غير العضوية والطور غير الحيوي من الدورة. وتكون المغذّيات خلال هذا الطور من الدورة على عدة أشكال:

- أيونات ذائبة في الماء (على سبيل المثال: Mg^{2+}، CO_3^{2-}، NO_3^-، PO_4^{3-}).
- غازات في الغلاف الجوي (على سبيل المثال: CO_2).
- رواسب يمكن أن تتحول فيما بعد إلى صخور.

دراسة حالة ٣-١

أهمية السلمون في نمو الأشجار

يمثل الحصاد الذي يقوم به الإنسان طريقة مهمة لإزالة المغذيات من البيئة البحرية، ومع ذلك تتم إزالتها أيضًا عن طريق هجرة الكائنات الحية البحرية مثل السلمون إلى مناطق المياه العذبة، حيث تأكلها المفترسات مثل الدببة والنسور.

يعود السلمون كل عام إلى مجرى المياه العذبة والبحيرات التي ولد فيها للتكاثر (الصورة ٣-٦). وليكون التكاثر ناجحًا، تحتاج مجاري المياه إلى ظلال الأشجار حتى لا تكون المياه دافئة جدًا، لأن المياه الدافئة تحتوي على كمية أقل من الأكسجين، وبالتالي تقل أعداد البيوض القادرة على البقاء. كما تساعد الأشجار على منع تعرية التربة وتمنع الرواسب من الدخول إلى مجاري المياه وتحافظ على صفاء المياه للسلمون، كما تعيش على الأشجار جماعات أحيائية كبيرة من الحشرات توفر الطعام لصغار السلمون عند تفقيسها، لذلك، فالأشجار مهمة لبقاء السلمون.



الصورة ٣-٦ سلمون المحيط الهادئ يتحرك نحو أعلى النهر لوضع البيض.

أصبح واضحًا أن ليس سمك السلمون فقط يحتاج إلى الأشجار، فالأشجار بدورها تحتاج إلى سمك السلمون أيضًا. وأثناء تحرك الملايين من سمك السلمون عبر مياه الساحل الشمالي الغربي للمحيط الهادئ من الولايات المتحدة توفر هذه الأسماك كمّيات هائلة من الطعام للدببة والنسور (الصورة ٣-٧). ويقدر أنّ كل دبّ في كولومبيا البريطانية، على سبيل المثال، يمكن أن يصطاد 700 سمكة سلمون أثناء فترة وضع البيض (التكاثر). وعلى الرغم من أن الدببة تصطاد السلمون في الماء، إلا أنها تتناول طعامها بعيدًا، ولذلك فإنها تأكل نصف ما تصطاده، في حين تأكل الأنواع القمّامة والحشرات النصف الآخر.



الصورة ٣-٧ نسر يصطاد سمكة سلمون.

تعود المركبات العضوية الناتجة من تحلل سمك السلمون مرة أخرى إلى التربة لتشكل جزءًا من الدورة الطبيعية للمغذيات، حيث تمتصها جذور الأشجار. على سبيل المثال، غالبًا ما تكون النترات عاملًا محددًا لنمو النبات. توفر الأسماك ما يصل إلى 120 kg من النيتروجين لكل هكتار (2.38 فدان) من الغابات، الأمر الذي يساعد الأشجار على النمو ثلاث مرات أسرع مما لو لم تتوافر النترات المضافة. وبهذه الطريقة تتكوّن حلقة تغذية راجعة إيجابية. فكلما زادت أعداد سمك السلمون في الماء، نمت الأشجار بشكل أفضل، وأصبحت الظروف في مجاري المياه ملائمة لوضع بيض السلمون.

تأثيرات ذلك مهمة للمحافظة على كل من سمك السلمون والغابات حيث يساعد كل منهما الآخر للبقاء على قيد الحياة. ومنذ تسعينيات القرن الماضي كانت هناك حالات انخفاض حادة في أعداد سمك السلمون في المحيط الهادئ. لذا تجب حماية الغابات للحفاظ على الجماعة الأحيائية للسلمون، ويجب أن يكون وضع البيض لسمك السلمون كافيًا كل سنة للحفاظ على الغابات.

أسئلة

١. أ. اشرح سبب أهمية نمو الأشجار لبقاء سمك السلمون.

ب. اشرح كيف يساعد سمك السلمون على زيادة نمو الأشجار.

٢. اقترح نوع كائن حي، غير الأشجار، يمكن أن يستفيد من المغذيات في جسم السلمون.

٣. افترض أنك تعمل في مجال صون البيئة، اشرح ما إذا كنت ستبدأ بالحفاظ على الغابات أم السلمون. فسر إجابتك.

الخزانات في دورات المغذّيات

الخزان جزء من الطور غير الحيوي في دورة المغذّيات، حيث يمكن للمغذّيات القابلة للذوبان في الماء البقاء لفترات طويلة من الزمن، والمحيط خزان مهم للعديد من العناصر. يمثل **زمن البقاء Residence time** متوسط الزمن الذي يستغرقه مكوث جسيم في نظام ما. يميل متوسط زمن بقاء الأيونات المغذية في المحيط لأن يكون طويلًا جدًا، لأن بعضها يسقط إلى القاع مع البراز أو الكائنات الميتة حيث تبقى في الرواسب لآلاف أو حتى ملايين السنين (الجدول ٣-٤).

المغذّي	متوسط زمن البقاء/ سنوات
الفوسفات (الفسفور)*	100000 – 20000
المغنيسيوم	17000000
كربونات الهيدروجين** (الكربون)*	100000
النيتروجين	2000
الكالسيوم	1000000

* في حال وجود المغذي على شكل أيون، يشار إلى العنصر بين قوسين ( ).

** تسمّى أحيانًا البيكربونات Bicarbonate.

الجدول ٣-٤ زمن البقاء التقريبي لمغذّيات مختلفة في المحيط.

إن زمن بقاء المغذّيات نفسها في الطبقة السطحية من المحيط تكون قصيرة، لأن الكائنات الحية التي تعيش هناك تستخدمها وتعيد تدويرها باستمرار. لهذا الخزان السطحي أهمية خاصة لأنه يوفر إنتاجية مرتفعة من العوالق النباتية. وبعد شدة الضوء، غالبًا ما تكون وفرة المغذّيات هي العامل الرئيسي المحدد لنمو المنتجات.

توجد العوالق النباتية في الطبقة السطحية من المحيط حيث يتوافر الكثير من الضوء. ويحدد تركيز المغذّيات معدل نموها، وكلما ارتفع معدل نمو العوالق النباتية، يرتفع معدل التمثيل الضوئي، وبالتالي ترتفع الإنتاجية. وكما درست سابقًا، تحدد إنتاجية العوالق النباتية مقدار الطاقة التي قد تنتقل إلى المستوى الغذائي التالي. وبشكل عام، كمّيات النيتروجين والفسفور هي عامل محدد لمعدل النمو لأنها توجد بتراكيز منخفضة في الماء. وهذا يعني أنها توجد عادة بكمّيات أقل بقليل مما تحتاج إليه المنتجات. فإذا ارتفعت التراكيز، ارتفعت الإنتاجية. يوضح الجدول (٣-٥) متوسط تراكيز الأيونات الذائبة في مياه البحر.

الأيون	متوسط التركيز في مياه البحر (ppm)
الكلوريد	19345.00
الصوديوم	10752.00
الكبريت	2701.00
المغنيسيوم	1295.00
الكالسيوم	416.00
كربونات الهيدروجين	145.00
النترات	0.50
الفوسفات	0.07

الجدول ٣-٥ متوسط تراكيز بعض الأيونات الذائبة في مياه البحر.

العمليات التي تجدد خزان المغذيات

توجد خمس عمليات رئيسية تساهم في إمداد الطبقة السطحية للمياه بالمغذيات وتعويض مخزونها، وهي:

- ذوبان غازات الغلاف الجوي في الماء
- **الإخراج Excretion** والتحلل
- التيارات الصاعدة للمياه
- الجريان السطحي
- النشاط التكتوني.

تعتمد الأهمية النسبية لهذه العمليات على كل مغذٍّ. على سبيل المثال، في حالة المغذّيات الموجودة بتراكيز عالية في الغلاف الجوي، سوف يضيف الذوبان إلى الخزان أكثر مما يضيفه الجريان السطحي.

مصطلحات علمية

***زمن البقاء Residence time:** متوسط الزمن الذي يستغرقه بقاء جسيم في نظام ما.

الإخراج Excretion: عملية التخلص من الفضلات التي تكوّنها التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا الحية.

ذوبان غازات الغلاف الجوي

يوجد النيتروجين والكربون في الغلاف الجوي للأرض، لذا يسهل ذوبانهما مباشرة في الماء. فالنيتروجين يوجد على شكل N_2، والكربون على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2. وتعتمد كمية الغاز التي قد تذوب في الماء على عدة عوامل تشمل:

- درجة حرارة الماء
- تركيز كل غاز في الغلاف الجوي
- كمية اختلاط الماء على السطح (على سبيل المثال: الأمواج القوية تزيد من اختلاط الماء السطحي).

في بعض المناطق، سيكون هناك الكثير من الغازات الذائبة في الماء مقارنة بتلك التي تنتشر عائدة إلى الغلاف الجوي، تسمى هذه المناطق **مصارف Sinks**.

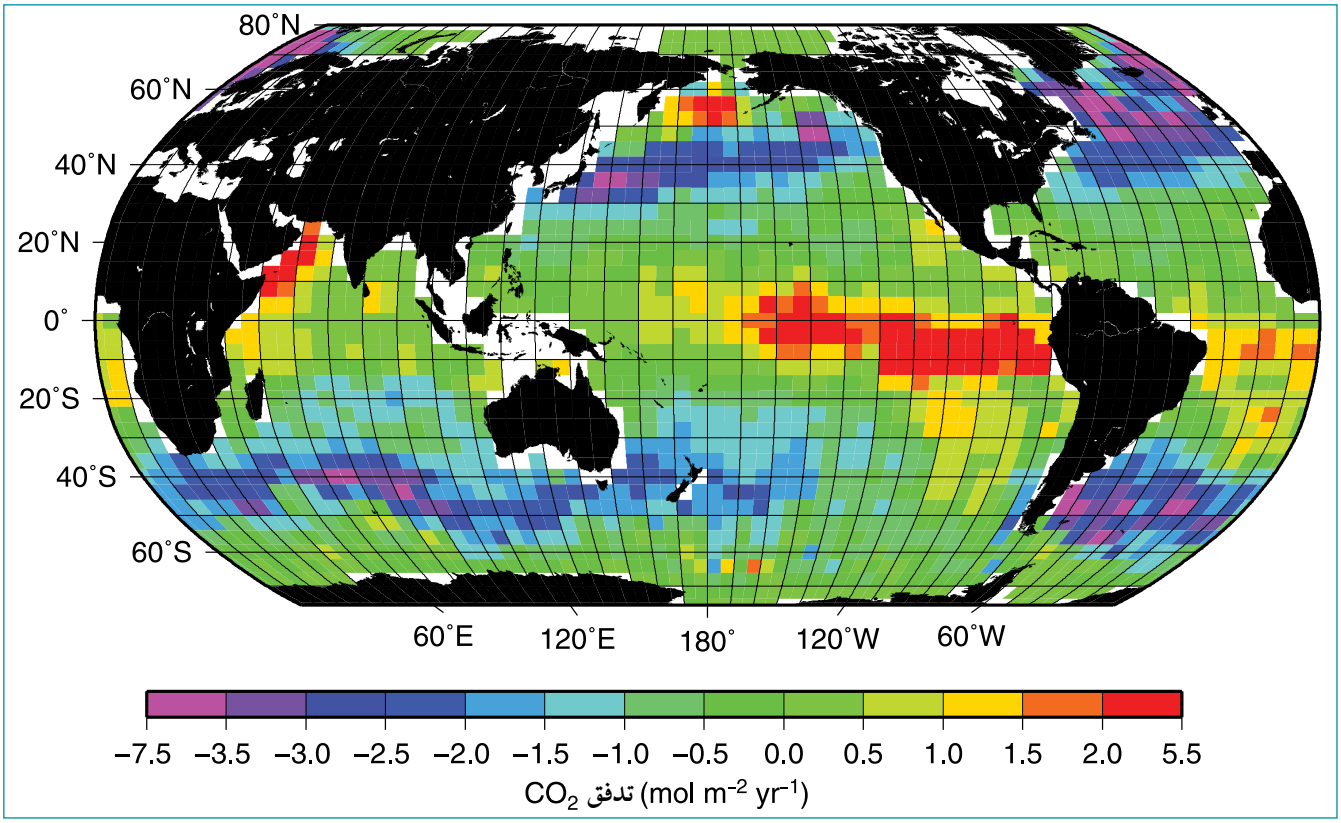
وينتشر في مناطق أخرى المزيد من الغاز إلى الغلاف الجوي مقارنة بما يذوب في الماء، وتسمى هذه المناطق **مصادر Sources**.

بشكل عام، يبقى التركيز الإجمالي عند مستوى التوازن، حيث إن الكمّية التي تذوب في المحيط تساوي تلك التي تتم إعادتها إلى الغلاف الجوي عن طريق الانتشار (الشكل ٣-٩).

مصطلحات علمية

مصرّف Sink: منطقة تتصف بفقدان صافٍ للمواد (على سبيل المثال، حيث يذوب المزيد من الغاز في المحيطات مقارنة مع ما ينتشر إلى الغلاف الجوي).

مصدر Source: منطقة تتصف بربح صافٍ من المواد (على سبيل المثال، حيث ينتشر المزيد من الغاز في الغلاف الجوي مقارنة مع ما يذوب في المحيط).



الشكل ٣-٩ تدفق ثاني أكسيد الكربون إلى داخل وخارج المحيط على مدار السنة. تمثل المناطق الأرجوانية والزرقاء مصارف الكربون، وتمثل المناطق الصفراء والحمراء مصادر الكربون؛ أما المناطق الخضراء فتمثل حالة التوازن بين ثاني أكسيد الكربون الذائب والمنطلق (**N**:شمال، **S**:جنوب، **E**:شرق، **W**:غرب).

الإخراج والتحلل

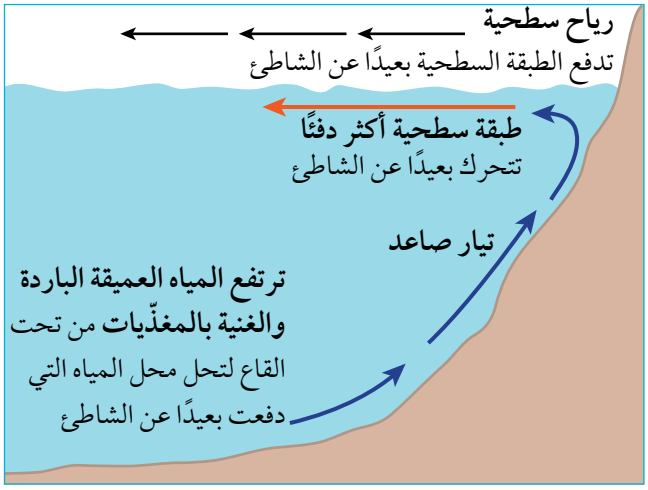
الإخراج هو إزالة الفضلات الناتجة من التفاعلات الكيميائية داخل الكائنات الحية. على سبيل المثال، يتم إخراج ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفّس من رئتَي الثدييات وخياشيم الأسماك. ويتم إخراج الفضلات النيتروجينية من معظم الكائنات البحرية على شكل يوريا ذائبة في البول (الثدييات) أو أمونيا (الأسماك). وبهذه الطريقة تعود بعض الأيونات المغذّية الموجودة في الكائنات الحية إلى الماء.

تتفكك المواد العضوية الميتة وبعض نواتج الإخراج عن طريق المحللات، وهي الفطريات والبكتيريا التي تفرز إنزيمات تهضم الجزيئات العضوية الكبيرة، ثم تمتص المواد الناتجة. على سبيل المثال، تتفكك البروتينات إلى أحماض أمينية، وتتفكك الكربوهيدرات المعقدة إلى جلوكوز. قد تستخدم المحللات بعد ذلك الجلوكوز للتنفّس الذي يعيد ثاني أكسيد الكربون إلى الطبقة السطحية. وتتحوّل الأحماض الأمينية إلى أمونيا ونترات بواسطة أنواع أخرى من البكتيريا، لتستخدمها العوالق النباتية بعد ذلك للنمو. التحلل أيضًا عملية مهمة في الطبقات العميقة من المحيط، حيث تتم إعادة المغذّيات المتكونة خلال التيار الصاعد للمياه.

التيارات الصاعدة للمياه

صعود المياه الباردة من أعماق المحيط إلى السطح يسمى التيار الصاعد للمياه Upwelling. تحتوي هذه المياه العميقة على تراكيز أعلى من المغذّيات مقارنة بتلك الموجودة على السطح بسبب غرق بقايا الكائنات الحية. لذا، ينزل البراز والكائنات الحية الميتة من الطبقات السطحية إلى الأجزاء العميقة من المحيط، حيث تفككها المحللات لتعود الأيونات المغذّية إلى الماء. ترتفع المياه الغنية بالمغذّيات، حيث تقوم بتخصيب الطبقات السطحية وزيادة الإنتاجية. وتكون المناطق ذات المستويات المرتفعة من التيارات الصاعدة للمياه الساحلية أكثر إنتاجية، ولديها معدلات صيد عالية من الأسماك ذات الأهمية التجارية. ويقدر أن 25% من صيد الأسماك يحدث في 5% فقط من المحيط حيث المستويات المرتفعة من التيارات الصاعدة للمياه.

يحدث التيار الصاعد للمياه الساحلية Coastal upwelling عندما تهب الرياح بشكل متواز مع الشاطئ (الشكل ٣-١٠)، الأمر الذي يؤدي إلى إزاحة طبقة السطح الدافئة عن الشاطئ لتحل محلها المياه الباردة الصاعدة من أعماق المحيط. وإذا تحركت الرياح في الاتجاه المعاكس بحيث تدفع الماء نحو الساحل، فمن الممكن أيضًا أن يحدث تيار هابط للمياه Downwelling، ونتيجة لهذا الهبوط تتم إزالة المغذّيات من الطبقات السطحية للمحيطات.



الشكل ٣-١٠ التيار الصاعد للمياه الساحلية الناجم عن الرياح السطحية.

الجريان السطحي

الجريان السطحي جزء من دورة الماء، حيث يتدفق الماء إلى الجداول والأنهار، ومنها إلى المحيط. فخلال دورة الماء يتبخر الماء من الأنهار والبحيرات والمحيطات والجداول، ويتكثف إلى سحب في الغلاف الجوي، ومنه يسقط على الأرض على شكل هطول (الوحدة الأولى الشكل ١-١).

عندما يتدفق الماء من خلال الجريان السطحي باتجاه البحر فإنه يذيب ويُصفّي معه المغذيات من التربة. كما يمكنه أيضًا أن يجمع مواد أخرى مثل مخلفات النفط والمعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية ومياه الصرف

الصحي، لتنتهي جميعها في المحيط. قد تسبب زيادة المغذّيات في الجريان السطحي تكوّن مناطق بحرية ميتة، وازدهار طحالب ضارة. ستتم مناقشة المناطق البحرية الميتة أثناء دراسة الحالة الموسعة.

العمليات التكتونية

تضيف العمليات التكتونية المغذّيات إلى الماء بطريقتَين رئيسيتَين: الأولى، من خلال الفوهات المائية الحرارية حيث تذوب المغذّيات في الماء أثناء مروره فوق حجرة الماجما (الصهارة البركانية). وعندما يطلق الماء فائق الحرارة من الفوهة ويلتقي مياه البحر الباردة، تترسب بعض الأيونات المعدنية وتكوّن المدخنة الصلبة. لكن تبقى العديد من المعادن الضرورية للحياة ذائبة في الماء، وتكون متاحة للكائنات الحية التي تعيش عند الفوهات. وهذا مهم بشكل خاص لعمليات التمثيل الكيميائي التي تستخدم الكبريتيدات Sulfides. وبدون ذلك لا توجد حياة على هذا العمق الذي لا يصله الضوء. تصل بعض المغذّيات المضافة بهذه الطريقة في النهاية إلى الطبقة السطحية عبر التيارات الصاعدة للمياه.

أما الطريقة الأخرى فتتمثل بعمليتَي التعرية والتجوية، فهما مهمتان في إضافة المغذّيات إلى الخزان في المحيط. كما أن النشاط التكتوني مثل إطلاق الماجما من البراكين وتكوين الجبال يضيفان صخورًا جديدة إلى سطح الأرض. تتعرض هذه الصخور لعمليات التعرية والتجوية، فتذوب المغذّيات في ماء المطر وتجري إلى الأنهار والجداول ومنها إلى المحيط.

أظهرت الدراسات أيضًا أن الرماد الناتج من ثوران البراكين يخصب المحيطات ويؤدي إلى زيادة الإنتاجية الأولية. فعندما يهبط الرماد في الماء تذوب أيونات المعادن مثل الفوسفات والحديد والمغنيسيوم في الماء، وتضاف إلى الخزان.

العمليات التي تزيل المغذّيات من الطبقة السطحية

الطريقة الرئيسية لإزالة المغذّيات من الطبقة السطحية هي من خلال قيام المنتجات بامتصاصها وتمثيلها غذائيًا، فهي تثبت الأيونات غير العضوية في مركبات عضوية صالحة للاستخدام تتغذى عليها المستهلكات. وبهذه الطريقة، تكون المغذّيات قادرة على الانتقال على طول السلسلة الغذائية. على سبيل المثال، تأخذ العوالق النباتية أيونات النترات وتستخدمها لتكوين الأحماض الأمينية وبناء البروتينات التي تشكل جزءًا من تركيبها. ثم تتغذى العوالق الحيوانية على العوالق النباتية، وتهضم هذه البروتينات مستخدمة الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الهضم لتكوين بروتيناتها الخاصة. كما تأكل الأسماك الصغيرة العوالق الحيوانية وتستمر العملية. تسلك المغذّيات مسارات مختلفة عندما تدخل السلسلة الغذائية، فبعضها يغرق في قاع البحر على شكل **ثلج بحري Marine snow**، وبعضها يندمج في الشعاب المرجانية، وبعضها تتم إزالته عن طريق الحصاد.

مصطلحات علمية

الثلج البحري Marine snow: جسيمات المواد العضوية التي تسقط من الطبقات السطحية إلى عمق المحيط.

الثلج البحري

الثلج البحري هو الاسم الذي يطلق على جسيمات المادة العضوية التي تسقط من سطح المحيط إلى المياه العميقة. وهو يتكوّن من براز الكائنات الحية في الطبقات السطحية، وكذلك الحيوانات والعوالق النباتية والعوالق الحيوانية الميتة. وقد سُمّي بهذا الاسم لأنه يشبه تساقط الثلج، فهي جسيمات صغيرة بيضاء تطفو في الماء (الصورة ٣-٨).



الصورة ٣-٨ الثلج البحري في الماء.

هذا السقوط المستمر للمواد العضوية يوفر الغذاء للعديد من الكائنات الحية التي تعيش في أعماق المحيط. فبعضها تتغذى عليها بقايا العوالق الحيوانية والأسماك أثناء سقوطها، وبعضها الآخر تتغذى به المتغذيات بالترشيح على عمق أكبر. والكثير منها لا يؤكل مطلقًا بل يشكل جزءًا من رواسب قاع المحيط. بعض المغذّيات في الرواسب يتم تحريرها بعمليات مثل التعرية والذوبان، ويبقى بعضها الآخر في الرواسب لسنوات عديدة.

الحصاد

يتمثل الحصاد Harvesting بإزالة الإنسان للأنواع البحرية. فوفقًا لأرقام أحدث تقارير الأمم المتحدة، بلغ إجمالي الأسماك التي جرى صيدها في سنة 2016 م، 90.9 مليون طن. ويشمل هذا الرقم أنواعًا حيوانية أخرى غير الأسماك كالقشريات مثل السرطانات وجراد البحر، والرخويات مثل بلح البحر والحبار. ويمكن أيضًا حصاد الطحالب الكبيرة مثل الأعشاب البحرية لاستخدامها في صناعة الأغذية وفي تصنيع المواد الهلامية والأسمدة. وتتم إزالة جميع المغذّيات الموجودة في هذه الأنواع عند حصادها من المحيط. ومع ذلك، يعود العديد منها في النهاية إلى المحيط عبر الدورة الطبيعية لهذه المغذّيات.

على سبيل المثال، قد يأكل الإنسان الأسماك ويهضمها، فتخرج بعض المركبات المحتوية على النيتروجين مع البول، والذي ينتهي في مياه الصرف الصحي. وتطلق مياه الصرف الصحي في العديد من المناطق إلى الأنهار والمحيطات بعد أن تعالج جزئيًا. وفي بعض المناطق تطلق مياه الصرف الصحي الخام، فتعود بالتالي المركبات المحتوية على النيتروجين الموجودة في الأسماك الأصلية إلى المحيط.

أسئلة

٩ أ. صف المقصود بالمصطلحَين: حيوي وغير حيوي، في سياق دورات المغذّيات.

ب. اشرح كيفية انتقال المغذّيات من الطور غير الحيوي إلى الطور الحيوي من دورة مغذٍ.

١٠ أ. صف كيفية انتقال المغذّيات في الطور الحيوي من الدورة.

ب. اذكر مكانَين تجد فيهما أيونات مغذّية ضمن الطور غير الحيوي من دورة المغذّيات.

١١ اشرح سبب أهمية الحصاد في دورات المغذّيات البحرية، واشرح ما إذا كنت تعتقد أنه مفيد أو ضار.

مشروع: رسوم كرتونية للعلاقات البحرية

من خلال العمل في مجموعات صغيرة صمم رسومًا كرتونية توضح العلاقة بين كائنَين حيَّين بحريَّين. يجب أن يكون نوع العلاقة مما عرضته الوحدة (على سبيل المثال، التبادلية)، لكن عليك إجراء بحث لتحديد المثال الذي تختاره. يجب أن تظهر الرسوم الكرتونية نوع العلاقة وكيف تؤثر على كلا الكائنَين الحيَّين، ويفضل أن تكون بطريقة مثيرة للاهتمام أو إبداعية.

التفكير في المشروع

على كل مجموعة أن تطلع على رسم كرتوني آخر (لمجموعة أخرى)، وتفكر في الأسئلة الآتية:

- هل تم شرح نوع العلاقة؟
- هل يفهم أي طالب لم يدرس هذه الوحدة المقصود من الرسم الكرتوني.
- أيّ الكائنَين يستفيد أو يتضرر؟ ولماذا؟
- هل النظر إلى العلاقة في الرسم الكرتوني يثير الاهتمام؟

أعط المجموعة الأخرى درجة من درجة كلية من 20، بحيث تعطى 5 درجات لكل سؤال. اكتب عن أمر واحد أعجبك فعلًا، واقترح نصيحة واحدة لتحسينه.

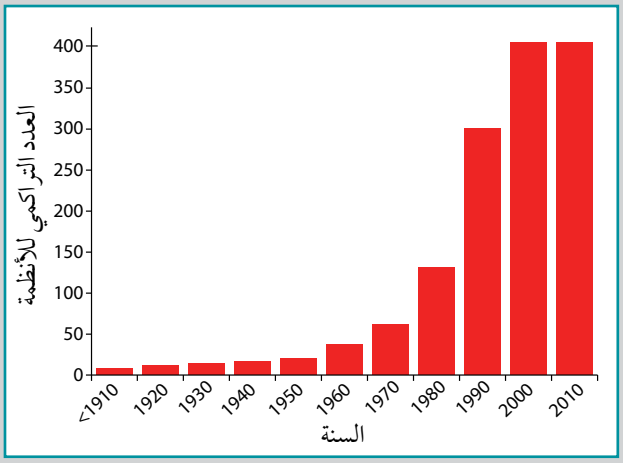
دراسة حالة موسعة

المنطقة الميتة في خليج المكسيك



الشكل ٣-١١ خليج المكسيك والبلدان المحيطة.

خليج المكسيك حوض تحيط به الولايات المتحدة والمكسيك وكوبا (الشكل ٣-١١). عرضه 1500 km تقريبًا، ويتصل بكل من المحيط الأطلسي والبحر الكاريبي. المنطقة الميتة من الماء أصبحت فيها مستويات الأكسجين منخفضة جدًا، الأمر الذي يعني عدم وجود ما يكفي من الأكسجين للتنفّس، وبالتالي، إما أن تموت الكائنات الحية أو أن تنتقل إلى منطقة أخرى تكون فيها مستويات الأكسجين مرتفعة. توجد المناطق الميتة بالقرب من السواحل حيث مستويات عالية من المغذّيات التي يتم جرفها من الأراضي الزراعية. جرى الإبلاغ عن أول منطقة ميتة في أوائل القرن العشرين، وتزايدت الأعداد كل عام منذ ذلك الحين (الشكل ٣-١٢). ويقدر أن المستوى العام للأكسجين في المحيطات انخفض بين سنتَي 1950 و 2018 م بمقدار 77 مليار طن.



الشكل ٣-١٢ أعداد المناطق الميتة على امتداد العقود.

تكوّن المناطق الميتة

تتكوّن المناطق الميتة عندما تدخل المغذيات إلى الماء مثل الفوسفات والنترات، والتي تأتي بشكل رئيسي من الأسمدة الكيميائية والفضلات مثل مياه الصرف الصحي.

وقد تتكوّن المناطق الميتة أيضًا بشكل طبيعي عندما تؤدي التغيرات في الرياح والتيارات إلى تغير تدفق المغذّيات صعودًا من مياه الأعماق.

تسبب المغذيات عند دخولها إلى الماء زيادة كبيرة في نمو الطحالب ما يؤدي إلى ازدهارها. وتسبب الفوسفات والنترات زيادة نمو البكتيريا الخضراء المزرقة، التي لا تتغذى عليها العديد من العوالق الحيوانية، ما يعني

(تابع)

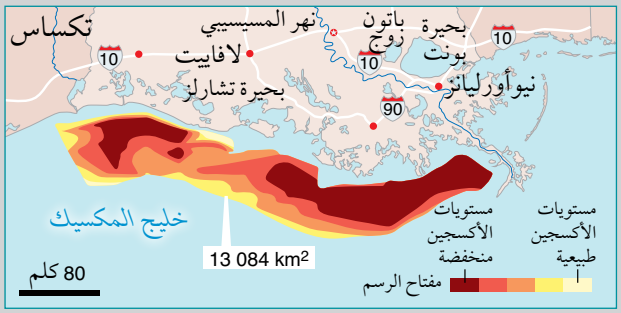
تراكم أعدادها بلا حدود. وعندما تموت الكائنات الحية تهبط إلى القاع، لتوفر مصدرًا غذائيًا للبكتيريا التي تفككها في عملية التحلل. تزداد أعداد البكتيريا بسرعة، ويستهلك تنفّسها معظم الأكسجين الذائب في الماء، فيحدث بذلك نقص الأكسجين في الماء وتموت الكائنات الحية الأخرى.

خليج المكسيك

تثير المنطقة الميتة في خليج المكسيك الاهتمام لسببَين: الأول أنها ثاني أكبر منطقة ميتة في العالم، والسبب الثاني أن حجمها يتغير موسميًا بحسب ظروف الطقس كل سنة. يصب نهر المسيسيبي في الخليج ويتصف بأكبر حوض نهر في أمريكا الشمالية، كما أن مستويات المغذّيات التي يجرفها النهر معه كبيرة. بالمقابل، يعيش اثنا عشر مليون إنسان في المناطق المحاذية لنهر المسيسيبي، ويطلقون مياه الصرف الصحي المعالجة فيه. معظم الأراضي القريبة من نهر المسيسيبي هي أراض زراعية، لذا تجرف مياه الأمطار الأسمدة باستمرار، وبالتّالي يصل 1.7 مليون طن من المغذّيات كل سنة إلى خليج المكسيك من هذا النهر.

يسبب فصلا الربيع والصيف ازدهار الطحالب وتكوين المنطقة الميتة التي تختلف مساحتها، وتبلغ في المتوسط 13000 km^2. وقد سجلت أكبر منطقة ميتة في سنة 2017 م، عندما بلغت 22730 km^2.

ومن المثير للاهتمام أن المنطقة الميتة عادت إلى المساحة المتوسطة بعد مرور سنة، خلال صيف 2018 م. تكون المنطقة الميتة كبيرة جدًا أثناء الفيضانات الغزيرة، وقد اختفت هذه المنطقة في آواخر صيف 1998 م لحدوث جفاف شديد وانخفاض كمية المياه الداخلة إلى الخليج بشكل ملحوظ. يبيّن الشكل (٣-١٣) مساحة المنطقة الميتة في سنة نموذجية ذات ظروف مناخية عادية.



الشكل ٣-١٣ متوسط المساحة لمنطقة ميتة في سنة 2018 م.

تكون المياه العذبة التي تتدفق إلى الخليج من نهر المسيسيبي أقل كثافة من مياه البحر، فتشكل طبقة في الأعلى. وهذا يعني أن المياه العميقة حيث يحدث نقص الأكسجين قد تم عزلها عن التزود بالأكسجين من الغلاف الجوي. بالتالي تبقى المنطقة الميتة حتى يمتزج الماء مرة أخرى، بفعل إعصار ما أو عندما تتشكل الجبهات الباردة في الخريف والشتاء.

تأثيرات المنطقة الميتة

صناعة المأكولات البحرية في خليج المكسيك مهمة جدًا؛ إذ يزوّد الخليج الولايات المتحدة بغالبية المحار والروبيان المستزرع، فضلًا عن كونه مصدرًا لعدة أنواع من الأسماك. وتقدر الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) إن صناعتَي السياحة وصيد الأسماك تكلف المنطقة الميتة 82 مليون دولار سنويًا. فعندما تغادر الأسماك المنطقة الميتة بسبب نقص الأكسجين، يضطر الصيادون إلى الانتقال مسافة أبعد لصيدها، وهذا يكلف الوقت والمال. غالبًا ما لا يكون الروبيان قادرًا على الهرب من المنطقة الميتة، فيموت، الأمر الذي يقلل من عدد أفراد جماعتها الأحيائية، ويصعب صيدها في المستقبل.

تقليل حجم المنطقة الميتة

الطريقة الرئيسية لتقليل حجم أي منطقة ميتة هي تقليل مستوى المغذّيات التي تدخل الماء. ففي سنة 1997 م تشكلت فرقة العمل المعنية بالمغذّيات لمجمّعات المياه في خليج المكسيك بهدف تقليل متوسط حجم المنطقة الميتة إلى 5000 km^2. وتشمل الاستراتيجيات التي يمكن اعتمادها تقليل استخدام الأسمدة غير العضوية في المزارع، وتغيير توقيت استخدامها للحد من ترشيحها وجرفها بفعل مياه الأمطار. إن إدارة سهول الفيضانات مهمة، لأن زيادة مساحة هذه السهول تعني أن كمّية مياه الفيضانات التي تنتقل إلى الخليج سوف تنخفض، وتحتجز الرواسب الغنية بالمغذّيات. وقد تشجع المزارعون على عدم تجفيف الأراضي الرطبة، وتركها في حالتها الطبيعية لتحسين نوعية التربة وتقليل التعرية. ويجري تحسين عمليات معالجة الفضلات لتجنب تصريف المغذّيات إلى الماء، وتجنب دخول فضلات الحيوانات إلى مجاري المياه نهائيًا.

(تابع)

أسئلة

١. صف واشرح كيف تتكوّن المنطقة الميتة.
٢. اقترح سبب تزايد المناطق الميتة منذ اكتشافها لأول مرة.
٣. اشرح سبب تغير حجم المنطقة الميتة لخليج المكسيك كل سنة.
٤. اشرح: لماذا المنطقة الميتة لخليج المكسيك موسمية؟
٥. لخص التدابير الوقائية التي يجب اتخاذها لتقليل حجم المنطقة الميتة لخليج المكسيك، واشرح كيفية عمل كل تدبير.

ملخّص

قد تشمل التفاعلات بين الكائنات الحية التكافل، وهو علاقة بين كائنَين حيَّين أو أكثر من أنواع مختلفة تعيش قريبة بعضها من بعض.

قد يكون التكافل شكلًا من أشكال التطفل (مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية)، أو التعايش (أسماك شيطان البحر وأسماك الريمورا)، أو التبادلية (سرطان البحر الملاكم وشقائق النعمان).

تدخل الطاقة إلى النظام البيئي من خلال عملية تثبيت الكائنات الحية ذاتية التغذية للكربوهيدرات. ترتبط الإنتاجية الأولية للنظام البيئي بكمّية الطاقة المثبتة في الكربوهيدرات.

قد تقوم الكائنات الحية ذاتية التغذية بعملية التمثيل الضوئي أو التمثيل الكيميائي. تحتاج الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي (الكائنات الحية ذاتية التغذية الضوئية) إلى ضوء الشمس، وتحدث فقط في الطبقة الضوئية من المحيط. تستخدم الكائنات الحية التي تقوم بعملية التمثيل الكيميائي (الكائنات الحية ذاتية التغذية الكيميائية) المواد الكيميائية الذائبة بالقرب من الفتحات المائية الحرارية في أعماق المحيط.

الكائنات الحية غير ذاتية التغذية مستهلكة وهي تتغذى على الكائنات الحية ذاتية التغذية أو غيرها من الكائنات الحية غير ذاتية التغذية.

يمكن عرض علاقات التغذية على شكل سلاسل غذائية أو شبكات غذائية، ويمكن وصف الكائنات الحية في السلاسل الغذائية أو الشبكات الغذائية بأنها آكلات أعشاب، أو آكلات لحوم، أو قارتة، أو مفترسة وفرائس.

تقوم المحللات بتفكيك المواد العضوية الميتة لتعيد المغذّيات إلى البيئة كي تستخدمها الكائنات الحية ذاتية التغذية مرة أخرى.

عند كل مستوى غذائي يتم فقدان الطاقة لتعود إلى النظام البيئي من خلال فقدان الحرارة أثناء التنفّس والفضلات الناتجة والطاقة المستخدمة في العمليات الحيوية. لا تستخدم هذه الطاقة لزيادة الكتلة الحيوية، ولا تنتقل إلى المستوى الغذائي التالي.

يمكن توضيح علاقات التغذية من خلال أهرامات الأعداد والكتلة الحيوية والطاقة.

تنتقل المغذّيات عبر النظام البيئي في دورات مثل دورة الكربون ودورة النيتروجين.

يتمثل الطور الحيوي لدورات المغذّيات بتمثيل هذه المغذّيات في المواد العضوية في الكائنات الحية، ومرورها عبر النظام البيئي في السلاسل الغذائية. للمغذّيات أدوار حيوية مهمة، مثل تكوين DNA والبروتينات والكربوهيدرات والكلوروفيل والعظام والأصداف.

يتمثل الطور غير الحيوي لدورات المغذّيات بإذابة المغذّيات في الماء، أو وجودها على شكل غاز في الغلاف الجوي، أو تخزينها في الرواسب أو الصخور التي تشكل أحيانًا خزانات من المغذّيات المتاحة للمنتجات. يمكن تجديد مخزون المغذّيات في هذه الخزانات عن طريق الغازات الذائبة في الماء من الغلاف الجوي، والإخراج، والتحلل، والتيارات الصاعدة للمياه، والجريان السطحي والنشاط التكتوني.

يمكن إزالة المغذّيات من الطبقة السطحية للمحيطات من خلال الثلج البحري والحصاد.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أي من الآتي يمثل العلاقة بين مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية؟

أ. تطفل ب. تبادل ج. تعايش د. افتراس [1]

٢ أي من الآتي يصف التمثيل الكيميائي؟

أ. العملية التي تستخدم المستهلكات عبرها المواد الكيميائية المستخلصة من الغذاء لإنتاج الكتلة الحيوية.

ب. العملية التي يتم عبرها استخدام الطاقة الكيميائية في جزيئات الماء لإنتاج جزيئات عضوية قابلة للاستخدام من قبل المنتجات.

ج. العملية التي يتم عبرها استخدام الطاقة الحرارية من الفوهات المائية الحرارية في عملية التمثيل الضوئي عند البكتيريا في الأعماق.

د. العملية التي يتم عبرها استخدام الطاقة الكيميائية الموجودة في كبريتيد الهيدروجين لإنتاج جزيئات عضوية في المنتجات. [1]

٣ ما هو الثلج البحري؟

أ. مياه باردة وكثيفة تغوص من الطبقات السطحية إلى عمق المحيط.

ب. جسيمات المواد العضوية التي تسقط من الطبقات السطحية إلى عمق المحيط.

ج. جسيمات المواد غير العضوية التي تسقط من الطبقات السطحية إلى عمق المحيط.

د. الترسب الذي يحصل في المحيطات في مناطق مناخية باردة مثل المنطقة القطبية. [1]

٤ أ. اشرح المقصود بمصطلح **الإنتاجية** [3]

ب. اذكر **ثلاثة** عوامل قد تؤثر على الإنتاجية. [3]

[المجموع: 6]

٥ أ. صف عملية التمثيل الضوئي. [4]

ب. اشرح: لماذا لا تحدث عملية التمثيل الضوئي في الفوهات المائية الحرارية على قاع المحيط؟ [2]

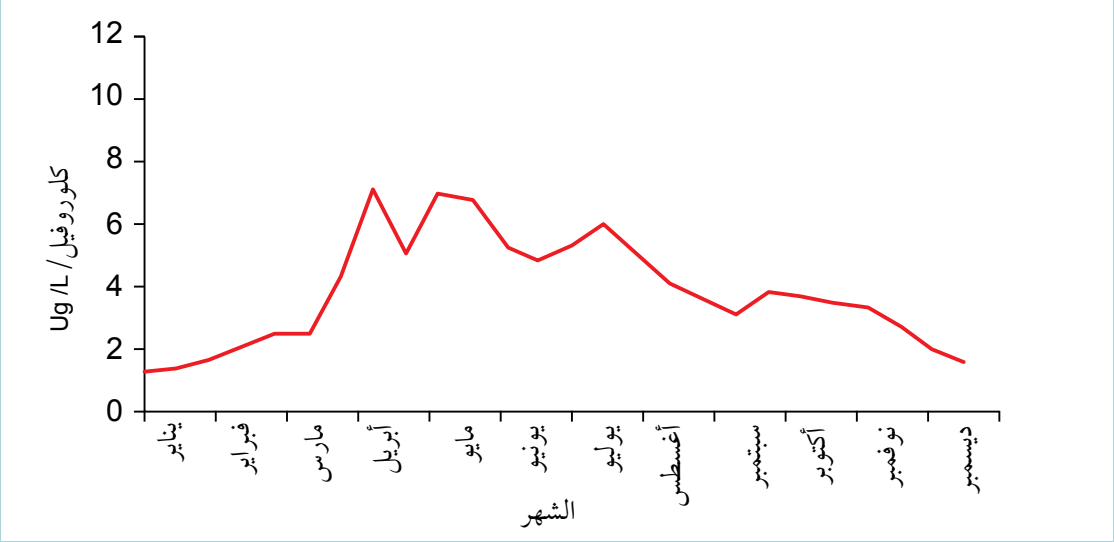
ج. تبلغ الطاقة الشمسية الساقطة على المحيط 1.7×10^6 (kJ/m^2 year) وتستطيع العوالق النباتية استخدام 18754 (kJ/m^2 year):

١. احسب النسبة المئوية لطاقة الشمس التي تستخدمها العوالق النباتية. وضِّح خطوات الحل. [2]

٢. اشرح سبب عدم استخدام النسبة 100% من الطاقة. [3]

[المجموع: 11]

٦ ادرس التمثيل البياني في الشكل ٣-١٤ الذي يوضح النسبة المئوية لتراكيز الكلوروفيل على ساحل كاليفورنيا على مدار سنة واحدة.



الشكل ٣-١٤ تراكيز الكلوروفيل التقريبية على ساحل كاليفورنيا في سنة واحدة.

أ. صف الأنماط التي يظهرها التمثيل البياني. **[3]**

ب. اشرح سبب زيادة كمية الكلوروفيل في شهر مارس. **[5]**

ج. اقترح واشرح ما سيحدث للجماعة الأحيائية للعوالق الحيوانية في شهرَي مارس وأبريل. **[2]**

د. يتغذى سمك الرنجة داخل هذا النظام البيئي على العوالق الحيوانية، ويتغذى سمك الماكريل على الرنجة. يوجد 809 من العوالق النباتية، 37 من العوالق الحيوانية، 11 من سمك الرنجة، 1من سمك الماكريل. ارسم هرم الأعداد لهذه السلسلة الغذائية. **[3]**

[المجموع: 13]

٧ **أ.** ١. صف كيف تدخل المياه الغنية بالمغذيات القادمة من أعماق المحيط خزان المغذيات على السطح. **[2]**

٢. اذكر **طريقتَين** أخريَين تدخل بهما المغذياتالطبقات السطحية. **[2]**

ب. ١. اشرح فائدة زيادة المغذياتفي الطبقات السطحية. **[2]**

٢. اشرح كيف تكون زيادة المغذياتفي الطبقات السطحية ضارة. **[2]**

ج. اذكر مثالاً على عنصرأساسي تحتاج إليه الكائنات الحية، واذكر الغرض الذي يستخدم فيه. **[2]**

[المجموع: 10]

(تابع)

٨ **أ.** اشرح كلًا من المصطلحَين الآتيَين مع ذكر أمثلة عليهما، ثم صف دور كل كائن حي في علاقة التغذية:

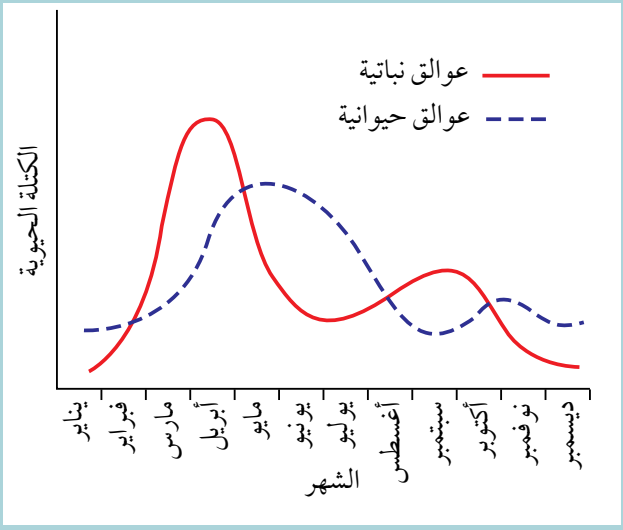
١. التطفل. **[3]**

٢. التعايش. **[3]**

ب. ما أوجه الاختلاف بين المنتجات والمستهلكات. **[3]**

[المجموع: 9]

٩ ادرس التمثيل البياني ٣-١٥ والذي يمثل الكتلة الحيوية للعوالق النباتية والعوالق الحيوانية حول الساحل النرويجي على مدار السنة.



الشكل ٣-١٥ الكتلة الحيوية للعوالق النباتية والعوالق الحيوانية حول الساحل النرويجي على مدار السنة.

أ. ارسم هرم الكتلة الحيوية رسمًا تقريبيًا لإظهار العوالق النباتية والعوالق الحيوانية في شهر مارس. **[2]**

ب. اشرح سبب نقص الكتلة الحيوية في المستهلكاتمقارنة بالكتلة الحيوية في المنتجات. **[3]**

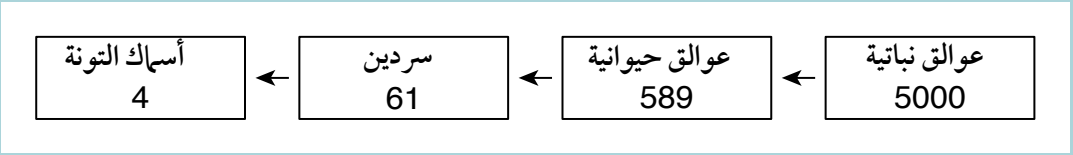
ج. صف كيف سيختلف هرم الكتلة الحيوية في شهر يوليو. **[2]**

د. اشرح سبب اختلاف هرم الكتلة الحيوية في شهر يوليو. **[1]**

[المجموع: 8]

(تابع)

١٠ يوضح الشكل ٣-١٦ سلسلة غذائية من نظام بيئي بحري. توضح الأرقام مقدار الطاقة في كل مستوى غذائي في الشتاء بوحدات تقديرية.



الشكل ٣-١٦ سلسلة غذائية من نظام بيئي بحري توضح مقدار الطاقة في كل مستوى غذائي بوحدات تقديرية.

أ. احسب النسبة المئوية للطاقة المنتقلة بين العوالق النباتية والعوالق الحيوانية. وضِّح خطوات حلّك. **[2]**

ب. اشرح سبب وجود مقدار طاقة أقل في المستهلكات منها في المنتجات. **[3]**

ج. ١. اقترح ما سيحدث للطاقة في كل مستوى غذائي خلال الصيف. **[3]**

٢. اقترح ما يمكن أن يحدث للسلسلة الغذائية في حالة تصريف الأسمدة من الأراضي الزراعية الساحلية إلى المياه. **[3]**

[المجموع: 11]

١١ **أ.** انقل الجدول ٣-٦وأكمله لتوضيح استخدامات المغذيات المختلفة. **[3]**

المغذّي	الاستخدام الحيوي
النيتروجين	
الكالسيوم	
الفسفور	

الجدول ٣-٦ استخدامات المغذيات المختلفة.

ب. ١. صف عملية الجريان السطحي. **[3]**

٢. صف تأثير جريان الأسمدة النيتروجينية على المنتجات. **[3]**

٣. اشرح كيف سيؤثر هذا على المستهلكات في السلسلة الغذائية. **[2]**

[المجموع: 11]

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي.

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أعرّف المصطلحات الآتية: التطفل، والتعايش، والتبادل، وأذكر أنها كلها أمثلة على العلاقات التكافلية.				١-٣
أصف العلاقة التطفلية بين مجدافيات الأرجل والأسماك البحرية.				١-٣
أصف العلاقة التعايشية بين أسماك شيطان البحر وأسماك الريمورا.				١-٣
أصف العلاقة التبادلية بين سرطان البحر الملاكم وشقائق النعمان.				١-٣
أشرح أن المنتجات يمكن أن تكون كائنات حية تقوم بالتمثيل الضوئي أو التمثيل الكيميائي.				٢-٣
أعرّف الإنتاجية بأنها معدل إنتاج الكتلة الحيوية لكل وحدة مساحة أو حجم لكل وحدة زمنية، وأشرح كيف يمكن أن تؤثر الإنتاجية الأولية العالية على السلاسل الغذائية.				٢-٣
أحسب وأفسر فقدان الطاقة على طول السلسلة الغذائية				٢-٣
أرسم وأصف وأفسر أهرامات الأعداد والكتلة الحيوية والطاقة، بما في ذلك تلك التي تحتوي على الطفيليات وفترات ازدهار العوالق النباتية مثل ازدهار الطحالب.				٢-٣
أعرّف المغذي على أنه مادة يحتاج إليها الكائن الحي للنمو أو الإصلاح أو الطاقة أو الأيض الطبيعي.				٣-٣
أشرح أن بعض المغذيات تزوِّد الكائنات الحية بمصدر للعناصر الأساسية وأن هذه العناصر لها أدوار حيوية مهمة: • النيتروجين الذي يستخدم في تكوين البروتينات و DNA • الكربون الذي يستخدم في تكوين كافة المركبات العضوية • المغنيسيوم الذي يستخدم في تكوين الكلوروفيل				٣-٣

(تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
• الكالسيوم الذي يستخدم في تكوين العظام والأصداف والهياكل المرجانية • الفسفور الذي يستخدم في تكوين DNA والعظام.				٣-٣
أذكر أن المغذّيات يمكن أن تشمل غازات مثل CO_2 وأيونات مثل Mg^{2+}، و CO_3^{2-} و PO_4^{3-}، و NO_3^-، ومركبات عضوية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات.				٣-٣
أذكر أن بعض المغذّيات قابلة للذوبان، وأن هناك مخزونًا لهذه المغذّيات الذائبة في المحيط وهو متاح للمنتجات والمستهلكات.				٣-٣
أشرح سبب محدودية الإنتاجية بفعل توافر المغذّيات الذائبة.				٣-٣
أشرح العمليات التي يتم من خلالها تجديد مخزون المغذيات الذائبة، بما في ذلك ذوبان غازات الغلاف الجوي، والإخراج والتحلل، وارتفاع التيارات الصاعدة للمياه، والجريان السطحي، والنشاط التكتوني.				٣-٣
أذكر أن مخزون المغذّيات الذائبة ينضب بسبب امتصاصها بواسطة الكائنات الحية.				٣-٣
ألخص كيف ينقل الثلج البحري المواد العضوية التي تحتوي على الطاقة من المياه السطحية إلى عمق المحيط.				٣-٣
أشرح أن المغذّيات التي تمتصها الكائنات الحية في السلاسل الغذائية يمكن إزالتها عن طريق الحصاد.				٣-٣



الوحدة الرابعة

التصنيف

Classification



أهداف التعلّم

٤-١ يصف تصنيف الأنواع في التسلسل الهرمي التصنيفي للنطاق والمملكة والشعبة والطائفة والرتبة والعائلة والجنس والنوع.

٤-٢ يصف ويستخدم نظام التسمية الثنائية لتسميات الأنواع.

٤-٣ يصمّم ويستخدم مفاتيح التشعيب الثنائية البسيطة التي تعتمد على سمات يمكن تحديدها بسهولة.

٤-٤ يسجل ملاحظات وينفذ رسومًا بيولوجية من عيّنات أو صور فوتوجرافية لكائنات بحرية رئيسية.

٤-٥ يعرّف العوالق على أنها مجموعة متنوعة من الكائنات الحية المجهرية بشكل عام والتي لديها قدرة محدودة على الحركة، وتنجرف مع التيارات المائية.

٤-٦ يصف العوالق النباتية كمنتجات تمتص المغذيات من بيئتها وتحصل على غذائها بواسطة عملية التمثيل الضوئي؛ وتشمل الطحالب المجهرية مثل الدياتومات والسوطيات الدوارة.

٤-٧ يذكر أن العوالق الحيوانية هي مستهلكات؛ ومنها اليرقات ومجدافيات الأرجل وحيوانات كبيرة مثل قنديل البحر.

٤-٨ يصف ويحدّد السمات الرئيسية لشوكيات الجلد النموذجية البالغة، والتي تقتصر على التماثل الخماسي والأقدام الأنبوبية.

٤-٩ يلخص وظائف الأقدام الأنبوبية في شوكيات الجلد النموذجية البالغة.

٤-١٠ يلخّص الأهمية البيئية والاقتصادية لشوكيات الجلد، بما في ذلك نجم البحر المكلّل بالأشواك.

٤-١١ يصف ويحدّد السمات الرئيسية للقشريات البالغة النموذجية، بما في ذلك الدرع، والبطن المجزأة، والأرجل المفصلية وزوجان من قرون الاستشعار.

٤-١٢ يلخص وظائف الدرع، والأرجل المفصلية في القشريات البالغة النموذجية.

٤-١٣ يصف ويحدّد السمات الداخلية والخارجية الرئيسية لسمكة عظمية بالغة نموذجية، بما في ذلك الخياشيم، والغطاء الخيشومي، والخط الجانبي المرئي من الخارج، والحراشف، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية) والهيكل العظمي، ومثانة العوم.

٤-١٤ يلخّص وظائف الخياشيم، والغطاء الخيشومي، والخط الجانبي المرئي من الخارج، والحراشف، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والهيكل العظمي، ومثانة العوم في الأسماك العظمية البالغة النموذجية.

٤-١٥ يلخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للأسماك العظمية، بما في ذلك سمكة الأنشوجة البيروفية.

٤-١٦ يصف ويحدّد السمات الداخلية والخارجية الرئيسية لسمكة غضروفية بالغة نموذجية، بما في ذلك الهيكل الغضروفي، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والسنينات، والخط الجانبي، والخياشيم، والشقوق الخيشومية.

٤-١٧ يلخّص وظائف الهيكل الغضروفي، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والسنينات، والخط الجانبي، والخياشيم، والشقوق الخيشومية لسمكة غضروفية بالغة نموذجية.

٤-١٨ يصف ويحدّد السمات الرئيسية للطحالب الكبيرة النموذجية، مثل طحلب الكِلْب، بما في ذلك المثبت، والستيب، والأنصال والمثانات الهوائية.

٤-١٩ يلخّص وظائف المثبت، والستيب، والأنصال والمثانات الهوائية للطحالب الكبيرة النموذجية.

٤-٢٠ يلخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للطحالب الكبيرة الحجم، بما في ذلك طحلب الكِلْب.

٤-٢١ يصف ويحدّد السمات الرئيسية لنبات بحري نموذجي، مثل حشائش البحر، بما في ذلك الجذور والرايزومات والأوراق والأزهار.

٤-٢٢ يلخّص وظائف الجذر، والرايزوم، والأوراق، والأزهار لنبات بحري نموذجي.

٤-٢٣ يلخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للنباتات البحرية، بما في ذلك حشائش البحر.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. اعمل في مجموعات صغيرة، مستخدمًا استراتيجية العصف الذهني لمدة دقيقة واحدة لتحديد أكبر عدد ممكن من المواطن البيئية البحرية المختلفة. قارن نتائجك بنتائج مجموعة أخرى، ثم أضف أي اقتراحات لم تتطرّق إليها. كرر التمرين واستخدم استراتيجية العصف الذهني لمدة دقيقة واحدة لتحديد أكبر عدد ممكن من الأنواع البحرية التي يمكنك التفكير فيها. ثم، على ورقة كبيرة، وزّعها في مجموعات بناءً على أوجه الشبه وأوجه الاختلاف بينها. شارك نتائجك مع مجموعة أخرى، واطلب إليهم ما إذا كان بإمكانهم إضافة مثال إلى كل مجموعة من مجموعاتك.

٢. يتفاعل البشر مع البيئة البحرية بطرائق مختلفة. اكتب قائمة بالطرائق التي تجعل المحيط مفيدًا للإنسان. قارن قائمتك مع زميلك لمعرفة ما إذا كان بإمكانك إضافة أي شيء آخر.

العلوم البيئية ضمن سياقها

عالمنا المائي

يبدو كوكب الأرض أزرق من الفضاء، وذلك لأن المياه تغطي أكثر من 70% من سطحه. تُعدّ **المحيطات Oceans** وملاذاتها البحرية مهمّة لجميع أشكال الحياة على الأرض؛ إذ إن المحيطات هي موطن لتنوع بيولوجي هائل من الكائنات الحية. تحتوي محيطات العالم على 99% من المساحة الصالحة للعيش على كوكب الأرض، ويُقدر أن 50-80% من جميع أشكال الحياة على سطح الأرض توجد في البحار والمحيطات. وبما أن نحو 95% من المحيطات لا تزال غير مكتشفة، فإنه يستحيل معرفة العدد الدقيق للأنواع التي تعيش فيها، إلا أن العدد النهائي قد يصل إلى مليون. وقد أظهرت دراسات إحصائية حديثة للحياة البحرية اكتشاف أكثر من 600 نوع جديد محتمل في المتوسط سنويًا، ويقدر العلماء أن 91% من الكائنات البحرية لم يتم اكتشافها بعد.

ومع اكتشاف أي كائن حي جديد، يحاول العلماء تصنيفه، معتمدين على النظر في السمات الجسمية/المادية للأفراد في المجموعة وتحديد ما إذا كانت مختلفة بدرجة كافية عن المجموعات الأخرى لتصنيفها كأنواع جديدة. ونظرًا إلى وجود الكائنات الحية في المحيط ضمن بيئات مختلفة تمامًا عن تلك الموجودة على الأرض، فإنها غالبًا ما تتمتع بميزات غريبة، إذ تبدو الحيوانات مثل قناديل البحر وكأنها أكياس من الماء، وأن لنجم البحر خمس أذرع. تتميز الأسماك الموجودة في المياه الضحلة للشعاب المرجانية بألوان زاهية، بينما تستخدم الأسماك الموجودة في أعماق البحار التلألؤ البيولوجي (Bioluminescence) لجذب الفرائس. وبالتالي قد يكون تصنيف الكائنات الحية البحرية دراسة مثيرة للاهتمام، حيث ينظر العلماء عن كثب إلى الخصائص المشتركة والميزات الفريدة.

التصنيف ضروري لتحديد الأنواع والتواصل. إذا عدت من العطلة وزعمت أنك سبحت مع أسماك القرش، فإن معظم الناس لن يصدقوا كلامك، لأن مخيّلتهم تحتفظ بصورة قاسية عن سمكة القرش. ومع ذلك، فإن السباحة مع القرش الأبيض الكبير، الذي يبلغ طوله أربعة أمتار، تختلف تمامًا عن السباحة مع القرش الفانوس القزم (Dwarf lanternshark)، الذي يبلغ طوله 16 cm وحجمه لا يزيد عن حجم كفّ اليد! وعلى الرغم من اختلاف هذين النوعين في الحجم، إلا أنهما يشتركان في العديد من الخصائص، مثل الهيكل العظمي الغضروفي والقشور التي تسمى السنينات (Denticles) الموجودة على جلدهما.

يساعد تصنيف الكائنات الحية أيضًا في محاولات الحفاظ على البيئة. فمن خلال معرفة أعداد الأنواع المختلفة، وما إذا كانت هذه الأنواع آخذة في التزايد أو في الانخفاض، يمكن لعلماء البحار أن يتّخذوا استراتيجيات تساعد في الحفاظ على موائل ونظم إيكولوجية معيّنة، مثل أشجار المانجروف المنتجة والحيوية بيئيًا، وأحواض حشائش البحر، وغابات طحلب الكِلْب، والشعاب المرجانية في **البحار Seas** الضحلة. إن إدراك الأهمية البيئية والاقتصادية لمختلف الأنواع المائية قد يشجع على الاستخدام المستدام للبيئة البحرية لضمان بقائها للأجيال القادمة لاستخدامها والاستمتاع بها.

تابع

أسئلة للمناقشة

١. ارتاد البشر القمر عدة مرات أكثر من ارتيادهم أعمق الأجزاء من المحيطات. باعتقادك ما سبب ذلك؟ ناقش زملاءك.

٢. ناقش: لماذا يجب علينا المحافظة على الأنواع في المواطن البيئية المائية للأجيال القادمة؟ اقترح طرائق مختلفة يمكن من خلالها تحقيق ذلك.

مصطلحات علمية

المحيط Ocean:
كتلة متواصلة من مياه البحر على سطح الأرض، تتشكّل حدودها بكتل اليابسة القاريّة أو تلال في قاع المحيط أو خط الاستواء.

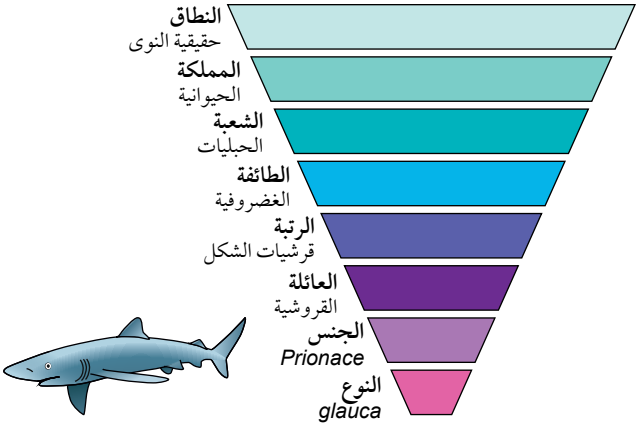
البحار Seas:
مسطحات مائية أصغر وأقل عمقًا من المحيطات، محاطة جزئيًا باليابسة؛ وتكون حيث يلتقي المحيط باليابسة.

٤-١ تصنيف الكائنات الحية البحرية

تصنيف الكائنات الحية هو فرع مهم من علم الأحياء. يوجد على كوكب الأرض مليارات الأنواع، لكل منها سماتها المميزة وخصائصها وعلاقاتها، وفي هذه الوحدة سيتم التركيز على تصنيف الكائنات الحية البحرية، على الرغم من أن تقنيات تصنيفها يمكن تطبيقها على الأنواع التي تعيش على اليابسة وتلك التي تعيش في المياه العذبة على حد سواء.

إحدى الطرائق المستخدمة لفهم التنوع الحيوي الهائل الموجود في المحيطات هي استخدام **التسلسل الهرمي التصنيفي Taxonomic hierarchy**؛ إذ يتم في هذا النظام تصنيف الحياة المائية إلى مجموعات تصنيفية اعتمادًا على السمات المميزة المشتركة بينها.

التسلسل الهرمي التصنيفي يُفرز كل نوع من الكائنات الحية ضمن سلسلة من مجموعات الكائنات المتشابهة أو الأصنوفات Taxa. وتُجمّع الأنواع المتشابهة في جنس Genus، والتي بدورها ترتبط معًا بعائلة Family، ثم رتبة Order، ثم طائفة Class، ثم شعبة Phylum، ثم مملكة Kingdom، ثم نطاق Domain. يوضح الشكل ٤-١ التسلسل الهرمي التصنيفي للقرش الأزرق، *Prionace glaucа*.



الشكل ٤-١ التسلسل الهرمي التصنيفي للقرش الأزرق *Prionace glauca*.

يُعطى لكل كائن بحري اسمًا باللغة اللاتينية مكوّنًا من جزأين: الجنس، متبوعًا بالنوع. يُسمى هذا النظام **التسمية الثنائية Binomial nomenclature**. وقد ابتكره عالم النبات السويدي كارولوس لينيوس Carolus Linnaeus

مصطلحات علمية

التسلسل الهرمي التصنيفي Taxonomic hierarchy:
تصنيف نوع من أنواع الكائنات الحية عن طريق وصف النطاق، والمملكة، والشعبة، والطائفة، والرتبة، والعائلة، والجنس، والنوع.

التسمية الثنائية Binomial nomenclature:
الاسم اللاتيني لكل نوع من الكائنات الحية، يتكوّن من جزأين: الجنس والنوع.

لأول مرة في عام 1736م، وفيه يُكتب الحرف الأول من الجنس كبيرًا، ويُكتب الحرف الأول من النوع بحرف صغير، وعند طباعة الاسم الثنائي يُكتب بالخط المائل، على سبيل المثال الاسم الثنائي اللاتيني لبطريق جالاباجوس هو *Spheniscus mendiculus*، في حين عندما يُكتَب يدويًا، يجب أن يوضع خط تحت كل كلمة (على سبيل المثال *Spheniscus mendiculus*).

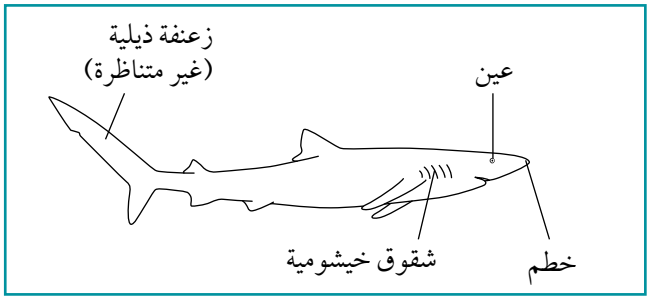
عندما يحاول علماء الأحياء البحرية تحديد النوع الذي تنتمي إليه عيّنة معيّنة، فإنهم غالبًا ما يستخدمون **مفتاح التشعيب الثنائي Dichotomous key**، الوارد في الجدول ٤-١ حيث إنه يمثل سلسلة من الاختيارات بين سمات الكائن الحي، وبناء على الاختيار يتم التوجيه إلى مرحلة أخرى في المفتاح. يتم الاختيار بالتسلسل إلى أن يتم تحديد النوع. يمكنك استخدام الجدول ٤-١، مع الشكل ٤-٢ الذي يُظهر السمات المميزة للقرش الأزرق، لتحديد القرش الأزرق من نوع القرش F.

مصطلحات علمية

مفتاح التشعيب الثنائي Dichotomous key:
أداة تعرّف تستخدم سلسلة من الاختيارات لسمات مميزة بديلة، مع التوجيه إلى مرحلة أخرى في المفتاح، إلى أن يتم تحديد النوع.



الصورة ٤-١ صورة فوتوجرافية لقرش أزرق *Prionace glauca*.



الشكل ٤-٢ رسم بيولوجي لقرش أزرق.

الخطوة	السمة المميزة	الاسم الشائع
١ أ	شكل الجسم يشبه الطائرة الورقية ... اذهب إلى الرقم ٢	
١ ب	شكل الجسم لا يشبه الطائرة الورقية ... اذهب إلى الرقم ٣	
٢ أ	زوائد على الخطم تشبه القرون	نوع القرش A
٢ ب	لا توجد زوائد تشبه القرون على الخطم	نوع القرش B
٣ أ	ستة شقوق خيشومية	نوع القرش C
٣ ب	خمسة شقوق خيشومية ... اذهب إلى الرقم ٤	
٤ أ	أشواك على الزعنفة الظهرية	نوع القرش D
٤ ب	لا توجد أشواك على الزعنفة الظهرية ... اذهب إلى الرقم ٥	
٥ أ	نهاية الخطم طويلة مدببة	نوع القرش E
٥ ب	نهاية الخطم ليست طويلة مدببة ... اذهب إلى الرقم ٦	
٦ أ	عينان كبيرتان محاطتان بحلقة صغيرة	نوع القرش F
٦ ب	العينان في نهاية نتوء شبيه بالمطرقة	

الجدول ٤-١ مفتاح تشعيب ثنائي لتحديد نوع القرش.

مهارة استقصاء: ملاحظات ورسوم الأحياء البحرية

مقدمة

عند استقصاء الحياة في المحيط، من المهم أن يتمكن علماء الأحياء البحرية من وضع الرسوم البيولوجية إما للعيّنات الحية أو من الصور الفوتوجرافية لها. لا تتطلب هذه الرسوم أن تكون فنانًا ماهرًا؛ إذ إن الهدف منها ببساطة رسم تخطيطي واضح لسمات العيّنات وصفاتها البيولوجية الرئيسية.

قبل أن تبدأ

١. ناقش مع زميلك ضمن العمل في مجموعات ثنائية سبب قيام علماء الأحياء البحرية بإعداد **رسوم بيولوجية** **Biological drawings**.

٢. كوّن قائمة بالسمات الخارجية التي يمكنك تحديد مسمّياتها على رسوم كل من المجموعات البحرية الآتية:

أ. شوكيات الجلد
ب. أسماك عظمية
ج. أسماك غضروفية
د. طحالب كبيرة الحجم
هـ. نباتات بحرية

الموادّ والأدوات

قبل أن تبدأ تأكد من وجود الموادّ والأدوات التي ستحتاج إليها:

- قلم جرافيت HB حاد وصلب.
- ممحاة، مبراة، مسطرة.
- ورق أبيض.

الطريقة

استخدم صورة السمكة شائكة الظهر Stickleback fish الظاهرة في الصورة ٤-٢ لتنفيذ رسم بيولوجي.



الصورة ٤-٢ صورة فوتوجرافية لسمكة شائكة الظهر.

١. اكتب مسمّى العيّنة في أعلى الورقة البيضاء.

٢. ابدأ الرسم باستخدام قلم جرافيت حاد من نوع HB؛ للقيام برسم تخطيطي تقريبي للعيّنة. يجب أن يشغل الرسم نصف حجم المساحة المتاحة على الأقل، مع مراعاة ترك حيّز على الجانبَين لكتابة المسمّيات إذا لزم الأمر.

٣. تظليل الرسم العلمي غير مسموح، لذا يقتصر الرسم على خطوط متصلة واضحة لإظهار السمات. إذا تم ارتكاب خطأ في أثناء الرسم، يمكن استخدام ممحاة لإجراء التعديلات المطلوبة.

٤. حاول التأكد من أن مقياس رسم الصورة مناسب (على سبيل المثال، أن تكون نسبة طول الذيل لطول السمكة الكلي صحيحة).

٥. عليك التدقيق جيدًا في العيّنة إذا رغبت أن يكون الرسم دقيقًا علميًا. مثال: عليك أن تدقق في ما إذا كان للسمكة شوكتان ظهريتان أو ثلاث شوكات.

٦. حاول أيضًا التأكد من أن موضع السمات الظاهرة وحجمها صحيح بيولوجيًا (على سبيل المثال، أين تبدأ الزعانف الظهرية مقارنة بالزعانف الشرجية؟).

٧. استخدام المسمّيات طريقة جيدة لتسمية ووصف الخصائص والسمات التي تتم ملاحظتها في العيّنة. يجب أن تكون المسمّيات مكتوبة بوضوح، على أن يكون موضعها على جوانب الرسم، وأن تكون الخطوط المشيرة إلى المسمّى أفقية ومرسومة بقلم جرافيت بالمسطرة، كما يجب التأكد من أنها تلامس الجزء المحدّد.

٨. أضف المسميات التالية إلى رسمك: الغطاء الخيشومي، الخط الجانبي، الزعنفة الصدرية، الزعنفة الذيلية، الزعنفة الشرجية، الزعنفة الحوضية، الزعنفة الظهرية، أشواك الظهر، العين، الفم.

مصطلحات علمية

***الرسم البيولوجي** **Biological drawing**:
رسم علمي يسجّل صورة عيّنة وأبرز سماتها.

تابع

٩. إذا طُلب إليك «إضافة مسمّيات» فإن اسم السمة الملاحَظَة هو المطلوب. في الرسوم المشروحة يجب أن يتضمن المسمّى أيضًا توضيحًا لكيفية ملاءمة كائن حي للعيش في نظام بيئي بحري، فعلى سبيل المثال: يُكتَب «غطاء خيشومي ضروري للتهوية، إذ إنه غطاء عظمي يغطي الخياشيم ويحميها». يمكنك أيضًا إضافة شروح لوصف لون السمة أو أية ملاحظات سلوكية لاحظتها.

النتائج

يجب أن تكون نتائج هذه التجربة على شكل رسم تخطيطي مع المسمّيات، على أن يكون الرسم كبيرًا وواضحًا ومرسومًا بقلم جرافيت مع المسمّيات وخطوط مسميات مستقيمة تُسطّر بالمسطرة، يجب عدم تنفيذ رسوم تقريبية وعدم استخدام التظليل.

التقييم والاستنتاجات

١. اشرح: ما الذي يجعل الرسم البيولوجي جيدًا؟

٢. اقترح سبب اختلاف الرسوم البيولوجية عن التمثيل الفني للكائن الحي.

٣. بعد إنهاء الرسم، شارك زميلًا آخر لك في الصف واطّلع على رسمه. قارن بين الرسمَين. هل يمكنك تحسين أيًا منهما؟

أسئلة

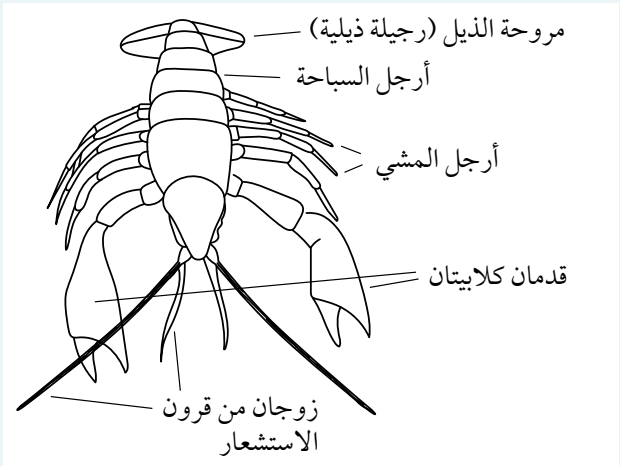
(١) انقل الجدول ٤-٢ وأكمله لوصف التسلسل الهرمي التصنيفي لبطريق جالاباجوس *Spheniscus mendiculus*.

التسلسل الهرمي التصنيفي	بطريق جالاباجوس
	حقيقية النواة Eukarya
	الحيوانات Animalia
	الحبليات Chordata
	الطيور Aves
	بطريقيات الشكل Sphenisciformes
	البطريقيات Spheniscidae

الجدول ٤-٢ التسلسل الهرمي التصنيفي لبطريق جالاباجوس.

(٢) **أ.** الشكل ٤-٣ هو رسم بيولوجي لجراد البحر. اذكر ثلاث سمات جيدة في الرسم وثلاث سمات يمكن تحسينها.

ب. ارسم رسمًا بيولوجيًا لبوليب المرجان من الصورة ٤-٣. أضف المسميات لتحديد موقع التراكيب الآتية: الفم، لامس، خلية لاسعة.



الشكل ٤-٣ رسم بيولوجي لجراد البحر.



الصورة ٤-٣ بوليب مرجان.

٢-٤ المجموعات الرئيسية للكائنات الحية البحرية

هناك تنوع هائل في الكائنات الحية البحرية؛ إذ يتراوح حجمها من البكتيريا والعوالق Plankton المجهرية، وصولًا إلى أكبر حيوان على وجه الأرض، الحوت الأزرق، الذي يمكن أن تصل كتلته إلى 180 000 kg وطوله إلى ما يزيد على 30 m والذي يوجد منه في سلطنة عمان في بحر العرب وبحر عمان. المنتِجات البحرية بما في ذلك، العوالق النباتية والطحالب الكبيرة والنباتات البحرية ضرورية للإنتاجية الأولية للبيئة البحرية وهي تدعم كائنات حية أخرى كثيرة.

في هذا الموضوع، سنستكشف عيّنة من الحياة المائية وذلك بمقارنة خصائص ثماني مجموعات من الكائنات البحرية:

- العوالق النباتية Phytoplankton
- العوالق الحيوانية Zooplankton
- شوكيات الجلد Echinoderms
- القشريات Crustaceans
- الأسماك العظمية Bony fish
- الأسماك الغضروفية Cartilaginous fish
- الطحالب الكبيرة Macroalgae
- النباتات البحرية Marine plants

وسنستكشف أيضًا الأهمية البيئية والاقتصادية لكل مجموعة. سنستخدم مجموعة من الأمثلة المحدّدة على الكائنات التي تؤدّي أدوارًا أساسية في مواطنها البيئية المائية: نجم البحر المكلّل بالأشواك (COTS)، والأنشوجة البيروفية Peruvian anchoveta، وطحلب الكِلْب، والحشائش البحرية. لا تُعدّ وفرة وتوزيع هذه الأنواع الرئيسية Keystone species مؤشرًا على صحة النظام البيئي فقط بل على تأثير الإنسان على البيئة البحرية أيضًا.

مصطلحات علمية

العوالق Plankton:
كائنات بحرية مجهرية تطفو بحرّية.

العوالق الحيوانية Zooplankton:
عوالق مستهلكة، وهي حيوانات إما أن تطفو أو تسبح ببطء.

شوكيات الجلد Echinoderms:
مجموعة من اللافقاريات البحرية أجسامها ذات تماثل خماسي ولها أقدام أنبوبية.

القشريات Crustaceans:
مجموعة من اللافقاريات البحرية مع هيكل خارجي صُلب، وعشر أرجل مفصلية ومرحلة يرقة نوبليوس (يرقة صغيرة جدًا وشفافة).

الأسماك العظمية Bony fish:
الأسماك التي لها هيكل عظمي وهي تمثّل طائفة الأسماك العظمية Osteichthyes.

الأسماك الغضروفية Cartilaginous fish:
الأسماك التي لديها فكوك وهياكل من الغضاريف وهي تمثّل طائفة الأسماك الغضروفية Chondrichthyes.

الطحالب الكبيرة Macroalgae:
منتجات بحرية، منها طحلب الكِلْب وعشب البحر.

النباتات البحرية Marine plants:
نباتات مائية زهرية توجد غالبًا في مصبّات الأنهار والبيئات الساحلية.

النوع الرئيسي* Keystone species:
كائن له دور فريد وأساسي في طريقة عمل النظام البيئي؛ بدون الأنواع الرئيسية، سيكون النظام البيئي مختلفًا على نحوٍ كبير، أو قد يختفي من الوجود تمامًا.

دراسة حالة ٤-١

أهمية ثعالب البحر في المحافظة على النظم البيئية لغابات طحلب الكِلْب

طحلب الكِلْب نوع من الطحالب كبيرة الحجم تقوم بعملية التمثيل الضوئي. وبما أن طُحلب الكِلْب يعدّ من المنتجات، فهو ضروري للعديد من الكائنات الأخرى التي تعيش في غاباته. وقد يتضرر طحلب الكِلْب من قنافذ البحر، كونها من شوكيات الجلد التي تعمل على فصل طحلب الكِلْب عن المثبت الذي يثبّتها بالركيزة الصخرية. تشمل العوامل الحيوية التي تتحكم في الجماعات الأحيائية لقنافذ البحر مفترسات مثل ثعالب البحر *Enhydra lutris*. تُظهر الشبكة الغذائية لغابة طحلب الكِلْب (الشكل ٤-٤) أن الحياة في المحيط أكثر تعقيدًا من مجرد سلسلة غذائية بسيطة مثل:

طحلب الكِلْب ← قنفذ البحر ← ثعلب البحر

في الواقع، يتغذى على طُحلب الكِلْب عدة أنواع، بما في ذلك حيوان من الرخويات يُسمّى أذن البحر (صفيلح)، والسرطانات، والأسماك آكلة الأعشاب. ويوجد أيضًا مجموعة من المفترسات الإضافية التي تتغذى على قنافذ البحر والتي تشمل نجم البحر والأسماك العظمية الكبيرة (مثل سمك القد وأسماك الخراف).

إنّ العلاقات بين المفترس والفريسة مهمة للمحافظة على توازن صحي للجماعات الأحيائية داخل النظام البيئي لغابة طحلب الكِلْب. فمثلًا تتغذى ثعالب البحر على قنافذ البحر، وعندما تنخفض أعداد ثعالب البحر فإن كثافة غابات طحلب الكِلْب تنخفض أيضًا بسبب الزيادة الكبيرة في أعداد قنافذ البحر. وإذا لم تحم هذه المفترسات غابات طحلب الكِلْب من ضرر قنافذ البحر، فستتشكّل في النهاية مناطق فقيرة بطحلب الكِلْب أو مناطق قاحلة لا يوجد فيها طحلب الكِلْب. وبالتالي سيؤدي انخفاض الإنتاجية في هذا النظام البيئي إلى تقليص الطاقة الكيميائية (الغذاء) للأنواع الأخرى في الشبكة الغذائية، الأمر الذي يتسبب بانخفاض التنوع البيولوجي.

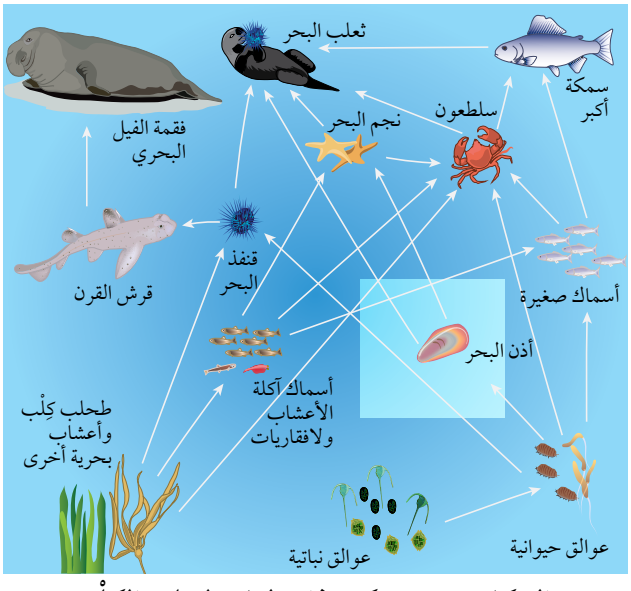
تُعدّ ثعالب البحر نوعًا أساسيًا لغابات عشب البحر؛ لأن العديد من الجماعات الأحيائية الأخرى تعتمد عليها. ويؤدي فقدان ثعالب البحر إلى انخفاض كبير في التنوع البيولوجي بشكلٍ عام.

تسبّب العوامل غير الحيوية بما في ذلك التغيرات المناخية (مثل العواصف، وتذبذب النينيو الجنوبي، والاحتباس الحراري) انخفاض أعداد ثعالب البحر. إضافة إلى ذلك فإن العوامل الحيوية الطبيعية يمكنها أيضًا أن تؤثر سلبًا على وفرة ثعالب البحر. وتؤدي الزيادة في أعداد الحيتان القاتلة إلى زيادة افتراس ثعالب البحر. وبالمثل، فإن انخفاض أعداد الفقمات وأسود البحر قد يتسبب بتغيير الحيتان القاتلة لنظامها الغذائي وذلك بتضمينه مزيدًا من ثعالب البحر.

وتواجه أعداد الجماعات الأحيائية لثعالب البحر عددًا من تهديدات الإنسان؛ إذ غالبًا ما تُحتجز ثعالب البحر في الشباك والفخاخ المتروكة، الأمر الذي يسبّب إصابتها أو موتها. ويؤثر تلوث المحيطات بالنفط المتسرّب إلى انسداد فراء ثعلب البحر؛ فيقلّل من قدرة الفراء على حماية الحيوان من المياه الباردة، وبالتالي يؤدي إلى الوفاة نتيجة انخفاض درجة حرارة جسمه. وتُسهم أيضًا المياه الملوثة في انتشار الأمراض بين بعض الجماعات الأحيائية لثعلب البحر، إضافة إلى الصيد للحصول على الفراء الذي كان له، تاريخيًا، تأثير كبير على أعداد ثعلب البحر: فقد قام تجار الفراء الأوروبيون والأمريكيون الشماليون بصيد ثعالب البحر إلى أن اقتربت من الانقراض في القرن التاسع عشر. ويؤدي صيد الأسماك التجاري إلى تقليل أعدادها، الأمر الذي سيؤدي إلى تقليل الغذاء المتاح لثعالب البحر.

أسئلة

١. لماذا تنمو غابات طحلب الكِلْب في المياه الضحلة فقط؟
٢. اشرح كيف يمكن أن يؤثر انخفاض كثافة طحلب الكِلْب على وفرة الأسماك.
٣. باستخدام الشبكة الغذائية لغابة طحلب الكِلْب الظاهرة في الشكل ٤-٤، اقترح أسبابًا لتأثيرات إيجابية وسلبية محتملة قد يسبّبها انخفاض كثافة طحلب الكِلْب على صناعة صدف محار أذن البحر المحلية؟



الشكل ٤-٤ شبكة غذائية لغابة طحلب الكِلْب.

الأنواع الرئيسية

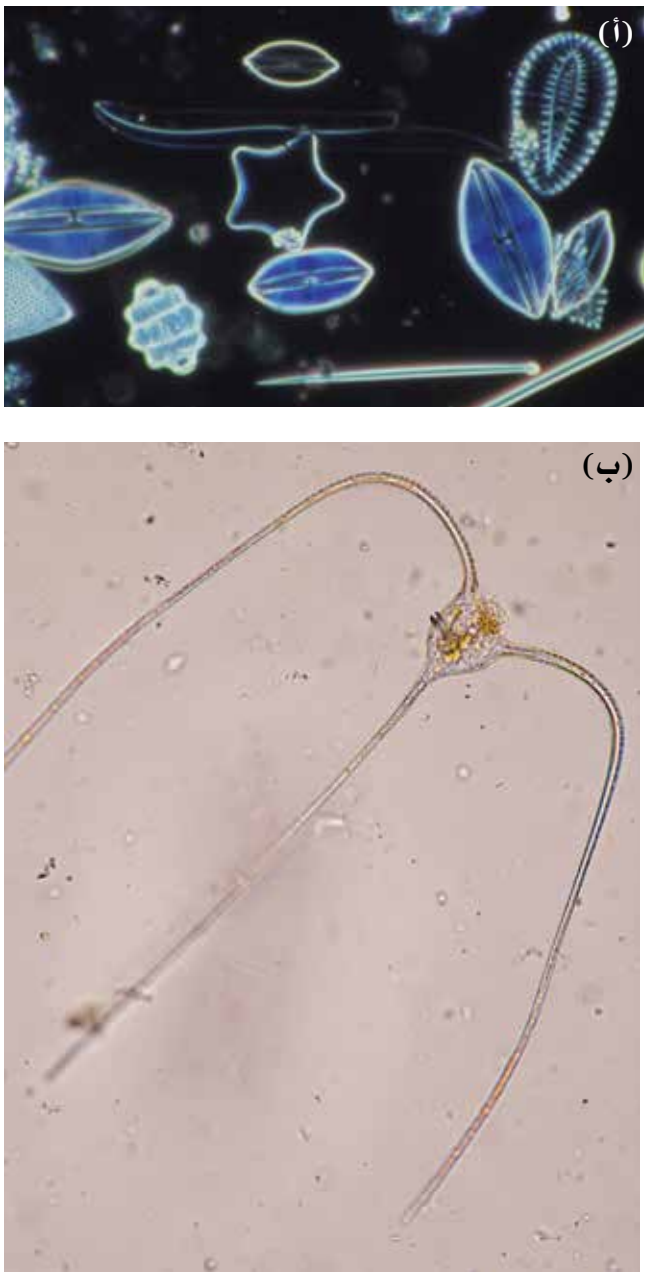
العوالق

العوالق Plankton كائنات مجهرية حركتها محدودة، فهي تطفو ببساطة مع التيار في الماء (أصل كلمة Plankton يوناني، وهي تعني «التجوال»). تنقسم العوالق إلى مجموعتَين: العوالق النباتية والعوالق الحيوانية. العوالق النباتية منتجات تحصل على غذائها باستخدام الطاقة الضوئية عن طريق عملية التمثيل الضوئي، لذلك فهي مهمة في إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، وتشكّل قاعدة لعدّة شبكات غذائية بحريّة. أمّا العوالق الحيوانية فهي مستهلكات تحصل على غذائها من الطاقة الغذائية في المنتجات والمستهلكات التي تتغذى عليها.

العوالق النباتية

هناك العديد من الأنواع المختلفة من العوالق النباتية Phytoplankton. فمعظم العوالق النباتية التي تعيش في المحيطات المفتوحة تطفو بحرّية في المياه السطحية حيث تكون شدة الإضاءة في أعلى مستوياتها، ولا تحتاج إلى الاستقرار على ركيزة ما، وإنما تحملها تيارات المحيط حيثما تتحرّك.

الدياتومات Diatoms عوالق نباتية أحادية الخلية توجد في المياه السطحية المحيطية (الصورة ٤-٤ أ). هناك أكثر من مئة جنس مختلف منها، إلا أن لجميعها جدرانًا خلوية معقدة من السيليكا Silica، والتي تكون غالبًا بتصاميم جميلة وفريدة. وللدياتومات مقدرة على التكاثر بسرعة كبيرة في الظروف المثالية، وغالبًا ما يُشاهَد ازدهارها في الربيع. يحدث هذا عندما ترتفع شدة الإضاءة ودرجة الحرارة، وتُدفع أيونات الأملاح المعدنية إلى السطح عن طريق التيارات الصاعدة للمياه. يميل ازدهار الدياتومات للظهور لفترة وجيزة إلا أنها تختفي بسرعة بسبب استهلاكها من قبل المستهلكات الأولية التي من أمثلتها الكريل والقشريات العوالقية (مثل مجدافيات الأرجل)، ونضوب أيونات الأملاح المعدنية.



الصورة ٤-٤ العوالق النباتية: (أ) الدياتومات؛ (ب) السوطيات الدوّارة.

السوطيات الدوّارة Dinoflagellates (الصورة ٤-٤ ب) هي أيضًا أوليات أحادية الخلية، إلا أنها لا تمتلك جدارًا خلويًا مكوّنًا من السيليكا كما في الدياتومات. تعيش السوطيات الدوّارة في المياه السطحية العلوية للمحيطات شأنها شأن الدياتومات، ويمكنها أن تتكاثر بشكلٍ سريع لينجم عنها ازدهار الطحالب عندما تكون الظروف ملائمة. يُنتِجُ الازدهار لبعض أنواع السوطيات الدوّارة

سمومًا قد تسمّم الأسماك وتتراكم في المحاريات. وقد تسبّب المحاريات الملوثة تسمّم الإنسان والكائنات الحية الأخرى التي تتغذى عليها. ويُسمى ازدهار السوطيات الدوّارة التي تُنتج سمومًا ازدهار الطحالب الضارة Harmful algal blooms (HABs) وتشمل المد الأحمر، الذي يسبّب ظهور مناطق من المحيط باللون الأحمر. وقد أُجريت في سلطنة عمان العديد من الدراسات حول ظاهرة المد الأحمر، ومنها دراسة 2024، حول الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية لظاهرة المد الأحمر على مجتمع الصيادين في ولاية بركاء. والتلوث الناجم عن جريان الأسمدة من الحقول يسبّب ازدهار العديد من السوطيات الدوارة، ومع ازدياد كثافة الزراعة واستخدام الأسمدة، ازدادت أعداد الطحالب الضارة (ستتم مناقشة التأثيرات البشرية على المياه البحرية في الصف الثاني عشر). تظهر بعض أنواع السوطيات الدوارة سمة الإضاءة الحيوية Bioluminesce، والتي يمكن رؤيتها غالبًا في الليل على المحيط أو على الساحل مشكّلة عروضًا مذهلة في المساء. وتعمل هذه السمة كآلية دفاع، حيث تميل إلى جذب المفترسات الكبيرة إلى المنطقة، والتي بدورها تستهلك مفترسات السوطيات الدوّارة.

العوالق الحيوانية

العوالق الحيوانية Zooplankton مستهلكات مهمّة وتشمل اليرقات، ومجدافيات الأرجل، والحيوانات الكبيرة، ومنها قناديل البحر Jellyfish. تهاجر العوالق الحيوانية عموديًا في الماء كل يوم؛ لتتغذى على العوالق النباتية الموجودة في الطبقة الضوئية. وتوفر هذه العوالق رابطًا مهمًا في السلسلة الغذائية بين المنتجات والمستهلكات الأكبر حجمًا بما فيها المحار والأسماك والحيتان. العوالق الحيوانية حساسة للتغيرات البيئية وقد تموت بسبب التلوث الناتج من الميكروبلاستيك، وتحمّض المحيطات أو ارتفاع درجة حرارتها بفعل الاحتباس الحراري.

لبعض الكائنات البحرية عدّة دورات حياة معقدة يتطوّر فيها البيض إلى **يرقات Larvae** قبل أن تتحوّل إلى يافعات Juveniles ثم إلى أفراد بالغة. تشمل اليرقات المرحلة العوالقية Planktonic stage تقريبًا لكل أنواع الأسماك واللافقاريات مثل نجم البحر (الصورة ٤-٥ أ). تتأقلم اليرقات لتعيش عائمة في المحيط.

مجدافيّات الأرجل (الصورة ٤-٥ ب) هي قشريات تضم المجموعة الأكثر وفرة وتنوعًا من العوالق الحيوانية. وهي آكلات أعشاب صغيرة تتغذى على الدياتومات.

مصطلحات علمية

*اليرقات Larvae:
مرحلة عوالقية من التطور تحدث بين مرحلتَي البيضة واليافعة؛ توجد تقريبًا في جميع أنواع الأسماك واللافقاريات.



(أ) (ب) (ج)

الصورة ٤-٥ العوالق الحيوانية: (أ) يرقات نجم البحر (ب) مجدافية الأرجل (ج) قنديل البحر.

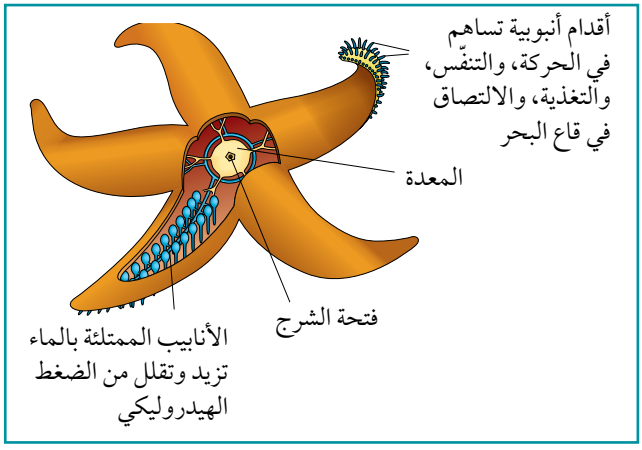
تعيش أنواع قناديل البحر (الصورة ٤-٥ ج) في جميع أجزاء المحيط وتنتمي إلى الشعبة نفسها (اللاسعات)، كما الشعاب المرجانية وشقائق النعمان البحرية. يتكوّن الكثير من هذه الكائنات اللينة والهشة من جزأين أحدهما جرس شفاف يسمى الميدوزا Medusa تتدلى منه لوامس، وقد يصل امتداد الميدوزا إلى 1 m مع اللوامس التي تمتد إلى 65 m. تبقى قناديل البحر عوالق طوال حياتها، وتمنحها نبضات الميدوزا حركة محدودة. إن قناديل البحر مفترسات لها خلايا لاذعة تُسمّى الخلايا اللاسعة تكون على لوامسها لقتل العوالق الأخرى ويرقات الأسماك.

ومن الأمثلة الأخرى على العوالق الحيوانية الكريل، وهو مفترس يُشبه الروبيان. فهو من القشريات آكلات اللحوم ويتغذى على أنواع أخرى من العوالق الحيوانية والعوالق النباتية. يُعدّ الكريل مصدر غذاء مهمًا للطيور والأسماك والفقمات والحيتان البالينية (وقد تعرّف العلماء على خمسة عشر نوعًا من حيتان البالين عديمة الأسنان في سلطنة عمان).

شوكيات الجلد

شوكيات الجلد Echinoderms هي شعبة من اللافقاريات البحرية وتشمل نجوم البحر Seastars، وقنافذ البحر Sea urchins، وخيار البحر Sea cucumbers، وزنابق البحر Sea lilies ونجوم البحر الهشة Brittle stars (انظر الشكل ٤-٥). هناك أكثر من 7000 نوع من شوكيات الجلد، والتي يمكن العثور عليها في مجموعة متنوعة من المواطن البيئية لقاع البحر من المنطقة المتشكّلة بين المد والجزر Intertidal zone وصولًا إلى الأعماق.

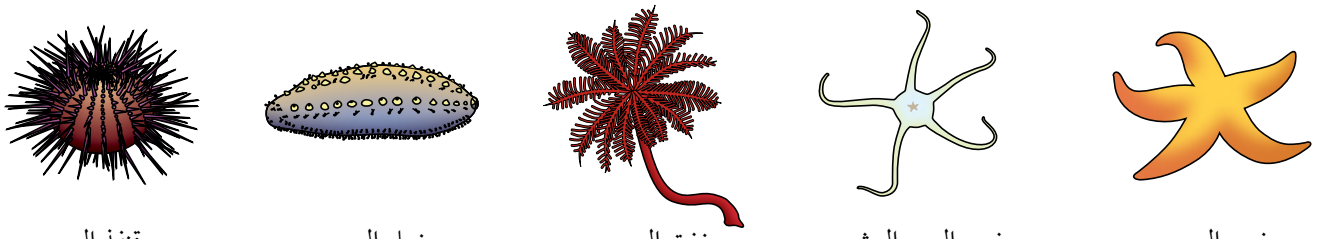
(شوكيات الجلد) مسمّى أصله يوناني، نسبة إلى جلدها الشوكي المميز الذي يتكوّن من طبقة رقيقة من الجلد تغطي هيكلًا عظميًا من كربونات الكالسيوم (انظر الشكل ٤-٦). لشوكيات الجلد يرقات عوالقية تتطور إلى أفراد بالغة تتّصف **بالتماثل الخماسي Pentaradial symmetry**: أي لها خمس أذرع تتفرع من تجويف مركزي لجسم يحتوي على فم وفتحة شرج. تتحرك شوكيات الجلد عن طريق نظام من الأنابيب الممتلئة بالماء التي تزيد وتقلّل من الضغط الهيدروليكي في



الشكل ٤-٦ السمات الرئيسية لفرد بالغ من شوكيات الجلد.

مصطلحات علمية

التماثل الخماسي Pentaradial symmetry:
خمس أذرع تتفرّع من تجويف مركزي للجسم.



الشكل ٤-٥ الطوائف الخمس الرئيسية لشوكيات الجلد.

الأقدام الأنبوبية Tube feet المترتبة في تجاويف على الجانب السفلي لكل ذراع. يستخدم نجم البحر الأقدام الأنبوبية لفتح أصداف الرخويات ذات الصدفتَين، ومنها: المحار والبطلينوس Clams (الصورة ٤-٦).



الصورة ٤-٦ الأقدام الأنبوبية لفرد من شوكيات الجلد.

مصطلحات علمية

الأقدام الأنبوبية Tube feet:
نتوءات أنبوبية تساعد في الحركة والتغذية والتنفّس.

الأهمية البيئية لشوكيات الجلد

تعيش شوكيات الجلد في العديد من المواطن البيئية، ويمثل بعضها أنواعًا رئيسية.

الشعاب المرجانية

نجم البحر المكلّل بالأشواك (COTS) (*Acanthaster planci*) نوع رئيسي في المجتمعات الأحيائية للشعاب المرجانية Coral reefs. وهو يتغذى على أنواع المرجان الأسرع نموًا، وهذا يساعد على نمو أنواع المرجان بطيئة النمو، فيزداد التنوع البيولوجي للمرجان، وبالتالي يزداد التنوع البيولوجي الشامل للشعاب المرجانية. ومع ذلك، قد تؤدي إزالة مفترسات (COTS) إلى زيادة كبيرة في أعداده، فينجم عنها تدمير سريع لمساحات واسعة من الشعاب المرجانية، الذي يتسبب بتدمير الكثير من المواطن البيئية ويلحق انخفاضًا في التنوع البيولوجي وانخفاضًا في تنوع الأنواع (ستدرس هذا الموضوع بتوسع أكثر في الصف الثاني عشر في «دراسة حالة»).

غابات طحلب الكِلْب

فيما يأتي سلسلة غذائية أساسية في غابات طحلب الكِلْب Kelp:

طحلب الكِلْب ← قنافذ البحر ← ثعالب البحر

عندما يفرط الإنسان في اصطياد قنافذ البحر، قد يكتسح طحلب الكِلْب النظم البيئية. وبشكل مماثل، عند اصطياد ثعالب البحر إلى حدّ انقراضها طمعًا في الحصول على فرائها ستتكاثر قنافذ البحر، الأمر الذي يؤدي إلى تدمير غابات طحلب الكِلْب Kelp barrens وهذا يمثّل العلاقة غير المتوازنة بين المفترس والفريسة، الأمر الذي يسبّب اختلالًا في النظام البيئي (انظر دراسة الحالة ٤-١).

الشواطئ الرملية

يقوم خيار البحر بتنقية مياه البحر على الشواطئ الرملية، وتشكيل جحور في الرمال، ما يزيد من مستويات الأكسجين التي تتوافر للكائنات الحية الأخرى (الصورة ٤-٧). ويمثل خيار البحر ويرقاته العوالقية جزءًا مهمًا من السلسلة الغذائية للأسماك التي تتغذى عليها. وهو يبتلع مع طعامه الرمال، وبالتالي يساهم في تقليب تربة القاع، وإعادة تدوير المغذيات بها، وتمثل فضلاته النيتروجينية مغذيات مهمة للمواطن البيئية البحرية.



الصورة ٤-٧ خيار البحر.

الأهمية الاقتصادية لشوكيات الجلد

يُعد خيار البحر وقنافذ البحر طعامًا شهيًا في العديد من ثقافات البلدان المختلفة، لكن الإفراط في حصادهما قد يسبب انخفاض جماعتها الأحيائية وأزمات اقتصادية حيث تعتمد العديد من الصناعات المحلية عليهما. ويمثل مخزون خيار البحر العماني جزءًا مهمًا من مخزون الأسماك في السلطنة، لذا تُبذل جهود كبيرة للحفاظ عليه وتنميته بشكل مستدام عن طريق إقامة مشاريع لزراعته في البيئة البحرية. سوف تستفيد مجتمعات الصيد الأحيائية المحلية من التخطيط طويل الأمد للزراعة المائية للحفاظ على الجماعات الأحيائية. وسيدعم ذلك الصناعات ذات الصلة، على سبيل المثال، الصناعات التجميلية والغذائية والطبية من خلال استخدام خيار البحر لصناعة الأدوية التي تثبط نمو بعض أنواع سرطان البحر.

ويمكن في مجال الزراعة إضافة الهياكل الخارجية لقنافذ البحر الغنية بكربونات الكالسيوم إلى الأسمدة لمعادلة حامضية التربة. كما تمثل قنافذ البحر كائنات حية نموذجية (كائنات حية تمتلك سمات وخصائص مشتركة هي الأكثر شيوعًا) في أبحاث التطور في علم الأحياء.

ومع ذلك، قد يتسبب نجم البحر بضرر لصناعة السياحة البيئية عندما يدمر أحواض طحلب الكِلَب أو الشعاب المرجانية التي ترتادها شركات الغوص.

القشريات

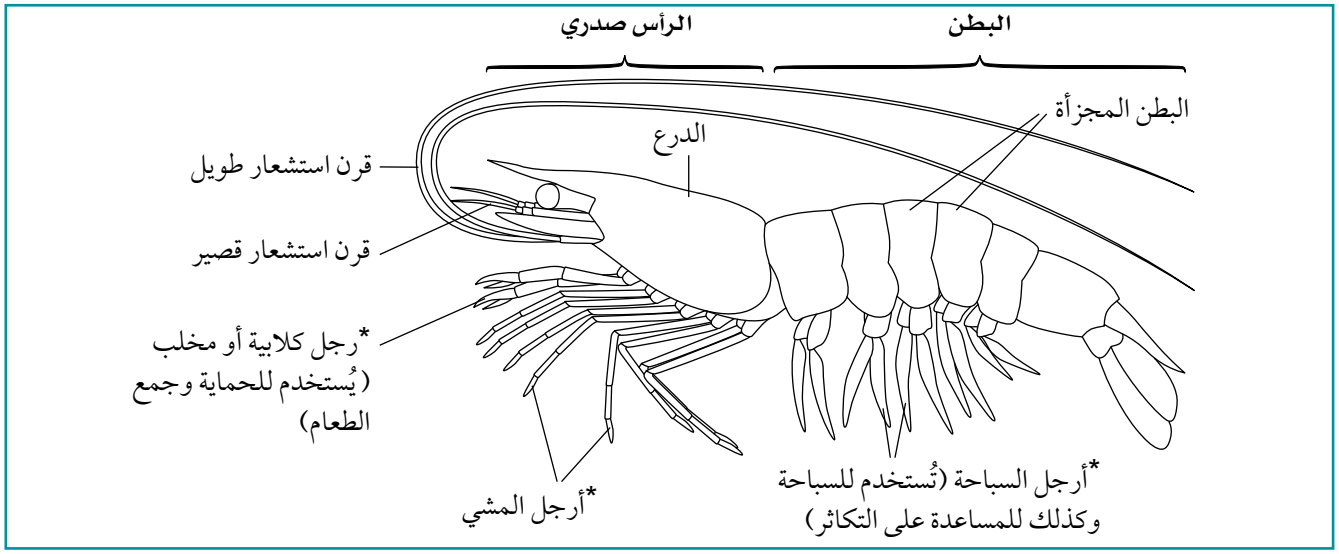
تأقلمت القشريات Crustaceans المائية للعيش في المياه المالحة، وفي المياه قليلة الملوحة أو العذبة، ويمكن العثور عليها في جميع المواطن البيئية المائية تقريبًا. وتشمل القشريات سرطان البحر، وجراد البحر، والكركند، والكريل (الصورة ٤-٨)، والروبيان (الشكل ٤-٧)، والبرنقيل، ومجدافيات الأرجل، ومزدوجات الأرجل، وقمل السمك. تتميز القشريات بمرحلة يرقة عوالقية مميزة تسمى **نوبليوس Nauplius**.



الصورة ٤-٨ كريل القطب الجنوبي.

مصطلحات علمية

***نوبليوس Nauplius:**
مرحلة يرقة مميّزة في القشريات.



الشكل ٤-٧ رسم بيولوجي لروبيان. لا تحتاج إلى معرفة أسماء أشكال الأطراف المتخصصة (المميزة بعلامة *) ولكنك تحتاج إلى معرفة كيفية استخدام الأرجل المفصلية بطرائق مختلفة.

أصل اسم القشريات Crustaceans لاتيني والذي يعني «القشرة الصُلبة Hard shell». فهي تمتلك هيكلًا خارجيًا صُلبًا يتكوّن من الكالسيوم وسكّر متعدد يُسمى كايتين Chitin، وهو بدوره يوفّر الحماية من الحيوانات المفترسة ومن فقدان الماء، في حين يوفّر الجزء الداخلي الدعم لتثبيت العضلات. يُقسم الجسم إلى رأس صدري وبطن مجزّأ إلى عدّة قطع.

الرأس الصدري Cephalothorax هو رأس وصدر متّحدان معًا، (إذ إن القشريات ليس لها عنق) ويحوي القلب والخياشيم والمعدة، ويغطي الجانب الظهري ويحميه غطاءٌ صلبٌ يسمّى **الدرع Carapace**. للقشريات زوجان من قرون الاستشعار: زوج منهما قصير، ولها عيون مركّبة وفكوك مكوّنة من أزواج.

للقشريات على الأقل خمسة أزواج من الأرجل المفصلية، ومن السمات المميزة الأخرى التي تميزها عن مفصليات الأرجل الأخرى، أن للأرجل أطرافًا مكوّنة من جزأين. ويحتوي الرأس الصدري على أرجل كلابية (مخالب) وأرجل مشي يمكن استخدامها أيضًا لجمع الطعام.

ويحتوي البطن المجزأ على أرجل سباحة قد تساعد أيضًا في التكاثر، وينتهي البطن بذيل على شكل مروحة (الشكل ٤-٧).

للروبيان أهمية بيئية واقتصادية، إذ يُعدّ من الثروات المهمة في سلطنة عمان لما يتميز به من قيمة غذائية، وزيادة الطلب عليه في الأسواق المحلية والعالمية. تُعدّ «محمية الأراضي الرطبة» في ولاية محوت غنية بالقشريات، لذلك هي أحد المواطن البيئية لتغذية أكثر من (20) نوعًا من الحيتان والدلافين التي تم رصدها في المنطقة.

الأسماك العظمية

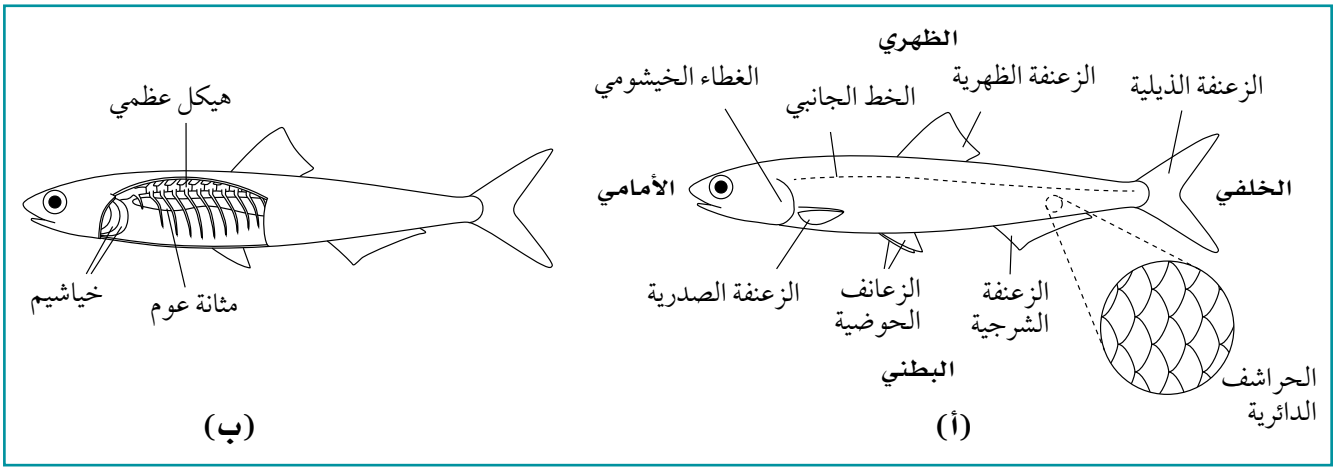
96% من الأسماك لديها هيكل عظمي وتنتمي إلى طائفة الأسماك العظمية *Osteichthyes* ويمكن التعرّف عليها عن طريق سماتها الخارجية (الشكل ٤-٨ أ):

- **الخياشيم Gills**: تراكيب غشائية وردية رقيقة توفر مساحة سطح كبيرة لتبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين مياه البحر ودم الأسماك، تكون مدعّمة بتراكيب عظمية تُسمّى أقواس خيشومية Gill arches.

مصطلحات علمية

الدرع Carapace:
جزء من الهيكل الخارجي للقشريات يحمي الجانب الظهري للرأس صدري.

الخياشيم Gills:
سطوح تبادل الغازات في الأسماك.



الشكل ٤-٨ رسم بيولوجي (أ) السمات والأجزاء الخارجية للأسماك العظمية، (ب) السمات والأجزاء الداخلية للأسماك العظمية.

- **الغطاء الخيشومي Operculum**: سديلة عظمية رقيقة تغطي الخياشيم وتحميها. عندما يفتح الغطاء الخيشومي ويغلق يسمح لماء البحر الذي يحوي غازات ذائبة بأن يتدفق إلى الخياشيم، الأمر الذي يمكّنها من التهوية وتبادل الغازات.
- **الخط الجانبي Lateral line**: قناة يمكن رؤيتها على الرأس وجانب الجسم في الأسماك العظمية. تحتوي على أعضاء حسية يمكنها تحسّس التغيرات في المجال الكهربائي (مستقبلات كهربائية) وكذلك الاهتزازات في الماء (مستقبلات ميكانيكية)، الأمر الذي يساعد في سلوك التجمع، والتنقل واكتشاف الفرائس.
- **الحراشف Scales**: مكوّنة من العظام، ومغطاة بالجلد والمخاط. تساعد الحراشف في حماية السمكة وتزيد من كفاءتها الهيدروديناميكية (أي تقليل المقاومة والاحتكاك مع الماء، الأمر الذي يزيد من سرعة السمكة وقدرتها على المناورة بسهولة).
- **الزعانف Fins**: تبرز من سطح الجسم وتساعد في الحركة، وحفظ التوازن، والتكاثر والحماية. توجد خمسة أنواع رئيسية للزعانف في الأسماك العظمية، هي:
  - **الزعانف الصدرية Pectoral fins**: تكون على شكل أزواج على جانبَي الجسم، خلف الغطاء الخيشومي. تساعد هذه الزعانف في الاستدارة، والتوازن، والتوقف، والسباحة. تأقلمت الزعانف الصدرية في سمكة اليد الحمراء للمشي (الصورة ٤-٩ أ)، في حين تستخدم السمكة الطائرة زعانفها الصدرية للقفز فوق الأمواج (الصورة ٤-٩ ب).
  - **الزعنفة الذيلية Caudal fin**: توجد عند ذيل السمكة وهي المصدر الرئيسي لقوة الدفع. وتتنوّع أشكال الزعانف الذيلية اعتمادًا على أسلوب سباحة السمكة، وتساهم في تحديد نوع الحركة التي تقوم بها.
  - **الزعانف الحوضية Pelvic fins**: توجد في أزواج، واحدة على كل جانب من جسم السمكة. وتساعد على الاستقرار وفي بعض الأسماك تتأقلم للمشي على رکيزة القاع أو الالتصاق بها.

مصطلحات علمية

الغطاء الخيشومي Operculum:
سديلة عظمية رقيقة من الجلد تغطي الخياشيم وتحميها.

الخط الجانبي Lateral line:
قناة على الرأس وجانب السمكة تحتوي على أعضاء حسية؛ يكون مرئيًا في الأسماك العظمية، إلا أنه يكون تحت الجلد في الأسماك الغضروفية.

الحراشف Scales:
صفائح رقيقة متراكبة من العظام مغطاة بالجلد والمخاط توجد على الجزء الخارجي من السمكة.

الزعانف Fins:
تبرز من سطح الجسم وتساعد في الحركة، والتوازن، والتكاثر، والحماية.



(أ)



(ب)



(ج)

الصورة ٤-٩ تأقلم الأسماك العظمية: (أ) سمكة اليد الحمراء، (ب) السمكة الطائرة، (ج) سمكة الضفدع المشعّرة.

- **الزعنفة الشرجية Anal fin**: توجد على السطح البطني خلف فتحة الشرج Anus. تساعد أيضًا على استقرار السمكة في أثناء السباحة.
- **الزعانف الظهرية Dorsal fins**: توجد على سطح ظهر السمكة، وقد يكون عددها ثلاثًا، تساعد في التوجيه والتوازن، وحماية السمكة من الانقلاب، وتمكّنها من التوقف والانعطاف المفاجئ. قد يكون لهذه الزعانف أشواك توفر الحماية من المفترسات. تستخدم سمكة الضفدع المشعّرة Hairy frogfish شوكة على زعنفتها الظهرية كطُعم لجذب الفريسة (الصورة ٤-٩ ج).

تحتوي الأسماك العظمية أيضًا على مجموعة متنوعة من السمات الداخلية التي يمكن رؤيتها فقط عند تشريح السمكة. فهي تحتوي على فكّ وهيكل عظمي مكوّن من العظام والغضاريف (الشكل ٤-٨ ب). تحتوي العديد من الأسماك العظمية أيضًا على **مثانة العوم Swim bladder**، وهي عضو متخصص يساعد على الطفّو، وذلك عن طريق إضافة أو إطلاق الغاز بين مثانة العوم والدم. تمكّن مثانة العوم الأسماك العظمية من البقاء في المياه عائمةً من دون الحاجة إلى السباحة المستمرة.

مصطلحات علمية

مثانة العوم Swim bladder:
عضو طفو موجود في الأسماك العظمية.

الأهمية البيئية للأسماك العظمية

عندما تهاجر الأسماك العظمية وتتغذى وتتكاثر فإنها تؤدي دورًا بيئيًا أساسيًا، وذلك بربط دورات المغذيات في المواطن البيئية المختلفة التي تعيش فيها. ومن خلال الإخراج، تطلق النترات والفوسفات وغيرها من الأيونات المغذية بشكل يمكن امتصاصه بسهولة من قبل المنتجات. وتؤدّي الأسماك العظمية أيضًا دورًا مهمًا في الشبكات الغذائية، فإلى جانب دورها كمصدر غذاء وفير للعديد من الأنواع البحرية فهي تربط بين النظم البيئية المائية والبرية عندما تصطادها الحيوانات البرية أو عندما تتجرف إلى الشاطئ.

ومن الأمثلة على الأهمية البيئية للأسماك العظمية أنواع سمك السلمون التي تهاجر من البحر إلى أعلى النهر لتضع بيضها وتموت. وخلال هذه الهجرة، تتغذى الدببة على السلمون وبقاياه (الصورة ٤-١٠). تساعد جِيَفُ السلمون النافق والبيض المتبقي في المجرى المائي على توفير المغذيات الضرورية في نهاية الصيف والتي تضمن بقاء العديد من الأنواع المائية في الشتاء. ولهذا السبب تُعدّ وفرة السلمون، كنوع أساسي، مؤشرًا على جودة المياه وصحة النظام البيئي في الأراضي الرطبة بأكمله.



الصورة ٤-١٠ دب سنجابي اللون يصطاد سلمون الساكاي (الأحمر).

تتوافر في سواحل سلطنة عمان عدة أنواع من أسماك الأنشوجة (القاشع)، ومنها أنشوجة دفيس، وأنشوجة الرأس القصير، وأنشوجة القرصان. ومن أنواعها المعروفة عالميًا الأنشوجة البيروفية. هذه الأسماك تفترسها المفترسات لتتغذى عليها، وهي جزء مهم بيئيًا في السلسلة الغذائية البحرية، إذ توفر الغذاء لـ:

- الأسماك الأكبر حجمًا مثل أسماك التونة والسلمون.
- الثدييات البحرية مثل الدلافين والحيتان.
- الطيور البحرية مثل النوارس والبجع.

وإذا تم صيد الأسماك العظمية بمستويات أعلى من المستويات المستدامة، فسيؤدي ذلك إلى انهيار مخزون

الأسماك، الأمر الذي يسبب حرمان الإنسان من مصدر أساسي للأحماض الدهنية والبروتين في نظامه الغذائي اليومي.

الأهمية الاقتصادية للأسماك العظمية

يعدّ لحم السمك مصدرًا مهمًا للبروتين ولخمسة أحماض أمينية أساسية لا يمكن للإنسان تصنيعها؛ كما يحتوي كبد بعض الأسماك، مثل سمك القد، على زيوت تباع غالبًا كمكمّلات غذائية لأنها غنية باليود وفيتامين (A) و (D). وتوفر مصائد الأسماك في المحيطات وخدمات الصناعات المرتبطة بها دخلًا للعديد من المواطنين عبر توظيفهم في هذا المجال. لكن إذا استمر الصيد الجائر في استنزاف مخزون المحيطات، فسيكون لتربية الأسماك في المستقبل دور متزايد في توفير غذاء الإنسان.

مصائد الأنشوجة البيروفية هي أكبر المصائد أحادية النوع في العالم، ولها أهمية محورية لاقتصاد المجتمعات الأحيائية المحلية. ومع ذلك، قد تتأثر بشدة بظاهرة النينو El Nino المناخية عندما تتراجع الرياح التجارية في المحيط الهادئ، الأمر الذي يعيق اختلاط المياه الباردة الغنية بالمغذيات بالمياه الدافئة فوق المنحدر الحراري. ويحدّ ذلك من الإنتاجية الأولية فتنخفض أعداد أسماك الأنشوجة، وبالتالي يتحول السكان المحليون إلى صيد السردين Sardines، إلى حين عودة الرياح التجارية وزيادة أعداد الأنشوجة البيروفية. ولا تزال تجارة الأنشوجة تعتمد على أنماط ظاهرة النينو المناخية، والتي يبدو أن حدتها ستزداد مع تغير المناخ.

للأجزاء غير الصالحة للأكل من الأسماك أهمية اقتصادية أيضًا، فهي غنية بالنيتروجين وفوسفات الكالسيوم، إذ تطحن لاستخدامها غذاءً للأسماك وعلفًا للحيوانات وسمادًا للتربة. ويمكن استخدام الزيت المتبقي لصناعة الصابون، والشموع، والورنيش، والطلاء. كما يمكن استخدام جلد السمك لصناعة الفوانيس أو تحويله إلى غراء. فضلًا عن استخدام حراشف الأسماك لصنع المجوهرات.

تشمل الفوائد الاقتصادية الأخرى:

- ممارسة رياضة صيد الأسماك الترفيهية في المياه المالحة.
- رياضة الغوص، والغوص بجهاز التنفّس للسياح البيئيين.
- صيد وتربية الأسماك الاستوائية كحيوانات أليفة.
- استخدام الأسماك للتعليم والبحث العلمي.

الأسماك الغضروفية

تُعدّ طائفة الأسماك الغضروفية *Chondrichthye* ثاني أكبر الصفوف التي تتضمن أسماك القرش، وسمك الوَرْنك Skates والشفنين Rays، وأسماك الكيميرا Chimaeras. تتكوّن هياكل الأسماك الغضروفية وفكوكها من الغضروف فقط، وهو يحتوي على كمية من الكالسيوم أقل مما يحتويه العظم، كما أنه أكثر ليونة ومرونة.

معظم أسماك القرش لديها ثماني زعانف: اثنتان صدريتان، وواحدة ذيلية، واثنتان حوضيتان، وواحدة شرجية واثنتان ظهريتان (ولها وظائف الزعانف نفسها في الأسماك العظمية). تكون الزعنفة الذيلية في العديد من أسماك القرش أكبر في الجانب الظهري مقارنة بالجانب البطني. يوفّر شكل الزعنفة غير المتناظرة كالتي في القرش الأزرق (الشكل ٤-٢ والصورة ٤-١) مساحة سطح أكبر لتثبيت العضلات على الجانب الظهري، الأمر الذي يمنحها سرعة قصوى. وبالمقابل، تندفع سمكة الشفنين إلى الأمام عن طريق استخدام زعانفها الصدرية.

الأسماك الغضروفية لديها أيضًا جلد قوي مغطى بحراشف شبيهة بالأسنان الصغيرة تُسمى **السنينات Denticles**. تكون هذه الحراشف المتداخلة والمتراكبة جميعها في اتجاه واحد، لكن فركها على نحوٍ معاكس، يعطيها خاصية الملمس المميزة والمشابهة لملمس

مصطلحات علمية

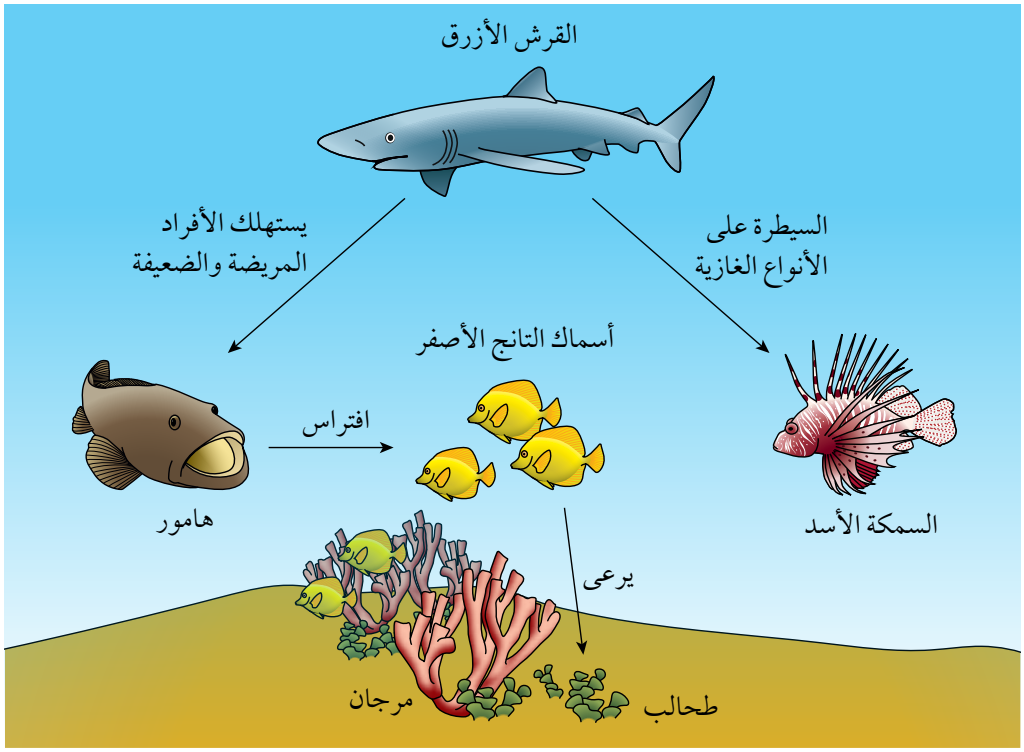
السنينات Denticles:
نوع من الحراشف المتداخلة التي توفر الحماية وتحسن الكفاءة الهيدروديناميكية في أسماك القرش.

ورق الصنفرة. توفر السنينات الحماية لأسماك القرش وتسمح لها بالتحرك عبر الماء بشكل أسرع وأكثر كفاءة وذلك عن طريق تحسين انسيابية سمك القرش خلال سباحتها. لا يمكن رؤية الخط الجانبي في الأسماك الغضروفية من الخارج لأنه موجود تحت الجلد.

على عكس الأسماك العظمية، تمتلك الأسماك الغضروفية عددًا من الفتحات المنفصلة التي تساعد في تهوية الخياشيم. فلدى كل من أسماك القرش، وسمك الوَرْنك، والشفنين خمسة إلى سبعة أزواج من الفتحات الخيشومية على شكل شقوق تسمى **الشقوق الخيشومية** **Gill slits** خلف الرأس مباشرة، إضافة إلى فتحة متحوّرة، تُسمى الفتحة التنفّسية Spiracle، والتي تقع خلف العين تمامًا. يدخل الماء إلى هذه الأسماك عن طريق الفم، ويمر فوق الخياشيم، ثم يخرج من خلال الشقوق الخيشومية. ويمكن لها استخدام طريقتين: الطريقة الأولى «التهوية بالدفع Ram ventilation» حيث يحصل الكائن على المياه لحاجته إلى الأكسجين عن طريق تدفقها فوق خياشيمه بالسباحة والتحرك عبر الماء. والطريقة الثانية «التهوية بالضخ Pumped ventilation» إذ إن بعض أسماك القرش يستطيع أن يضخ الماء في داخله فوق خياشيمه من دون أن يسبح باستمرار، الأمر الذي يسمح له بنيل قسط من الراحة في قاع المحيط. ولأن الأسماك الغضروفية لا تحتوي على مثانات عوم، فإن عليها الاستمرار في السباحة باتجاه الأمام للبقاء عائمة. للعديد من أنواع الأسماك الغضروفية دور مهم في نظامها البيئي، كمفترسات عليا (الشكل ٤-٩). ويُعدّ سمك القرش المجفف أو كما يطلق عليه محليًا اسم (العوال) من الأكلات الشعبية المحببة للعمانيين، وينتشر بيعه في العديد من الأسواق العمانية. كما وتُعدّ أسماك القرش (الجرجور) من أكثر الأنواع التي يتم تجفيفها.

مصطلحات علمية

الشقوق الخيشومية **Gill slits**:
فتحات خارجية من الخياشيم يمكن أن يعود عبرها الماء الذي يبتلعه الفم إلى الخارج.

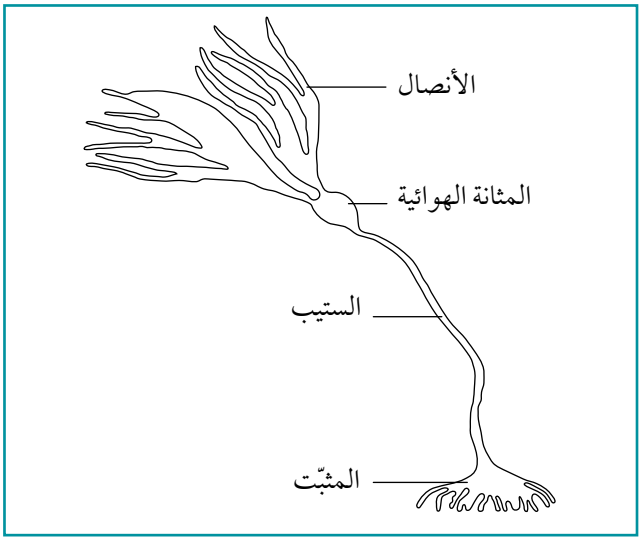


الشكل ٤-٩ القرش الأزرق كمفترس رئيسي في الشعاب المرجانية.

الطحالب الكبيرة

إضافة إلى العوالق النباتية هناك منتجات بحرية أخرى أكبر حجمًا، منها الطحالب الكبيرة التي تضم طحلب الكِلْب والأعشاب البحرية Seaweeds. وهذه الكائنات ذاتية التغذية الضوئية تصنّع غذاءها باستخدام طاقة الضوء من الشمس.

لمعظم أنواع الطحالب الكبيرة تركيب متماثل يمكّنها من البقاء في مياه البحار الضحلة والمحيطات (الشكل ٤-١٠).



الشكل ٤-١٠ طحلب الكِلْب يُظهر سمات وتركيب الطحالب الكبيرة.

يُعرف الجسم الكامل للطحالب الكبيرة باسم الثالوس Thallus وله ثلاثة أجزاء رئيسية:

- **المثبّت Holdfast**: تركيب قوي يشبه الجذر يثبت طحلب الكِلْب في قاع البحر ما يمنع تحركه بواسطة التيارات المحيطية القوية أو العواصف.
- **الستيب Stipe**: تركيب طويل وقوي وعمودي يشبه ساق النباتات. يمتد من المثبّت ويصل إلى الأنصال. ويكون قويًا جدًا لمنع التكسّر.
- **الأنصال Blades**: تراكيب عريضة تشبه الأوراق تكون معلّقة في الماء. لها مساحة سطح كبيرة لامتصاص الضوء والأملاح المعدنية.

بعض أنواع الطحالب الكبيرة أيضًا لها **مثانات هوائية Gas bladders** تحت الأنصال. تساعد هذه المثانات على الطفو للحفاظ على وضعية المنتج بشكلٍ مستقيم، وتتواجد الأنصال في أعلى الطبقة الضوئية حيث تزداد شدة الإضاءة لتقوم بدورها بعملية التمثيل الضوئي.

مصطلحات علمية

المثبّت Holdfast:
تركيب قوي يشبه الجذر يثبّت الطحالب الكبيرة في قاع البحر.

الستيب Stipe:
تركيب طويل وقوي وعمودي يشبه ساق النباتات.

الأنصال Blades:
تراكيب تشبه الأوراق تكون معلّقة في الماء وتمتص الضوء والأملاح المعدنية.

المثانة الهوائية Gas bladder:
تركيب يحتوي على غاز يوفر الطفو لبعض أنواع الأعشاب البحرية.

الأهمية البيئية للطحالب الكبيرة

تُعدّ غابات طحلب الكِلْب العملاقة أحد النظم البيئية البحرية الكبرى والتي تتكوّن من أنواع الطحالب الداكنة الكبيرة (الصورة ٤-١١). تحتاج هذه الطحالب إلى ماء صافٍ غني بالمغذيات، ودرجة حرارة تتراوح بين 8°C و 16°C. وعندما تكون الظروف مثالية، يكون معدل نموها كبيرًا جدًا، فعلى سبيل المثال أفراد أحد الأجناس وهو ماكروسيستوس *Macrocystus* تنمو بمقدار 0.5 m في اليوم وقد يصل طولها إلى 80 m. تنتشر غابات طحلب الكِلْب الكبيرة على الجروف القارية، وتكون مواطن بيئية حيوية لمجموعة متنوعة من الحيوانات، إضافة إلى أن الطحالب الكبيرة تزيد من إنتاجية النظام البيئي القريب من الشاطئ عن طريق إنتاج كمّيات كبيرة من البقايا العضوية. تُعدّ غابات طحلب الكِلْب الكبيرة نظامًا بيئيًا بحريًا عالميًا مهمًا لأنها تشكل قاعدة للعديد من

السلاسل الغذائية، ما يولد تنوعًا هائلًا في الأنواع البيولوجية.



الصورة ٤-١١ غابة طحلب كِلْب عملاق.

الأهمية الاقتصادية للطحالب الكبيرة

قام الإنسان على مدى آلاف السنين بحصاد الطحالب الكبيرة، ومنها طحلب الكِلْب والأعشاب البحرية. واعتمادًا على النوع البيولوجي يمكن حصادها بثلاث طرائق مختلفة: ملتصقة بركيزة، وعائمة حرة، أو ملقاة على الشاطئ (الصورة ٤-١٢). ومع ذلك، أثيرت مخاوف بشأن تأثير هذا الحصاد واسع النطاق على البيئة البحرية.



الصورة ٤-١٢ حصاد الأعشاب البحرية في الفلبين.

تُزرع بذور الأعشاب البحرية على شباك أو حبال، والتي تُربط بعد ذلك في منطقة من البحيرة غير مظللة، ويُفضل أن تكون درجة الحرارة بين 25°C و 30°C. وبعد فترة من نموّها، يتم جمع الطحالب وتعليقها لتجف. ثم تُستخدم في ما يلي:

- **الطهو:** استُخدِمت الأعشاب البحرية كغذاء لسنوات من قِبل المجتمعات الساحلية في العديد من البلدان، مثل اليابان، وكوريا، وأيسلندا وويلز. ففي اليابان مثلًا، يُستخدم أكثر من 20 نوعًا من الأعشاب البحرية كغذاء، ويتم تجفيف نوع من الطحالب الحمراء وهو البورفيرا *Porphyra* لصنع رقائق النوري Nori، وهي شائعة الاستخدام كغلاف تُلفّ بها لفائف السوشي. من الناحية الغذائية، الأعشاب البحرية غنية بالبروتين وبالعديد من الفيتامينات والأملاح المعدنية، خصوصًا اليود، وهي منخفضة جدًا في الدهون. وأكدّت دراسة بحثية بجامعة السلطان قابوس، أن الأعشاب البحرية مصدر متكامل للغذاء والدواء.
- **صناعة الأغذية:** تُستخدم الأعشاب البحرية كمصدر للمواد الكيميائية الحيوية المستخدمة لصنع الهلام الصُّلب والمستحلبات التي تحفظ مواد الأطعمة على شكل معلّق، بما في ذلك:
  - **الألجينات Alginate:** مادة مستخلصة من الأعشاب البحرية وتُستخدم في صناعة الأغذية كالمثلجات (الآيس كريم)، وفي صناعة لصقات الحروق وملابس رجال الإطفاء.
  - **الأجار:** يُستخدم لصنع الهلام النباتي وأيضًا في أطباق الأجار التي تُستخدم عادة في علم الأحياء الدقيقة لتنمية البكتيريا واختبار مقاومة المضادات الحيوية.
  - **الكاراجينان Carrageenan:** يُستخدم لصنع الطعام بمجموعة متنوعة من القوام، بما في ذلك مشروبات الحليب بالشوكولاتة وقطع الشوكولاتة بالحليب،

إذ إنه يُستخدم كمادة هلامية مثبتة للزوجة الشوكولاتة.

- **مستحضرات التجميل والتداوي بالأعشاب:** غالبًا ما تُوجد مستخلصات الأعشاب البحرية في كريمات ترطيب البشرة والعلاجات العشبية لمجموعة من الحالات بما في ذلك التهاب المفاصل، والسل ونزلات البرد.
- **السماد:** يُضاف كمصدر غني بالمغذيات إلى الأراضي الزراعية.
- **الزراعة المائية:** يتم معالجتها لتكوين حبيبات غذاء يمكن استخدامها لتغذية حيوان أذن البحر في مزارع الاستزراع المائي.

وقد نفّذت وزارة الثروة الزراعية والسمكية وموارد المياه مسحًا ميدانيًا لمعرفة أنواع وكمّيات الأعشاب البحرية في سواحل سلطنة عمان وأهميتها اقتصاديًا، واستخداماتها وبخاصة الأعشاب البحرية التي تدخل في الصناعات الدوائية والمستحضرات الطبية، واحتمالية دخول بعض الأعشاب البحرية كمكوّنات في عدد من الصناعات السمكية والغذائية.

دراسة حالة ٤-٢

الأهمية البيئية والاقتصادية للطحالب الكبيرة في سلطنة عُمان

الساحل الشاسع الذي تتمتع به سلطنة عمان والذي يبلغ طوله 3165 km بالإضافة إلى إمكانية الوصول إلى البحر، يجعل السلطنة مكانًا مثاليًا لتطوير تربية الأحياء المائية، و «استزراع» الكائنات الحية التي تعيش في المياه العذبة والنظم البيئية البحرية. منذ عام 2014 وحتى 2022م، زاد إنتاج الاستزراع المائي في عُمان بنسبة 500%، ويبدو أن هذا الرقم سيزداد أكثر في المستقبل. أحد مشاريع الاستزراع المائي الذي يتم تطويره حاليًا هو الزراعة على نطاق واسع للطحالب الكبيرة.

الطحالب الكبيرة مثل طحلب الكِلْب والأعشاب البحرية، هي كائنات سريعة النمو تعيش في المنطقة المضاءة من البحر. كشفت دراسة أجريت في عام 2018م أن هناك 402 نوع مختلف من الطحالب الكبيرة في مياه سلطنة عُمان، الأمر الذي يدل على تنوع ووفرة كبيرَين في الحياة، وخصوصًا على سواحل محافظة ظفار Dhofar (الصورة ٤-١٣). تتأثر هذه المنطقة من الساحل بالرياح الموسمية؛ إذ تسبب الرياح المستمرة حركة أمواج قوية وتيارات صاعدة للمياه، ما يؤدي إلى زيادة مستويات المغذيات وانخفاض درجات حرارة المياه. وقد ظهر العديد من الأنواع الجديدة في عُمان أكبر حجمًا مقارنة بالأنواع المعروفة الأخرى، ربما بسبب هذه الظروف المناسبة.



الصورة ٤-١٣ يوفر الساحل بمنطقة الفزايح، غرب صلالة في سلطنة عمان، ظروفًا مثالية لنمو الطحالب الكبيرة.

فالطحالب تُعد موردًا غير مستثمر بشكل كاف. وتعمل مساحات واسعة من غابات طحالب الكِلْب كمخازن للكربون، إذ تمتص الكربون من الغلاف الجوي وتخزنه في نمو نباتات جديدة. تشير التقديرات إلى أن الطحالب الكبيرة تمتص نحو 634 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا على مستوى العالم، وهو أكثر من ضعف صافي الامتصاص الكربوني من الصين – الدولة التي لديها أكبر صافي امتصاص كربوني. يبقى بعض الكربون بالقرب من الشاطئ فيدخل في النظام البيئي المحلي، ويُقدر أن 90% منه ينتهي مذابًا في المياه وينتقل إلى أعماق البحر. لذا، قد تلجأ الدول التي تهدف إلى أن يكون صافي انبعاثات الكربون الصفري إلى زراعة المزيد من الطحالب.

تابع

فالطحالب تتميز أيضًا بمقدرتها على تنقية المياه وتوفير الغذاء للنظام البيئي، وتشكل أساسًا لشبكات غذائية كبيرة. ويمكن للمجتمع المحلي استثمار هذا العمل في تشجيع السياحة البيئية، طالما يتم بطريقة مسؤولة ولا تؤثر سلبًا على النظام البيئي.

وبالمقابل، يمكن زراعة الطحالب كمورد للإنسان، وقد تم إجراء بحوث تتعلّق باستخدام الطحالب كوقود حيوي، عوضًا من الوقود الأحفوري، وتُعد الطحالب الكبيرة عند استخدامها كوقود حيوي موردًا متجددًا. هناك استخدامات أخرى للطحالب الكبيرة المعالَجة أيضًا - منها الأطعمة، والمنتجات الصيدلانية، وأعلاف الحيوانات، ومستحضرات التجميل، والأسمدة، والصمغ الصناعي (الغراء). ويُقدر أن زراعة الأعشاب البحرية ينتج منها أكثر من 10 مليارات دولار سنويًا، وأن الطلب على منتجات الأعشاب البحرية يتجاوز الموجود فعلًا (الشكل ٤-١١).

هناك مواقع غنية بالطحالب الكبيرة على سواحل الدقم والشرقية، حيث يمكن تطوير مزارع الأعشاب البحرية. ويشكل ذلك جزءًا من خطط سلطنة عمان لتوسيع تربية الأحياء المائية والاستخدام المستدام لهذا المورد الاقتصادي غير المستثمر خلال العقود القادمة (الشكل ٤-١١).

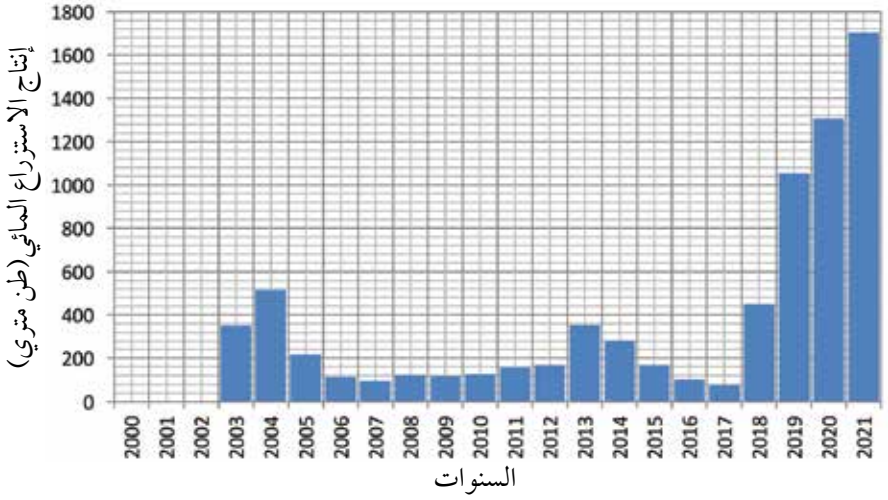
أسئلة

١. باستخدام معرفتك بدورة الكربون، اشرح كيف تعمل الطحالب الكبيرة كمخازن للكربون.

٢. وضّح: لماذا تُعدّ الطحالب الكبيرة موردًا متجددًا عند استخدامها كوقود حيوي؟

٣. إذا تم استخدام الطحالب الكبيرة كوقود حيوي، فإن الكربون في هذه الطحالب سيتم إطلاقه في الغلاف الجوي. لماذا برأيك لا يُعدّ ذلك مشكلة للتغير المناخي؟

٤. اقترح بعض الإيجابيات والسلبيات في تطوير السياحة البيئية في غابات طحلب الكِلْب في عُمان.

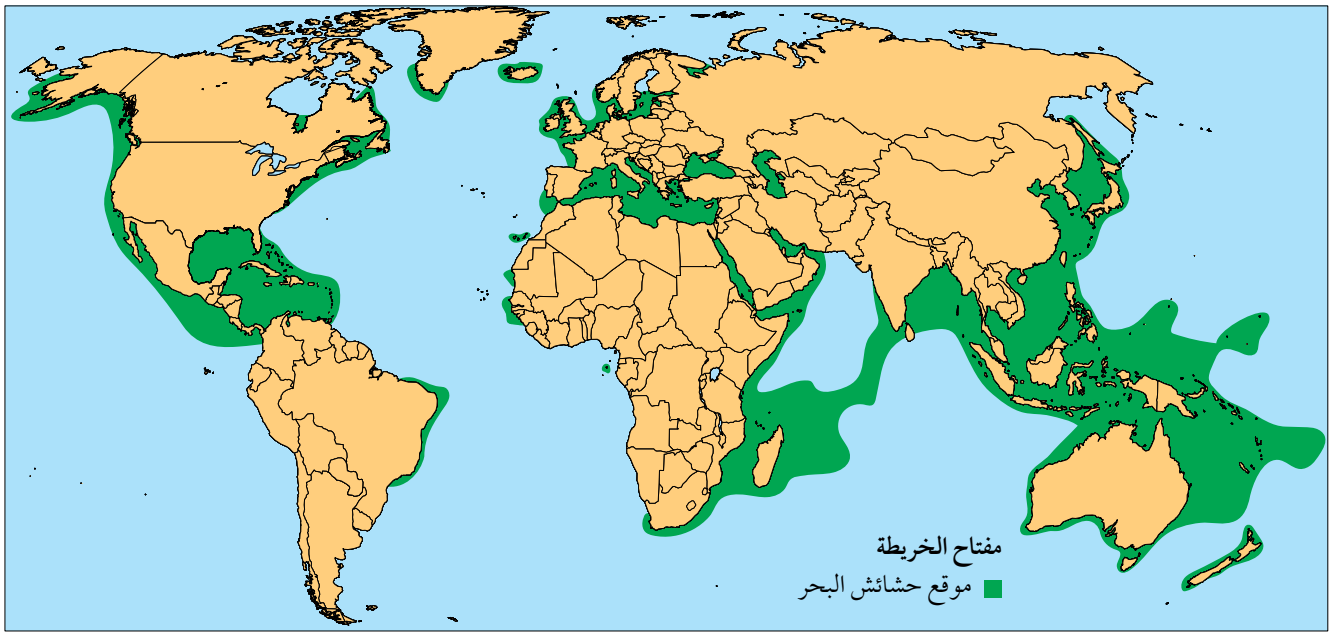


الشكل ٤-١١ إنتاج الاستزراع المائي في سلطنة عمان 2000 - 2021 م.

النباتات البحرية

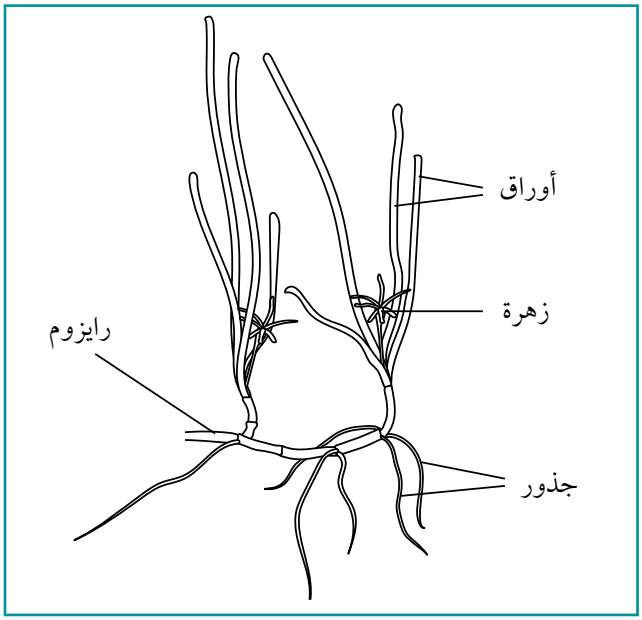
النباتات الزهرية هي أقل شيوعًا في مصبات الأنهار والبيئات البحرية مما هي عليه في اليابسة. وقد تكون على أحد الأشكال الآتية: طافية (على سبيل المثال زنبق الماء Water lilies)، ونابعة (على سبيل المثال شجرة القرم أو المانجروف Mangrove trees)، ومغمورة (على سبيل المثال الحشائش البحرية Seagrasses).

توجد الحشائش البحرية في المنطقة الضوئية، على الجرف القاري الممتد إلى البحر (الشكل ٤-١٢).



الشكل ٤-١٢ موقع مروج الحشائش البحرية.

تتلاءم الحشائش البحرية للحياة على الجرف القاري، فهي لديها نظام **جذور Roots** مع **رايزومات Rhizomes** أفقية سميكة تصل إلى عمق 25 cm في الركيزة (الشكل ٤-١٣). يُثبّت نظام الجذر الحشائش البحرية في قاع البحر بحيث لا تتحرك بفعل تيارات المياه المتغيرة وحركة الأمواج. كما تمكّن الرايزومات الأفقية الحشائش البحرية من التكاثر اللاجنسي.



الشكل ٤-١٣ الحشائش البحرية تُظهر سمات النباتات البحرية.

يشمل تركيب **الورقة Leaf** في النباتات البحرية طبقة بشرة تحوي البلاستيدات الخضراء (التي تغيب في بشرة معظم نباتات اليابسة) لزيادة التمثيل الضوئي، وتكون الأوراق بلا ثغور، وبقشرة شمعية رقيقة جدًا بحيث تتمكن خلاياها من الحصول على أيونات الأملاح المعدنية مباشرة من الماء. وتحوي أيضًا عددًا قليلًا من الحزم الوعائية، إذ إنها ليست بحاجة إلى نقل الماء والأملاح المعدنية عبر النبات. كما أن الأوراق مرنة فلا تتكسر بفعل تيارات الماء. الأوراق والجذور متلائمة فيسولوجيًا للعيش في ماء البحر بحيث تستطيع خلاياها البقاء في المياه المالحة من دون فقدان الماء عن طريق الخاصية الأسموزية.

مصطلحات علمية

الجذر Root:
تركيب في قاعدة النبات يثبّته في الركيزة ويمتص المغذّيات من الرواسب.

الرايزومات Rhizomes:
تراكيب أفقية تحت الأرض تُمكّن الحشائش البحرية من التكاثر اللاجنسي.

الورقة Leaf:
عضو التمثيل الضوئي في النباتات.

يمكن لهذه النباتات التكاثر جنسيًا ولاجنسيًا أيضًا. ففي التكاثر الجنسي، تُنتج **أزهارًا Flowers** تطلق حبوب اللقاح التي يحملها الماء إلى أزهار أخرى.

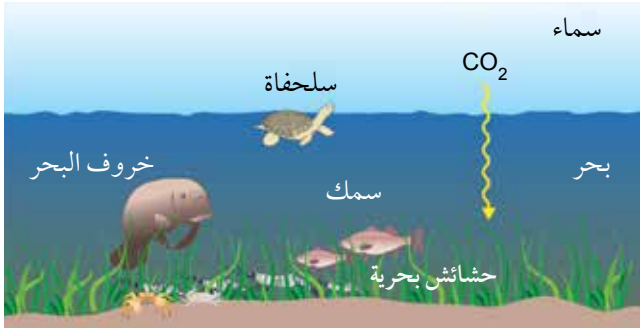
مصطلحات علمية

الزهرة Flower:
عضو التكاثر الجنسي في النبات.

الأهمية البيئية للنباتات البحرية

النباتات البحرية هي أساس المجتمعات الأحيائية المائية ذات التنوع البيولوجي الواسع. تجعلها حساسيتها لجودة المياه أنواعًا أساسية مهمة قد تساعد في تحديد الصحة العامة للنظم البيئية الساحلية.

إن النباتات البحرية والعوالق النباتية هي المنتجات السائدة في المواطن البيئية لمصبات الأنهار، وهي مصدر غذاء مباشر للمستهلكات الأولية البحرية. تمثل حشائش السلحفاة *Thalassia testudinum*، الموجودة في خليج المكسيك والبحر الكاريبي وبرمودا مصدرًا غذائيًا حيويًا للسلاحف وخراف البحر والأسماك آكلات الأعشاب (الشكل ٤-١٤). وفي شبه جزيرة برّ الحكمان في ولاية محوت، يتوافر نوعان من الحشائش البحرية هما حشائش البحر ضيقة الأوراق Halodule uninervis ومحب الملح البيضاوي Halophila ovalis، ويُعدّ كلاهما غذاءً أساسيًا للسلاحف الخضراء. وتوفر بقايا حشائش البحر الميتة طاقة عضوية للديدان وخيار البحر والسرطانات وشوكيات الجلد وشقائق النعمان البحرية، كما توفر حشائش البحر طوال العام لبعض أنواع الأسماك موطنًا بيئيًا لتعشيش وحضانة أنواع أخرى.



الشكل ٤-١٤ الأهمية البيئية لمروج الحشائش البحرية.

تمثل مروج حشائش البحر مصبات كربون ومصادر أكسجين تعزز بيئة بحرية صحية. فأوراق حشائش البحر الطويلة والرفيعة تساعد على امتصاص حركة الأمواج والتيارات البطيئة، والتقليل من التعكر عن طريق احتجاز الطمي. وتربط أنظمة جذورها الكثيفة المتشابكة الرواسب الناعمة، كما تساعد في المحافظة على جودة المناطق الساحلية عن طريق امتصاص الجريان السطحي من نظم اليابسة البيئية.

العديد من النظم البيئية للنباتات البحرية يتواجد في توازن دقيق بين الأنواع. فعلى سبيل المثال، إذا انخفضت أعداد الجماعة الأحيائية لسلاحف البحر بشكل كبير، تموت الحشائش البحرية ويحل مكانها الطحالب. ولمكافحة ذلك، يمكن للقائمين بالحفاظ على البيئة استخدام فقاسات السلاحف لزيادة أعداد سلاحف البحر المحلية (الصورة ٤-١٤)، الأمر الذي يزيد من خصوبة قاع البحر ويحفّز النمو الجيد لحشائش البحر، كما تساعد على نشر هذه الحشائش. ومع ذلك، إذا أصبحت أعداد السلاحف كبيرة جدًا، فسيتم استهلاك حشائش البحر بشكلٍ مفرط وتموت. وقد يحدث هذا في المناطق التي تنخفض فيها أعداد أسماك القرش المفترسة بسبب الصيد الجائر.



الصورة ٤-١٤ استخدام فقاسة السلاحف ضمن مشروع الحفاظ على السلاحف البحرية.

لذا، تحتاج المواطن البيئية لحشائش البحر المتضررة إلى برامج إعادة ترميم شاملة لحماية هذه المحميات الطبيعية والحساسة بيئيًا عن طريق تضافر الآتي:

- حماية تكاثر السلاحف وتعشيشها (الصورة ٤-١٤).
- حظر صيد أسماك القرش.
- تقييد ممارسات الصيد وتربية الأحياء المائية واستخدام الأراضي الساحلية.

الأهمية الاقتصادية للنباتات البحرية

تأتي الأهمية الاقتصادية للنباتات البحرية من خلال الصناعات التي تدعمها بشكل غير مباشر. وكون النباتات البحرية تشكّل أرضية حاضنة للعديد من الكائنات الحية فهي حيوية للصيد التجاري والترفيهي. كما توفر مواطنها البيئية الحماية الجسدية للمجتمعات الأحيائية الساحلية من التجوية والتعرية والفيضانات في أثناء العواصف. كما توفر أشجار المانجروف الخشب لأغراض إشعال النار والبناء، وتستخدم حشائش البحر كمادة عزل في بناء المنازل، ونسج الأثاث، وتغطية الأسقف، وصنع الضمادات، وحشو المفارش، وتسميد الحقول. وهكذا تؤدي مشاريع السياحة البيئية، مثل رياضة الغوص لمراقبة خراف البحر، دورًا متزايدًا في الاقتصادات المحلية.

وتحتوي شبه جزيرة برّ الحكمان على أكبر تجمع بيئي بكر لأشجار القرم (المانجروف)، حيث تقدر مساحة هذه الأشجار بنحو 162 هكتارًا، وهي واجهة شهيرة برحلات التخييم والاستجمام، حيث تتميز بتجربة سياحية فريدة من نوعها للاستمتاع بالعناصر الطبيعية الموجودة فيها.

أسئلة

(٣) انقل الجدول ٤-٣ وأكمله لتوضيح كيفية تصنيف كل نوع.

التسلسل الهرمي التصنيفي	نجم البحر المكلّل بالأشواك	كريل القطب الجنوبي	سمك القرش الأزرق	الأنشوجة البيروفية (سمكة البلم)
النطاق		حقيقية النوى		حقيقية النوى
المملكة	الحيوانية		الحيوانية	
الشعبة		المفصليات	الحبليات	الحبليات
الطائفة	النجميات			الأسماك العظمية
الرتبة	المصراعية	القشريات الرخوة	بنبكيات	كلوبيفورمس
العائلة	التيجان الشائكة	الكريليات	كاركارينيدي	إنغراوليداي
الجنس				
النوع				

الجدول ٤-٣ تصنيف أنواع بحرية.

(٤) يُعدّ نجم البحر الأرجواني (*Pisaster ochraceus*) مثالًا على شوكيات الجلد، وهو نوع أساسي في المجتمعات الأحيائية للشعاب المرجانية. إن هذا الحيوان ليس من المفترسات التي تشغل قمة الهرم الغذائي؛ لأنه من فرائس أسماك القرش والراي (سمك الشفنين البحري) وشقائق نعمان البحر. تتغذى نجوم البحر الأرجوانية على مجموعة من الأنواع، بما في ذلك قنافذ البحر وبلح البحر.

أ. اشرح أثر إزالة نجوم البحر الأرجوانية من على الشعاب المرجانية.

ب. ناقش: لماذا يمكن اعتبار نجم البحر الأرجواني نوعًا أساسيًا؟

مشروع: مسرحية بحرية

اختر بالتعاون مع زميلك كائنًا حيًا أثار اهتمامكما أو شاهدتماه مؤخرًا في مقال أو تقرير إخباري محلي أو دولي. أعدّا عرضًا دراميًا مدته ثلاث دقائق لتقديمه أمام باقي الزملاء، على أن يغطي العرض المجالات الآتية:

- تصنيف النوع.
- الدور البيئي للنوع بما في ذلك مفترساته و/أو فرائسه.
- القيمة الاقتصادية للنوع.
- تأثير الإنسان على النوع.
- الحفاظ على النوع.

التفكير في المشروع

أعدّا اختبارًا من نوع «اختيار من متعدد» مكتوبًا يتضمن 5 أسئلة استنادًا إلى عرضكما الدرامي (على أن يتضمن سؤالًا واحدًا عن كل مجال من المجالات المذكورة سالفًا) لتقديمه إلى زملائكما في الصف. بعد القيام بتصحيح الاختبار، تدارسا النتائج وحلّلا الأسئلة لتحديد الأسئلة التي لم يتمكن بقية الزملاء في الصف من الإجابة عنها على نحوٍ صحيح.

تأمّل في كيفية تحسين العرض في المرات القادمة لجعله أفضل.

تأمّل في العروض الأخرى التي قدمها الزملاء في الصف:

- أي العروض كان الأكثر غنًى بالمعلومات؟
- هل هذه العروض هي ذاتها التي استمتعت بها أكثر؟

اقترح ثلاث طرائق يمكن أن تحسّن بها عرضك الخاص لجعله أكثر غنًى بالمعلومات وإثارة للاهتمام.

ملخّص

يمكن تصنيف الكائنات الحية باستخدام التسلسل الهرمي التصنيفي: النطاق، المملكة، الشعبة، الطائفة، الرتبة، العائلة، الجنس، والنوع. يُشار إلى الأنواع بحسب ما هو متعارف عليه بالتسمية الثنائية وبخط مائل.

يمكن استخدام مفتاح التشعيب الثنائي لتحديد النوع باستخدام الخصائص الجسمية.

الرسوم البيولوجية تسجل صورة، وسمات وصفات وتراكيب مهمة للعيّنة. يتم رسمها بخطوط واضحة ومتصلة وبمقياس مناسب. تضاف إليها مسميات السمات الرئيسية ويمكن إضافة شروح توضيحية إذا لزم الأمر.

المجموعات الرئيسية للكائنات البحرية هي: العوالق النباتية، والعوالق الحيوانية، وشوكيات الجلد، والقشريات، والأسماك العظمية، والأسماك الغضروفية، والطحالب الكبيرة، والحشائش البحرية.

العوالق النباتية هي منتجات دقيقة. تشمل الدياتومات والسوطيات الدوّارة.

العوالق الحيوانية هي مستهلكات. تشمل اليرقات، ومجدافيات الأرجل، والكريل، والحيوانات الكبيرة منها قناديل البحر.

شوكيات الجلد هي لافقاريات بحرية تشمل خيار البحر، ونجوم البحر، وقنافذ البحر، وزنابق البحر ونجوم البحر الهشة. تماثل جسمها خماسي ولها أقدام أنبوبية تستخدمها للتنقل.

قد تدمر نجوم البحر المكللة بالأشواك وهي من شوكيات الجلد مساحات مرجانية كبيرة إذا ازدادت أعداد جماعتها الأحيائية بسرعة كبيرة. وقد تدمر قنافذ البحر أيضًا غابات طحلب الكِلْب إذا تُركت من دون رقابة. تعمل أفراد خيار البحر على تنقية المياه وتوفر المغذيات على الشواطئ الرملية.

يمكن استخدام شوكيات الجلد في الزراعة، والصيد، والغذاء والصناعات العلمية. وقد يؤدي الحصاد المفرط (صيدها) إلى مشكلات.

القشريات هي لافقاريات تشمل جراد البحر وسرطان البحر، والروبيان والكريل. لديها درع واق، وبطن مقسم إلى قطع، وأرجل مفصلية، وزوجان من قرون الاستشعار، وأرجل مفصلية للحركة والافتراس والحماية والمساعدة على التكاثر الجنسي.

الأسماك العظمية هي فقاريات تشكل غالبية الأسماك. لديها هيكل عظمي، وغطاء خيشومي، وخياشيم، ومثانة عوم، وحراشف، وخط جانبي مرئي من الخارج، وزعانف (صدرية، وذيلية، وحوضية، وشرجية وظهرية).

وظائف سمات الأسماك العظمية هي:
- الهيكل العظمي: الدعم والحركة
- الغطاء الخيشومي: حماية وتهوية الخياشيم
- الخياشيم: التهوية الغازية
- مثانة العوم: العوم/الطفو
- الحراشف: الحماية
- الخط الجانبي: الأعضاء الحسية للحركة والتنقل والافتراس
- الزعانف: التنقل والتوازن.

الأسماك العظمية مسؤولة عن حركة ومعالجة نسبة كبيرة من المواد العضوية البحرية والمغذيات. ولها دور رئيسي في عدة شبكات غذائية، منها الشبكات الغذائية التي تحتوي على الأنشوجة البيروفية.

صيد الأسماك العظمية هو قطاع مهم من نشاط الإنسان، يوفر فرص العمل وإعالة للعديد من السكان حول العالم. قد تؤثر ظواهر المناخ، مثل النينو، على صيد الأنشوجة البيروفية والاقتصاد المحلي.

الأسماك الغضروفية هي فقاريات لها عمود فقري وهيكل من الغضروف، لا العظم. ولديها أيضًا شقوق خيشومية، وخياشيم، وسنينات، وخط جانبي، وزعانف (صدرية، وذيلية، وحوضية، وشرجية، وظهرية). تشمل أسماك القرش، وسمك الوَرْنك، وسمك الشفنين، وأسماك الكيميرا.

الطحالب الكبيرة هي منتجات بحرية، بما في ذلك طحلب الكِلْب والأعشاب البحرية. ومن سماتها وتراكيبها المكونة: المثبت، والستيب، والأنصال، والمثانة الهوائية. يقوم المثبّت بتثبيت الطحالب الكبيرة في قاع البحر، ويربط النصل بالمثبّت، وتمتص الأنصال الضوء والمعادن، وتوفر المثانة الهوائية القدرة على الطفو.

تابع

الطحالب الكبيرة ومنها طحلب الكِلْب مهمة كأساس للعديد من الشبكات الغذائية، وفي توفير كمّيات كبيرة من المواد العضوية المتحللة للنظم البيئية القريبة من الشاطئ. وهي مفيدة في دورات المغذّيات.
تُستخدم الطحالب الكبيرة في صناعة الغذاء بطرائق متنوعة، وفي مستحضرات التجميل، والأسمدة والاستزراع المائي. وقد توفر فوائد إضافية كمخازن للكربون.
النباتات البحرية، مثل حشائش البحر أو أشجار القرم أو المانجروف، قد تكون طافية، أو نابعة أو مغمورة. سماتها وتراكيبها تشمل الرايزومات، والجذور، والأزهار، والأوراق. يقوم الجذر بتثبيت النبات وامتصاص المغذيات، والرايزوم للتكاثر اللاجنسي، والورقة عضو التمثيل الضوئي، والزهرة للتكاثر الجنسي.
النباتات البحرية هي المنتجات السائدة في العديد من النظم البيئية البحرية، وتدعم شبكات غذائية كبيرة ومتنوعة. لها دور مهم في دورات المغذّيات وهي مواطن بيئية لكائنات أخرى.
النباتات البحرية تدعم بشكل غير مباشر العديد من أنشطة الإنسان منها الصيد. وقد تكون مفيدة في منع الانجراف وتوفير مواد البناء. في الآونة الأخيرة، ازدادت أهميتها كمخازن للكربون وللسياحة البيئية.

أسئلة نهاية الوحدة

١ ما الترتيب الصحيح للتسلسل الهرمي التصنيفي، من الأكبر إلى الأصغر؟ [1]

أ. النطاق، المملكة، الشعبة، الطائفة، الرتبة، العائلة، الجنس، النوع.

ب. المملكة، النطاق، الطائفة، الشعبة، الرتبة، العائلة، الجنس، النوع.

ج. النطاق، المملكة، الشعبة، الرتبة، الطائفة، العائلة، الجنس، النوع.

د. النطاق، المملكة، الجنس، الشعبة، الطائفة، الرتبة، العائلة، النوع.

٢ تم اكتشاف نوع من الكائنات الحية يتميز بالسمات التالية: الشقوق الخيشومية، والسنينات، والخط الجانبي، والزعانف. إلى أيّ مجموعة من المجموعات الآتية تنتمي أفراد هذا النوع؟ [1]

أ. القشريات.

ب. الأسماك العظمية.

ج. العوالق الحيوانية.

د. الأسماك الغضروفية.

٣ أيّ من الآتي هو سمة من سمات شوكيات الجلد؟ [1]

أ. الأرجل المفصلية.

ب. التماثل الخماسي.

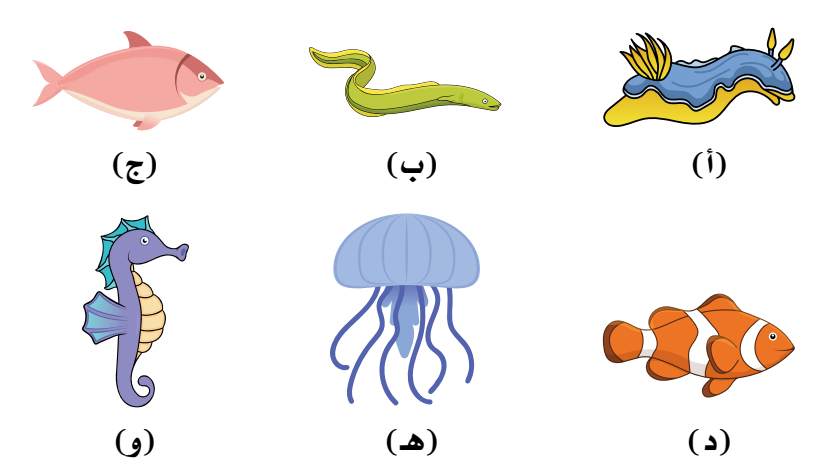
ج. الشقوق الخيشومية.

د. الزعنفة الظهرية.

[المجموع: 3]

تابع

٤ تبيّن الصورة ٤-١٥ ستة أنواع بحرية:



الصورة ٤-١٥

أ. استخدم مفتاح التشعيب الثنائي أدناه لتحدد كل نوع من الأنواع البحرية الموضحة.

	نعم	لا
١. كائن حي له لوامس	قنديل البحر العادي	اذهب إلى الرقم ٢
٢. كائن حي له قرون استشعار	بزّاق البحر	اذهب إلى الرقم ٣
٣. كائن حي يسبح بوضع رأسي وله زعنفة ظهرية بارزة	فرس البحر	اذهب إلى الرقم ٤
٤. كائن حي جسمه طويل	ثعبان البحر موراي الأخضر	اذهب إلى الرقم ٥
٥. كائن حي له أشرطة	سمكة المهرج	سمكة النهاش الأحمر

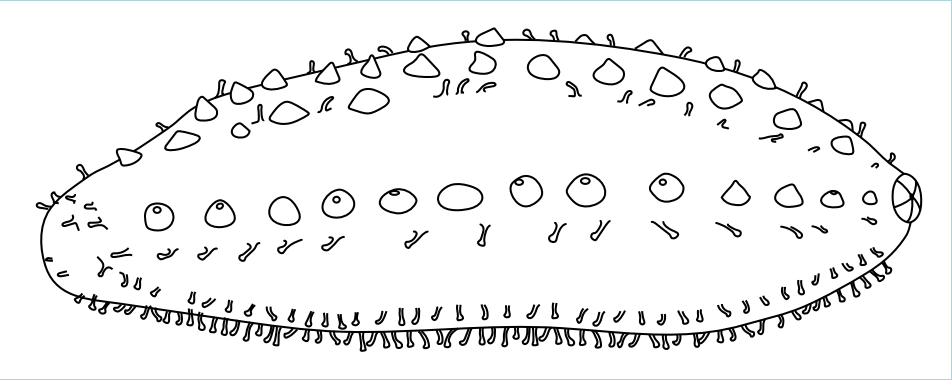
اكتب الحرف المناسب بجانب اسم كل كائن حي.

- قنديل البحر العادي.
- بزّاق البحر.
- فرس البحر.
- ثعبان البحر موراي الأخضر.
- سمكة المهرج.
- سمكة النهاش الأحمر.

[المجموع: 4]

تابع

٥ الشكل ٤-١٥ الآتي هو رسم بيولوجي لخيار البحر، وهو أحد أنواع شوكيات الجلد.



الشكل ٤-١٥

أ. اذكر **سمة واحدة** موجودة في الشكل تُعدّ ميزة خاصة لشوكيات الجلد. **[1]**

ب. اذكر **سمة واحدة** من الشكل لا تُعدّ ميزة خاصة لشوكيات الجلد الأخرى. **[1]**

ج. يُعدّ خيار البحر نوعًا رئيسيًا في محمية جالاباجوس البحرية. اذكر المقصود بنوع رئيسي. **[1]**

د. صِف الأهمية البيئية لليرقات العوالقية وخيار البحر البالغ. **[2]**

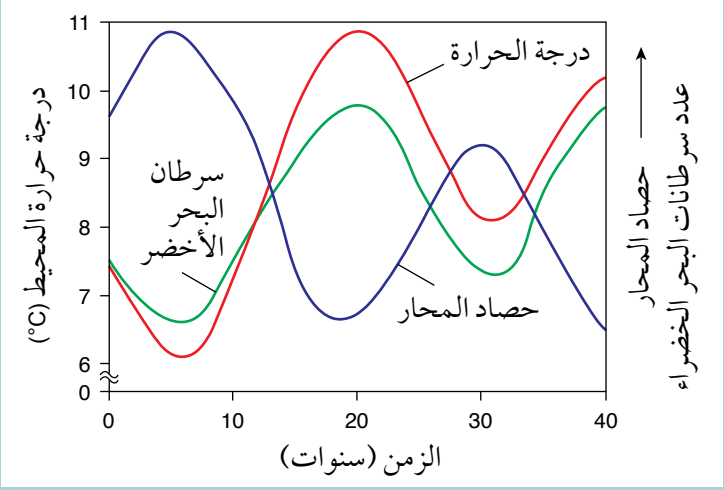
هـ. يُعدّ خيار البحر طعامًا شهيًا ولذيذًا في آسيا، ففي عام 1992م بدأ الصيد التجاري لخيار البحر حول جزر جالاباجوس. وفي عام 1999م، تم تحديد موسم معيّن لصيد خيار البحر وتحديد حجم أدنى للصيد للحد من الصيد الجائر، ولكن هذه الإجراءات لم تنجح في منع الصيد الجائر، وحدث انهيار في مخزون خيار البحر في عام 2005م. تنبأ بالآثار الاقتصادية لهذا الانهيار على المجتمع المحلي. **[2]**

[المجموع: 7]

تابع

٦ **أ.** سرطان البحر الأخضر، *Carcinusmaenas*، هو نوع غازي من القشريات يوجد الآن في ولاية مين Maine، في الولايات المتحدة الأمريكية. اذكر **اثنتين** من سمات القشريات. **[2]**

ب. الشكل ٤-١٦ أدناه يظهر الاعتماد البيئي المتبادل بين درجة حرارة المحيط، وسرطان البحر الأخضر والمحار.



الشكل ٤-١٦

١. صِف العلاقة بين درجة حرارة المحيط وسرطانات البحر الخضراء. **[2]**

٢. صِف العلاقة بين توزيع سرطانات البحر الخضراء والمحار، واقترح تفسيرًا لها. **[3]**

[المجموع: 7]

٧ تُعدّ طحالب الكِلْب من المنتجات البحرية المهمة، والتي غالبًا ما تنمو في المياه الساحلية على شكل غابات كثيفة.

أ. أعط **ثلاث** سمات لطحلب كبير نموذجي. **[3]**

ب. اذكر استخدامَين لحصاد الطحالب الكبيرة، والتي منها الأعشاب البحرية أو طحلب الكِلْب. **[2]**

ج. في منطقة من البحر قبالة ساحل إسكتلندا، تتغذى قنافذ البحر على طحلب الكِلْب وتفترسها بدورها ثعالب البحر.

١. ارسم هذه السلسلة الغذائية. **[1]**

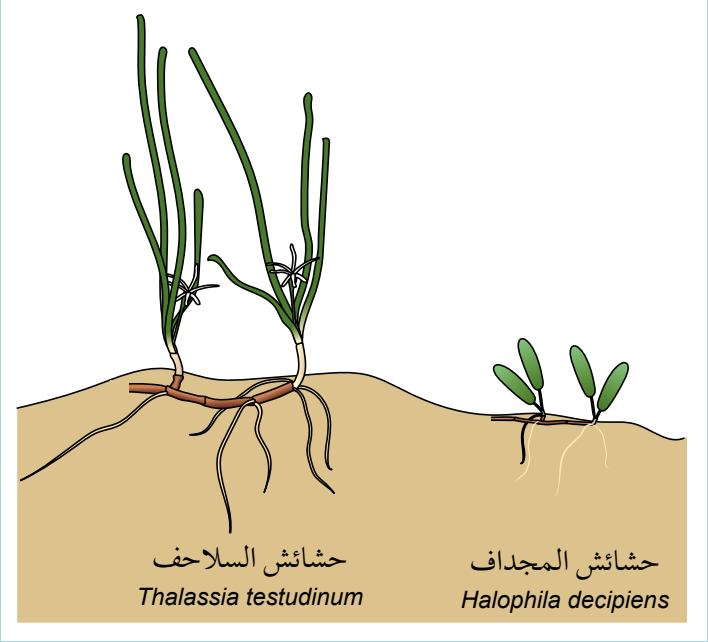
٢. تسبب الصيد والتلوث في تقليل أعداد أفراد الجماعة الأحيائية لثعالب البحر في بعض المناطق. تنبأ كيف يمكن أن يؤثر ذلك على وفرة طحلب الكِلْب. **[2]**

٣. اقترح: كيف ولماذا يمكن أن يؤثر تقليل كثافة طحلب الكِلْب على حصاد الأسماك في المستقبل؟ **[2]**

[المجموع: 10]

تابع

٨ **أ.** صِف ثلاثة اختلافات بين نوعَي الحشائش البحرية الظاهرَين في الشكل ٤-١٧ أدناه. **[3]**



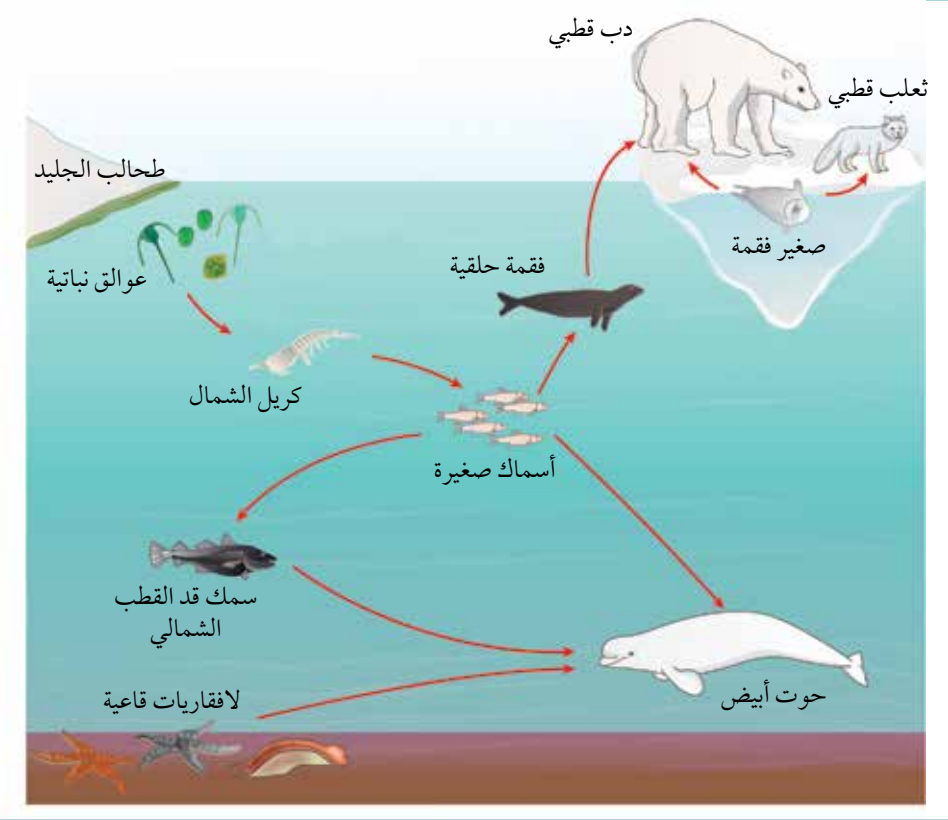
الشكل ٤-١٧

ب. تعيش أسماك قرش النمر في المياه الساحلية الضحلة قبالة هاواي، حيث تصطاد وتقتل وتأكل السلاحف البحرية. وبدورها فإن السلاحف البحرية، تتغذى على حشائش البحر. تنبأ بالتأثير البيئي لانخفاض أعداد الجماعة الأحيائية لأسماك قرش النمر بسبب الصيد الجائر في المحيط الهادئ. **[3]**

[المجموع: 6]

تابع

٩ إن النوع السائد من الكريل في المحيط القطبي الشمالي هو الكريل الشمالي، *Meganyctiphanes norvegica*. يُظهر الشكل ٤-١٨ الآتي المكانة الغذائية للكريل في شبكة غذائية للقطب الشمالي.



الشكل ٤-١٨

يتم اصطياد الحيتان البيضاء في مناطق القطب الشمالي الكندية والألاسكية والروسية من أجل لحومها ودهنها وجلدها. فسّر كيف يمكن أن يؤثر صيد الحيتان البيضاء على أعداد الجماعة الأحيائية لكريل القطب الشمالي في السلسلة الغذائية الآتية:

العوالق النباتية ← الكريل الشمالي ← الأسماك الصغيرة ← الحوت الأبيض **[2]**

[المجموع: 2]

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف تصنيف الأنواع في التسلسل الهرمي التصنيفي للنطاق، والمملكة، والشعبة، والطائفة، والرتبة، والجنس، والنوع.				١-٤
أصف وأستخدم نظام التسمية الثنائية لتسميات الأنواع.				١-٤
أصمم وأستخدم مفاتيح التشعيب الثنائية البسيطة التي تعتمد على سمات يمكن تحديدها بسهولة.				١-٤
أسجّل ملاحظات وأنفّذ رسومًا بيولوجية من عيّنات أو صور فوتوجرافية لكائنات بحرية رئيسية.				١-٤
أعرّف العوالق على أنها مجموعة متنوعة من الكائنات الحية المجهرية بشكل عام والتي لديها قدرة محدودة على الحركة، وتنجرف مع التيارات المائية.				٢-٤
أصف العوالق النباتية كمنتجات تمتص المغذّيات من بيئتها وتحصل على غذائها بواسطة عملية التمثيل الضوئي؛ وتشمل الطحالب المجهرية مثل الدياتومات والسوطيات الدوارة.				٢-٤
أذكر أن العوالق الحيوانية هي مستهلكات؛ ومنها اليرقات، ومجدافيات الأرجل، وحيوانات كبيرة مثل قناديل البحر.				٢-٤
أصف وأحدّد السمات الرئيسية لشوكيات الجلد النموذجية البالغة، والتي تقتصر على التماثل الخماسي والأقدام الأنبوبية.				٢-٤
ألخّص وظائف الأقدام الأنبوبية في شوكيات الجلد النموذجية البالغة.				٢-٤
ألخّص الأهمية البيئية والاقتصادية لشوكيات الجلد، بما في ذلك نجم البحر المكلّل بالأشواك.				٢-٤
أصف وأحدّد السمات الرئيسية للقشريات البالغة النموذجية، بما في ذلك الدرع، والبطن المجزأة، والأرجل المفصلية، وزوجان من قرون الاستشعار.				٢-٤
ألخّص وظائف الدرع ، والأرجل المفصلية في القشريات البالغة النموذجية.				٢-٤
ألخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للقشريات، بما في ذلك كريل القطب الجنوبي.				٢-٤

قائمة تقييم ذاتي (تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف وأحدّد السمات الداخلية والخارجية الرئيسية لسمكة عظمية بالغة نموذجية، بما في ذلك الخياشيم، والغطاء الخيشومي، والخط الجانبي المرئي من الخارج، والحراشف، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية) والهيكل العظمي، ومثانة العوم.				٤-٢
ألخّص وظائف الخياشيم، والغطاء الخيشومي، والخط الجانبي المرئي من الخارج، والحراشف، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والهيكل العظمي، ومثانة العوم في الأسماك العظمية البالغة النموذجية.				٤-٢
ألخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للأسماك العظمية، بما في ذلك سمكة الأنشوجة البيروفية.				٤-٢
أصف وأحدّد السمات الداخلية والخارجية الرئيسية لسمكة غضروفية بالغة نموذجية، بما في ذلك الهيكل الغضروفي، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والسنينات، والخط الجانبي، والخياشيم، والشقوق الخيشومية.				٤-٢
ألخّص وظائف الهيكل الغضروفي، والزعانف (الصدرية والذيلية والحوضية والشرجية والظهرية)، والسنينات، والخط الجانبي، والخياشيم، والشقوق الخيشومية لسمكة غضروفية بالغة نموذجية.				٤-٢
أصف وأحدّد السمات الرئيسية للطحالب الكبيرة النموذجية، مثل طحلب الكِلب، بما في ذلك المثبّت، والستيب، والأنصال والمثانات الهوائية.				٤-٢
ألخّص وظائف المثبت، والستيب، والأنصال والمثانات الهوائية للطحالب الكبيرة النموذجية.				٤-٢
ألخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للطحالب الكبيرة، بما في ذلك طحلب الكِلب.				٤-٢
أصف وأحدّد السمات الرئيسية لنبات بحري نموذجي، مثل حشائش البحر، بما في ذلك الجذور والرايزومات والأوراق والأزهار.				٤-٢
ألخّص وظائف الجذر، والرايزوم، والأوراق، والأزهار لنبات بحري نموذجي.				٤-٢
ألخّص الأهمية البيئية والاقتصادية للنباتات البحرية، بما في ذلك حشائش البحر.				٤-٢

مصطلحات

الأفعال الإجرائية

احسب Calculate: أوجد الحل استنادًا إلى الحقائق أو الأرقام أو المعلومات المقدمة.

ارسم Sketch: أنشئ رسمًا تخطيطيًا بسيطًا يوضح الملامح الرئيسية.

برّر Justify: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

اذكر State: عبّر بكلمات واضحة.

اشرح Explain: اعرض الأهداف أو الأسباب/اجعل العلاقات بين الأشياء واضحة/توقّع لماذا و/أو كيف، وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

اقترح Suggest: طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي تتضمّن مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات

تنبأ Predict: اقترح ما قد يحدث بناءً على المعلومات المتاحة.

حدّد Identify: سمِّ، اختر، تعرّف.

صف Describe: قدّم/اذكر الخصائص أو السمات والميزات الرئيسية.

علّق Comment: أعطِ رأيًا مستنيرًا.

عرّف Define: اذكر المعنى الدقيق.

قدّم Give: استخرج إجابة من مصدر معيّن أو من الذاكرة.

قوِّم Assess: أصدر حكمًا مفيدًا أو مستنيرًا.

قيِّم Evaluate: قيّم شيئًا ما، أي احكم على جودته، أهميته، كميته، أو قيمته.

قارن Compare: حدّد أوجه التشابه و/أو الاختلاف معلّقًا عليها.

لخص Summarize: اختر وقدم النقاط الرئيسية بدون تفصيل.

ناقش Discuss: اكتب بعمق حول الموضوع بطريقة بنائية منظمة.

المصطلحات

***الإثراء الغذائي Eutrophication**: عملية إثراء المسطح المائي بالمغذّيات الذائبة (مثل النترات والفوسفات) التي تحفز نمو المنتجات، ما يؤدي عادة إلى استنفاد الأكسجين المذاب. (ص ٩٤)

احتراق Combustion: احتراق شيء ما، مثلًا احتراق الوقود الأحفوري لاستخدام طاقته. (ص ٣٤)

***الإحصاء Statistics**: ممارسة جمع وتحليل وتفسير البيانات العددية التي تكون كميّاتها كبيرة ويشمل ذلك طرائق مراجعة البيانات واستخلاص الاستنتاجات من هذه البيانات. الإحصاء هو طريقة لرؤية الأنماط في البيانات العددية أو لتحديد ما إذا كانت البيانات تظهر فروقًا بين طريقتَين تُعتمدان لمعالجتها. (ص ٥٣)

الإخراج Excretion: عملية التخلص من الفضلات التي تكوّنها التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا الحية. (ص ١٠٤)

ازدهار الطحالب Algal bloom: زيادة سريعة في أعداد الجماعة الأحيائية للطحالب. (ص ٨٧)

الاستدامة Sustainability: القدرة على تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. (ص٢٠)

الأسماك العظمية Bony fish: الأسماك التي لها هيكل عظمي وهي تمثّل طائفة الأسماك العظمية Osteichthyes. (ص ١٢٥)

الأسماك الغضروفية Cartilaginous fish: الأسماك التي لديها فكوك وهياكل من الغضاريف وهي تمثّل طائفة الأسماك الغضروفية Chondrichthyes. (ص ١٢٥)

الاعتراض Interception: حجب الأمطار عن طريق الغطاء النباتي، ومنعها من الوصول إلى التربة. (ص ٢٣)

***آكل الأعشاب Herbivore**: كائن حي يأكل النباتات فقط، ويعرف أيضًا باسم المستهلك الأولي. (ص ٢٨)

***آكل اللحوم Carnivore**: كائن حي يأكل اللحوم فقط، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثالثي. (ص ٢٨)

الافتراس Predation: تفاعل حيوي حيث يقوم كائن حي (المفترس) بقتل وأكل كائن حي آخر (فريسته). (ص ٢٦)

الأقدام الأنبوبية Tube feet: نتوءات أنبوبية تساعد في الحركة والتغذية والتنفّس. (ص ١٣٠)

الإنتاجية Productivity: معدل إنتاج الكتلة الحيوية لكل وحدة مساحة أو حجم لكل وحدة زمنية. (ص ٩٢)

الإنتاجية الأولية Primary productivity: معدل إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة في نظام بيئي ما لكل وحدة مساحة أو حجم خلال فترة زمنية معيّنة، والتي تنتجها الكائنات الحية ذاتية التغذية. (ص ٩٢)

الأنصال Blades: تراكيب تشبه الأوراق تكون معلّقة في الماء وتمتص الضوء والأملاح المعدنية. (ص ١٣٧)

البحار Seas: مسطحات مائية أصغر وأقل عمقًا من المحيطات، محاطة جزئيًا باليابسة؛ وتكون حيث يلتقي المحيط باليابسة. (ص ١٢١)

البيانات Data: مجموعة من المعلومات، على شكل حقائق، أو أعداد، أو قياسات، أو إحصائيات، يمكن استخدامها للتحليل. (ص ٥١)

البيانات الكمّية Quantitative data: بيانات عددية، تبيّن الكميّة، والمدى أو مقدار متغيّر ما. على سبيل المثال، كميّة الأمطار الشهرية. (ص ٥١)

بيانات موثوقة Reliable data: بيانات كاملة ودقيقة إلى حدّ معقول، تعمل على الإجابة عن الفرضية بطريقة واضحة وشفافة ولم يتم التدخل فيها أو تعديلها بشكلٍ غير مناسب. (ص ٥٧)

البيانات النوعية Qualitative data: بيانات وصفية، أو غير عددية. يتم جمع هذه البيانات من خلال الملاحظات، والمقابلات، ومجموعات التركيز. (ص ٥١)

***البيئة Environment**: الوسط المحيط الذي يعيش فيه الكائن الحي. (ص٢٠)

التبادل Mutualism: علاقة بين كائنَين حيَّين مختلفَين حيث يستفيد كلا الكائنَين الحيَّين. (ص ٨٨)

التبخر Evaporation: عملية يتحوّل فيها السائل إلى غاز. (ص ٢٢)

التحيّز Bias: عندما يقوم الباحث، بقصد أو من دون قصد، بأخطاء منهجية في جمع العيّنات أو اختبار الفرضية، باختيار أو تفضيل نتيجة معيّنة من دون غيرها. (ص ٥٢)

التسلسل الهرمي التصنيفي Taxonomic hierarchy: تصنيف نوع من أنواع الكائنات الحية عن طريق وصف النطاق، والمملكة، والشعبة، والطائفة، والرتبة، والعائلة، والجنس، والنوع. (ص ١٢١)

التسمية الثنائية Binomial nomenclature: الاسم اللاتيني لكل نوع من الكائنات الحية، يتكوّن من جزأين: الجنس والنوع. (ص ١٢١)

التطفل Parasitism: علاقة بين كائنَين حيَّين حيث يستفيد المتطفل على حساب العائل. (ص ٨٨)

التعايش Commensalism: علاقة بين كائنَين حيَّين حيث يستفيد أحد الكائنَين الحيَّين في حين لا يتضرر الآخر ولا يستفيد. (ص ٨٨)

تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA): تقييم العواقب البيئية لخطة، أو سياسة، أو برنامج، أو مشروع قبل اتخاذ قرار العمل به. (ص ٥٠)

التكافل Symbiosis: علاقة بين كائنَين حيَّين أو أكثر من أنواع مختلفة تعيش متقاربة جسميًا. (ص ٨٨)

التكثف Condensation: عملية يتحوّل فيها الغاز إلى سائل نتيجة التبريد. (ص ٢٣)

التكرار Frequency: عدد مرات ظهور نوع معيّن (مثل النبات في عيّنة ما). (ص ٦٢)

***التلوث Pollution**: وجود أو إدخال مادة ضارة أو لها تأثيرات سامة في البيئة. على سبيل المثل الماء الملوّث ضار وغير صالح للشرب. (ص ٢١)

التماثل الخماسي Pentaradial symmetry: خمس أذرع تتفرّع من تجويف مركزي للجسم. (ص ١٢٩)

التمثيل الضوئي Photosynthesis: العملية التي تصنع النباتات من خلالها الجلوكوز باستخدام ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة من أشعة الشمس. (ص ٣٣)

التمثيل الغذائي Assimilation: تحوّل المغذّي إلى شكل قابل للاستخدام يمكن دمجه في أنسجة الكائن الحي. (ص ١٠٢)

التمثيل الكيميائي Chemosynthesis: إنتاج المركبات الكيميائية بواسطة البكتيريا أو كائنات حية أخرى باستخدام الطاقة الناتجة من التفاعلات مع مواد كيميائية غير عضوية. (ص ٩٠)

التنبؤ Prediction: جملة تُبيّن النتائج المتوقّعة لتجربة اختبار الفرضية؛ لمعرفة ما إذا كانت الفرضية صحيحة. (ص ٥٢)

التنفّس الهوائي Aerobic respiration: التفاعلات الكيميائية في الخلايا التي تفكك جزيئات الجلوكوز باستخدام الأكسجين وتطلق الطاقة وثاني أكسيد الكربون والماء. (ص ٣٤)

***التنوع البيولوجي Biodiversity**: عدد الكائنات الحية المختلفة والموجودة في النظام البيئي أو المنطقة. (ص ٢١)

***الثابتة Sedentary**: الكائنات التي لا تتحرك، كالنباتات أو الأنواع التي تعيش على الشواطئ الصخرية مثل البرنقيل. (ص ٦٢)

***ثاني أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide**: معدن شائع يوجد في النباتات والحيوانات، وهو العنصر التاسع الأكثر شيوعًا في قشرة الأرض. وهو مسحوق أبيض يمكن تحويله إلى صبغة بيضاء ناصعة، ويُستخدم في منتجات كثيرة، منها: الطلاء، والورق، والبلاستيك، والحبر، والصابون، وملونات الطعام، والكريم الواقي من الشمس. (ص ٥٠)

الثلج البحري Marine snow: جسيمات المواد العضوية التي تسقط من الطبقات السطحية إلى عمق المحيط. (ص ١٠٧)

الجذر Root: تركيب في قاعدة النبات يثبّته في الركيزة ويمتص المغذّيات من الرواسب. (ص ١٤١)

***الجماعة الأحيائية Population**: مجموعة من الكائنات الحية من النوع نفسه تعيش في النظام البيئي. (ص ٢٥)

جمع العيّنات العشوائية Random sampling: جمع عيّنات تعتمد على سحب أسماء/أرقام على نحوٍ عشوائي أو استخدام برنامج حاسوبي لإعطاء قائمة عشوائية. (ص ٥٨)

جمع العيّنات المنتظمة Systematic sampling: اختيار عيّنة بناءً على فواصل منتظمة عوضًا من الاختيار العشوائي. (ص ٥٩)

الحراشف Scales: صفائح رقيقة متراكبة من العظام مغطاة بالجلد والمخاط توجد على الجزء الخارجي من السمكة. (ص ١٣٣)

الحياد الكربوني Carbon neutral: التوازن بين كميّة الكربون الذي يتم إطلاقه وكميّة الكربون الذي يتم امتصاصه عبر الأنشطة المختلفة، الأمر الذي يؤدي إلى صافي انبعاثات صفري في الغلاف الجوي. (ص ٣٥)

الحيوية Biotic: الكائنات الحية (مثل النباتات). (ص ٢٥)

الخط الجانبي Lateral line: قناة على الرأس وجانب السمكة تحتوي على أعضاء حسية؛ يكون مرئيًا في الأسماك العظمية، إلا أنه يكون تحت الجلد في الأسماك الغضروفية. (ص ١٣٣)

الخياشيم Gills: سطوح تبادل الغازات في الأسماك. (ص ١٣٢)

الدرع Carapace: جزء من الهيكل الخارجي للقشريات يحمي الجانب الظهري للرأس صدري. (ص ١٣٢)

دورات المغذيّات Nutrient cycles: حركة وتبادل العناصر الضرورية للحياة من الجزيئات غير العضوية ومن خلال التثبيت، ومن ثم إلى الكائنات الحية، قبل أن تتحلل مرة أخرى إلى جزيئات غير عضوية. (ص ١٠١)

دورة الكربون Carbon cycle: تدفق الكربون بين مخازن الكربون المختلفة. (ص ٣٢)

دورة الماء Water cycle: العملية التي ينتقل فيها الماء من البحر إلى الغلاف الجوي وإلى سطح الأرض وفي جوفها ثم يعود إلى البحر. (ص ٢٢)

ذاتي التغذية Autotrophic: كائن حي يمكنه امتصاص طاقة الضوء أو المواد الكيميائية واستخدامها لإنتاج الكربوهيدرات من جزيئات بسيطة مثل ثاني أكسيد الكربون. (ص٩٠)

ذاتي التغذية الضوئية Photoautotrophs: كائن حي يستخدم طاقة الضوء لصنع مركبات عضوية. (ص ٩٣)

***ذاتي التغذية الكيميائية Chemoautotroph**: كائن حي يمكنه استخدام الطاقة الكيميائية لبناء المواد العضوية. (ص ٩٤)

الرايزومات Rhizomes: تراكيب أفقية تحت الأرض تُمكّن الحشائش البحرية من التكاثر اللاجنسي. (ص ١٤١)

الرَّحَلان Phoresis: علاقة تعايش يلتصق فيها أحدالكائنَين الحيَّين بالكائن الحي الآخر للانتقال. (ص ٩٨)

***الرسم البيولوجي Biological drawing**: رسم علمي يسجّل صورة عيّنة وأبرز سماتها. (ص ١٢٣)

*الرطوبة Humidity: النسبة المئوية لبخار الماء في الهواء. (ص ٢٣)

الرعي Grazing: تفاعل حيوي يتغذى فيه كائن حي على النباتات مثل الأعشاب أو أوراق الأشجار أو الطحالب. (ص ٢٦)

الزعانف Fins: تبرز من سطح الجسم وتساعد في الحركة، والتوازن، والتكاثر، والحماية. (ص ١٣٣)

*زمن البقاء Residence time: متوسط الزمن الذي يستغرقه بقاء جسيم في نظام ما. (ص ١٠٤)

الزهرة Flower: عضو التكاثر الجنسي في النبات. (ص ١٤٢)

*السُّبات Hibernation: فترة زمنية يكون فيها النبات أو الحيوان في حالة سكون أو حالة غير نشطة تشبه النوم. (ص ٣١)

الستيب Stipe: تركيب طويل وقوي وعمودي يشبه ساق النباتات. (ص ١٣٧)

السلسلة الغذائية Food chain: تسلسل تغذية الكائنات الحية، ويشير إلى تدفق الطاقة، حيث يتم استهلاك أحد الأنواع من المستهلك الذي يليه، أي من المنتج عبر السلسلة إلى المفترس العلوي. (ص ٢٧)

السنينات Denticles: نوع من الحراشف المتداخلة التي توفر الحماية وتحسن الكفاءة الهيدروديناميكية في أسماك القرش. (ص ١٣٥)

الشبكة الغذائية Food web: ارتباط جميع أفراد السلاسل الغذائية داخل المجتمع الأحيائي. (ص ٢٨)

الشقوق الخيشومية Gill slits: فتحات خارجية من الخياشيم يمكن أن يعود عبرها الماء الذي يبتلعه الفم إلى الخارج. (ص ١٣٦)

شوكيات الجلد Echinoderms: مجموعة من اللافقاريات البحرية أجسامها ذات تماثل خماسي ولها أقدام أنبوبية. (ص ١٢٥)

صافي الانبعاثات الصفري Net zero emissions: هدف التخلص التام من كمية الغازات الدفيئة الناتجة من الأنشطة البشرية وذلك عن طريق تخفيض الانبعاثات وتنفيذ طرائق لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. (ص ٣٥)

*طبقة المياه الجوفية Aquifer: طبقة منفذة من الصخور تحت سطح الأرض تخزن الماء في مسام الصخر. (ص ٢٣)

الطحالب الكبيرة Macroalgae: منتجات بحرية، منها طحلب الكِلْب وعشب البحر. (ص ١٢٥)

*طفيل خارجي Ectoparasite: طفيلي مثل البرغوث أو القملة يعيش على سطح العائل. (ص ٨٩)

*طفيل داخلي Endoparasites: طفيلي مثل الدودة الشريطية يعيش داخل جسم العائل. (ص ٨٩)

العامل المحدد Limiting factor: هو العامل الذي يسبب تباطؤ نمو الجماعة الأحيائية أو تقييد حجمها (قد يستخدم مصطلح العامل المحدد أيضًا في سياقات أخرى للإشارة إلى أي عامل يمكن أن يبطئ أو يقلل من احتمال حدوث أمر ما). (ص ٢٨)

العوالق Plankton: كائنات بحرية مجهرية تطفو بحرّية. (ص ١٢٥)

العوالق الحيوانية Zooplankton: عوالق مستهلكة، وهي حيوانات إما أن تطفو أو تسبح ببطء. (ص ١٢٥)

عيّنة Sample: مجموعة من البيانات (عدد النباتات، وعدد الأنواع، وتوزيع النباتات) جُمعت من جماعة أحيائية كبيرة لقياسها. (ص ٥٤)

الغطاء الخيشومي Operculum: سديلة عظمية رقيقة من الجلد تغطي الخياشيم وتحميها. (ص ١٣٣)

غير الحيوية Abiotic: الأشياء غير الحية التي تؤثر على تركيب النظام البيئي مثل المناخ ونوع التربة وزاوية الانحدار. (ص ٢٥)

غير ذاتي التغذية Heterotrophic: كائن حي لا يستطيع صنع غذائه بنفسه، بل يتغذى على كائنات حية أخرى. جميع الحيوانات والفطريات والأوليات الحيوانية غير ذاتية التغذية، وكذلك معظم البكتيريا. (ص ٩١)

الفرضية Hypothesis: عبارة محدّدة قابلة للاختبار يُصيغها الباحث ويتنبأ بها نتيجة دراسة تم التخطيط لها للإجابة عن سؤال محدد. (ص ٥١)

*القارت Omnivore: كائن حي يأكل كلًا من اللحوم والنباتات، ويؤدي غالبًا دور المستهلك الثانوي. (ص ٢٨)

*القدرة الاستيعابية Carrying capacity: عدد الأنواع التي يمكن أن تستوعبها منطقة معيّنة دون تدهور البيئة. (ص٢٠)

القشريات Crustaceans: مجموعة من اللافقاريات البحرية مع هيكل خارجي صُلب، وعشر أرجل مفصلية ومرحلة يرقة نوبليوس (يرقة صغيرة جدًا وشفافة). (ص ١٢٥)

قيم شاذة Anomalies values: بيانات غير معتادة، والتي تنحرف عن الأنماط والاتجاهات التي تشير إليها بقية البيانات. (ص ٥٥)

الكتلة الحيوية Biomass: إجمالي كمية المادة العضوية أو وزنها في النظام البيئي أو المواد النباتية المستخدمة كمصدر للطاقة. (ص ٢٨)

الكربوهيدرات Carbohydrate: مركبات عضوية توجد في الأنسجة الحية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين (مثل، النشا والسليلوز والسكريات). يمكن تفكيك الكربوهيدرات في عملية التنفّس لإطلاق الطاقة. (ص ٨٧)

الكلوروفيل Chlorophyll: الصبغة الخضراء في أوراق جميع النباتات المسؤولة عن امتصاص الضوء لتوفير الطاقة لعملية التمثيل الضوئي. (ص ٣٣)

المتغيّر Variable: عامل قد يتغير في النوعية أو الكميّة أو الحجم بحسب فئة البيانات التي يتم قياسها (مثل هطول الأمطار). (ص ٥٣)

المتغيّر المستقل Independent variable: متغير قائم بذاته ولا يتغيّر بالمتغيرات الأخرى. وهو المتغيّر الذي يتم تغييره في التجربة لاختبار الفرضية. (ص ٥٣)

المتغيّر التابع Dependent variable: متغير يعتمد على عوامل أخرى، وهو المتغير الذي يتم قياسه خلال التجربة. (ص ٥٣)

المتغيّر الضابط Control variable: أي متغير يُثبّت (يبقى ثابتًا) خلال التجربة. (ص ٥٥)

مثانة العوم Swim bladder: عضو طفو موجود في الأسماك العظمية. (ص ١٣٤)

المثانة الهوائية Gas bladder: تركيب يحتوي على غاز يوفر الطفو لبعض أنواع الأعشاب البحرية. (ص ١٣٧)

المثبّت Holdfast: تركيب قوي يشبه الجذر يثبّت الطحالب الكبيرة في قاع البحر. (ص ١٣٧)

***المجتمع الأحيائي Community**: الجماعات الأحيائية المختلفة التي تعيش معًا في نظام بيئي. (ص ٢٥)

***المجموعة الضابطة Control group**: مجموعة في الاختبار لا تتم معالجتها أو تعريضها للمتغير المستقل. تتم مقارنة نتائج هذه المجموعة بنتائج المجموعة التجريبية المستهدفة في الاختبار. (ص ٥٢)

***محبة للظروف القاسية Extremophile**: كائن حي متأقلم للبقاء في ظروف قاسية من درجات الحرارة أو الضغط أو الملوحة أو الرقم الهيدروجيني. (ص ٩٤)

***محبة للماء Hydrophilic**: مادة تجذب الماء وتحتفظ به. (ص ٣٠)

المحددات Limitations: أوجه القصور في دراسة ما، والتي يمكن أن تؤثر على المعلومات التي يتم جمعها. تشمل المحددات تصميم البحث، والمنهجية، والمواد، والقيود الزمنية والمالية (التكاليف). (ص ٥٧)

المحيط Ocean: كتلة متواصلة من مياه البحر على سطح الأرض، تتشكّل حدودها بكتل اليابسة القاريّة أو تلال في قاع المحيط أو خط الاستواء. (ص ١٢١)

المحلل Decomposer: كائن حي يقوم بتفكيك المادة العضوية. (ص ٢٨)

***المخاط Mucus**: مادة لزجة دبقة تغلف السطح الذي تغطيه وتحميه وترطبه. (ص ٣١)

المدى Range: الفرق بين الحدود العليا والحدود الدنيا على مقياس معيّن (مثلًا درجة الحرارة). (ص ٣٩)

المربع القياسي Quadrat: إطار لجمع عيّنات بمساحة محددة مثلاً متر مربع ($1\ m^2$) واحد يتم اختيارها لتقييم التوزيع المحلي للنبات الحيوانات. (ص ٥٩)

المستهلك Consumer: الكائن الحي الذي لا يستطيع إنتاج غذائه بنفسه ويجب أن يأكل كائنات حية أخرى للحصول على المغذيات. (ص ٢٨)

المستوى الغذائي Trophic level: مجموعة من الكائنات الحية داخل النظام البيئي تملأ المستوى نفسه داخل السلسلة الغذائية. (ص ٢٧)

مصدر Source: منطقة تتصف بربح صافٍ من المواد (على سبيل المثال، حيث ينتشر المزيد من الغاز في الغلاف الجوي مقارنة مع ما يذوب في المحيط). (ص ١٠٥)

مصدر كربون Carbon source: مخزن يطلق المزيد من الكربون إلى الغلاف الجوي مقارنة بما يخزنه. (ص ٣٥)

مصرّف Sink: منطقة تتصف بفقدان صافٍ للمواد (على سبيل المثال، حيث يذوب المزيد من الغاز في المحيطات مقارنة مع ما ينتشر في الغلاف الجوي). (ص ١٠٥)

مصرّف كربون Carbon sink: مخزن يمتص المزيد من الكربون من الغلاف الجوي مقارنة بما يطلقه. (ص ٣٥)

المغذّي Nutrient: مادة كيميائية تحتاج إليها الكائنات الحية لتنمو وتصلح الخلايا والأنسجة التالفة، ولإطلاق الطاقة، أو لعملية الأيض. (ص ١٠٢)

مفتاح التشعيب الثنائي Dichotomous key: أداة تعرّف تستخدم سلسلة من الاختيارات لسمات مميزة بديلة، مع التوجيه إلى مرحلة أخرى في المفتاح، إلى أن يتم تحديد النوع. (ص ١٢٢)

المفترس Predator: حيوان يصطاد ويقتل ويأكل حيوانات أخرى. (ص ٩٢)

الملاحظة Observation: مراقبة، أو مشاهدة، أو الانتباه بهدف الاستقصاء العلمي. (ص ٥١)

المنافسة بين الأنواع Inter- specific competition: منافسة بين أفراد من أنواع مختلفة. (ص ٢٦)

المنافسة داخل النوع Intra- specific competition: منافسة بين أفراد النوع نفسه. (ص ٢٦)

المنافسة Competition: العلاقات بين الكائنات الحية التي تحتاج إلى المورد نفسه في المساحة نفسها. (ص ٢٦)

المنتج Producer: الكائن الحي في السلسلة الغذائية الذي ينتج غذاءه من خلال عملية التمثيل الضوئي. (ص٢٧)

المنطقة الأحيائية Biome: مجموعة من النظم البيئية المختلفة في نطاق جغرافي واسع له مناخ مماثل وغطاء نباتي سائد. (ص ٢٥)

المنطقة الضوئية Photic zone: الطبقة السطحية من المحيط التي تتلقى ضوء الشمس. (ص ٩٣)

المنهج العلمي Scientific method: إجراء يتضمن الملاحظة المنهجية، والقياس، والتجربة لاختبار الفرضيات. (ص ٥١)

الموطن البيئي Habitat: هو المكان الذي يتخذه الكائن الحي مسكنًا له، ويلبي جميع الظروف البيئية التي يحتاج إليها للبقاء على قيد الحياة. (ص ٢٦)

النباتات البحرية Marine plants: نباتات مائية زهرية توجد غالبًا في مصبّات الأنهار والبيئات الساحلية. (ص ١٢٥)

النتح Transpiration: فقدان الماء عبر أوراق النبات. (ص ٢٢)

النسبة المئوية للتغطية Percentage cover: مقياس لمدى المساحة التي يشغلها كائن حي كنسبة مئوية من منطقة محددة. (ص ٧١)

النظام البيئي Ecosystem: مجتمع أحيائي من الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها ومع البيئة المادية التي تعيش فيها. (ص٢٠)

*__نظام مغلق__ Closed system: نظام لا تتكوّن ولا تكتسب فيه المادة ولا تفقد. (ص ٢٢)

*__نظام مفتوح__ Open system: نظام يمكن فيه كسب المادة أو فقدانها. (ص ٢٢)

النظرية العلمية: Scientific theory: تفسير لجانب من جوانب العالم الطبيعي تم اختباره مرارًا وتكرارًا للتحقق منه باستخدام المنهج العلمي. (ص ٥٨)

*__نوبليوس__ Nauplius: مرحلة يرقة مميّزة في القشريات. (ص ١٣١)

النموذج Model: هو نتاج تمثيل فيزيائي، أو مفاهيمي أو رياضي لحدث حقيقي صعب الملاحظة. (ص ٥٨)

*__النوع__ Species: مجموعة من الكائنات الحية تتكون من أفراد يمكنها أن تتكاثر وتنتج أفرادًا جديدة خصبة (قادرة على الإنجاب). (ص٢٠)

*__النوع الرئيسي__ Keystone species: كائن له دور فريد وأساسي في طريقة عمل النظام البيئي؛ بدون الأنواع الرئيسية سيكون النظام البيئي مختلفًا على نحوٍ كبير، أو قد يختفي من الوجود تمامًا. (ص ١٢٥)

هرم الأعداد Pyramid of numbers: رسم تخطيطي يبيّن عدد الكائنات الحية في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية. (ص ٩٧)

هرم الطاقة Pyramid of energy: رسم تخطيطي يبيّن مقدار الطاقة الموجودة في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية. (ص ٩٩)

هرم الكتلة الحيوية Pyramid of biomass: رسم تخطيطي يبيّن الكتلة الحيوية الموجودة في كل مستوى غذائي من السلسلة الغذائية. (ص ٩٨)

الهرم البيئي Ecological pyramid: رسم يمثل العلاقة بين الكائنات الحية في مستويات غذائية مختلفة في النظام البيئي. (ص ٢٧)

الهطول Precipitation: الماء الذي يسقط على الأرض على شكل مطر، أو ثلج، أو برد، أو صقيع، أو ضباب. (ص ٢٣)

الوفرة Abundance: حساب الوفرة يعني احتساب العدد الفعلي لكائن حيّ معيّن موجود. قد تكون الوفرة منخفضة، عندما يكون عدد الأفراد قليلاً. وتكون الوفرة كبيرة عندما يكون عدد أفراد الكائن الحي كبيرًا. (ص ٧١)

الورقة Leaf: عضو التمثيل الضوئي في النباتات. (ص ١٤١)

***اليرقات Larvae**: مرحلة عوالقية من التطور تحدث بين مرحلتَي البيضة واليافعة؛ توجد تقريبًا في جميع أنواع الأسماك واللافقاريات. (ص ١٢٨)

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.

©Artur Debat/GI, Thorsten Milse / robertharding/GI, Ron Sanford/GI, Ashley Cooper/GI, ugurhan/GI, Ghislain & Marie David de Lossy/GI, Anup Shah/GI, Martin Harvey/GI, Images from BarbAnna/GI, maiteali/GI, Ana Rocio Garcia Franco/GI, Darrell Gulin/GI, Pakin Songmor/GI, koiguo/GI, Jose A. Bernat Bacete/GI, bjdlzx/GI, sinology/GI, slava296/Shutterstock.com, Anup Shah/GI, Lou Coetzer/GI, Wolfgang Filser/GI, Greenshoots Communications/Alamy Stock Photo, Nitat Termmee/GI, tdub303/GI, Oman Ministry of Education, ˆMartin Harvey/GI, Berkah/GI, Simon Landolt/GI, Giordano Cipriani/GI, somnuk krobkum/GI, monticelllo/GI, Ralf Pollack/GI, kampee patisena/GI, PixeloneStocker/GI, 'Robomussle' photo by Adam Glanzman/Northeastern University, DSV Limiting Factor from the image gallery on the Deep Fives website https://fivedeeps.com/home/media/galleries/trials-testing-media/, Xavier Hoenner Photography/GI, BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE PHOTO LIBRARY, by wildestanimal/GI, Paulo Oliveira / Alamy Stock Photo, Jeff Rotman/GI, scubaluna/GI, Jeff Rotman/GI, DE AGOSTINI PICTURE LIBRARY/GI, Pete Atkinson/GI, Paule858/GI, Yva Momatiuk & John Eastcott/GI, Buck Shreck/GI, DR KEN MACDONALD/SCIENCE PHOTO LIBRARY, Shur_ca/GI, Joost van Uffelen/GI, DEA/F. BALLANTI/GI, A. Martin UW Photography/GI, Oxford Scientific/GI, Sinhyu/GI, WIM VAN EGMOND/SCIENCE PHOTO LIBRARY, Roland Birke/GI, Alexander Semenov/GI, Karen Gowlett-Holmes/GI, DeAgostini/GI, Peter Johnson/Corbis/VCG/GI, Auscape/Universal Images Group/GI, Carlo Pinasco/GI, Jeff Rotman/GI, Cedric Favero/GI, Douglas Klug/GI, photo by Farley Baricuatro (www.colloidfarl.blogspot.com)/GI, A. DEMOTES/GI, Image Source/GI, A Mokhtari/GI, Oxford Scientific/GI

GI = Getty Images



رقم الإيداع: 9341 / 2025

طُبع بمطابع النهضة ش.م.م
هاتف: ٢٤٥٦٣١٠٤، البريد الإلكتروني: admin@anpressoman.com

العلوم البيئية – كتاب الطالب

تم تصميم كتاب الطالب ليستخدمه بتوجيه من المعلم. تحتوي الوحدات على تفسيرات وتعريفات وأسئلة ودراسة حالات وأمثلة عملية ومجموعة من الميزات الأخرى لإشراك الطلبة في استيعاب المعلومة وفهمها بأساليب منهجية جاذبة. كما تتيح لهم فرصًا كثيرة للمشاركة في نقاشات هادفة، والعمل بشكل فردي أو ثنائي أو مع المجموعة.

- بعض الميزات مثل «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة»، والملخصات، وكيفية التعلم النشط، وبناء المهارات، تمنح فرصًا للتفكير.
- تدعم «العلوم البيئية ضمن سياقها»، تفسير الأفكار ضمن سياق العالم الواقعي، وتحفز مناقشة المفاهيم مع الطلبة الآخرين.
- تتيح دراسة حالة ودراسة حالة موسعة والأسئلة المصاحبة لها استكشاف حالات واقعية في إدارة البيئة بشكل فعال. كما تتيح للطلبة فرصًا للعمل بشكل فردي، أو ثنائي أو ضمن مجموعات.
- تساعد أسئلة موضوعات الوحدات، والأمثلة المصاحبة والتمثيلات البيانية والصور والأشكال على تطوير مهارات القرن الحادي والعشرين.
- تشجع الأسئلة ذات الجزئيات المتعددة الموجودة في نهاية كل وحدة على التحضير لأداء الامتحانات بثقة.

يشمل منهج العلوم البيئية للصف الحادي عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب التجارب العملية والأنشطة
- دليل المعلّم

ISBN 978-99992-56-49-0



www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS