وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040 OmanVision

نتقدم بثقة Moving Forward with Confidence

العلوم البيئية

الصف الثاني عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية

1447 هـ - 2025 م

وزارة التربية والتعليم

العلوم البيئية

الصف الثاني عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1447 هـ - 2025 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

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

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

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

الطبعة التجريبية ٢٠٢٥ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب الطالب – العلوم البيئية – الصف الثاني 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 التربية والتعليم 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 التربية والتعليم
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 لـه

السلطان قابوس بن سعيد

-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

أنتجت بالهيئة الوطنية للمساحة و المعلومات الجيومكانية ، وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2025م .
حقوق الطبع © محفوظة للهيئة الوطنية للمساحة و المعلومات الجيومكانية ،
وزارة الدفاع، سلطنة عُمان 2025م .
لا يعتد بهذه الخريطة من ناحية الحدود الدولية .

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

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

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

تقديم

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

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

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا 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 التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذه السلسلة xiii

كيف تستخدم هذا الكتاب xv

الوحدة الخامسة: النُظم البيئية

٥-١ النظم البيئية والمناطق الأحيائية ٢٠

٥-٢ الشعاب المرجانية الاستوائية ٣١

٥-٣ الشاطئ الصخري ٤٠

٥-٤ الشاطئ الرملي ٤٣

٥-٥ غابة القرم ٤٧

الوحدة السادسة: مصايد الأسماك من أجل المستقبل

٦-١ الحاجة إلى مصايد أسماك مستدامة ٦٢

٦-٢ استراتيجيات رئيسية لاستدامة مصايد الأسماك ٧١

٦-٣ تربية الأحياء المائية البحرية ٩٣

الوحدة السابعة: التأثيرات البشرية على النظم البيئية البحرية

٧-١ التأثيرات البيئية للأنشطة البشرية ١٢٨

٧-٢ البلاستيك في المحيط ١٤٩

٧-٣ تحمّض المحيطات ١٥٣

الوحدة الثامنة: الحفاظ على التنوع البيولوجي والنظم البيئية

٨-١ إدارة التنوع البيولوجي ١٦٨

٨-٢ الحفاظ على النظم البيئية البحرية ١٧٥

قائمة المصطلحات ١٩٣

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 تأقلم 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.

وللتعليم البيئي دور حيوي في تحقيق رؤية عمان 2040، من خلال توعية الأجيال القادمة بأهمية حماية البيئة والموارد الطبيعية، وتمكينهم من اتخاذ قرارات مستنيرة تساهم في بناء مستقبل أكثر استدامة.

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 ككائنات حية على الأرض.
- تفكر بشكل ناقد، وتنظر في استراتيجيات كيفية إدارة 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 والتعليم في سلطنة عُمان للوضع القانوني لأي دولة أو إقليم أو منطقة أو لأي سلطة فيها أو لترسيم حدودها أو تخومها.

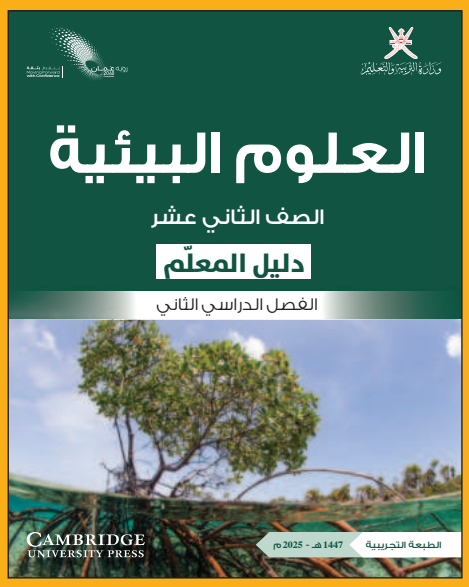
كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الثاني 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 في مجموعات ثنائية، 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 من الأفكار العامة للتدريس 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 «اقترب من تحقيق الهدف» 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 الخامسة

النُظم البيئية

Ecosystems

أهداف التعلّم

٥-١ يصف المناطق الأحيائية البرية الرئيسية في العالم من حيث المناخ ونوع التربة والغطاء النباتي، مقتصرًا على الصحاري والغابات وأراضي الحشائش والتندرا.

٥-٢ يسمي ويحدد على الخريطة مواقع المحيطات الخمسة في العالم وهي: المحيط المتجمد الشمالي، والمحيط المتجمد الجنوبي، والمحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي، ويصف المحيطات بأنها متصلة ببعضها وتشكل محيطًا عالميًا واحدًا.

٥-٣ يسمي ويحدد على الخريطة مناطق المحيطات مثل مناطق قطبية أو معتدلة أو استوائية.

٥-٤ يشرح أهمية المحيطات وتفاعلها مع الغلاف الجوي:

- كمصارف للكربون
- كمصادر للأكسجين
- كمنظم لدرجات الحرارة، وضابط للمناخ العالمي.

٥-٥ يصف المرجانيات كحيوانات تنتمي إلى شعبة اللاسعات وتكوّن مستعمرات ثابتة من البوليبات، وغالبًا ما يكون لها علاقة تكافلية مع الحييونات الصفراء.

٥-٦ يصف تراكيب البوليب المرجاني الصلب النموذجي، مقتصرًا على اللوامس، والفم، والأكياس الخيطية اللاسعة، والمعدة، والصفيحة القاعدية، والكأس، والثيكا، ويصف وظائفها.

٥-٧ يشرح كيفية حصول المرجانيات على غذائها، بما في ذلك العلاقة التبادلية بين البوليبات الموجودة في بعض المرجانيات والحييونات الصفراء.

٥-٨ يصف الظروف اللازمة لتكوين الشعاب المرجانية الاستوائية.

٥-٩ يحدّد المناطق المختلفة على الشاطئ الصخري المكشوف النموذجي، مقتصرًا على منطقة الرذاذ، والشاطئ العلوي، والشاطئ الأوسط، والشاطئ السفلي، ويصف العوامل غير الحيوية المتغيرة عبر هذه المناطق خلال دورة مد وجزر واحدة.

٥-١٠ يفسّر توزيع ووفرة الكائنات الحية في المناطق المختلفة على الشاطئ الصخري مع الإشارة إلى تفاعل العوامل الحيوية وغير الحيوية.

٥-١١ يشرح، باستخدام أمثلة مسماة، كيفية تأقلم الكائنات الحية للعيش في المناطق المختلفة من الشاطئ الصخري.

٥-١٢ يصف الشاطئ الرملي بأنه نظام بيئي ذو ركيزة غير مستقرة ومتحركة ومسامية.

٥-١٣ يشرح كيف تؤدي العوامل الحيوية وغير الحيوية التي تؤثر على الشاطئ الرملي إلى انخفاض نسبي في التنوع البيولوجي.

٥-١٤ يشرح، باستخدام أمثلة مسماة، كيفية تأقلم الكائنات الحية للعيش على الشاطئ الرملي.

٥-١٥ يفسّر البيانات التي تظهر تأثير حجم الجسيمات على نفاذية الركائز.

٥-١٦ يصف غابة القرم باعتبارها نظامًا بيئيًا للمد والجزر يضم أشجارًا ونباتات أخرى تتحمل الملوحة، بالإضافة إلى جماعات أحيائية من الأنواع الأخرى، تتفاعل جميعها في منطقة المد والجزر لبعض السواحل الاستوائية وشبه الاستوائية.

٥-١٧ يلخّص الظروف اللازمة لتكوين غابات القرم.

٥-١٨ يشرح كيفية تأقلم شجرة القرم الحمراء *Rhizophora mangle* مع بيئتها الفريدة، بما في ذلك:

- الجذور الدعامية لتحقيق الثبات في الركائز غير المستقرة وامتصاص الأكسجين الإضافي بسبب تراكيز الأكسجين المنخفضة في الركيزة
- استبعاد الملح بواسطة الجذور
- التكاثر الولودي باستخدام بروباجولات.

٥-١٩ يشرح الأهمية البيئية لغابات القرم من حيث:

- منطقة حضانة للعديد من صغار أنواع الحيوانات.
- احتجاز الرواسب التي تعمل على تثبيت وحماية الخط الساحلي وتمنع تراكم الرواسب على الشعاب المرجانية ومروج الحشائش البحرية.
- عملها كمخازن للكربون الأزرق، إذ تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي في أنسجتها وفي التربة.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. بالتعاون مع زميلك، ناقش النُظم البيئية التي يمكنك التفكير فيها. فكر في العوامل غير الحيوية الموجودة في كل نظام بيئي وكيف يختلف بعضها عن بعض. صمّم مخططًا عنكبوتيًا لما تم مناقشته وشارك أفكارك مع زملائك في الصف.

٢. فكّر في الشاطئ الصخري والشاطئ الرملي. وكمجموعة، أعدّوا قائمة بالعوامل غير الحيوية التي تجعل كلًا من الشاطئ الصخري والشاطئ الرملي فريدَين بالنسبة إلى الكائنات الحية التي تعيش فيهما.

٣. خصص دقيقة واحدة لرسم شعاب مرجانية من خيالك، ثم أضف إلى رسمك كلمة أو كلمتين لوصف العوامل غير الحيوية التي قمت بتضمينها (مثل ضوء الشمس، والماء، ودرجة الحرارة). ماذا تخبرك هذه العوامل عن البيئة التي تحتاج إليها الشعاب المرجانية للبقاء على قيد الحياة؟

٤. كصف دراسي، انظروا إلى صورة لغابة من أشجار القرم. ناقشوا وأعدوا قائمة بالفوائد التي يمكن أن توفرها غابة القرم للبشر والكائنات البحرية.

العلوم البيئية ضمن سياقها

اكتشاف الأعماق

المحيطات مزيج من مواطن ونظم بيئية مختلفة، لكل منها عوامل بيئية خاصة تحدد أنواع النباتات والحيوانات التي يمكن أن تعيش فيها. فمن النُظم البيئية الساحلية التي يسهل استكشافها، مثل الشواطئ الصخرية، إلى أعماق خنادق المحيط المظلمة، تتمتع الكائنات الحية التي تعيش في النُظم البيئية البحرية بسمات مميزة. وقد يساعد بعضها في بقائنا كونها مصدرًا لأدوية وعلاجات جديدة للأمراض.

يُعدّ **التلألؤ الحيوي Bioluminescence** (الصورة ٥-١) إحدى هذه السمات المميزة.

تستخدم العديد من أنواع البكتيريا، والحبّار، والمشطيات Ctenophores، والأسماك تفاعلًا كيميائيًا بين بروتين لوسيفيرين Luciferin والأكسجين لإنتاج الضوء. وبما أن أعماق المحيطات شديدة الظلمة، فإن الضوء غالبًا ما يكون الوسيلة الوحيدة التي يمكن لهذه الكائنات استخدامها للتواصل. حيث تستخدم بعض الأنواع إضاءة التلألؤ الحيوي لتحديد شريك التزاوج، أو لتجنب أو تشتيت انتباه المفترسات، أو كوسيلة لجذب الفريسة. وقد اقترح العلماء أن التلألؤ الحيوي يُعدّ جزءًا أساسيًا من الحياة في أعماق المحيط؛ إذ تظهر في طوائف كثيرة مختلفة من الكائنات الحية.

الصورة ٥-١ قنديل البحر المشطي *Beroe abyssicola*، وهو من المشطيات، يُظهر التلألؤ الحيوي في المنطقة العميقة Bathypelagic zone.

أسئلة للمناقشة

١. فكر في كائنات حية في النُظم البيئية البرية تستخدم التلألؤ الحيوي للتواصل.

٢. ما السمات الأخرى التي قد تمتلكها الكائنات الحية في أعماق المحيط؟

مصطلحات علمية

التلألؤ الحيوي Bioluminescence: الانبعاث الكيميائي الحيوي للضوء بواسطة الكائنات الحية.

٥-١ النُظم البيئية والمناطق الأحيائية

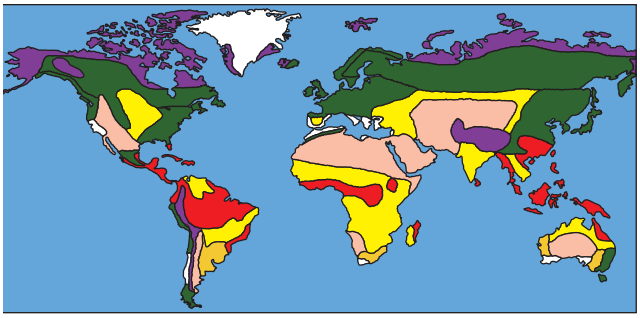
النُظم البيئية تتكون من جميع الكائنات الحية (العوامل الحيوية)، والبيئة المادية (العوامل غير الحيوية) التي تتفاعل فيها. وترتبط العوامل الحيوية وغير الحيوية عن طريق دورة المغذيات وتدفقات الطاقة.

توجد النُظم البيئية بمقاييس مختلفة، بدءًا من النُظم البيئية الصغيرة (مثل الأرض الرطبة الصغيرة) إلى النُظم البيئية الكبيرة (مثل الغابات الاستوائية المطيرة). يُعدّ الغلاف الحيوي أكبر مقياس؛ إذ يشمل كامل الغلاف المحيط بالأرض والذي يدعم الحياة. أما المناطق الأحيائية فهي أصغر من الغلاف الحيوي؛ إذ تتكون من مناطق كبيرة على سطح الأرض تتشابه في خصائصها المناخية والبيئية.

في هذه الوحدة، ستتعرف على أكبر أربع مناطق أحيائية برية، بالإضافة إلى المنطقة الأحيائية للمحيط المفتوح. بعد ذلك، ستستكشف أربعة نظم بيئية تقع عند تقاطع المحيطات واليابسة، وهي: الشعاب المرجانية، والشواطئ الصخرية، والشواطئ الرملية، وغابات القرم (المانجروف).

المناطق الأحيائية

المنطقة الأحيائية Biome هي منطقة كبيرة تتميز بتربتها، ومناخها، ونباتاتها، والحياة البرية التي تعيش فيها، حيث يؤثر نوع وكمية وتكرار هطول الأمطار على التربة والنباتات والحيوانات التي تعيش في هذه المنطقة. تُعرّف المناطق الأحيائية حول العالم بناءً على العوامل المشتركة بينها. فعلى سبيل المثال، تتمتع الغابات الاستوائية المطيرة في أمريكا الجنوبية بخصائص مشابهة للغابات الاستوائية المطيرة في أفريقيا. كما تتشابه خصائص الصحاري الحارة في أفريقيا مع خصائص الصحاري الحارة في أستراليا (الشكل ٥-١).



الشكل ٥-١ توزيع المناطق الأحيائية عالميًا، إذ تظهر الغابات الاستوائية المطيرة في المناطق ذات أعلى معدلات هطول أمطار، والصحاري في المناطق ذات معدل الهطول المنخفض، والتندرا في المناطق ذات درجات الحرارة المنخفضة جدًا.

يوجد أربع مناطق أحيائية برية رئيسية: **الصحاري Deserts** (الحارة والباردة)، و**الغابات Forests**، و**أراضي الحشائش Grasslands**، و**التندرا Tundra**. أما المنطقة الأحيائية الخامسة الرئيسية فهي منطقة المحيط المفتوح. يمكن تقسيم المناطق الأحيائية إلى فئات محددة أكثر وأدق. إذ توجد داخل كل منطقة أحيائية، مجموعة واسعة من النُظم البيئية التي لا يتم تمثيلها على الخريطة على هذا المقياس.

مصطلحات علمية

الصحاري Deserts: منطقة أحيائية تشمل أراضٍ قاحلة وقاسية حيث يقل معدل الهطول السنوي عن 250 mm، وينخفض التنوع البيولوجي فيها.

الغابات Forests: منطقة أحيائية تهيمن عليها الأشجار، حيث تغطي مظلة الأشجار ما لا يقل عن 10 % من مساحة الغابة.

أراضي الحشائش Grasslands: منطقة أحيائية تتميز بسهول عشبية وأشجار قليلة، توجد في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، وأشهرها السافانا Savanna.

التندرا Tundra: منطقة أحيائية تقع في أقصى شمال آسيا وألاسكا، وتتميز بشتاء طويل بارد ومظلم، وصيف قصير بارد. يحد التجمد الدائم للتربة نمو النباتات، ما يجعلها تقتصر على الشجيرات القصيرة والحشائش.

التربة

تتغير التربة Soil وفقًا لمُناخ المنطقة. ويؤثر هطول الأمطار في أنواع النباتات التي يمكن أن تنمو في منطقة ما، وعلى معدل رشح التربة. وهذا بدوره يؤثر على العمليات التي تؤدي إلى تكوين التربة. وتختلف أنواع التربة باختلاف المناطق الأحيائية.

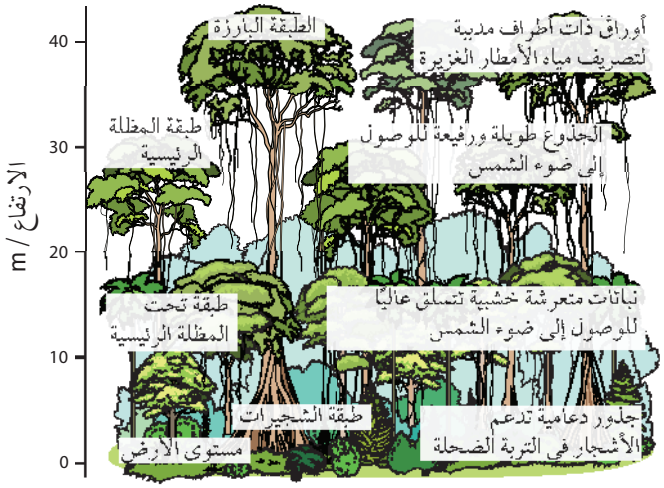
المناطق الأحيائية البرية

تتميز الصحاري بانخفاض معدل هطول الأمطار، ما يؤدي إلى انخفاض التنوع البيولوجي فيها. وعلى الرغم من أن الصحاري عادة ما تكون أراضيَ رملية في مناخ حار، فإن منطقة القارة القطبية الجنوبية تُعدّ أيضًا صحراء باردة بسبب معدلات الهطول المنخفضة فيها. تشترك الصحاري الحارة في عدة سمات، على الرغم من أنها قد تقع في قارات مختلفة (الصورتان ٥-٢ و٥-٣).

الصورة ٥-٢ صحراء في ولاية يوتا، الولايات المتحدة الأمريكية، تُظهر غطاءً نباتيًا منخفضًا، وصخورًا وتربة مكشوفة.

الصورة ٥-٣ تأقلم النباتات الصحراوية من خلال تخزين الماء في السيقان، واستبدال الأوراق بالأشواك لتقليل فقدان الماء وتوفير الحماية، بالإضافة إلى أن لهذه النباتات أنظمة جذرية تعزز الوصول إلى موارد المياه بأقصى قدر ممكن.

تتميز الغابات بوجود الأشجار كغطاء نباتي سائد. توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الغابات: الاستوائية، والمعتدلة، والبورياليّة Boreal. تُعرف الغابات الاستوائية المطيرة بتنوعها البيولوجي الكبير (الشكل ٥-٢ والصورتان ٥-٤ و٥-٥).



الشكل ٥-٢ الطبقات العمودية في الغابة الاستوائية المطيرة.

الصورة ٥-٤ التموضع العمودي في الغابة الاستوائية المطيرة.

الصورة ٥-٥ جذور دعامية لشجرتَين مختلفتَين من أشجار مجنحة الثمر Dipterocarp تدعم جذوع الأشجار الطويلة في الغابة الاستوائية المطيرة في منتزه جونونج مولو الوطني Gunung Mulu National park في ماليزيا.

في أراضي الحشائش، تشكل السهول الشاسعة من الحشائش نوع الغطاء النباتي السائد (الصورة ٥-٦).

الصورة ٥-٦ أرض حشائش السافانا في كينيا، حيث تظهر الأشجار ذات شكل المظلة المميز.

تتميز المناطق الأحيائية للتندرا بنباتات صغيرة ومنخفضة النمو، وبفصول شتاء طويلة وصيف قصير وبارد نسبيًا (الصورة ٥-٧).

الصورة ٥-٧ نباتات التندرا تظهر حشائش وشجيرات صغيرة بالقرب من سطح الأرض مع غياب الأشجار.

ويوضح الجدول (٥-١) الخصائص العامة لهذه الأنواع المختلفة من المناطق الأحيائية.

المنطقة الأحيائية البرية	أمثلة على تأقلم النباتات	المُناخ	نوع التربة	التأثير البشري
الصحراء الحارة (تقع في وسط القارات وعلى السواحل الغربية. تشكل الصحاري نحو 14 % من سطح الأرض)	لدى الصبار أشواكٌ وأنسجة عصارية، إضافة إلى جذور عميقة أو كتل جذرية ليفية عريضة. للصبار دورات تكاثر قصيرة وبذور تتحمل الجفاف. أوراق الصبار صغيرة جدًا أو غير موجودة. تساعد الطبقة الشمعية السميكة على منع فقدان الماء. تساعد **الثغور Stomata** الغائرة على تقليل فقدان الماء.	درجات حرارة مرتفعة نهارًا ومنخفضة ليلًا. هطول أمطار أقل من 250 mm سنويًا. الرياح تكون عمومًا خفيفة. معدلات التبخر مرتفعة.	عادةً ما تكون فاتحة اللون. تربة جافة، وغالبًا ما تكون رملية. قد تختلف في العمق، والملمس، والمسامية، ومحتوى المعادن والأملاح. قد تكون الطبقة السطحية غائبة أو رقيقة جدًا بسبب نقص الغطاء النباتي الذي يسهم في تكوين المادة العضوية. الطبقات السفلية ضعيفة التكوين. والصحاري التي لا تحتوي على طبقات تربة واضحة تسمى الإنتيسول Entisols.	التعدين. إزالة الأنواع النادرة. استخدام المياه الجوفية وجفاف موارد المياه السطحية.

المنطقة الأحيائية البرية	أمثلة على تأقلم النباتات	المُناخ	نوع التربة	التأثير البشري
الغابة الاستوائية المطيرة (تقع في المناطق الاستوائية في أمريكا الوسطى، وأفريقيا الوسطى، وآسيا)	الأشجار طويلة ورفيعة (الشكل ٥-٢ والصورة ٥-٤) للسماح لها بالوصول إلى الضوء، ومثال على ذلك شجرة التين Ficus. قلف الشجرة عادة يكون أملس ليسمح بتدفق الماء على طول الساق ليصل إلى الجذور. القلف يكون رقيقًا لأنه لا توجد حاجة إلى الحفاظ على الماء. تتميز أوراق النباتات بسطح شمعي وأطراف مدببة للسماح للمياه الزائدة بالجريان السطحي ومنع نمو الطحالب على الأوراق. تميل الأوراق بزوايا مختلفة لالتقاط أكبر قدر ممكن من الضوء المتخلل عبرها لتحسين عملية التمثيل الضوئي. للأشجار جذور سطحية مدعومة بجذور دعامية أو جذور ارتكازية (الصورة ٥-٥). تمتص الجذور الممتدة على نطاق واسع المغذيات من التربة السطحية الضحلة. تنمو النباتات المتعرشة الخشبية حول جذوع الأشجار للوصول إلى مظلة الغابة، حيث تنتشر لالتقاط الضوء.	يتراوح مدى درجات الحرارة بين 22-31°C، وذلك بحسب الموقع. **المدى الحراري اليومي Diurnal temperature range** المحلي منخفض. قد يصل معدل الهطول السنوي إلى 2000 mm، وتكون مستويات الرطوبة مرتفعة. معدلات الإشعاع الشمسي العالية تؤدي إلى **الأمطار الحَمْلِيَّة Convectional rainfall** يوميًا.	عادةً ما تكون التربة حمراء أو صفراء اللون. تؤدي مستويات الهطول المرتفعة على مدار العام إلى رشح المغذيات والطين من التربة، واستبدالها بأكاسيد الألمنيوم.	إزالة الغابات. التعدين. التحضُّر. التطور الزراعي. التصحّر.

المنطقة الأحيائية البرية	أمثلة على تأقلم النباتات	المُناخ	نوع التربة	التأثير البشري
أرض الحشائش (تقع في وسط القارات، بعيدًا عن السواحل)	تتميز نباتات السافانا بتنوع من الحشائش والأشجار على شكل مظلة، مثل شجرة الأكاسيا (الصورة ٥-٦). تكون الأشجار متباعدة لأن المياه محدودة. قد تكون الجذور إما ممتدة وواسعة الانتشار لامتصاص الماء من مساحة كبيرة مثل شجرة السنط، أو وتدية عميقة تصل إلى المياه الجوفية أثناء موسم الجفاف. بعض النباتات تخزن الماء في سيقانها أو بصيلاتها تحت الأرض، في حين تدخل نباتات أخرى في حالة السبات أثناء فترة الجفاف. الأوراق طويلة وضيقة لتقليل فقدان الماء بعملية النتح. تمتلك العديد من النباتات أشواكًا وحجمًا أكبر لحماية نفسها من المستهلكات الأولية. تسمح الجذور العميقة للأشجار بإعادة النمو بعد الحرائق. إضافة إلى ذلك، تمتلك بعض الأشجار قلفًا سميكًا جدًا لحمايتها من أضرار الحرائق.	مدى درجات الحرارة بين 20–35°C. هطول موسمي وفصول جافة وممطرة. يصل معدل الهطول السنوي إلى 750 mm، مع صيف ممطر. هطول الأمطار لا يمكن التنبؤ به.	تميل التربة إلى اللون الأحمر بسبب ارتفاع محتوى الحديد فيها. تربة عميقة، شديدة التجوية، مسامية، وتتميز بتصريف سريع للمياه. الطبقة العضوية الرقيقة على السطح تتحلل بسرعة بسبب درجات الحرارة المرتفعة. التربة ليست خصبة جدًا وتدعم نموًا محدودًا للغطاء النباتي بسبب وجود طبقة سفلية صلبة.	الاستخدام الواسع لأراضي الحشائش للرعي والتحضّر. انخفاض التنوع البيولوجي بسبب فقدان المواطن البيئية والصيد.

المنطقة الأحيائية البرية	أمثلة على تأقلم النباتات	المُناخ	نوع التربة	التأثير البشري
التندرا (تقع في أقصى شمال آسيا وأمريكا الجنوبية. الساحل الجنوبي لجرينلاند)	تكون نباتات التندرا عادةً صغيرة الحجم (الطحالب، والحشائش، والشجيرات). تنمو النباتات متقاربة من بعضها وقريبة من سطح الأرض (الصورة ٥-٧). تغطي العديد من النباتات شعيرات شمعية تحميها من البرد والرياح، ما يساعدها في الحفاظ على الحرارة والرطوبة. تمتلك جذورًا سطحية بسبب وجود التربة الصقيعية. تكون النباتات معمرة، لا تموت في الشتاء، وتتميز بدورة حياة طويلة مع موسم نمو قصير.	مدى سنوي واسع لدرجات الحرارة: قد تنخفض إلى -34°C، في حين تصل درجات الحرارة في الصيف إلى 12°C. هطول الأمطار أقل من 250 mm سنويًا. رياح قطبية شديدة. صيف قصير، مع 50-60 يومًا من ضوء النهار المستمر على مدار 24 ساعة.	ذات لون بنّي غامق. الطبقة السفلية متجمدة بشكل دائم (**تربة صقيعية Permafrost**) على عمق أقل من 100 cm من السطح. تتراكم مادة عضوية على سطح التربة بسبب درجات الحرارة الباردة وانخفاض مستوى التحلل.	انصهار التربة الصقيعية، ما يؤدي إلى إطلاق كميات كبيرة من غاز الميثان. انزلاق التربة التدريجي Solifluction أو انهيار المنحدر. عمليات الحفر لاستخراج الموارد الطبيعية.

الجدول ٥-١ الخصائص الرئيسية لأربع مناطق أحيائية برية مختلفة: الصحراء الحارة والغابة الاستوائية المطيرة، وأرض الحشائش، والتندرا.

يرجى الرجوع إلى الشكل ٥-١ لخريطة توزيع المناطق الأحيائية.

مصطلحات علمية

*الثغور **Stomata**: فتحات في ورقة النبات أو ساقه، يشكل كل منها شقًا يسمح بحركة الغازات داخل وخارج الفراغات بين الخلايا؛ توجد بشكل رئيسي على السطح السفلي للأوراق.

*المدى الحراري اليومي **Diurnal temperature range**: التغير بين درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة التي تحدث في اليوم نفسه (مثل التغيُّرات بين درجات الحرارة ليلًا ونهارًا).

*الأمطار الحَمْلِيَّة **Convectional rainfall**: نوع من الهطول يحدث عندما تُسخِّن طاقة الشمس سطح الأرض، ما يؤدي إلى تبخّر الماء وتحوّله إلى بخار، ثم يتكاثف هذا البخار ليشكّل السُّحُب على ارتفاعات أعلى.

التربة الصقيعية **Permafrost**: مناطق من الأرض تبقى متجمدة بشكل دائم.

المحيط المفتوح

تُعدّ المنطقة الأحيائية البحرية من أكبر المناطق الأحيائية على كوكب الأرض إذ تغطي المحيطات ما يقرب من ثلاثة أرباع كوكب الأرض، بمتوسط عمق يبلغ نحو 3688 m. ويُحتمل أن تحتوي المحيطات، على أكثر من مليون نوع مختلف من الكائنات الحية البحرية. والمحيط المفتوح هو الجزء البعيد عن الشاطئ وخط الساحل.

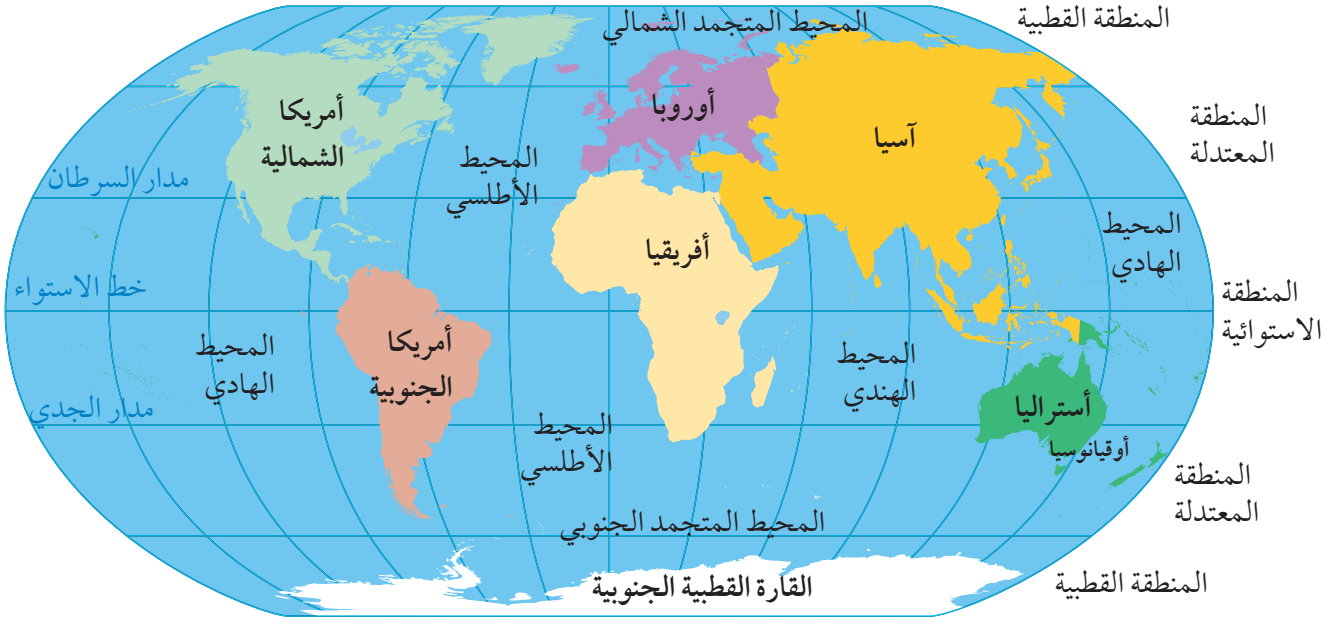
المحيط العالمي

أكثر من 70% من سطح الأرض يُغطَّى بمسطحات مائية مترابطة ببعضها تسمى **المحيط العالمي** **World Ocean**. يساعد المحيط العالمي كوكب الأرض في الحفاظ على درجات حرارته العالمية. يُعدّ المحيط العالمي موطنًا بيئيًا لأكثر من 200 000 نوع مُسمّى، بالإضافة إلى العديد من الأنواع غير المُسمّاة. وعن طريق هذه الكائنات الحية، يوفر المحيط العالمي الغذاء لمليارات الأشخاص. تاريخيًا، لم يكن المحيط العالمي يُعدّ مسطحًا مائيًا واحدًا، وإنما خمسة محيطات أصغر، وهي: المحيط المتجمد الشمالي والمحيط المتجمد الجنوبي، والمحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي. عند النظر إلى خريطة حديثة (الشكل ٥-٣)، يتضح أن هذه المحيطات مترابطة بعضها مع بعض.

يمكن تحديد مناطق المحيطات على أنها قطبية، أو معتدلة، أو استوائية. فالمناطق القطبية تقع عند خطوط عرض عالية، وتشمل المحيط المتجمد الجنوبي والمحيط المتجمد الشمالي. وتتميز بمياه شديدة البرودة وتغيرات موسمية في الجليد البحري. أما المناطق الاستوائية فتقع بالقرب من خط الاستواء أو عليه، وتتميز بدرجات حرارة سطح البحر المرتفعة. وتشمل أجزاء من المحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي. وأما المناطق المعتدلة فتقع بين المناطق الاستوائية والقطبية، وتتميز بدرجات حرارة مياه مختلطة. وتشمل المناطق المعتدلة معظم المحيط الأطلسي والمحيط الهادي. يصعب تحديد الحدود ما بين المحيطات، كما يصعب قياسها، يدل ذلك على أن اختلاف التقديرات بين المصادر فيما يتعلق بالمساحة والعمق يعود إلى تباين منهجية الحساب، ولا سيما فيما إذا كانت الجزر مدرجة ضمن المساحة المحسوبة أو مستثناة منها.

مصطلحات علمية

المحيط العالمي World Ocean: اندماج جميع المحيطات الرئيسية في مسطح مائي واحد كبير ومترابط يحيط بقارات العالم.



الشكل ٥-٣ خريطة العالم توضّح القارات السبع والمحيطات الخمسة.

تقدر مساحة سطح المحيط الهادي بين 155 000 000 km^2 إلى 170 000 000 km^2، أي ما يعادل نحو 33% من سطح الأرض. وهو أكبر المحيطات الخمسة. ينقسم المحيط الهادي إلى قسمين: المحيط الهادي الشمالي والمحيط الهادي الجنوبي، وذلك بفعل التيارات الاستوائية. ويُعدّ موطنًا لأعمق نقطة على سطح الأرض، وهي خندق ماريانا Mariana Trench، الذي يصل عمقه إلى 10994 m.

أما ثاني أكبر المحيطات الرئيسية فهو المحيط الأطلسي؛ ويقدر مدى مساحة سطحه 75 000 000 إلى 106 460 000 km^2، ما يجعله يغطي نحو 20% من سطح الأرض. يتخذ المحيط الأطلسي شكل حرف (S) بين الأمريكتين غربًا وأوروبا وأفريقيا شرقًا، كما أن عدم وضوح الحدود الفاصلة مع كلٍّ من المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الجنوبي يؤدي إلى تفاوت كبير في تقديرات المساحة. وتقسم التيارات الاستوائية حوض هذا المحيط إلى قسمين: المحيط الأطلسي الشمالي والمحيط الأطلسي الجنوبي.

وثالث أكبر المحيطات هو المحيط الهندي، ويقع بين شرق أفريقيا وغرب أستراليا، ويبلغ مدى مساحة سطحه 68 000 000 إلى 74 000 000 km^2. من الصعب تحديد حدود المحيط الهندي بدقة؛ حيث يوجد جدلٌ حول المكان الذي يلتقي فيه بالمحيط الهادي بين الجزر الشمالية، والمكان الذي يلتقي فيه بالمحيط المتجمد الجنوبي جنوبًا.

تُعدّ المياه الموجودة في أقصى جنوب المحيط العالمي جزءًا من المحيط المتجمد الجنوبي. وتمتد حدود المحيط المتجمد الجنوبي حول القارة القطبية الجنوبية وتواصل امتدادها شمالًا حتى خط عرض 60° جنوبًا. إنّ المحيط المتجمد الجنوبي هو المكان الذي تحدث فيه الدورة المحيطية الجنوبية، وهي مجموعة من التيارات الحيوية التي تمزج المغذيات لمياه القاع داخل الحزام الناقل العالمي.

يقع المحيط المتجمد الشمالي حول القطب الشمالي ويرتبط بعدة بحار أخرى. وهو أصغر المحيطات الرئيسية وأقلّها عمقًا. ومع ذلك هو الأقل دراسة بين المحيطات نظرًا إلى تغطيته شبه الدائمة بالجليد البحري وموقعه النائي.

أهمية المحيط

توفر المحيطات العديد من **خدمات النظام البيئي Ecosystem services** أو الفوائد للبشر. وهي تشمل إنتاج الغذاء، والحفاظ على التنوع البيولوجي، والترفيه، أي الأماكن التي نذهب إليها للاسترخاء. وبالمقابل عند النظر إلى التفاعلات بين المحيط والغلاف الجوي، نجد أن المحيط العالمي يوفر مزيدًا من خدمات النظام البيئي، والتي تُعدّ ذات أهمية لبقاء النوع البشري والحياة على كوكب الأرض.

المحيط العالمي كمصرف للكربون

كجزء من دورة الكربون، ينتشر (CO_2) الموجود في الغلاف الجوي إلى المياه السطحية للمحيط. ثم يتم تحويل معظم الكربون إلى مواد جديدة. فالمنتجات تمتص (CO_2) للقيام بعملية التمثيل الضوئي وإنتاج الجلوكوز. والمرجانيات والرخويات ذات الأصداف الصلبة تمتص الكربون لتكوين هياكلها أو أصدافها. كما يتفاعل جزء من (CO_2) مع الماء ليُكوّن حمض الكربونيك (H_2CO_3).

بينما تقوم الكائنات الحية والتفاعلات الكيميائية بتغيير واستخدام المواد الجديدة للكربون، يستمر (CO_2) في الانتشار من الغلاف الجوي إلى المحيط. ونظرًا إلى أن كمية الكربون التي تدخل المحيط تفوق الكمية التي تغادره، يُشار إلى المحيط على أنه مصرفٌ للكربون Carbon sink. وهذا يجعل المحيط العالمي مكونًا رئيسيًا لتخزين الكربون على كوكب الأرض، خصوصًا مع ارتفاع مستويات (CO_2) في الغلاف الجوي منذ الثورة الصناعية (الوحدة الرابعة: إدارة تغير المناخ). ومع استمرار ارتفاع هذه المستويات، يستمر المحيط في امتصاص المزيد من (CO_2)، ما قد يؤدي إلى مشكلات محتملة للنظم البيئية البحرية.

مصطلحات علمية

خدمات النظام البيئي Ecosystem services: الفوائد التي يحصل عليها البشر من النُظم البيئية، بما في ذلك الغذاء، وتنظيم الفيضانات، والتحكم في المناخ، وتنقية المياه.

المحيط العالمي كمصدر للأكسجين

تحتوي المنطقة الضوئية من المحيط العالمي على مليارات الكائنات الحية ذاتية التغذية الضوئية والتي تسمى العوالق النباتية Phytoplankton. عند امتصاص العوالق النباتية ضوء الشمس و(CO_2) لإنتاج الجلوكوز، فإنها تُنتج أيضًا غاز (O_2) كناتج ثانوي. بعد ذلك، يتم إطلاق (O_2) في المحيط والغلاف الجوي. تشير التقديرات الحالية إلى أن نسبة الأكسجين الجوي الذي تنتجه الكائنات الحية في المحيط تتراوح بين 50% و85%، وذلك اعتمادًا على الموسم.

المحيط العالمي كمُنظم لدرجات الحرارة وضابط للمناخ العالمي

يمتلك الماء سعة حرارية نوعية عالية، ما يعني أن المحيطات يمكنها امتصاص كميات كبيرة من الحرارة دون أن تتغير درجة حرارتها. تخزّن المحيطات الطاقة الحرارية عندما يكون الغلاف الجوي دافئًا جدًا، وعندما تنخفض حرارة الغلاف الجوي بشدة، يعمل المحيط على نقل الحرارة إليه للمساهمة في تدفئته من جديد. وبهذه الطريقة، توفّر المحيطات خدمة بيئية بالغة الأهمية عن طريق تنظيم درجات الحرارة في المناطق القريبة من السواحل. وهذا أحد أسباب اعتدال الطقس في المناطق الساحلية خلال فصلَي الشتاء والصيف مقارنة بالمناطق غير الساحلية.

تُسهم المحيطات أيضًا في تنظيم الظروف المناخية طويلة المدى باستخدام الطرائق نفسها. وقد لاحظ العلماء وجود علاقة بين ارتفاع غازات الدفيئة المنبعثة في الغلاف الجوي والارتفاع العالمي في درجات الحرارة. كما أن درجات حرارة المحيطات ترتفع أيضًا، ولكن بمعدل أبطأ بكثير بسبب السعة الحرارية النوعية العالية للماء. لقد امتصت المحيطات الكثير من الطاقة الحرارية الزائدة وخزّنتها، لتمنع تغييرات مناخية أكثر حدة.

دراسة حالة موسعة: الهندسة الجيولوجية للمحيط

يساعد المحيط في الحفاظ على مناخنا من خلال تياراته والعمليات البيولوجية الطبيعية التي تحدث فيه. لكن مع تزايد ارتباط مستويات الكربون **بشري المنشأ Anthropogenic** (الناجم عن الأنشطة البشرية) في غلافنا الجوي بتغير المناخ، يحاول العلماء ابتكار طرق جديدة لاستغلال هذه العمليات الطبيعية بهدف تحقيق الأهداف المناخية أو الحد من تأثيرات تغير المناخ. ويعتقد العديد من العلماء أن قدرة المحيط على العمل كمصرف للكربون يمكن تعزيزها عن طريق عملية تُعرف باسم **الهندسة الجيولوجية Geoengineering** (الوحدة الرابعة: إدارة تغير المناخ).

ما هي الهندسة الجيولوجية؟

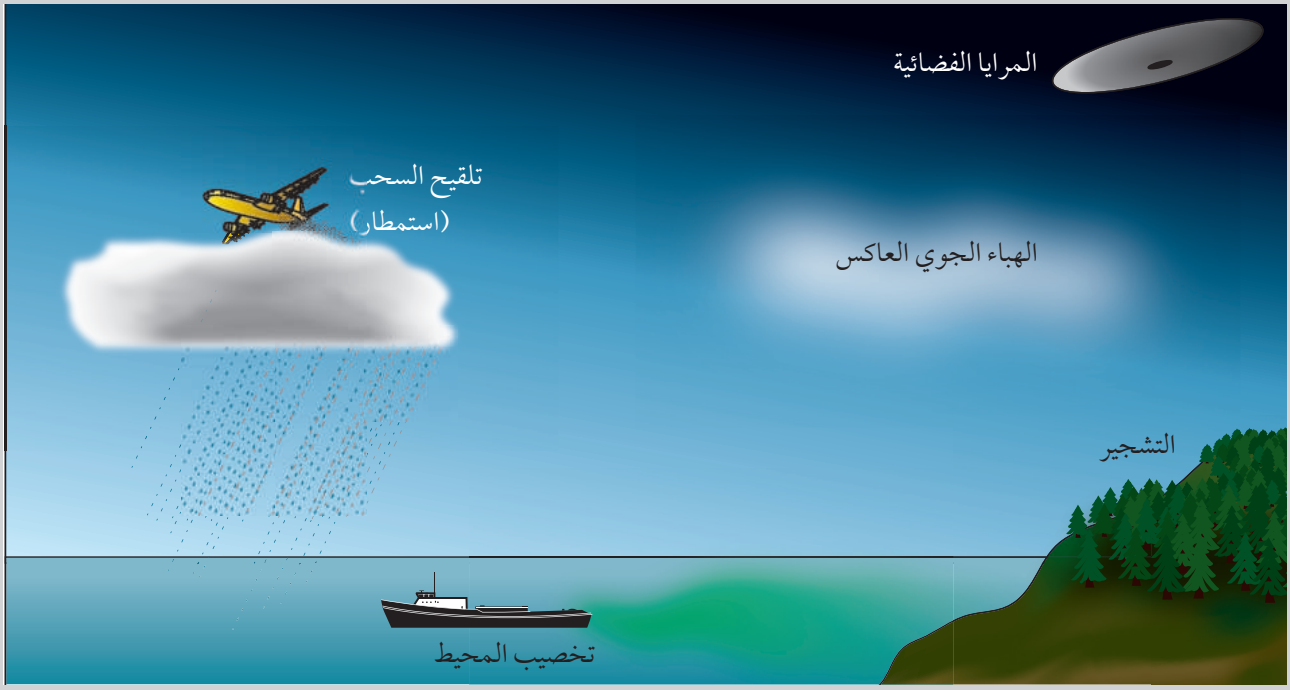
الهندسة الجيولوجية هي مجال حديث نسبيًا يهدف إلى دمج التكنولوجيا الحديثة مع العمليات الطبيعية القديمة للأرض. بشكل عام، تعني الهندسة الجيولوجية التدخل المتعمد بالبيئة بحيث تصبح عملياتها أكثر كفاءة في الحد من تأثيرات تغير المناخ. قد تكون مشاريع الهندسة الجيولوجية بسيطة، مثل طلاء المنازل باللون الأبيض لعكس أشعة الشمس بشكل أفضل، أو معقدة، مثل إرسال آلاف المرايا الصغيرة لتطفو في المدار بين الأرض والشمس (الشكل ٥-٤). بالإضافة إلى ذلك، فإن العديد من هذه الخطط مثيرة للجدل داخل المجتمع العلمي لأنها قد تحمل معها الكثير من التأثيرات الجانبية التي يُحتمل أن تكون سلبية.

مصطلحات علمية

*بشري المنشأ **Anthropogenic**: تغير ناتج من النشاط البشري.

الهندسة الجيولوجية **Geoengineering**: تدخل متعمد في العمليات البيئية التي تؤثر على المناخ بهدف التقليل من تأثيرات تغير المناخ.

تابع



الشكل ٥-٤ رسم توضيحي لطرق الهندسة الجيولوجية المختلفة المقترحة للحد من تأثيرات تغير المناخ.

تخصيب المحيط

أكثر خطط الهندسة الجيولوجية شيوعًا المتعلقة بالمحيطات تتعلق **بتخصيب المحيط Ocean fertilisation**، وهي محاولة إلقاء برادة الحديد أو النترات أو غيرها من المغذيات الدقيقة في مناطق الإنتاجية المنخفضة في المحيطات. والهدف هو أن يؤدي وجود هذه المغذيات إلى تحفيز نمو جديد وموسّع للعوالق النباتية في المناطق ذات المستويات المنخفضة من التمثيل الضوئي، ما يزيد من كمية (CO_2) التي يتم إزالتها من الغلاف الجوي. في النهاية، سوف تموت هذه العوالق النباتية وتغرق إلى قاع المحيط على شكل ثلج بحري. بعد غرقها، تتحلل هذه العوالق النباتية، ما يؤدي إلى احتجاز الكربون المكوِّن لأجسامها في قاع البحر، حيث يمكن تخزينه لملايين السنين. ويُعدّ التخزين طويل الأمد للكربون داخل قاع البحر أحد تقنيات **احتجاز الكربون Carbon sequestration**.

بسبب بساطة هذه العملية، تم إجراء عدة تجارب على تخصيب المحيط، لكن النتائج كانت متباينة. فقد عمل علماء من منظمة Planktos في الولايات المتحدة، ومؤسسة Oceaneos للأبحاث البحرية في كندا، ومعهد كوريا للأبحاث القطبية في كوريا الجنوبية، بالإضافة إلى مشروع مشترك برعاية حكومتَي الهند وألمانيا، جميعًا على تطوير تجارب لتخصيب المحيط، وهم يخططون لاختبارها. وقد تم تنفيذ ما لا يقل عن 13 تجربة لتخصيب المحيطات بالحديد على مستوى العالم على مدى العقود الثلاثة الماضية، ولا تزال المزيد من التجارب قيد الإعداد، خصوصًا بالقرب من تشيلي.

مصطلحات علمية

***تخصيب المحيط Ocean fertilisation**: إلقاء الحديد أو غيره من المغذيات في المحيط في المناطق ذات الإنتاجية المنخفضة لتعزيز نمو العوالق النباتية.

احتجاز الكربون Carbon sequestration: تخزين طويل الأمد للكربون للتخفيف من الاحترار العالمي وتجنب تغير المناخ.

تابع

التأثيرات المحتملة

على الرغم من التأثيرات الإيجابية لإزالة الكربون الزائد من الغلاف الجوي وذلك عن طريق تعزيز قدرة المحيطات على العمل كمصارف للكربون، عارض العديد من العلماء في المجتمع العلمي تخصيب المحيط. ويعود سبب هذه الاعتراضات المقترحة إلى التأثيرات الجانبية غير المقصودة التي تم الإبلاغ عنها أثناء التجارب. ففي بعض الحالات، تأثرت السلسلة الغذائية بشدة عند إضافة الحديد إلى النظام البيئي، ما سبّب اضطرابًا أو خللًا في توازن الكائنات الحية المكونة للسلسلة الغذائية. فبعد عملية التخصيب، شهدت مجتمعات العوالق النباتية في المناطق التي خضعت للتخصيب تغيرًا كبيرًا في أنواع الجماعة الأحيائية السائدة للعوالق النباتية؛ حيث انتقلت من الطحالب إلى أنواع من الدياتومات الأكبر حجمًا والأصعب هضمًا. ونظرًا إلى أن العوالق النباتية تشكل أساس الشبكة الغذائية، فإن انخفاض الأنواع القابلة للأكل قد يؤدي إلى تراجع صحة النظام البيئي واستقراره كاملًا. وفي حالات أخرى، أدت التجارب إلى ازدهار كبير للعوالق النباتية، ما تسبّب بانخفاض عام في مستويات الأكسجين المتاح للكائنات البحرية الأخرى في المنطقة. وقد يؤدي إضافة المغذيات بكميات زائدة إلى **ازدهار الطحالب الضار Harmful algal bloom (HAB)**، حيث تتكاثر الطحالب وتطلق سمومًا ضارة في الماء. وهذه السموم خطرة على الكائنات الحية التي تعيش في تلك البيئة، وكذلك على البشر الموجودين في المنطقة.

النتائج الحالية

تلك التجارب التي تم إجراؤها لم تحقق النتائج التي كان العلماء يأملونها؛ إذ إن كمية الكربون التي تصل فعليًا إلى قاع البحر أقل بكثير من المتوقع – وفي بعض الحالات، لم تكن قابلة للكشف عنها. يعود السبب الرئيسي لذلك إلى أنه مع زيادة العوالق النباتية (المنتِجات)، نشهد زيادة في أعداد المستهلكات ما يوسّع الشبكة الغذائية الموجودة في المنطقة. ومن خلال الاستهلاك والتنفس بواسطة المستهلكات، معظم الكربون الذي تمّت إزالته من الغلاف الجوي أعيد إطلاقه أو تم الاحتفاظ به داخل الشبكة الغذائية.

بالإضافة إلى ذلك، هناك أدلة تشير إلى أنه مع زيادة كمية الحديد في منطقة ما، تنخفض كميات المغذيات الأساسية الأخرى في تلك المنطقة. ويسمح الفائض من الحديد باستخدام المغذيات الأساسية الأخرى بمعدل أسرع، ما يؤدي إلى استنفاد مخزونها. سيؤثر ذلك بشكل مباشر على مجتمعات العوالق النباتية والشبكات الغذائية التي تقع في اتجاه التيار بعيدًا عن موقع التخصيب، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية في تلك المناطق. قد يكون لهذا الأمر تأثيرات كبيرة طويلة الأمد على صناعة مصايد الأسماك المحلية.

أسئلة

١. صمّم مخططًا انسيابيًا يمثّل النتائج المتوقعة للهندسة الجيولوجية عن طريق تخصيب المحيط.

٢. اشرح كيف يمكن أن تؤدي المستويات المتزايدة من المغذيات إلى تقليل معدل تغير المُناخ.

٣. بالنظر إلى الفوائد المحتملة لتخصيب المحيط والمخاطر المحتملة لذلك. برأيك، هل هذه فكرة تستحق المتابعة؟ برر إجابتك.

مصطلحات علمية

*ازدهار الطحالب الضار **Harmful algal bloom (HAB)**: عندما يؤدي الفائض من المغذيات إلى زيادة نمو العوالق البحرية التي تطلق سمومًا في الماء.

أسئلة

١ اذكر المناطق الأحيائية البرية الأربع الرئيسية، ثم صف سمة قد تمتلكها الكائنات الحية لتتمكن من العيش في كل منها.

٢ اشرح كيف تعمل المحيطات كمصارف للكربون.

٣ في أي فصل (أو فصول) من السنة تعتقد أن المحيط يُنتج أكبر كمية من الأكسجين؟ ولماذا؟

٢-٥ الشعاب المرجانية الاستوائية

توجد الشعاب المرجانية في المناطق الاستوائية من المحيطات. عالميًا، تم العثور على 60 000 نوع مختلف من الكائنات الحية البحرية تقريبًا يعيش على الشعاب المرجانية (الصورة ٥-٨). ويدّعي بعض العلماء أن التقدير الأكثر دقة لعدد الأنواع التي تتّخذ من الشعاب المرجانية موطنًا لها يتراوح بين مليون وتسعة ملايين نوع.

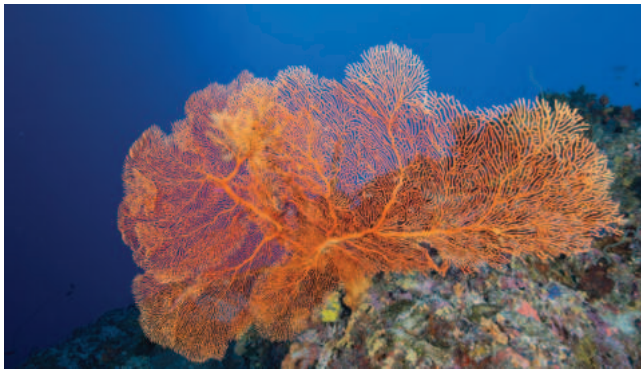
الصورة ٥-٨ سلحفاة منقار الصقر البحرية ***Eretmochelys imbricata*** ومجموعة من الأسماك تسبح فوق شعاب مرجانية في بابوا الغربية، إندونيسيا.

تصنيف المرجانيات وتشريحها

تنتمي جميع المرجانيات إلى شعبة من الحيوانات تسمى **اللاسعات** ***Cnidaria***. توجد اللاسعات في النُظم البيئية المائية، وبخاصة البحرية منها، وتلتقط غذاءها باستخدام **خلايا لاسعة** **Cnidocytes**. ومن اللاسعات الأخرى شقائق نعمان وقناديل البحر.

هناك فئتان رئيسيتان من المرجانيات: **المرجانيات الصلبة** **Hard corals** وهي قادرة على بناء الشعاب (هيكلها الكلسي الصلب) (الصورة ٥-٩)، و**المرجانيات اللينة** **soft corals** وهي غير قادرة على بناء الشعاب (الصورة ٥-١٠).

الصورة ٥-٩ مرجان قرن الغزال ***Acropora cervicornis*** من فئة المرجان الصلب.



الصورة ٥-١٠ مرجان مروحة البحر، ***Gorgonia sp*** من فئة المرجان اللين.

مصطلحات علمية

اللاسعات ***Cnidaria***: شعبة من الحيوانات البحرية تلتقط الغذاء باستخدام خلايا لاسعة.

***الخلايا اللاسعة** **Cnidocytes**: خلايا لاذعة تُبطّن لوامس اللاسعات.

المرجان الصلب **Hard coral**: مرجان حجري صلب قادر على بناء الشعاب وله علاقة تكافلية مع الحييونات الصفراء.

المرجان اللين **Soft coral**: مرجان لا يبني الشعاب ويفتقر إلى التكلس.

تقضي المرجانيات البالغة طوال حياتها في الطور البوليبي، على شكل **بوليبات Polyps**. وهو الطور الحيواني الثابت للشعاب المرجانية. قد تعيش البوليبات المرجانية منفردة أو ضمن مستعمرات ضخمة قادرة على بناء الشعاب المرجانية. تبدو البوليبات بسيطة الشكل، مجرد أسطوانة من نسيج البشرة مع **لوامس Tentacles** تحيط **بالفم Mouth**، وتعيش متصلة بركيزة صخرية، كما هو موضح في الشكل (٥-٥).

غالبًا ما يشكل المرجان علاقة تكافلية مع سوطيات دوّارة مجهرية قادرة على التمثيل الضوئي تُسمى **الحييونات الصفراء Zooxanthellae**.

يستخدم البوليب اللوامس لالتقاط الفريسة وإبعاد المفترسات. وتُبطّن اللوامس بخلايا لاسعة. وتحتوي هذه الخلايا اللاسعة على عضيات تُسمّى **الأكياس الخيطية اللاسعة Nematocysts**، وهي تراكيب شبيهة بالحربة تحتوي على سم، ويمكن للبوليب المرجاني حقن هذا السم في فرائسه أو مفترسيه. ولحظة اللسع، يستخدم البوليب الخيط الذي يربط الكيس اللاسع بالخلية اللاسعة للإمساك بفريسته. ثم تُسحب الفريسة إلى فم البوليب الذي يؤدي إلى **معدة Stomach** بسيطة أو كيس هضمي مكوّن من نسيج مخصص لإفراز الإنزيمات الهاضمة.

تتثبت المرجانيات بركيزة صخرية باستخدام **صفيحة قاعدية Basal plate** في قاعدتها. ثم تكوّن تجويفًا يسمى **الكأس Calyx** حول نفسها للحماية. تُسمّى جدران الكأس **الثيكا Theca**. عند وجودها في مستعمرة، ترتبط الكؤوس الفردية بعضها ببعض وتشكل هيكلًا حجريًا مكونًا من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$).

المرجانيات الصلبة هي المجموعة المرجانية القادرة على بناء الشعاب، مثل مرجان قرن الغزال Staghorn coral والمرجان الدماغي Brain coral. في هذه المجموعة، تعيش البوليبات المرجانية في مستعمرات وتكون دائمًا في علاقة تكافلية مع الحييونات الصفراء (الشكل ٥-٥). تبدأ هذه المستعمرات عندما تثبت يرقة مرجانية عالقة على ركيزة صُلبة. وبمجرد أن تلصق اليرقة صفيحتها القاعدية، تمر بمرحلة التحوّل Metamorphosis لتصبح بوليبًا مرجانيًا. وإذا عاش هذا البوليب الأصلي وازدهر، فسيتكاثر لاجنسيًا عن طريق عملية تسمى التبرعم Budding.

مصطلحات علمية

البوليبات Polyps: الطور الثابت (غير المتحرك) من دورة حياة اللاسعات، تشبه الكأس.

اللوامس Tentacles: أطراف متحركة في البوليبات المرجانية تُستخدم لالتقاط الفرائس وإبعاد المفترسات، تبطنها خلايا لاسعة.

الفم Mouth: الفتحة التي تؤدي إلى المعدة.

الحييونات الصفراء Zooxanthellae: سوطيات دوارة ذاتية التغذية ضوئية، تعيش في علاقة تكافلية داخل أنسجة العديد من اللافقاريات.

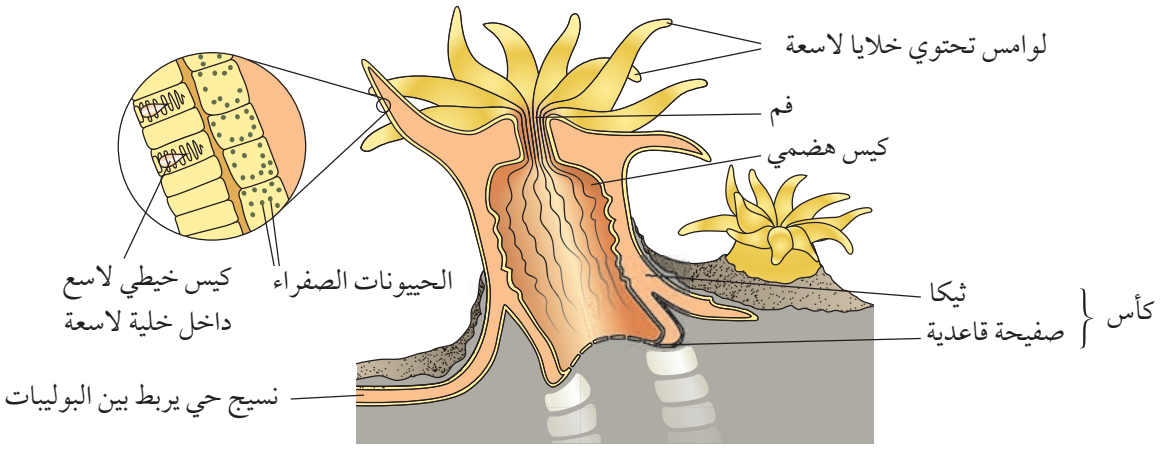
الكيس الخيطي اللاسع Nematocyst: عضية شبيهة بالرمح داخل الخلية اللاسعة، تحتوي على سُمّ يتم حقنه في الفريسة.

المعدة Stomach: عضو الهضم، يحتوي على أنسجة تفرز الإنزيمات الهاضمة.

الصفيحة القاعدية Basal plate: الجزء السفلي من كأس المرجان، يفصل البوليب عن الركيزة.

الكأس Calyx: الكأس الحجري الذي يعيش فيه بوليب المرجان.

الثيكا Theca: جدران كأس المرجان.



الشكل ٥-٥ قطاع عرضي في بوليب مرجاني صلب نموذجي.

يحدث التبرعم عندما ينمو من البوليب الأصلي مستنسخًا له. ونتيجة لهذه العملية، تكون جميع البوليبات في المستعمرة المرجانية متطابقة جينيًا مع البوليب الأصلي. ولكي تتثبت البوليبات بالركيزة، يفرز كل بوليب كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) على الركيزة ليشكّل كأسًا و ثيكا. عندما يموت بوليب قديم، سينمو في كأسه بوليب جديد، مضيفًا طبقة أخرى من كربونات الكالسيوم تحت الصفيحة القاعدية لتثبيت نفسه. في النهاية، تؤدي هذه العملية إلى تكوين هيكل من الحجر الجيري قد يأخذ أشكالًا مختلفة ويوفر الإطار الأساسي لبناء الشعاب المرجانية. ونظرًا إلى أن البوليبات المرجانية صغيرة جدًا، فقد يتطلب تكوين الشعاب المليارات من البوليبات.

تغذية المرجان

لن تتمكن المرجانيات الصلبة من بناء الشعاب دون علاقتها التكافلية مع الحييونات الصفراء التي تعيش داخل أنسجتها (الشكل ٥-٥). وباستخدام الكربون والمغذيات الأخرى التي يوفرها المرجان العائل، تقوم الحييونات الصفراء بعملية التمثيل الضوئي لإنتاج المواد العضوية، والتي يمكن نقلها إلى المرجان. ودون التغذية الإضافية التي توفرها الحييونات الصفراء، لن تكون المرجانيات قادرة على إفراز ما يكفي من كربونات الكالسيوم لبناء هيكل الشعاب. اعتمادًا على الظروف، يمكن أن تنتج الحييونات الصفراء كميات كبيرة من الغذاء لدرجة أن المرجان قد يستمر في العيش من دون تناول الطعام. يُعدّ هذا النوع من العلاقة التكافلية مثالًا على علاقة تبادلية Mutualism، حيث يستفيد كل من المرجان والحييونات الصفراء.

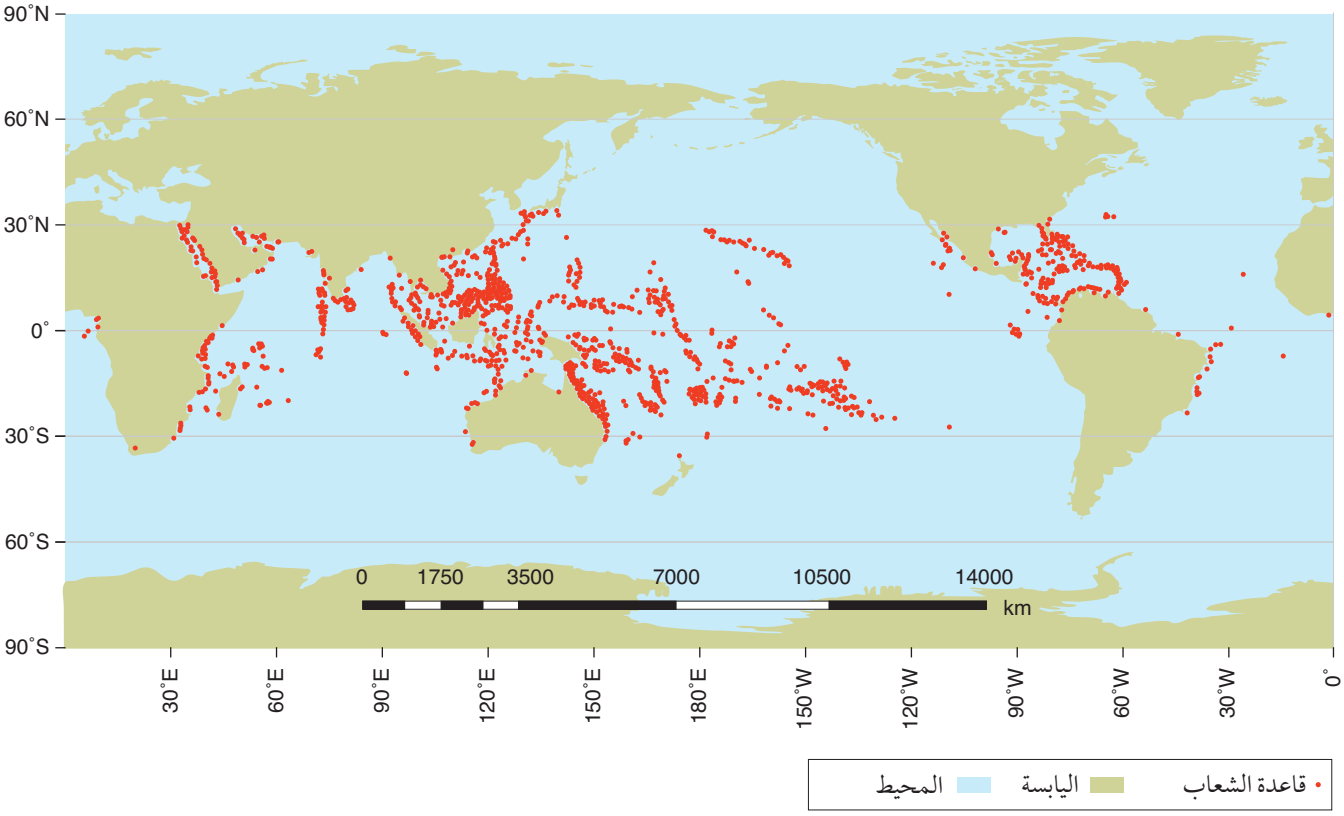
وعلى الرغم من علاقة المرجان مع الحييونات الصفراء، ما زالت المرجانيات الصلبة تُعدّ من الكائنات المفترسة. وتستخدم البوليبات المرجانية لوامسها المليئة بالخلايا اللاسعة لترشيح العوالق الحيوانية المجهرية التي تطفو في المياه القريبة منها.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تحصل المرجانيات على تغذيتها عن طريق عملية الانتشار؛ إذ تطفو جزيئات عضوية مجهرية باستمرار في مياه المحيط، وتمتص المرجانيات هذه المواد العضوية لاستخدامها كمصدر إضافي للغذاء، إلى جانب المغذيات التي تحصل عليها من العلاقة التكافلية مع الحييونات الصفراء وافتراس العوالق الحيوانية.

الظروف اللازمة لتكوين الشعاب المرجانية الاستوائية

عند رسم خريطة توزيع الشعاب المرجانية (الشكل ٥-٦)، يمكن للعلماء وضع فرضيات حول الشعاب التي ستتمتع بأعلى معدلات النمو وذلك عن طريق تقييم وجود أو غياب عدة عوامل غير حيوية أساسية.

تعتمد الشعاب المرجانية على هذه العوامل - وخصوصًا درجة حرارة الماء المناسبة، وصفاء الماء، والعمق الملائم، والركيزة والملوحة - لنموٍ صحّي وتكوين مستعمرات جديدة. توجد الشعاب المرجانية على الأرجح في المناطق الاستوائية، لأن هذه المناطق توفر أكبر عدد من المواقع التي تتوافر فيها جميع هذه العوامل غير الحيوية.



الشكل ٥-٦ خريطة الشعاب المرجانية في العالم.

درجة حرارة الماء

تُعدّ درجة الحرارة العامل غير الحيوي الأهم للمرجان. يقتصر وجود المرجان الصلب على المياه التي تتراوح حرارتها بين 16°C و35°C (61–95 °F). المرجانيات التي تنمو في مياه تقع درجة حرارتها عند طرفي هذا النطاق تميل إلى أن تكون أقل صحة، وتنمو بمعدل أبطأ مقارنة بتلك التي تعيش في مياه ذات النطاق الأمثل من درجات الحرارة بين 23°C و25°C. ونظرًا إلى حاجة المرجان إلى درجات حرارة دافئة لتنمو بنجاح، فمن المتوقع العثور على الشعاب المرجانية حصريًّا في المناطق الاستوائية بين 30° شمالًا و 30° جنوبًا من خط الاستواء. ومع ذلك، توجد بعض الشعاب المرجانية في مناطق خارج هذا النطاق، مثل فلوريدا وجنوب اليابان، حيث يمكنها البقاء والنمو بشكل صحي. ويعود سبب ذلك إلى وجود تيارات مائية دافئة تتدفق على طول الجرف القاري في تلك المناطق.

عمق الماء

يتطلب نمو المرجان الصحي عمقًا مناسبًا من الماء. فبينما تنمو جميع المرجانيات في المنطقة تحت المد subtidal zone، فإن تلك الموجودة في أول 20 m من السطح تتمتع بأسرع معدل نمو.

ونظرًا إلى العلاقة التكافلية بين المرجانيات والحييونات الصفراء ذاتية التغذية الضوئية، فإن الشعاب المرجانية لا توجد في المياه العميقة بسبب عدم وجود الضوء الكافي. وإذا انخفض قاع البحر، فإن البوليبات المرجانية تميل إلى النمو رأسيًا للأعلى للحفاظ على العمق المناسب لعملية التمثيل الضوئي. أما المرجان الذي لا يعتمد على الحييونات الصفراء، فقد يوجد في مياه أعمق ذات درجات حرارة دافئة بمقدار كافٍ.

صفاء الماء

يجب أن يصل ضوء الشمس إلى البوليبات المرجانية بمستويات كافية، حتى تتمكن الحييونات الصفراء من القيام بعملية التمثيل الضوئي بشكل صحيح. لذا، يُعدّ صفاء الماء عاملًا ضروريًا لصحة الشعاب المرجانية ونموها. وإذا لم يصل ضوء الشمس إلى البوليبات المرجانية، فلن تتمكن الحييونات الصفراء من إنتاج المواد العضوية اللازمة لبناء الشعاب. ويؤدي ذلك إلى تباطؤ النمو العام وقد يُسبب إجهادًا للمرجان، ولهذا السبب يحتاج المرجان لمياه صافية خالية من الرواسب أو المغذيات الفائضة للنمو السريع. فوفرة المغذيات تؤدي إلى ازدهار الطحالب، ما يسبّب تعكر المياه ويقلل من اختراق الضوء.

تؤدي المنتِجات البحرية دورًا مهمًا أيضًا في تقليل التعكر والحفاظ على صفاء المياه. فعلى سبيل المثال، تساعد جذور أشجار القرم ومروج الحشائش البحرية على استقرار وتثبيت الركيزة الطينية اللينة وتقليل تعرضها للحركة والتعرية بفعل التيارات البحرية.

الركيزة والملوحة

تُعدّ الركيزة والملوحة من العوامل التي تحدّد نجاح تكوين الشعاب المرجانية. لذلك يجب أن يتوافر للمرجان سطح صخري مناسب لتتثبت به. وبما أن يرقات المرجان لا تستطيع التثبت بالرمال أو بالمواد غير المستقرة، فإنها تميل إلى التثبت بمواد أكثر كثافة وأقل عرضة للحركة بفعل التيارات البحرية تحت الماء. توفر الصخور البازلتية المكونة للجبال تحت سطح البحر والسطوح الصلبة على طول الجرف القاري مواقع مناسبة لتثبت اليرقات. المرجان لا يناسبه العيش في المياه العذبة أو **المياه قليلة الملوحة** **Brackish water** لذا لا ينمو جيدًا بالقرب من مصبّات الأنهار أو في المناطق التي تصب فيها المياه العذبة أو عند الجريان السطحي المتدفق إلى البحر.

مصطلحات علمية

المياه قليلة الملوحة Brackish water: ماء ذو ملوحة منخفضة (أقل من ملوحة مياه البحر وأعلى من المياه العذبة)، يوجد غالبًا في المصبات حيث تختلط المياه العذبة بمياه البحر.

الشعاب المرجانية في سلطنة عُمان

تمتد على طول ساحل سلطنة عُمان أكثر من 530 km^2 من الشعاب المرجانية، وتدعم أكثر من 100 نوع من المرجان و 579 نوعًا من أسماك الشعاب (الصورة ٥-١١). يوضح الشكل (٥-٧) توزيع هذه الشعاب. تدعم هذه الشعاب قطاعَي الصيد والسياحة، ولكن أكثر من نصف الشعاب المرجانية في سلطنة عُمان باتت الآن في خطر مرتفع إلى شديد (انظر الوحدة الثامنة). ولذلك تهدف إقامة المناطق البحرية المحمية وجهود الحفاظ على الشعاب المرجانية إلى حماية هذه النُظم البيئية الفريدة في سلطنة عُمان.

الصورة ٥-١١ سرب من أسماك الكاردينال Cardinalfish الزهرية فوق المرجان اللين بالقرب من ولاية مرباط في سلطنة عُمان.

سلطنـــــة عُمـــــان
(حدودية)

الشكل ٥ – ٧ مواقع الشعاب المرجانية في سلطنة عُمان، موضحة باللون الأحمر.

★ تم إضافة الشعاب المرجانية إلى الخريطة بتصرف.

مثال ٥-١

حساب النسبة المئوية للتغير في تحليل البيانات

إحدى الطرائق الحسابية التي يستخدمها العلماء لمقارنة تغير البيانات بمرور الزمن هي حساب النسبة المئوية للتغير. لحساب النسبة المئوية للتغير، يحتاج العلماء إلى مجموعتَين من البيانات «الأولية» و«النهائية». هناك طريقة بسيطة لتذكر هذه الصيغة:

$$\text{النسبة المئوية للتغير} = \frac{\text{القيمة النهائية} - \text{القيمة الأولية}}{\text{القيمة الأولية}} \times 100$$

إذا كان الناتج عددًا موجبًا، فهذا يعني زيادة في النسبة المئوية. وإذا كان الناتج عددًا سالبًا، فهذا يعني نقصانًا في النسبة المئويّة. إذا كان هناك نقصان في النسبة المئوية، يجب الإشارة إليه بذكر أنه نقصان أو بإضافة الرمز السالب (−).

مثال

شعاب آبو Apo، في الفلبين، هي ثاني أكبر شعاب غير متصلة في العالم. وفي عام 2007م، أصبحت هذه الشعاب ثاني منطقة بحرية محمية (MPA) في الفلبين، مع حظر كامل للصيد في المنطقة. فقبل إعادة تصنيفها، تم إجراء مسح في عام 2006م لتحديد النسبة المئوية لتغطية المرجان الصلب، ثم تم إجراء مسح آخر في عام 2007م بعد أن ضرب الإعصار كالوي Caloy المنطقة، وأُجريت مسوحات أخرى في عامَي 2010 و2015م للتحقق من عملية تعافي الشعاب. وقد جُمعت هذه البيانات في الجدول (٥-٢).

يمكننا استخدام البيانات في الجدول (٥-٢) لحساب النسبة المئوية للتغير في تغطية المرجان قبل وبعد الإعصار كالوي. للقيام بذلك، نحتاج إلى تحديد قيمة التغطية النهائية (18) وقيمة التغطية الأولية (51)، ثم وضع الأرقام في الصيغة الحسابية الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للتغير} = \frac{\text{القيمة النهائية} - \text{القيمة الأولية}}{\text{القيمة الأولية}} \times 100$$

$$= \frac{18 - 51}{51} \times 100$$

$$= -64.7\%$$

النتيجة السالبة تشير إلى نقصان بنسبة 64.7% في تغطية المرجان في شعاب "آبو" بين عامَي 2006 و2007م.

أسئلة

١. احسب النسبة المئوية للتغير في تغطية المرجان بين عامَي 2007 و2010م.
٢. احسب النسبة المئوية للتغير في تغطية المرجان بين عامَي 2010 و 2015م.
٣. باستخدام البيانات التي حسبتها، صف ما حدث لتغطية المرجان الصلب في شعاب "آبو".
٤. اقترح سببًا لسرعة تعافي شعاب "آبو" من الإعصار كالوي.
٥. صف طريقة واحدة يمكن للعلماء استخدامها لإجراء مسحهم.

السنة	النسبة المئوية لتغطية المرجان الصلب (%)	النسبة المئوية للتغير في تغطية المرجان منذ المسح السابق (%)
2006	51	غير متوافر (n/a)
2007	18	– 64.7%
2010	35	
2015	42	

الجدول ٥-٢ النسبة المئوية للتغير في تغطية المرجان في شعاب آبو قبل وبعد الإعصار كالوي وإعادة تصنيفها كمنطقة بحرية محمية (MPA).

دراسة حالة ٥-١: نجم البحر المكلّل بالأشواك على الشعاب المرجانية في المحيطَين الهندي والهادي

نجم البحر المكلّل بالأشواك *Acanthaster planci* مفترس سام طبيعي يوجد على الشعاب المرجانية في المحيطَين الهندي والهادي، بما في ذلك سلطنة عُمان. يُعدّ هذا المفترس جزءًا مهمًا من الشبكة الغذائية لهذه الشعاب. في الظروف الصحية للشعاب المرجانية، يتغذى نجم البحر المكلّل بالأشواك فقط على المرجان الأسرع نموًا، مثل مرجان قرن الغزال والمرجان اللوحي. وقد يبدو أن افتراس المرجان أمر سلبي، إلا أنه عند التغذي على المرجان سريع النمو، يوفر نجم البحر المكلل بالأشواك آلية تسمح لأنواع المرجان الأبطأ نموًا بالتطور وبناء مستعمرات مستقرة. يؤدي ذلك إلى زيادة التنوع البيولوجي على الشعاب، ما يوفر مزيدًا من **الإطارات البيئية Niches** للكائنات الحية الأخرى لتشغلها، وبالتالي يزداد التنوع البيولوجي العام للشعاب.

ومع ذلك، غالبًا ما يعد نجم البحر المكلّل بالأشواك مدمرًا للشعاب المرجانية. فعلى مدى الخمسين عامًا الماضية، حدثت عدة حالات اجتاحت فيها أعداد كبيرة من نجم البحر المكلّل بالأشواك المرجان الصلب الذي يعود سنُّه لقرون، والتهمت جماعة نجم البحر المكلّل بالأشواك جميع الأنسجة الحية في طريقها، كما هو موضح في الصورة (٥-١٢). يُطلق على هذا السلوك مصطلح "تفشي Outbreak". وقد شهدت سواحل سلطنة عُمان عدة حالات تفشي لنجم البحر المكلّل بالأشواك منذ ثمانينيات القرن الماضي، ما تسبّب بأضرار كبيرة للشعاب، والتي لا يمكن للمرجان التعافي منها بسرعة.

الصورة ٥-١٢ مجموعة من نجم البحر المكلل بالأشواك تلتهم مرجانًا صلبًا خلال تفشيه قبالة جزيرة إسبيريتو سانتو Espirtu Santo Island، فانواتو، في عام 2019م.

أسباب التفشي

أُجريت عدة دراسات لتحديد أسباب تفشي نجم البحر المكلّل بالأشواك، ويبدو أن عدة عوامل قد تكون مسؤولة عن ذلك. يمكن للإناث الكبيرة من نجم البحر المكلّل بالأشواك أن تُنتج ما يصل إلى 65 مليون بيضة أثناء موسم التفريخ، إلا أن هذا ليس أمرًا غريبًا بالنسبة إلى اللافقاريات؛ لذا لا بد من أن هناك أسبابًا أخرى وراء حدوث التفشي. بدايةً، يجب أن يكون هناك زيادة عامة في مغذيات محددة، وخصوصًا النيتروجين والفوسفور، داخل النظام البيئي. عادةً ما تحدث زيادة في هذه المغذيات عندما تُغسل الأسمدة المستخدمة من اليابسة إلى البحر كجريان سطحي. وعند ارتفاع مستويات المغذيات، تزدهر العوالق النباتية، ما يوفر مزيدًا من الغذاء ليرقات نجم البحر المكلّل بالأشواك. بما أن المزيد من اليرقات تحظى برعاية جيدة لتصل إلى مرحلة النضج، فإن عددًا كبيرًا منها يستقر ويتحول ليشكل نجوم البحر المكللة بالأشواك البالغة.

سواء أكان نجم البحر المكلّل بالأشواك يرقة أو بالغًا فإن لديه مفترسات طبيعية؛ لذا يُعدّ انخفاض أعداد هذه المفترسات عاملًا رئيسيًا آخر في حدوث التفشي. لا يُعرف الكثير عن المفترسات التي تتغذى على اليرقات، على الرغم من أن العديد من العلماء يفترضون أن المرجانيات نفسها قد تكون أفضل مفترس طبيعي ليرقات نجم البحر المكلّل بالأشواك. أما البالغة منها فتفترسها الحلزونات الترتيونية العملاقة Giant triton snails (الصورة ٥-١٣)، وسمكة النابليون Humphead Maori wrasse، والسمك النجمي المنتفخ Starry pufferfish، وأسماك الزناد العملاقة Titan triggerfish. عندما يتم الصيد الجائر لهذه الحيوانات، سواء لغرض الطعام أو تجارة أحواض السمك، فقد تصبح الشعاب المرجانية مكتظة بنجوم البحر المكللة بالأشواك. كما أن ازدهار العوالق قد يسبب تفشيًا، لأن العوالق توفر مصدرًا غذائيًا وفيرًا لنجم البحر.

مصطلحات علمية

الإطار البيئي Niche: الدور الذي تؤديه الأنواع في المجتمع البيئي؛ وهو وصف لعلاقة النوع مع جميع العوامل الحيوية وغير الحيوية في بيئته.

تابع

الصورة ٥-١٣ حلزون التريتون العملاق يهاجم نجم البحر المكلّل بالأشواك أثناء محاولة الأخير التهام جزء من الشعاب المرجانية.

تفشٍّ في الحاجز المرجاني العظيم

في شهر نوفمبر من عام 2017م، تم رصد تفشٍّ معزول لنجم البحر المكلّل بالأشواك على طول شعاب سوين Swain في الطرف الجنوبي من الحاجز المرجاني العظيم، على بُعد نحو 250 km من ساحل كوينزلاند. تُعدّ هذه المنطقة نائية ويصعب الوصول إليها، ما جعل العلماء يواجهون صعوبة في وضع خطة للسيطرة على نجم البحر والتمويل اللازم للمشروع.

وفي شهر فبراير من عام 2018م، تم إرسال مجموعة مكونة من 25 غواصًا متطوعًا إلى الشعاب المرجانية في محاولة للحد من أعداد نجم البحر المكلّل بالأشواك. فعلى مدار رحلة استمرت تسعة أيام، عمل الغواصون على حقن نجوم البحر بمحلول أملاح الصفراء Bile salts لقتلها بسرعة وكفاءة. وفي نهاية الرحلة، تمكن الغواصون من تحطيم الرقم القياسي بالقضاء على 47 000 نجم بحر مكلّل بالأشواك من جزء واحد فقط من الشعاب. وقد اعترف العلماء على متن البعثة بأن المشكلة لم تُحل تمامًا بهذه الرحلة الواحدة، لكنهم أعربوا عن أملهم في أن يكون للشعاب فرصة أفضل للتعافي.

أسئلة

١. لخص أسباب تفشي نجم البحر المكلّل بالأشواك في المحيطين الهندي والهادي.

٢. صف كيف يمكن أن يؤدي فقدان المرجان بسبب تعرية الشعاب أثناء إعصار استوائي إلى تفشي نجم البحر المكلّل بالأشواك.

٣. اشرح كيف تُساهم ممارسات الصيد السيئة وسوء إدارة النفايات في تفشي هذا النوع من نجم البحر.

٤. اشرح: متى وكيف يمكن أن يكون نجم البحر المكلّل بالأشواك مفيدًا للنظام البيئي للشعاب المرجانية.

٥. هل تعتقد أن تقليل أعداد نجم البحر المكلّل بالأشواك عن طريق القضاء عليها هو عمل أخلاقي؟ برر إجابتك.

أسئلة

(٤) صف ثلاث طرق يمكن من خلالها أن تحصل البوليبات المرجانية على المغذيات.

(٥) اذكر العامل غير الحيوي الأكثر ارتباطًا بالعلاقة التكافلية بين المرجان والحييونات الصفراء، ثم اشرح سبب اختيارك.

٣-٥ الشاطئ الصخري

الشاطئ الصخري هو أي شاطئ يحتوي على ركيزة صخرية، لكنه قد يختلف في الانحدار وتركيب الصخور. ويُعد العيش في الشواطئ الصخرية تحديًا للكائنات الحية، إذ تواجه العديد من الصعوبات مثل تقلبات درجات الحرارة، وقوة الأمواج، والتعرض للهواء نتيجة حركة المد والجزر. كما تؤثر عوامل أخرى مثل انحدار الشاطئ، ونوع الصخور التي تشكل الركيزة، وما إذا كان الموطن البيئي في منطقة معتدلة أو استوائية، وكمية ضوء الشمس المتاحة على مدى العام. لذلك، قد يبدو غريبًا أن الشواطئ الصخرية تكون عادةً مواطن بيئية ذات تنوع بيولوجي كبير (الصورة ٥-١٤).

توفر الشواطئ الصخرية موطنًا بيئيًا واستقرارًا للعديد من الأنواع في **المنطقة الشاطئية Littoral zone**. وتوفر الركيزة الصخرية العديد من الأماكن التي يمكن للكائنات الحية التثبت بها، وهو أمر ضروري للبقاء في بيئة يمكن للأمواج فيها أن تجرف الكائنات الحية والصخور بعيدًا. العديد من الكائنات الحية، منها الطحالب، والبرنقيلات، وشقائق نعمان والعديد من أنواع الرخويات التي تتخذ من السطح الصخري موطنًا بيئيًا لها لتتثبت به. وتُعدّ الحاجة إلى التثبيت الآمن عاملًا أساسيًا، ما يجعل الحيز – وليس الغذاء أو الضوء – المورد الرئيسي الذي تتنافس عليه الكائنات الحية في هذا النظام البيئي.

الصورة ٥-١٤ حوض مد وجزر على شاطئ صخري غنية بالتنوع البيولوجي.

لتقليل التنافس على الحيز والتأقلم مع العوامل غير الحيوية المتغيّرة، تُوزع الأنواع في النُظم البيئية للشواطئ الصخرية نفسها بشكل عمودي على الصخور في نمط يُسمى **التقسيم المناطقي Zonation**. ولتحديد الحد الأعلى لمنطقة نوع معيّن، يبحث العلماء عن العوامل غير الحيوية التي تؤثر على البقاء، كتحمّل درجات الحرارة، والمدة التي يمكن للكائن الحي أن يقضيها خارج الماء قبل أن يصاب **بالجفاف Desiccation**. أما لتحديد الحد الأدنى لمنطقة النوع، فيركز العلماء على العوامل الحيوية، وخصوصًا التنافس بين الأنواع الأخرى والافتراس. المنطقة الواقعة بين **المد والجزر Intertidal zone** على الشاطئ الصخري هي جزء من المنطقة الشاطئية، ويمكن تقسيمها إلى أربع مناطق رئيسية كما يوضحها الشكل (٨ –٥) وهي:

منطقة الرذاذ

منطقة الرذاذ Splash zone هي الجزء من الشاطئ الذي يقع فوق أعلى حد للمد. وفي الأيام العادية، لا تتعرض الكائنات الحية في هذه المنطقة إلا للقليل من رذاذ ماء البحر أثناء المدّ، بينما تبقى معرضة للجفاف معظم اليوم. ولا تُغمر هذه الكائنات بالماء إلا خلال المدّ الربيعي أو عند حدوث العواصف البحرية. الكائنات الحية التي تعيش هنا تتأقلم بشكل يمكّنها من العيش في هذه البيئة الجافة والمالحة.

مصطلحات علمية

المنطقة الشاطئية Littoral zone: المنطقة من خط الساحل التي تتعرض لتأثير الأمواج؛ وتُعدّ موطنًا بيئيًا للكائنات الحية على الساحل.

التقسيم المناطقي Zonation: توزيع النباتات أو الحيوانات في مناطق محددة داخل النظام البيئي بناءً على عامل غير حيوي معيّن، مثل الجفاف أو عامل حيوي مثل التنافس.

الجفاف Desiccation: عملية إزالة الرطوبة؛ أو حالة الجفاف التام.

منطقة المد والجزر Intertidal zone: المنطقة المعروفة باسم الشاطئ البحري، والتي تنكشف عند الجزر وتكون مغمورة بالماء أثناء المد.

منطقة الرذاذ Splash zone: الجزء من الشاطئ الصخري الذي يقع فوق أعلى مد ويتلقى المياه من رذاذ الأمواج.

يعيش في منطقة الرذاذ، بعض الأشنات المقاومة للملوحة ملتصقة بالصخور بين الونكات الشائعة Common periwinkles والبطلينوس Limpets. الونكة الشائعة نوع من الحلزونات البحرية التي تستخدم قدمها العضلية لتثبّت نفسها بإحكام على الصخور، ما يحميها من الانجراف بفعل الأمواج. وتأقلم العديد من هذه الحلزونات على البقاء لعدة أيام من دون طعام أو ماء، حيث تُغلق على نفسها داخل صدفتها الحلزونية، وتخزن كمية من الماء في خياشيمها لتبادل الغازات. أما البطلينوس فهي حلزونات بحرية ذات شكل مسطح تلصق صدفتها على الصخور لاحتجاز الماء أثناء الأوقات الأكثر جفافًا في اليوم. ويساعدها هذا التأقلم على تنظيم درجة حرارتها ومواصلة أداء عملية تبادل الغازات.

الشاطئ العلوي

يُغمر الشاطئ العلوي Upper shore فقط أثناء المد المرتفع، لذلك يجب أن تكون الكائنات الحية فيه قد تأقلمت على تحمّل فترات زمنية طويلة من دون ماء أو طعام، إضافة إلى تحمّل تغيرات حادة في درجة الحرارة. تواجه هذه الكائنات خطر الجفاف أثناء الجزر. بالإضافة إلى ذلك، قد تكون حركة المياه مع دخول وخروج المد والجزر قوية جدًا، لذلك يجب أن تكون هذه الكائنات الحية قادرة على تحمل حركة المياه الشديدة.

تشمل الكائنات الحية النموذجية الموجودة في هذه المنطقة الكيتونات Chitons، والبرنقيلات، وحلزونات الونكة الشائعة والبطلينوس وطحلب الفوكس القنواتي Channelled wrack. الكيتونات هي نوع آخر من الرخويات ذات القدم العضلية التي تأقلمت على التشبث بقوة في الركيزة الصخرية لمنع الأمواج من سحبها إلى البحر أو لمنع المفترسات من افتراسها. كما أنها قادرة على احتجاز الماء داخل عباءتها Mantle أثناء الجزر للسماح بتبادل الغازات وتنظيم درجة الحرارة. طحلب الفوكس القنواتي هو نوع من الطحالب التي لها عدّة سمات تمكنها من البقاء، خصوصًا أثناء الجفاف، في الشاطئ العلوي. ونظرًا إلى أن هذه الطحالب قد تحتاج إلى البقاء لمدة تصل إلى ثماني ساعات من دون ماء، فإن سعفاتها تكون ملتفة؛ لتقليل فقدان الماء عن طريق التبخر، كما أن لديها قنوات داخل السعفات تتناسب مع احتجاز الماء عند المد. لهذه الطحالب مقدرة على البقاء من دون ماء، إذ يمكنها فقدان ما يقرب من 90% من مياهها دون أن تموت، ويمكنها أن تعيد ترطيب نفسها خلال 25 دقيقة.

الشاطئ الأوسط

يتعرّض الشاطئ الأوسط Middle shore للهواء مرتَين يوميًا أثناء الجزر؛ لذا فإنه يجب أن يكون للكائنات الحية في هذه المنطقة آلية للتأقلم مع الجفاف، ولكن ليس بقدر تلك التي تحتاج إليها الكائنات الحية في الشاطئ العلوي أو منطقة الرذاذ. ومع ذلك، يجب أن تكون هذه الكائنات قادرة أيضًا على البقاء أثناء غمرها بالماء لفترات زمنية طويلة، إذ تتعرض للهواء والماء على نحو متساوٍ. تشمل الكائنات الحية في هذه المنطقة الطحالب البنّية، والبرنقيلات، والبطلينوس، والونكات الشائعة، وبلح البحر، والتي تمتلك جميعها تأقلمًا يساعدها على البقاء في هذه البيئة المتغيرة.

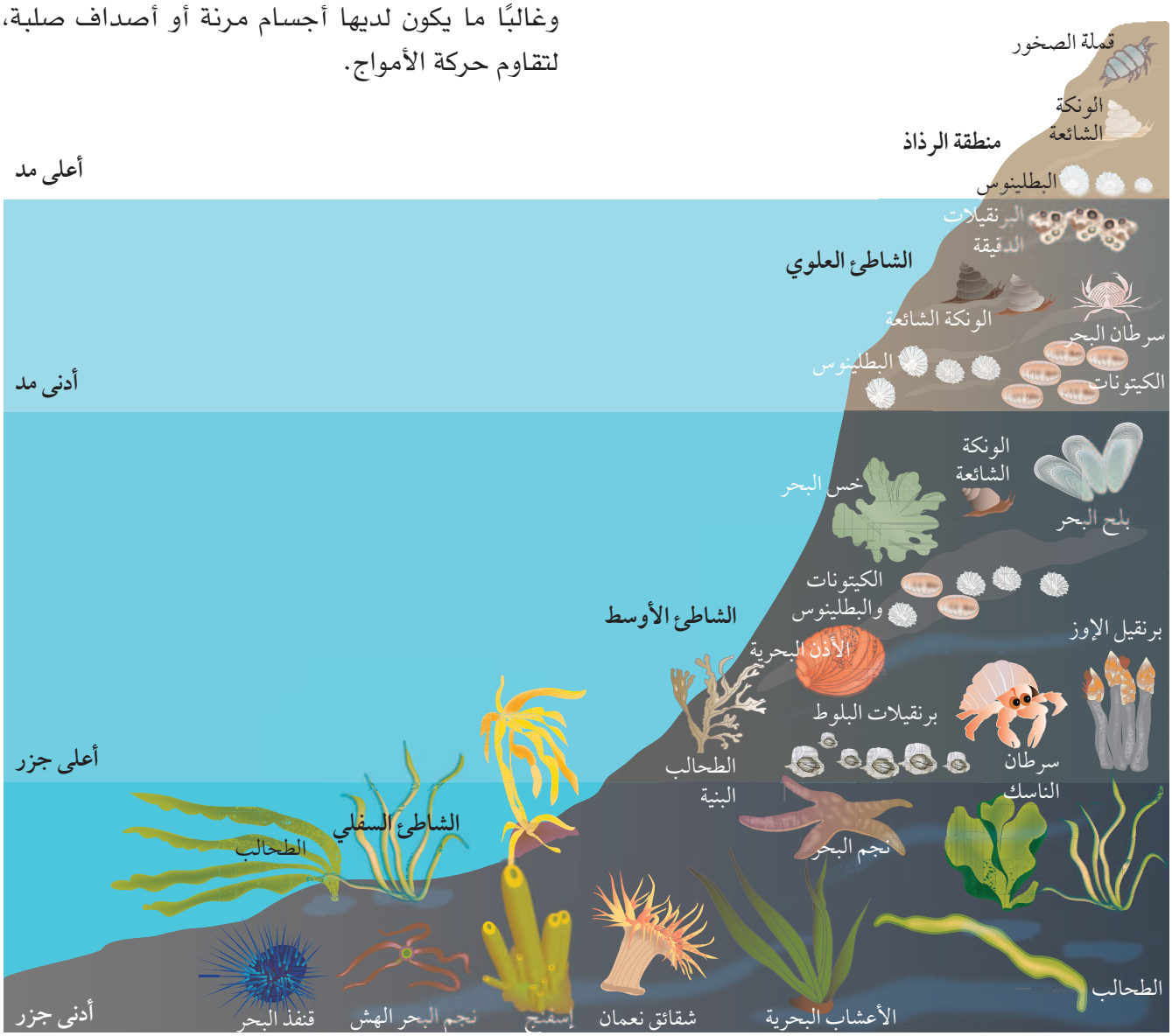
يمكن العثور على عدة أنواع من البرنقيلات وهي من القشريات، في الشواطئ الصخرية. تتثبت هذه الكائنات بالركيزة المناسبة في طور اليرقة، ثم تمر بمرحلة تحول إلى شكلها البالغ. وعندما يرتفع المد، يجعل الماء البرنقيلات تفتح أصدافها الخارجية وتمد قوائمها الريشية الشكل لتتغذى بالترشيح على العوالق القادمة من الماء. أما عندما ينحسر المد، فتغلق البرنقيلات قواقعها لمنع جفاف أجسامها وحماية نفسها من الافتراس.

بلح البحر الأزرق يستخدم خيوط البيسال Byssal (ألياف بروتينية حريرية قوية ينتجها بلح البحر، للتثبت بالأسطح الصخرية) في الشاطئ الأوسط. تساعد هذه الخيوط بلح البحر على التمسك جيدًا بالصخور أثناء تغيرات المد والجزر عند ارتطام الأمواج. بالإضافة إلى ذلك، يستطيع بلح البحر إغلاق صدفتَيه بإحكام، ما يسمح له باحتجاز الماء في الداخل لمنع الجفاف. تمتلك أنواع الطحالب البنّية مثبتات Holdfasts قوية؛ تمكنها من

التثبت بالركيزة الصخرية. بعض أنواع الطحالب البنّية تمتلك أكياس طفو أو مثانات هوائية تساعد الأنسجة القادرة على التمثيل الضوئي على الطفو بالقرب من سطح الماء عند ارتفاع المد.

الشاطئ السفلي

الشاطئ السفلي Lower shore عادةً ما يكون مغطى بالماء، باستثناء الأوقات التي يحصل فيها جزر ربيعي. ويكون للكائنات الحية الموجودة في هذه المنطقة سمات قليلة تساعدها على العيش خارج الماء؛ لذا فإنها تجف أو ترتفع حرارتها بسهولة. بشكل عام، تكون الظروف في الشاطئ السفلي أكثر استقرارًا مقارنة ببقية المجتمع البيئي للشواطئ الصخرية. لذلك، يمكن العثور على تنوع بيولوجي أكبر وكائنات أكثر وفرة في هذا الشاطئ. تشمل الكائنات الحية النموذجية الموجودة في هذا الشاطئ الأعشاب البحرية، والطحالب، ونجوم البحر، وقنافذ البحر، وشقائق نعمان، والمحار. هذه الكائنات الحية متأقلمة للعيش في مياه البحر، لذا تتمتع بخصائص تُساعدها على تحمل تراكيز الملوحة العالية. وغالبًا ما يكون لديها أجسام مرنة أو أصداف صلبة، لتقاوم حركة الأمواج.



الشكل ٥-٨ رسم تخطيطي يوضح التقسيم المناطقي للكائنات الشائعة الموجودة على الشاطئ الصخري في المناطق المعتدلة.

أحواض المد والجزر

قد توجد أحواض المد والجزر Tide pools في كل من هذه المناطق. تتشكل هذه الأحواض عندما تمتلئ بقعة منخفضة معيّنة في الصخور بمياه البحر أثناء الجزر. تُعدّ أحواض المد والجزر مهمة لبقاء الكائنات الحية في الشواطئ العلوية؛ لأنها توفر مكانًا يساعدها على تبريد أجسامها، والقيام بتبادل الغازات، والتغذية. ومع ذلك، كلما طالت مدة الجزر، أصبحت أحواض المد والجزر أكثر دفئًا وملوحة بسبب ضحالة الماء والتبخر. ويصبح نقص الأكسجين مشكلة أيضًا؛ لأن ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الملوحة يؤديان إلى خروج الأكسجين الذائب من الماء، وفي الوقت نفسه، تستهلك الكائنات الحية داخل الأحواض الأكسجين المتبقي. وبمجرد عودة المد والجزر، يتم استبدال مياه أحواض المد والجزر وتجديدها، لتصبح جاهزة للاستخدام مرة أخرى.

أثبتت دراسة ميدانية أجراها فريق بحثي من مكتب حفظ البيئة بهيئة البيئة العُمانية لتتبع انتشار الوعل العربي (الطهر) في منطقة رأس أبو داود بمحافظة مسقط، قدرة حيوان الطهر العربي بصفته حالة نادرة على شرب مياه البحر من أحواض المد والجزر.

أسئلة

٦ قارن بين العوامل غير الحيوية في منطقة الرذاذ والشاطئ العلوي في الشاطئ الصخري.

٧ صمم جدولًا لمقارنة المناطق الأربع المختلفة في الشاطئ الصخري. استخدم العناوين الآتية للأعمدة: المنطقة، العوامل غير الحيوية، أمثلة على الكائنات الحية، التأقلمات.

٨ اشرح العوامل غير الحيوية التي قد يواجهها الكائن الحي الذي يعيش في حوض المد والجزر.

٤-٥ الشاطئ الرملي

تتميز النُظم البيئية للشاطئ الرملي Sandy shore بمجموعة فريدة من العوامل التي تُواجهها الكائنات الحية. تُعدّ **الركيزة المسامية** **Porous substrate** والمتحركة باستمرار أكثر العوامل تحديًا. وتتميز الشواطئ الرملية بانعدام الاستقرار فيها؛ إذ يمكن لموجة واحدة أو هبّة ريح أن تزيل كميات كبيرة من الرمال الدقيقة التي تتشكل على الشاطئ. بالإضافة إلى ذلك، لا تحتفظ الشواطئ الرملية بالماء بشكل جيد لأنها مسامية. يمكن للماء والهواء التسرب بسهولة بين حبيبات الرمل عبر الفراغات الموجودة داخل الركيزة وكلما كان قطر حبيبات الرمل أكبر، كانت الركيزة أكثر نفاذية، وذلك بسبب اتساع الفراغات الفاصلة بينها. وهذا يعني أنه على الرغم من أن الشاطئ الرملي مُؤكسَج جيدًا، إلا أنه يمكن أن يُغمر بالماء عند المد، أو يجف تمامًا عند الجزر، ما يجعل الجفاف خطرًا على الكائنات الحية التي تعيش فيه.

تفتقر الشواطئ الرملية أيضًا إلى أماكن للتثبت، لذا لا يمكن للأعشاب البحرية البقاء فيها، إذ إن المنتجات الوحيدة التي يمكن أن توجد على هذه الشواطئ هي العوالق النباتية التي تنقلها تيارات المياه مع حركة المد والجزر.

تتلاءم معظم الكائنات الحية مع هذه العوامل غير الحيوية عبر سلوكيات تتأقلم بالعيش **داخل** الركيزة بدلًا من العيش **على** سطحها، وتميل الكائنات الحية في مجتمع الشاطئ الرملي إلى أن تكون حيوانات حفّارة Burrowers أو من الكائنات القاعية Infauna أي تلك التي تحفر داخل الركيزة، مثل سرطان الشبح، ومحار ذي الصدفتَين، والديدان الحلقية، مثل الديدان الخيطية Ragworms، وديدان اللوج *Arenicola marina* والتي لديها تأقلمات جسدية تساعدها على الحفر، مثل الجسم الانسيابي. وتُعد ديدان اللوج مثالًا نموذجيًا على الديدان الحلقية البحرية التي تحفر في الرمل على الشواطئ.

مصطلحات علمية

ركيزة مساميّة **Porous substrate**: ركيزة تحتوي على ثقوب تسمح بمرور الهواء والماء.

ومع ذلك، هناك عوامل حيوية تؤثر على هذه المجتمعات مثل الافتراس، والتنافس. وتؤدي قلة الصخور فيها إلى قلة المواطن البيئية، ما يقلل من أماكن الاختباء من المفترسات مثل طيور الشاطئ. كما أن هناك عددًا أقل من المواطن البيئية على الشواطئ الرملية بسبب قلة مصادر الغذاء المتاحة. ونظرًا إلى أن المصدر الغذائي الأساسي على الشاطئ الرملي هو العوالق والمواد العضوية التي يجلبها المد والجزر، فإن معظم الكائنات الحية هناك هي آكلة الحتات التي تجمّع المواد العضوية من بين حبيبات الرمل أثناء حفرها. ويؤدي هذا إلى حدوث تنافس بين الأنواع القليلة التي تعيش في الشاطئ الرملي.

تفسر هذه التحديات سبب انخفاض التنوع البيولوجي في الشواطئ الرملية مقارنة بالشواطئ الصخرية. بشكل عام، يحتوي الشاطئ الرملي على عدد قليل من الأنواع المختلفة داخل حبيبات الرمل، لكنها قد تكون بأعداد كبيرة جدًا. ولكلٍّ من هذه الأنواع تأقلمات تساعدها على البقاء في هذا النظام البيئي غير المستقر.

لسرطانات الشبح *Ocypode cordimana* تأقلمات سلوكية لتحفر جحورًا عميقة في أعلى الشاطئ عند أعلى مد. وقد يصل عمق هذه الجحور إلى 1 m لتجنب حرارة النهار. وعند غروب الشمس، تخرج سرطانات الشبح من جحورها وتتجه نحو خط الماء لتتغذى على المواد العضوية المتحللة التي تجرفها الأمواج إلى الشاطئ. ومن الصعب رؤيتها بسبب تمويهها بلون الرمال كتأقلم لتجنب الافتراس. تعيش أنواع سرطانات الشبح على شواطئ المحيطَين الهندي والهادي.

ديدان اللّوج يمكن العثور عليها عن طريق البحث عن كومة من الرواسب الرملية على شكل دودة بجانب فتحة صغيرة (الصورة ٥-١٥). وقد تشكّل ديدان اللّوج ما يصل إلى 30% من الكتلة الحيوية على الشاطئ الرملي. وهي تُعدّ غذاءً رئيسيًا للمفترسات في الشاطئ الرملي، وتتمتع ديدان اللّوج بتأقلم يساعدها في ذلك الأمر وهي أن ذيلها قد ينمو مجددًا إذا فُقد. فهي تستطيع التضحية بجزء من جسمها للمفترس مع بقائها على قيد الحياة.

محار الحلاقة *Siliqua patula* هو محار ذو صدفتَين كبير الحجم يعيش على الشواطئ الرملية على طول المحيط الهادي الشرقي. ولتجنب المفترسات، تطمر هذه الكائنات الحية نفسها في الرمال عن طريق دفع قدمها العضلية خارج الصدفة لإحداث حفرة. ثم تمدد أصدافها بسرعة لتوفير مساحة أكبر لجسمها. ثم تغلق أصدافها حركة نزول إلى الأسفل. تتكرر هذه العملية إلى أن يدفن المحار نفسه بالكامل تحت الرمال، تاركًا أنبوبًا يُسمى السيفون Siphon مكشوفًا لتبادل الغازات.

الصورة ٥-١٥ دودة اللّوج تخرج من جحرها بحثًا عن المواد العضوية المتحللة.

أسئلة

٩ لماذا من المرجح أن تحتوي الشواطئ الصخرية على تنوع بيولوجي أكبر من الشواطئ الرملية؟

١٠ اقترح السمة التي قد تكون الأهم للبقاء على الشاطئ الرملي؟ اشرح سبب اختيارك.

مهارة استقصاء عملي ٥-١: دراسة تأثير حجم الجسيمات على نفاذية الركائز

مقدمة

النفاذية Permeability هي مدى جودة تدفق الماء عبر الركيزة أو المادة التي تشكل قاع النظام البيئي. هناك عاملان رئيسيان يحددان نفاذية الركيزة: مدى تماسك الجسيمات التي تشكل الركيزة ومسامية الركيزة. المسامية هي كمية الماء التي يمكن للركيزة احتجازها بناءً على كمية الفراغات الموجودة داخلها. ولكي يتدفق الماء عبر الركيزة، يجب أن تكون هناك فراغات لملئها. وكلما كانت الركيزة أكثر تماسكًا، كان من الصعب على الماء التدفق من خلالها.

المواد والأدوات

- 9 أكواب ورقية أو بلاستيكية متوسطة الحجم
- مخبار مدرّج (سعته لا تقل عن 100 mL)
- كأس زجاجية (سعتها أكبر من 100 mL)
- قلم تحديد
- دبوس تثبيت
- ساعة إيقاف
- آلة حاسبة
- ملعقة
- ماء
- 3 أكواب من الحصى
- 3 أكواب من التربة
- 3 أكواب من الرمل
- ورق تجفيف/ مناديل ورقية

احتياطات الأمان والسلامة

اتبع جميع قواعد السلامة المختبرية التي يزوّدك بها معلمك.

احرص على سلامتك عند استخدام دبوس التثبيت.

التمهيد

أ. ستحتاج إلى قياس 100 mL من الماء لهذا الاستقصاء. أيّ أداتَي القياس ستكون الأدق: المخبار المدرج أم الكأس المخبرية؟ ولماذا؟

ب. انظر إلى حجم الجسيمات في الركائز (الرواسب) الثلاث التي تم تزويدك بها وكيفية تماسكها معًا. بناءً على هذه الميزات، أيّ ركيزة تعتقد أن لديها المسامات الأكبر؟

ج. أيّ ركيزة تتنبأ أن تكون الأكثر نفاذية (أقصر زمن لتدفق الماء)؟

الطريقة

١. قم بقياس 100 mL من الماء باستخدام الأداة الأكثر دقة التي اخترتها.

٢. اسكب 100 mL من الماء في أحد الأكواب الورقية الفارغة.

٣. استخدم القلم لتحديد ارتفاع الماء في الكوب.

٤. أعد سكب الماء بعناية مرة أخرى في المخبار المدرّج.

أ. إذا كان هناك أقل من 100 mL في المخبار المدرّج بعد إعادة تعبئته، فأضف كمية من الماء بمقدار الفرق ليصل مقدار الماء إلى 100 mL.

ب. استخدم منديلًا ورقيًا لمسح الكوب وإزالة أي ماء متبقٍ.

٥. استخدم دبوس التثبيت لثقب قاع الكوب الذي قمت بتحديده.

٦. املأ الكوب بالرمل إلى الخط الذي رسمته.

٧. أمسك الكوب فوق الكأس المخبرية لتجميع الماء المتدفق من الثقب.

٨. اضبط ساعة الإيقاف على 60 ثانية.

٩. اسكب 100 mL من الماء في كوب الرمل وابدأ تشغيل ساعة الإيقاف فور ملامسة الماء للرمل.

١٠. بعد 60 ثانية، أزل الكوب وسجّل حجم الماء الموجود في الكأس المخبرية (الماء الذي تمكن من المرور عبر الركيزة في دقيقة واحدة) في العمود المناسب في الجدول (٥-٣).

١١. باستخدام كوب جديد، كرر الخطوات ١-١٠ مرتَين إضافيتَين مع الرمل وثلاث مرات لكل من الحصى والتربة (يمكنك تنظيف الكوب وتجفيفه بعناية بين كل تكرار أو استخدام كوب جديد في كل مرة).

تابع

١٢. احسب معدل النفاذية لكل تجربة باستخدام الصيغة الآتية:

$$\text{معدل النفاذية} = \frac{\text{حجم الماء الذي تمكن من المرور}}{\text{الزمن}}$$

١٣. احسب المتوسطات لكل من حجم الماء ومعدل النفاذية لكل نوع من الركائز.

١٤. سجل جميع النتائج في الجدول (٥-٣).

النتائج

نوع الركائز	حجم الماء الذي تمكّن من المرور عبر الركيزة خلال 60 s / mL				معدل النفاذية / $mL\ s^{-1}$			
	التجربة 1	التجربة 2	التجربة 3	المتوسط	التجربة 1	التجربة 2	التجربة 3	المتوسط
رمل								
تربة								
حصى								

الجدول ٥-٣ نتائج استقصاء نفاذية الركيزة بناءً على حجم جسيماتها.

التحليل والاستنتاج والتقويم

أ. ما الوحدات التي يجب استخدامها للتعبير عن معدل النفاذية؟

ب. بناءً على بياناتك، أي نوع من الركائز كانت له أعلى نفاذية؟ هل دعمت هذه النتيجة فرضيتك (تنبؤك)؟

ج. بناءً على بياناتك، أي نوع من الركائز كانت له أقل نفاذية؟ اشرح السبب.

د. ما السمات الأخرى، غير حجم الجسيمات، التي قد تسبب زيادة أو انخفاض معدل النفاذية في الركائز؟

هـ. باعتقادك، كيف أثر حجم الجسيمات في نتائجك؟

و. برأيك، ما الغرض من هذا الاستقصاء؟

ز. ما المتغيرات الأخرى التي يمكن اختبارها للتحقق من صحة نتائجك؟ وكيف يمكنك اختبارها؟

ح. باستخدام النتائج الواردة في الجدول (٥-٤)، ماذا يمكنك أن تستدل بشأن حجم الجسيمات في ركائز الطين والرمل الناعم والرمل الخشن؟

نوع الركائز	حجم الماء القادر على المرور عبر نوع الركيزة خلال 60 s / mL	معدل النفاذية / $mL\ s^{-1}$
الطين	3	0.05
الرمل الناعم	40	0.67
الرمل الخشن	60	1.00

الجدول ٥-٤ نتائج استقصاء نفاذية الطين والرمل.

مصطلحات علمية

النفاذية Permeability: مدى جودة تدفق الماء عبر الركيزة.

٥-٥ غابة القرم

أشجار القرم تتحمل الملوحة وتفضّل العيش في البيئات الساحلية أو في المصبات بين خطَّي العرض 25° شمالًا و 25° جنوبًا. هناك أكثر من 110 أنواع من أشجار القرم، ويوجد العديد منها في إندونيسيا، حيث يكون التنوع البيولوجي لأشجار القرم هو الأعلى. في سلطنة عُمان تغطي غابات القرم مساحة تزيد على 10 km^2 وهي من أشجار القرم الرمادية *Avicennia marina* (الصورة ٥-١٦). تستطيع هذه الأشجار البقاء في البيئات المالحة بسبب قلة منافستها من النباتات الأخرى. وتميل أشجار القرم إلى تكوين مواطن غابية ضمن منطقة المد والجزر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية إلى جانب نباتات أخرى تتحمل الملوحة، ما يُوفر أساسًا لمجتمعات شديدة التنوع البيولوجي.

الصورة ٥-١٦ جِمال وطيور الفلامنجو مع أشجار القرم منخفضة النمو على طول الساحل الجنوبي لسلطنة عُمان.

ظروف تكوين غابة القرم

تميل غابات أشجار القرم إلى النمو في المناطق المالحة ذات نطاق المد والجزر الواسع، حيث يكون الترسيب أكثر شيوعًا من التعرية بسبب هدوء المياه وانخفاض حركة الأمواج. يعمل الترسيب على توفير رواسب رملية أو طينية تسمح **للبروباجولات Propagules** بالانغراس في الرمال وتكوين الجذور. ولأن أشجار القرم استوائية وشبه استوائية، يجب أن تكون درجة حرارة المنطقة معتدلة إلى دافئة طوال العام، بحيث لا ينخفض متوسط درجة الحرارة في أبرد شهر عن 20°C. عادةً، تنمو أشجار القرم بشكل أفضل في المناطق التي تحتوي على شعاب مرجانية صحية قبالة الشاطئ؛ إذ توفّر الشعاب الحماية لأشجار القرم.

مصطلحات علمية

البروباجولات Propagules: هي تراكيب تكاثرية تنفصل عن النبات الأم وتكون قادرة على النمو لتصبح فردًا جديدًا.

أشجار القرم الحمراء

جميع أشجار القرم لها سمات تساعدها على البقاء في المواطن الساحلية أو المصبات. يجب أن تتأقلم أشجار القرم مع ارتفاع مستوى الملوحة في المياه والركيزة غير المستقرة الخالية من الأكسجين. يركز هذا القسم على شجرة القرم الحمراء *Rhizophora mangle*، والتي تُعدّ أكثر أنواع القرم تميزًا لانتشارها الواسع حول العالم ولتركيب جذورها الفريد (الصورة ٥-١٧).

الصورة ٥-١٧ أشجار القرم الحمراء على طول بحيرة في منتزه لوانغو الوطني في غامبا، الغابون.

الاستقرار

أكثر ما يميز شجرة القرم الحمراء هو تركيب جذورها. تنمو الجذور الدعامية Prop roots (الصورة ٥-١٧) من جوانب جذع الشجرة وتتقوس نحو الركيزة. اكتسبت هذه الجذور اسمها «الجذور الدعامية» لأنها توجد بشكل أساسي فوق الركيزة وتعمل على دعم الشجرة في الركائز غير المستقرة والمتحركة. وبسبب وجود عدة نقاط تثبيت في الركائز، فإن كل شجرة تكون أقل عرضة للانجراف أثناء العواصف أو ارتفاع المد.

امتصاص الأكسجين

تساعد الجذور الدعامية أيضًا أشجار القرم على التعامل مع نقص الأكسجين في الركيزة. ولأن الركيزة تغمرها المياه مرتَين يوميًا لفترات طويلة، فإن الجذور الموجودة تحت الأرض لا تستطيع استخلاص الأكسجين اللازم للتنفس الخلوي. وبما أنه لا يمكن للشجرة النمو دون الأكسجين، فقد تتعفن الجذور وتموت الشجرة. ولكن الجذور الدعامية الموجودة فوق مستوى الماء تحتوي على تراكيب خاصة تُسمى **العديسات Lenticels**، والتي تسمح بتبادل الغازات. وبذلك يُنقَل الأكسجين الذي يتم امتصاصه بهذه الطريقة إلى جميع أنحاء الشجرة بحسب الحاجة.

استبعاد الملح

لدى أشجار القرم الحمراء طريقتان للعيش في المياه المالحة. تبدأ الطريقة الأولى عند الجذور، التي أصبحت تقريبًا غير منفذة للملح بسبب طريقة الترشيح الفعالة لديها، وقد أظهرت بعض الدراسات أن نحو 97% من الملح الموجود في الماء يتم منعه من دخول الجذور. أما الطريقة الثانية فهي أن الملح الذي يدخل إلى الشجرة، يتم دفعه نحو الأوراق ليتراكم هناك. وعند موت الورقة وسقوطها من الشجرة، يتم التخلص من الملح معها. وقد كان يُعتقد سابقًا أن الأشجار تستخدم «ورقة التضحية Sacrificial leaf»؛ إذ تعمل أشجار القرم الحمراء على ترسيب الأملاح الزائدة في ورقة أو ورقتَين معيّنتَين، لكن الدراسات الحديثة أظهرت أن محتوى الملح متساوٍ في جميع أوراق الشجرة، ما يدحض صحة هذه الفرضية.

التكاثر الولودي

أشجار القرم الحمراء هي واحدة من الأنواع النباتية القليلة التي تستخدم **التكاثر الولودي Viviparous reproduction**. في هذه الاستراتيجية التكاثرية، تعمل أشجار القرم الأم على إنتاج أزهار يتم تخصيبها لتكوين البذور. بعد ذلك، تستمر هذه البذور في النمو لتتحوّل إلى بروباجول (الصورة ٥-١٨) وهي ما تزال متصلة بالنبات الأم، بدلًا من أن يتم إطلاقها كما هي الحال في معظم النباتات. وبمجرد أن تصل إلى الحجم المناسب، يتم إطلاق البروباجول الأنبوبي الأخضر الطويل من النبات الأم ليطفو في المحيط.

الصورة ٥-١٨ مجموعة من البروباجولات تتدلى من شجرة القرم الحمراء *Rhizophora mangle*.

مصطلحات علمية

العَديسَة Lenticel: مسام صغير مرتفع في جذور شجرة القرم يسمح بتبادل الغازات بين الغلاف الجوي والأنسجة الداخلية.

التكاثر الولودي Viviparous reproduction:
هي استراتيجية تكاثرية في بعض النباتات، إذ تنمو البذرة لتصبح نباتًا صغيرًا بينما لا تزال متصلة بالنبات الأم.

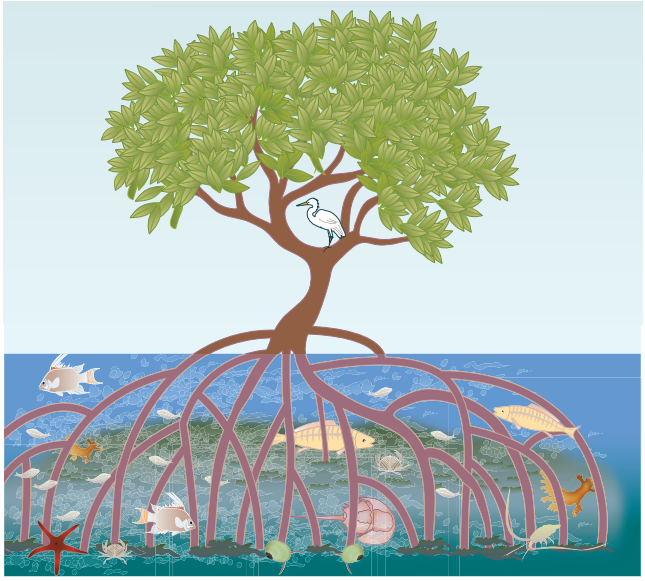
تحتاج البروباجولات في شجرة القرم الحمراء إلى فترة انتشار إجبارية مدتها 40 يومًا، وهي المدة التي يجب أن تبقى فيها البروباجولات في الماء قبل أن تتمكن من الإنبات، وتختلف هذه المدة بين الأنواع. وهذا يعني أن البروباجولات يجب أن تطفو في الماء لمدة 40 يومًا أثناء استمرار نضجها قبل أن تصبح جاهزة لتستقر في الركائز. وبعد مرور 40 يومًا، يجب أن تجد مكانًا مناسبًا لتصل إلى الشاطئ أو التعلق Strand. يجب أن تتعلق (تستقر) بروباجولات القرم الحمراء في مكانها لمدة لا تقل عن 15 يومًا قبل أن تبدأ الجذور الأساسية والأوراق الأولية بالنمو. وتُعدّ فترات الانتشار والتعلق الإجباري لأشجار القرم الحمراء هي الأطول من بين جميع أنواع أشجار القرم، إضافة إلى أنها قادرة على النمو حتى وإن مرت سنة كاملة منذ سقوطها من الشجرة الأم. وهذا يعني أن لديها أطول مدة للانتشار إلى أبعد مسافة ممكنة، وأقل معدل موت بين بروباجولات القرم.

ملاحظة: الانتشار الإجباري محتوى توسعي، وليس جزءًا من أهداف المنهج الدراسي.

الأهمية البيئية لغابات القرم

بفضل شكلها الفريد تؤدي الجذور الدعامية لأشجار القرم وظائف متعددة داخل النُظم البيئية الساحلية، بالإضافة إلى وظيفتها الأساسية في دعم الشجرة (الشكل ٥-٩). ونظرًا إلى أن هذه الجذور تشكل تركيبًا يشبه القفص تحت الماء عند ارتفاع المد وتعمل على تجميع الرواسب، فإن العديد من الكائنات الحية تجد موطنًا لها بين هذه الجذور.

تعيش بين جذور أشجار القرم مجموعة متنوعة من الكائنات الحية، بما في ذلك الطحالب، والأسماك، والمحار، والإسفنج، وسرطان البحر، والبرنقيلات والقشريات الأخرى، ما يجعل أشجار القرم نوعًا أساسيًّا Keystone Species في هذا النظام البيئي.



الشكل ٥-٩ رسم توضيحي لشجرة القرم الحمراء يبيّن كيف تحتجز الجذور الدعامية الرواسب وتوفر موطنًا للأنواع المحلية.

بالإضافة إلى الأنواع التي تعيش داخل نظام الجذور طوال فترة حياتها، فإن هناك عدة أنواع من الأسماك تبقى فقط وهي يافعة. تعمل أشجار القرم كأرض حضانة طبيعية لهذه الأسماك والكائنات الحية الأخرى، إذ توفر لها مكانًا آمنًا بعيدًا عن المفترسات الأكبر إلى أن تصل إلى حجم مناسب يسمح لها بالعودة إلى المحيط.

تساعد الجذور الدعامية في منع التعرية الناجمة عن العواصف وتعمل على تقليل طاقة الأمواج، شأنها شأن الشعاب المرجانية. وتعمل هذه الجذور على إبطاء طاقة الماء ما يؤدي إلى ترسيب الرواسب داخل تركيبها الشبيه بالقفص، الأمر الذي يتيح لأشجار القرم التوسع على اليابسة خلفها وسحب الرواسب من الماء. ويساعد هذا الترسيب في منع انتقال الرواسب إلى الشعاب المرجانية القريبة وأحواض الأعشاب البحرية، ما يحميها من تراكم الرواسب.

وبذلك يسهم وجود أشجار القرم في الحفاظ على صحة هذَين النظامَين البيئيَّين. لهذه الأسباب، تحظى أشجار القرم بالحماية في العديد من الدول، كما يتم إعادة زراعتها في مناطق مختلفة من إندونيسيا.

لقد أصبحت أشجار القرم مكونًا حيويًا في التحكم في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. يشير مصطلح الكربون الأزرق (Blue Carbon) إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يتم احتجازه وتخزينه في البيئة البحرية والساحلية، مثل غابات القرم. وتشير الأبحاث الحديثة إلى أن غابات القرم قادرة على احتجاز أربعة أضعاف كمية الكربون التي تحتجزها الغابات الاستوائية المطيرة، ما يجعلها واحدة من أكثر مصارف الكربون فاعلية على الأرض. ولا يقتصر دور أشجار القرم على تخزين الكربون الزائد داخل أنسجتها فحسب، لكنها أيضًا تضيف الكربون الفائض إلى تربتها. وتشير بعض الدراسات إلى أن تربة القرم يمكنها تخزين أكثر من ستة مليارات طن متري من الكربون. لذا، تُعدّ حماية واستعادة غابات القرم أحد الحلول المقترحة للتخفيف من تغير المناخ.

أسئلة

(١١) غالبًا ما يُشار إلى أشجار القرم على أنها نوع أساسي للنظام البيئي. كيف تدعم جذور أشجار القرم الحمراء هذه الفكرة؟

مشروع: نمذجة نظام بيئي

بالتعاون مع زميلك، استخدم علبة أحذية لبناء نموذج مصغر لأحد النُظم البيئية أو المناطق الأحيائية التي تمّت مناقشتها في هذه الوحدة. يجب أن يكون النموذج ثلاثي الأبعاد ويتضمن:

- العوامل غير الحيوية التي يجب أن تتعامل معها الكائنات الحية في ذلك النظام البيئي.
- خمسة كائنات حية على الأقل، مع ذكر أسمائها الشائعة والعلمية.
- أمثلة على سمات اثنين من الكائنات الحية التي ضمنتها، وكيف تساعد هذه السمات على زيادة فرص البقاء في النظام البيئي الذي اخترتَه.

يمكنك بناء نموذجك ليكون نموذجًا عامًا من النظام البيئي (مثل الشعاب المرجانية) أو اختيار موطن بيئي محدد (مثل حاجز المرجان العظيم). ستشارك نموذجك مع زملائك في الصف عند انتهائك من بنائه.

التفكير في المشروع

ما هي الاكتشافات الأكثر إثارة للاهتمام التي توصلت إليها أثناء العمل على هذا المشروع؟

ما الأجزاء الأكثر تحديًا التي واجهتك أثناء تنفيذ المشروع؟ وما الذي جعلها شديدة التحدي؟

ملخّص

المنطقة الأحيائية هي منطقة كبيرة تتميز بتربتها ومناخها ونباتاتها والحياة البرية التي تعيش فيها. وتُعرّف المناطق الأحيائية حول العالم بناءً على العوامل المشتركة بينها. هناك أربع مناطق أحيائية برية رئيسية: الصحاري، والغابات، وأراضي الحشائش، والتندرا.

الصحاري هي مناطق قاحلة وقاسية، يقل معدل الهطول السنوي فيها عن 250 mm، إضافة إلى انخفاض التنوع البيولوجي فيها. وتكون التربة، إن وجدت، عمومًا رملية وجافة.

في الغابات، تكون الأشجار هي النوع السائد من الغطاء النباتي. وتختلف أنواع الغابات اعتمادًا على أنواع الأشجار والمناخ المحلي. في الغابات المطيرة، تميل التربة إلى أن تكون فقيرة بالمغذيات بسبب الترشيح.

تسود الحشائش في أراضي الحشائش مع وجود عدد قليل جدًا من الأشجار. الهطول فيها لا يمكن التنبؤ به والتربة ليست خصبة جدًا.

تحتوي مناطق التندرا على نباتات صغيرة وقصيرة متأقلمة مع درجات الحرارة الباردة، وهطول الأمطار المنخفض، والرياح القوية. أما الطبقة السفلية من التربة فهي تربة صقيعية.

المحيطات الخمسة في العالم هي: المحيط المتجمد الشمالي، والمحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي، والمحيط المتجمد الجنوبي. وهي مترابطة بعضها ببعض مكوّنة المحيط العالمي.

قد تكون مناطق المحيطات قطبية أو معتدلة أو استوائية.

المحيطات مهمة:

- كمصارف للكربون؛ إذ تمتص الكربون الجوي.
- كمصادر للأكسجين عن طريق عملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها العوالق النباتية.
- كمنظم لدرجات الحرارة وضابط للمناخ العالمي بسبب السعة الحرارية النوعية العالية للماء.

المرجان حيوان من شعبة اللاسعات. يوجد منه: مرجان صلب ومرجان لين. يشكل المرجان الصلب مستعمرات ثابتة من بوليبات، قادرة على بناء الشعاب.

يحتوي البوليب المرجاني الصلب النموذجي على لوامس، وأكياس خيطية لاسعة، وفم، ومعدة، وكأس، وثيكا، وصفيحة قاعدية. تحتوي اللوامس على عضيات تسمى الأكياس الخيطية اللاسعة، والتي تحتوي على سموم. تُفرز البوليبات كربونات الكالسيوم لتشكيل كوب واقٍ يسمى الكأس، حيث تستقر البوليبات داخله. ويُسمى الجزء السفلي من الكأس، الذي يلتصق بالركيزة الصخرية، الصفيحة القاعديةً. أما الجدران المحيطة بالكأس فتسمى الثيكا.

تحصل المرجانيات على غذائها بثلاث طرائق: استخدام نواتج عملية التمثيل الضوئي من الحييونات الصفراء التكافلية، واستخدام لوامسها لترشيح العوالق الحيوانية من الماء، وعن طريق انتشار المادة العضوية.

تتطلب المرجانيات بعض الظروف المعينة للنمو:

- درجة حرارة الماء بين (16 °C و 35 °C) ويفضل أن تكون بين (23 °C و 25 °C).
- عمق ماء ضحل (20 m) يسمح بوصول الضوء اللازم للتمثيل الضوئي بواسطة الحييونات الصفراء.
- صفاء جيد للماء؛ ليسمح بمرور الضوء اللازم للتمثيل الضوئي بواسطة الحييونات الصفراء.
- ركيزة صخرية صلبة مثل البازلت لتتمكن من التثبت بها.
- ماء ذو ملوحة مناسبة.

تتكون الشواطئ الصخرية من أربع مناطق هي: منطقة الرذاذ، والشاطئ العلوي، والشاطئ الأوسط، والشاطئ السفلي. ولكل منها عوامل غير حيوية متغيرة تؤثر على توزيع الكائنات الحية فيها.

تابع

منطقة الرذاذ تقع فوق الحد الأعلى للمد، لذا تمر بفترات جفاف طويلة، لكنها قد تتأثر بالعواصف البحرية. الكائنات الحية مثل الحلزونات البحرية البطلينوس، والأشنات، والونكات الشائعة قادرة على تحمل الملوحة والجفاف، ويمكنها التشبث بالركيزة الصخرية لتجنب الانجراف.

ينغمر الشاطئ العلوي بالماء أثناء المد العالي فقط، وقد تتعرض لتغيرات مفاجئة في درجة الحرارة بالإضافة إلى حركات مائية قوية. الكائنات الحية مثل الكيتونات، والبرنقيلات البحرية، والفوكس القنواتي، والونكات الشائعة والبطلينوس لديها سمات تساعدها على منع الجفاف عند انحسار المد، كما يمكنها التثبت بالركيزة الصخرية.

يتعرض الشاطئ الأوسط للهواء فقط أثناء الجزر. لدى بلح البحر، والبرنقيلات البحرية، والحلزونات البحرية (الونكات الشائعة) سمات تساعدها على احتجاز الماء داخلها أثناء انحسار المد. للطحالب البنّية مثبتات وأكياس طفو لضمان امتصاص أقصى قدر من الضوء.

يكون الشاطئ السفلي مغمورًا بالماء بشكل شبه دائم، وللكائنات الحية التي تعيش فيها سمات للتأقلم مع الحياة البحرية في المنطقة الضوئية، وتشمل هذه الكائنات الأعشاب البحرية، والطحالب، ونجوم البحر، وقنافذ البحر، وشقائق نعمان، والمحار.

يشكل الشاطئ الرملي صعوبات للكائنات الحية؛ إذ إن الرمال هي ركيزة مسامية غير مستقرة وقابلة للتحرّك. يكون في الشاطئ الرملي الكثير من الماء عند المدّ العالي، إلا أن الشاطئ قد يكون جافًا جدًا عند حدوث الجَزْر؛ إذ يتم تصريف الماء بعيدًا. هناك نقص في الركائز الثابتة التي يمكن للكائنات الحية أن تتثبت بها.

تعيش الكائنات الحية في النظام البيئي للشاطئ الرملي عن طريق الحفر في الرمال. وتشمل هذه الكائنات الحية سرطانات الشبح، ومحاريات الحلاقة، والأنواع الأخرى من ذات الصدفتين، والديدان الخيطية، وديدان اللوج. هناك العديد من الكائنات الحية آكلة الحتات؛ إذ تتغذى على المواد العضوية المتحللة. التنوع البيولوجي منخفض بسبب التنافس على الغذاء، ونقص أماكن الاختباء من المفترسات والعوامل غير الحيوية.

تؤدي الحجوم الكبيرة للجسيمات إلى زيادة النفاذية بسبب وجود فراغات كبيرة بين هذه الجسيمات في الركيزة. في حين تؤدي الحجوم الصغيرة للجسيمات إلى انخفاض النفاذية بسبب صِغر الفراغات بين هذه الجسيمات. ولهذا السبب، تكون نفاذية التربة أقل من نفاذية الرمال.

غابة القرم هي نظام بيئي للمد والجزر يضم أشجارًا ونباتات مقاومة للملوحة. تتطلب ظروف تشكلها رواسب رملية وطينية كافية ودرجات حرارة معتدلة إلى دافئة. عادةً ما تتشكل في المناطق التي توجد فيها شعاب مرجانية قبالة الشاطئ، إذ توفّر حماية من الظروف البحرية القاسية.

لشجرة القرم الحمراء *Rhizophora mangle* سمات تساعدها على البقاء:

- جذور دعامية توفر الاستقرار في الركائز غير المستقرة وتساعد في امتصاص الأكسجين الإضافي بسبب انخفاض تركيز الأكسجين في الركيزة.
- استبعاد الملح بواسطة الجذور.
- التكاثر الولودي عن طريق البروباجولات.

لغابات القرم أهمية بيئية:

- توفر منطقة حضانة محمية لصغار العديد من أنواع الحيوانات.
- احتجاز الرواسب، ما يساعد على تثبيت وحماية الشواطئ ويمنع تراكم الرواسب على الشعاب المرجانية ومروج الحشائش البحرية.
- تعمل كمخازن للكربون الأزرق، حيث تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي في أنسجتها وفي التربة.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أي الكائنات الحية الآتية تفرز هياكل كلسية لتكوِّن نظمًا بيئية بحرية معقّدة؟

أ. الطحالب

ب. الرخويات

ج. بوليبات المرجان

د. نجم البحر المكلّل بالأشواك [1]

٢ أي من العوامل غير الحيوية الآتية تُعدّ شائعة في النُظم البيئية للشواطئ الصخرية؟

أ. ظروف مياه مستقرة وعميقة

ب. ركيزة رملية غير متماسكة

ج. درجات حرارة منخفضة باستمرار

د. تقلبات سريعة في درجات الحرارة والملوحة [1]

٣ ما دور البروباجولات في أشجار القرم؟

أ. التكاثر الولودي

ب. توفير امتصاص إضافي للأكسجين

ج. فلترة الملوثات من مياه الأنهار

د. تثبيت الأشجار في الركيزة غير المستقرة [1]

٤ اذكر وصِف العلاقة المشتركة بين أزواج الكائنات الحية الآتية:

أ. البوليبات المرجانية والحييونات الصفراء. [3]

ب. نجم البحر المكلّل بالأشواك والبوليبات المرجانية. [2]

[المجموع: 5]

٥ تُظهر الصورة (٥-١٩) سرطانات البحر التي تعيش بين جذور شجرة القرم الحمراء. يمكن لسرطانات أشجار القرم هذه تسلق الأشجار أو الحفر في طين غابة القرم. تتغذى على أوراق القرم المتحللة التي تسقط على الأرض.

الصورة ٥-١٩ سرطانات البحر بين جذور شجرة القرم الحمراء.

تابع

أ. اذكر سمة **واحدة** لسرطانات أشجار القرم تمكنها من العيش في منطقة المد والجزر. [1]

ب. استقصى باحثون أعداد سرطانات أشجار القرم في غابة قرم تقع بالقرب من مصب نهر. استُخدمت صورةٌ فضائيةٌ لتقدير نسبة تغطية أشجار القرم على طول قطاع خطي، بعد ذلك استُخدمت تقنيةُ وضع العلامة – الإمساك – إعادة الإمساك لتقدير كثافة أعداد سرطانات أشجار القرم في مواقع محددة على طول القطاع الخطي نفسه. النتائج مُبيّنة في الجدول (٥-١) الآتي:

النسبة المئوية لتغطية أشجار القرم (%)	كثافة جماعة سرطانات أشجار القرم (العدد لكل m^2)
20	8
40	15
60	28
80	32
100	35

الجدول ٥-١ كثافة جماعة سرطانات أشجار القرم في المواقع ذات النسب المئوية المختلفة من تغطية أشجار القرم.

١. ارسم تمثيلًا بيانيًا خطيًا يوضح البيانات في الجدول. [4]

٢. صف العلاقة المبيّنة في التمثيل البياني. [3]

٣. اقترح سببين لتغير كثافة جماعة سرطانات أشجار القرم مع النسبة المئوية لتغطية أشجار القرم. [2]

[المجموع: 10]

٦ أ. اشرح المقصود بمصطلح منطقة المد والجزر. [1]

ب. قارن العوامل غير الحيوية التي تؤثر على الكائنات الحية التي تعيش على الشاطئ الصخري بتلك التي تعيش على الشاطئ الرملي. [4]

ج. ١. عرّف مصطلح التقسيم المناطقي. [1]

٢. اشرح كيف تُسهم العوامل الحيوية وغير الحيوية في النظام البيئي للشاطئ الصخري في التقسيم المناطقي العمودي للكائنات الحية التي تعيش هناك. [4]

٣. اذكر مثالًا على كائن حي وصِف ميزته التي تمكنه من البقاء في الشاطئ العلوي من موطن بيئي في منطقة المد والجزر من الشاطئ الصخري. [2]

[المجموع: 12]

٧ تختلف مستويات التنوع البيولوجي بين النُظم البيئية بسبب عدة عوامل.

أ. اقترح أسبابًا لاختلاف التنوع البيولوجي في الشاطئ الرملي عن نظيره الموجود في الشعاب المرجانية. [5]

تابع

ب. اذكر واشرح **عمليتَين** تؤثران على شكل الشاطئ الرملي. **[4]**

ج. اذكر **ثلاث** سمات تتوقع أن تشترك فيها معظم الكائنات الحية التي تعيش على الشاطئ الرملي. **[3]**

[المجموع: 12]

٨ **أ.** صف الموطن البيئي الذي تتوقع العثور فيه على أشجار القرم. **[3]**

ب. حدّد **اثنين** من التحديات البيئية داخل غابة القرم واشرح سمة لشجرة القرم الحمراء تمكنها من التغلب على كل منهما. **[4]**

ج. اشرح كيف تعد أشجار القرم الحمراء مفيدة للنظم البيئية الساحلية. **[4]**

[المجموع: 11]

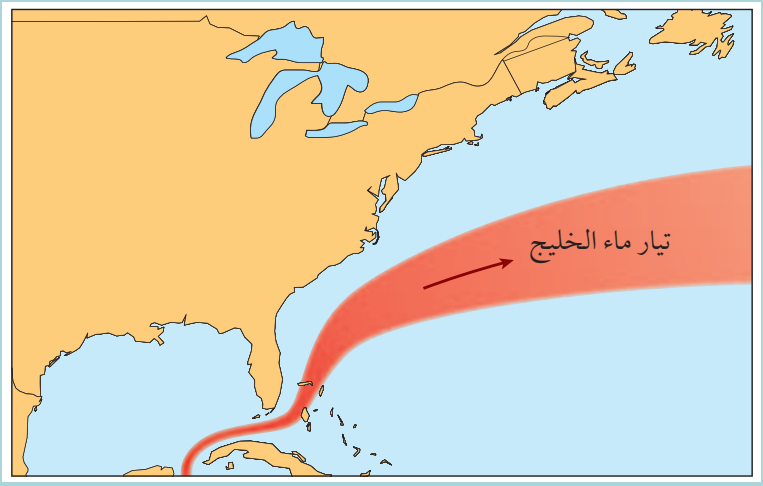
٩ المحيط العالمي مسؤول عن الحفاظ على كوكب الأرض بطرق عديدة. ويحقق الأهداف عن طريق تفاعلاته مع الغلاف الجوي. قد تتسبب أنماط الرياح التجارية السائدة بإبعاد المياه الدافئة عن منطقة معيّنة، ما يؤدي إلى صعود مياه باردة غنية بالمغذيات إلى السطح. وفي الأمريكيتين وكل بضع سنوات تحدث ظاهرة إلنينو. عندما تضعف أنماط الرياح السائدة أو حتى تنعكس. وقد يؤثر هذا بشكل كبير على البيئة البحرية المحلية والمناخ.

أ. عرّف مصطلح مصرف الكربون. **[1]**

ب. اشرح كيف تتدخل أحداث إلنينو مع قدرة المحيط العالمي على العمل كمصرف للكربون. **[5]**

ج. تيار الخليج (الشكل ٥-١) هو تيار مائي دافئ يتدفق من خليج المكسيك حول الطرف الجنوبي لفلوريدا في جنوب شرق الولايات المتحدة صعودًا (شمالًا) على طول الساحل الشرقي. اشرح التأثير الذي قد يحدثه هذا التيار المائي الدافئ على الولايات الساحلية الشمالية. **[3]**

[المجموع: 9]



الشكل ٥-١ رسم تخطيطي لتيار الخليج.

تابع

١٠ أ. لخص العلاقة بين زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وتحمض المحيطات. [3]

ب. اشرح كيف يمكن أن يكون للمغذيات المُحَدِّدَة، مثل النيتروجين والفوسفور، تأثيرات إيجابية وسلبية على نمو المرجان. [6]

ج. تمتلك العديد من الشعاب المرجانية الصلبة حويصلة لاسعة (nematocyst). صِف وظيفة هذه العضية. [1]

[المجموع: 10]

قائمة تقييم ذاتي

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف المناطق الأحيائية البرية الرئيسية في العالم من حيث المناخ ونوع التربة والغطاء النباتي، مقتصرًا على الصحاري والغابات وأراضي الحشائش والتندرا.				١-٥
أسمي وأحدد على الخريطة مواقع المحيطات الخمسة في العالم وهي: المحيط المتجمد الشمالي، والمحيط المتجمد الجنوبي، والمحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط الهندي، وأصف المحيطات بأنها متصلة ببعضها وتشكل محيطًا عالميًا واحدًا.				١-٥
أسمي وأحدد على الخريطة مناطق المحيطات مثل مناطق قطبية أو معتدلة أو استوائية.				١-٥
أشرح أهمية المحيطات وتفاعلها مع الغلاف الجوي: • كمصارف للكربون • كمصادر للأكسجين • كمنظم لدرجات الحرارة، وضابط للمناخ العالمي.				١-٥
أصف المرجانيات كحيوانات تنتمي إلى شعبة اللاسعات وتكوّن مستعمرات ثابتة من البوليبات، وغالبًا ما يكون لها علاقة تكافلية مع الحييونات الصفراء.				٢-٥

تابع

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف تراكيب البوليب المرجاني الصلب النموذجي، مقتصرًا على اللوامس، والفم، والأكياس الخيطية اللاسعة، والمعدة، والصفيحة القاعدية، والكأس، والثيكا، وأصف وظائفها.				٢-٥
أشرح كيفية حصول المرجانيات على غذائها، بما في ذلك العلاقة التبادلية بين البوليبات الموجودة في بعض المرجانيات والحييونات الصفراء.				٢-٥
أصف الظروف اللازمة لتكوين الشعاب المرجانية الاستوائية.				٢-٥
أحدّد المناطق المختلفة على الشاطئ الصخري المكشوف النموذجي، مقتصرًا على منطقة الرذاذ، والشاطئ العلوي، والشاطئ الأوسط، والشاطئ السفلي، وأصف العوامل غير الحيوية المتغيرة عبر هذه المناطق خلال دورة مد وجزر واحدة.				٣-٥
أفسّر توزيع ووفرة الكائنات الحية في المناطق المختلفة على الشاطئ الصخري مع الإشارة إلى تفاعل العوامل الحيوية وغير الحيوية.				٣-٥
أشرح، باستخدام أمثلة مسماة، كيفية تأقلم الكائنات الحية للعيش في المناطق المختلفة من الشاطئ الصخري.				٣-٥
أصف الشاطئ الرملي بأنه نظام بيئي ذو ركيزة غير مستقرة ومتحركة ومسامية.				٤-٥
أشرح كيف تؤدي العوامل الحيوية وغير الحيوية التي تؤثر على الشاطئ الرملي إلى انخفاض نسبي في التنوع البيولوجي.				٤-٥
أشرح، باستخدام أمثلة مسماة، كيفية تأقلم الكائنات الحية للعيش على الشاطئ الرملي.				٤-٥
أفسّر البيانات التي تظهر تأثير حجم الجسيمات على نفاذية الركائز.				٤-٥

تابع

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف غابة القرم باعتبارها نظامًا بيئيًا للمد والجزر يضم أشجارًا ونباتات أخرى تتحمل الملوحة، بالإضافة إلى جماعات أحيائية من الأنواع الأخرى، تتفاعل جميعها في منطقة المد والجزر لبعض السواحل الاستوائية وشبه الاستوائية.				٥-٥
ألخّص الظروف اللازمة لتكوين غابات القرم.				٥-٥
أشرح كيفية تأقلم شجرة القرم الحمراء *Rhizophora mangle* مع بيئتها الفريدة، بما في ذلك: • الجذور الدعامية لتحقيق الثبات في الركائز غير المستقرة وامتصاص الأكسجين الإضافي بسبب تراكيز الأكسجين المنخفضة في الركيزة • استبعاد الملح بواسطة الجذور • التكاثر الولودي باستخدام بروباجولات.				٥-٥
أشرح الأهمية البيئية لغابات القرم من حيث: • منطقة حضانة للعديد من صغار أنواع الحيوانات. • احتجاز الرواسب التي تعمل على تثبيت وحماية الخط الساحلي وتمنع تراكم الرواسب على الشعاب المرجانية ومروج الحشائش البحرية. • عملها كمخازن للكربون الأزرق، إذ تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي في أنسجتها وفي التربة.				٥-٥

الوحدة السادسة

مصايد الأسماك من أجل المستقبل

Fisheries for the Future

أهداف التعلّم

٦-١ يشرح الحاجة إلى الاستغلال المستدام لمصايد الأسماك، مع الإشارة إلى صيد سمك القد *Gadus morhua* في بحر الشمال.

٦-٢ يصف طرائق تكنولوجيا الصيد الحديثة وتأثيراتها على المواطن البيئية والجماعات الأحيائية، بما في ذلك الجماعات الأحيائية للأنواع غير المستهدفة، مقتصرًا على:

- السونار
- شباك التحويط الكيسية
- شباك الجر القاعي
- السفن المصنعية
- الصيد بالخيط الطويل.

٦-٣ يصف المعلومات الضرورية لاستغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام مقتصرًا على:

- التجنيد إلى الجماعة الأحيائية، والذي يعتمد على مجموعة من العوامل وهي:
  - الخصوبة
  - سن النضج الإنجابي
  - النمو
  - الاعتماد على المواطن البيئية
- النفوق في الجماعة الأحيائية والتي تشمل:
  - النفوق الطبيعي
  - نفوق المصيد.

٦-٤ يلخّص الاستراتيجيات الرئيسية المستخدمة لضمان استغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام، بما في ذلك:

- التقييد بحسب الموسم
- التقييد بحسب الحصص
- التقييد بحسب الترخيص
- تقييد الموقع، بما في ذلك المناطق البحرية المحمية (MPAs) مثل مناطق الحظر التام للصيد ومناطق الملاذ
- تقييد الطريقة، بما في ذلك الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك، والقيود على الصيد بالخيط الطويل، والاستخدام الإلزامي لصنارة الصيد
- تقييد طول الكائنات الحية المسموح بصيدها والاحتفاظ بها
- تقييد كثافة الصيد، بما في ذلك القيود على عدد القوارب وحجم القارب والمحرك وكمية معدّات الصيد (على سبيل المثال، أقصى حجم للشبكة، وأقصى عدد للمصايد) وعدد الأيام التي سيقضيها القارب في الصيد
- المراقبة، بما في ذلك الدوريات الجوية والبحرية، والتتبع عبر الأقمار الصناعية، وتفتيش المصيد ومعدّات الصيد، واستخدام بيانات المصيد لكل وحدة جهد (CPUE)
- تطبيق القوانين أو اللوائح، بما في ذلك حظر الصيد، وفرض الغرامات، ومصادرة القوارب والمعدّات والسجن
- أدوات موجهة للمستهلك، بما في ذلك وضع العلامات التجارية وحملات التوعية العامة.

٦-٥ يناقش مزايا الاستراتيجيات المستخدمة وعيوبها لضمان استغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام.

٦-٦ يلخّص التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية طويلة المدى وقصيرة المدى للصيد المقيد والصيد غير المقيد.

٦-٧ يلخّص طرائق تربية الأحياء المائية لسمك الكوفر الأبيض (*Sparus aurata*) وبلح البحر والروبيان.

٦-٨ يشرح متطلبات نجاح مشاريع تربية الأحياء المائية على المدى الطويل، مقتصرًا على توافر المخزون، وتوافر المياه النظيفة، وتوافر الأعلاف، وكفاءة استخدام الأعلاف، وتوافر القوى العاملة، وإدارة الأمراض، وتوافر الموقع، والطلب في السوق، والوصول إلى السوق، وعائدات الاستثمار.

٦-٩ يناقش التأثيرات الرئيسية لتربية الأحياء المائية، والبيئية مقتصرًا على:

- التأثيرات البيئية بما في ذلك:
  - تدمير المواطن البيئية
  - الإفراط في استغلال مخزون العلف
  - التلوث
  - هروب الكائنات الحية المستزرعة ما يؤدي إلى إدخال أنواع غازية إلى مواطن جديدة
  - انتشار الأمراض
  - التنافس على الموارد
  - الحد من استغلال المخزونات المحلية
- التأثيرات الاجتماعية، والاقتصادية.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. ناقش مع زملائك أسباب انخفاض مخزون الأسماك.

٢. اكتب أكبر عدد ممكن من طرائق صيد الأسماك التجارية التي يمكنك التفكير فيها. فكّر في تحديد الأساليب الأكثر استدامة.

٣. اكتب أكبر عدد ممكن من أنواع الأسماك والرخويات والقشريات التي تعتقد أنه يمكن إنتاجها عن طريق تربية الأحياء المائية. يمكنك البحث عن ذلك بسؤال بائع الأسماك المحلي عن مصدر أسماكه.

العلوم البيئية ضمن سياقها

صيد الأسماك من أجل المستقبل

منذ العصور القديمة، اصطاد الإنسان أنواعًا متعددة من الكائنات الحية من البحار والمحيطات. وحتى مطلع القرن العشرين لم يكن هذا الحصاد يتم بكفاءة عالية، ومع قلة عدد السكان وضعف شبكات النقل، كان معظم الصيد يُمارَس بطريقة مستدامة مؤثرًا على المخزون البحري. ومع ذلك، طوال القرن العشرين وما بعده أخذ عدد سكان العالم بالازدياد المستمر، ما أدى إلى زيادة كبيرة في الطلب على الكائنات الحية الغنية بالبروتين. ومع تطور التكنولوجيا، أصبحت قوارب ومعدّات الصيد أكثر تطورًا، ما أدى إلى استنزاف محيطات العالم وتراجع بالغ الخطورة في الأنواع. وفي السنوات الأخيرة، أدرك الإنسان الحاجة إلى ضبط أنشطة الصيد، وبدأ محاولة عكس اتجاه المخزونات المتناقصة باستمرار، واتجه إلى أساليب **تربية الأحياء المائية Aquaculture** لتلبية الطلب على المنتجات المحلية.

لضمان استدامة مخزونات الأسماك للأجيال القادمة، لا يكفي الإلمام بالتقنيات المستخدمة، بل لا بدّ أيضًا من فهم كيفية تكاثر الكائنات الحية البحرية. فجميع أشكال الحياة على الأرض تدفعها غريزة التكاثر، ولجميعها **دورات حياة Life cycles** وطرائق تكاثر تعالج مشكلات معيّنة ترتبط بنظمها البيئية وبيئاتها. بعض الكائنات الحية لا تقدّم أي رعاية لصغارها على الرغم من أنها تنتج أعدادًا كبيرة منها (على سبيل المثال، أنثى سمك الرنجة الأطلسي قد تحمل إلى ما يصل إلى 50 000 بيضة) أملًا في أن يبقى واحد أو اثنان على قيد الحياة ويصل إلى مرحلة التكاثر. بينما تنجب كائنات حية أخرى عددًا قليلًا من الصغار، إلا أنها توفّر لها الرعاية والحماية، ما يزيد من فرص نجاتها حتى تبلغ سنّ التكاثر. الاستراتيجية التكاثرية التي يتبعها نوع معيّن من الكائنات الحية تُعدّ حلًا طبيعيًا لمشكلة بيئية معيّنة.

وبالتالي فإن السعي إلى الحفاظ على المحيطات واتباع ممارسات الصيد المستدامة لا يحمي التنوع البيولوجي للحياة البحرية فحسب بل يحافظ أيضًا على مصدر غذائي قيّم، ودخل للأجيال القادمة.

أسئلة

١. إلى أي مدى تعتقد أن الأجيال القادمة ستكون قادرة على كسب رزق مستدام من استغلال موارد المحيطات؟

٢. كيف يختلف حصاد غذاء الإنسان من البحار عن أساليب إنتاج الغذاء البرّي؟ صمّم جدولًا وأكمله لمقارنة المصادر البحرية بالزراعة البرّية.

مصطلحات علمية

تربية الأحياء المائية Aquaculture: العناية بالحيوانات والنباتات المائية وتنميتها لاستهلاك البشر ولاستخدامهم.

دورة الحياة Life cycle: المراحل المختلفة التي تمر بها الأنواع خلال حياتها.

٦-١ الحاجة إلى مصايد أسماك مستدامة

الصيد المستدام Sustainable fishing هو حصاد نوع معيّن من الكائنات الحية بحيث يبقى متوافرًا لسنوات قادمة. من الضروري الحفاظ على مخزونات الأسماك عند مستويات صحية لعدة أسباب أهمّها:

- الحفاظ على الأنواع لحماية التنوع البيولوجي وضمان استمرارية الشبكات الغذائية.
- الجانب الأخلاقي، لضمان أن يكون للأجيال القادمة غذاءٌ يمكنها حصاده.

الغلة المستدامة القصوى Maximum sustainable yield (MSY) هو مصطلح رئيسي يُستخدم غالبًا في مجال الصيد المستدام. ويعني أقصى كمية يمكن صيدها من الأسماك دون تقليل أعدادها. وإذا تم تجاوز (MSY) فستنخفض أعداد الجماعات الأحيائية، ويمكن توضيح ذلك من خلال تاريخ صيد أسماك القد (Cod) في بحر الشمال.

مصطلحات علمية

الصيد المستدام Sustainable fishing: الصيد للوصول إلى الغلة المستدامة القصوى حتى لا تكون مخزونات الأسماك في المستقبل مهددة بخطر النضوب.

الغلة المستدامة القصوى Maximum sustainable yield (MSY): أقصى كمية يمكن صيدها دون تقليل أعداد الجماعات الأحيائية المستقبلية.

الصيد المستدام لسمك القد في بحر الشمال

بحر الشمال هو منطقة في شرق المحيط الأطلسي يحده عدد من الدول الأوروبية (الشكل ٦-١). بقيت أساطيل الصيد في هذه المنطقة تحصد الأسماك لمئات السنين دون أن يكون لها أي تأثير كبير على مخزونات الأسماك.

في سنة 1970 م، أنشأ المجتمع الاقتصادي الأوروبي (EEC) المعروف الآن باسم الاتحاد الأوروبي (EU) السياسة المشتركة لمصايد الأسماك (CFP).

الشكل ٦-١ خريطة شمال أوروبا وبحر الشمال.

وقد نصّت هذه السياسة على أن الأسماك والمياه الساحلية، باستثناء المناطق الصغيرة المحيطة بكل دولة، ستكون موردًا مشتركًا لجميع دول (EEC). كما تضمنت (CFP) نظامًا للدعم المالي. فإذا انخفض سعر الأسماك تُمنح أساطيل الصيد أموالاً لتعويض الفارق.

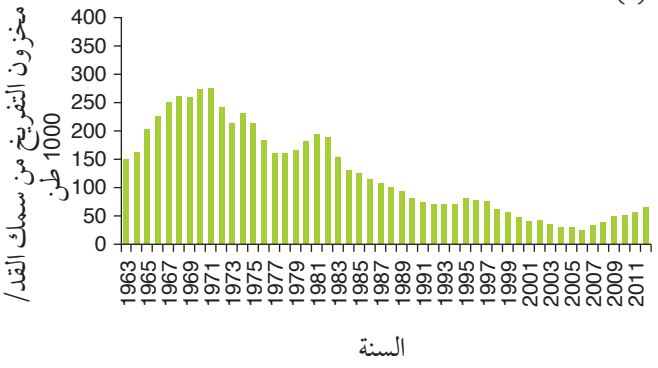
في ستينيات (1960s) وسبعينيات (1970s) القرن العشرين حدثت زيادة مفاجئة وغير مبررة في أعداد بعض الأنواع، بما في ذلك سمك القد والحدوق (Haddock) والنازلي البيضاء (Whiting). هذا الحدث إلى جانب الدعم المالي من (EEC) أدّى إلى استثمار كبير في قوارب ومعدّات جديدة، من قبل أساطيل الصيد. وبموجب (CFP) تمّ صيد أسماك النازلي البيضاء والرنجة في بحر الشمال بمستويات غير مستدامة طوال معظم فترة (1970s) والثمانينيات (1980s). كانت هناك قيود أقل على طول أو سِن الأسماك المصطادة. وغالبًا ما كان يتم اصطياد الأسماك الصغيرة وغير الناضجة جنسيًا إلى جانب الأسماك الأكبر سنًا والناضجة جنسيًا. إن إزالة الأسماك غير الناضجة قبل أن تتكاثر يقلّل من قدرة الجماعة الأحيائية على تجديد نفسها. وكانت النتيجة النهائية لذلك انهيار العديد من مخزونات الأسماك في (1980s).

انخفض عدد سمك القد في بحر الشمال *Gadus morhuna* إلى مستوى يشير إلى أنه يُصطاد حتى الانقراض. يوضح الشكل ٦-٢ (أ) الانخفاض الحادّ في مخزونات سمك القد خلال هذه الفترة. كما انخفض متوسط طول سمك القد المُصطاد، ما يشير إلى انخفاض أعداد الأسماك الأكبر سنًا في الجماعة الأحيائية، وزيادة صيد الأسماك الأصغر سنًا. ويوضح الشكل ٦-٢ (ب) هذا الاتجاه.

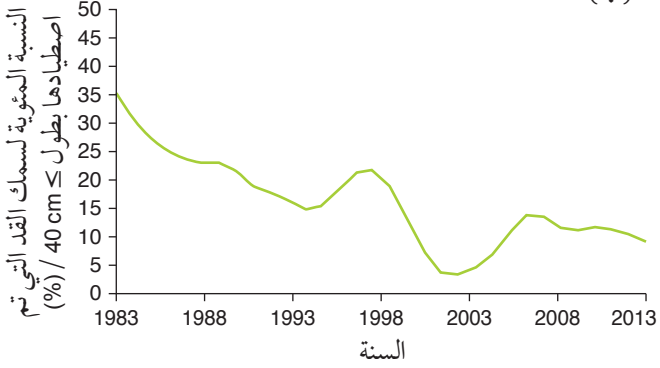
في التسعينيات (1990s)، أصدر الاتحاد الأوروبي حصصًا وطنية (حصص مخصصة لكل دولة أو وطن) في محاولة للحد من الصيد الجائر. ولكن، ولأسباب سياسية، كانت هذه الحصص لا تزال تتجاوز المطلوب لإنقاذ مخزونات سمك القد. وبحلول أوائل الألفية الثالثة (2000s) وبعد إجراء المزيد من المسوحات على المجموعات الأحيائية لسمك القد، دعا العلماء إلى حظر صيد سمك القد في بحر الشمال للسماح بتعافي المخزونات. كما جرى في الوقت نفسه تعديل (CFP)، ليصبح التركيز بشكل أكبر على حماية مخزونات الأسماك للمستقبل ومنع الصيد الجائر. وبالرغم من الأدلة العلمية، لم يُفرض الحظر، ولكن تم الاتفاق على خفض كبير في الحصص. وشملت التدابير الأخرى تقليل عدد أيام الصيد المسموح بها، وحظر الصيد أثناء مواسم التكاثر.

يبدو أن الحصص الأكثر تقييدًا نجحت إلى حدٍّ ما، حتى بدأت مخزونات الأسماك تتعافى بحلول عام 2015م. وفي عام 2017م، قدّم مجلس الإشراف البحري (MSC) شهادة بأن مخزونات سمك القد في بحر الشمال قد ارتفع إلى مستوى مستدام.

(أ)



(ب)



الشكل ٦-٢ تمثيلان بيانيان يوضحان (أ) التغيرات التي طرأت على مخزون التفريخ Spawning من سمك القد، و (ب) النسبة المئوية لأسماك القد التي تم اصطيادها بطول يزيد عن أو يساوي 40 cm.

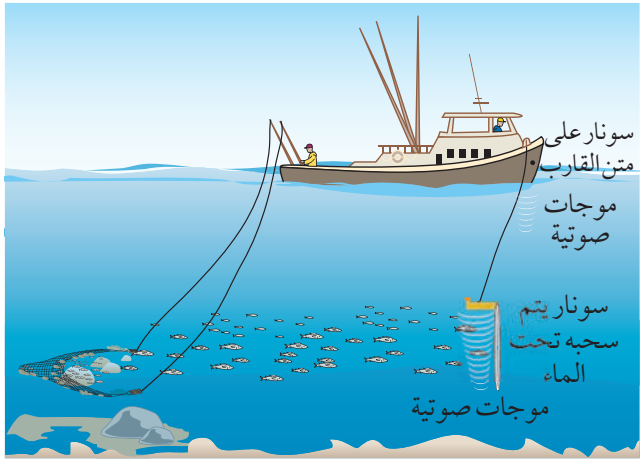
ويحمل سمك القد الذي يصطاد من بحر الشمال، وسمك القد الذي يصطاد من المياه الآيسلندية وبحر بارنتس، شهادة الاستدامة من (MSC). لكن يجب توخي الحذر الشديد، فالمخزونات لم تقترب بعد من المستويات المرتفعة التي كان عليها في (1970s)، ولتحقيق صيد مستدام حقيقي طويل الأمد في بحر الشمال لا بُدّ من النظر بعناية في الحصص والقيود المفروضة على أيام عمل القوارب ومواسم الصيد ومناطق الصيد إذا كان الهدف هو تحقيق صيد مستدام، وطويل الأمد في بحر الشمال.

تأثيرات تكنولوجيا الصيد الحديثة

على مدار الخمسين عامًا الماضية، تطورت تكنولوجيا الصيد بشكل كبير. إذ أصبحت الأساليب الحديثة عالية الكفاءة، ما يعني وجود خطر صيد يتجاوز بكثير الغلة المستدامة القصوى (MSY). ومع ذلك فإن استخدام التكنولوجيا المتطورة ينبغي ألّا يؤدي بالضرورة إلى تأثير سلبي على المحيطات. يمكن تصميم معدات صيد تُولي اهتمامًا أقل بالكميات الكبيرة، وتركّز بدرجة أكبر على تحقيق الاستدامة. وقد طُوِّرَت ابتكارات تساعد في منع صيد الأسماك اليافعة والأنواع غير المستهدفة. وفيما يأتي مناقشة لبعض تأثيرات تكنولوجيا الصيد:

السونار

السونار SONAR (تحديد الموقع بالموجات الصوتية وقياس المدى) هو التقنية التي تستخدم عادة لتحديد أماكن وجود الأسماك. تحمل القوارب جهاز سونار يشتمل على محوّل Transducer إما مثبتًا على متن القارب أو يتم سحبه تحت الماء (الشكل ٦-٣). يصدر المحوّل موجات صوتية تنعكس عند اصطدامها بالهواء الموجود في المثانات الهوائية للأسماك كصدى، ويتم التقاط هذا الصدى بواسطة الكاشف. ويقيس كاشف الأسماك Fish-finder الزمن الفاصل بين إرسال الموجة الصوتية وارتدادها إلى الكاشف. وكلما كانت الأسماك أقرب، استغرقت الموجة وقتًا أقصر للعودة، والعكس صحيح. تُنقل المعلومات من الكاشف إلى شاشة جهاز لعرض صورة مرئية للسمكة تحت الماء، ما يسمح بتحديد مواقع الأسماك تحت سطح الماء بدقة. وقد تطوّر السونار الحديث ليُظهر العمق الذي توجد عنده الأسماك بدقة، بل ويمكنه في بعض الحالات التعرّف على نوعها. كما أن بعض أجهزة السونار تعمل بشكل أفقي، ما يتيح مسح المناطق المحيطة بالقارب لرصد أسراب الأسماك بشكل أكثر شمولًا.



الشكل ٦-٣ يستخدم السونار على متن قارب لتحديد موقع الأسماك.

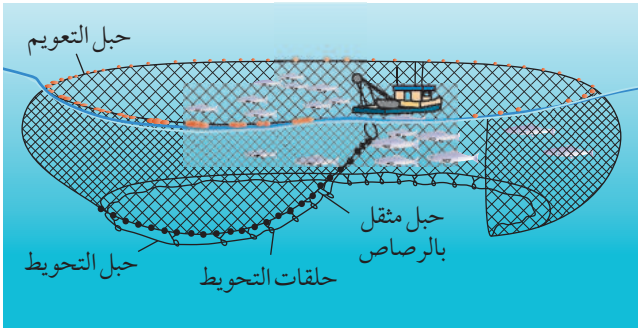
مصطلحات علمية

السونار SONAR (sound navigation and ranging): تقنية تستخدم للكشف عن الأجسام تحت الماء من خلال انعكاس الموجات الصوتية.

قبل استخدام السونار، كان تحديد مواقع أسراب الأسماك يعتمد على المحاولة والخطأ، وعلى مهارة وخبرة الصيادين. كانت طواقم الصيد ذوات الخبرة يعرفون الأماكن التي تميل فيها أسراب الأسماك إلى التجمع أو يبحثون عن علامات مثل مجموعات الدلافين والطيور البحرية التي تتغذى عليها. استخدام السونار يعني أنه أصبح بإمكان طواقم الصيد تعقّب أسراب الأسماك باستمرار واصطيادها بكفاءة. وقد شكّل ذلك ضغطًا على مخزونات الأسماك بحيث يسهل العثور على أسراب أسماك نادرة، ويوفّر المزيد من الوقت لحصاد الأسماك بدل البحث عنها.

شباك التحويط الكيسية

الشبكة الكيسية Seine هي شبكة صيد كبيرة تُعَلَّق بشكل عمودي في الماء حيث تثبت حافتها السفلية بأثقال، في حين يتم تعويم حافتها العلوية بعوامات لتطفو فوق سطح الماء. **شبكة التحويط الكيسية Purse seine** (الشكل ٦-٤) أو الليخ هي نوع من شباك الصيد يمكن إحكام إغلاقها من الأسفل لاحتجاز الأسماك. وهي مكونة من جدار شبكي طويل مزوّد بحبل التعويم Floatline يطفو على سطح الماء، وحبل مثقل بالرصاص Weighted lead line يغوص في الماء. تتدلى من الحافة السفلية للشبكة حلقات التحويط (Purse rings)، ويمرّ من خلالها حبل التحويط (Purse line) المصنوع من سلك فولاذي أو حبل متين، ويُستخدم هذا الحبل لإغلاق الشبكة من الأسفل.



الشكل ٦-٤ الصيد بشباك التحويط الكيسية.

صيد الأسماك بشباك التحويط الكيسية طريقة فعالة لصيد **الأسماك السطحية Pelagic fish** في المحيط المفتوح، مثل الرنجة والماكريل، وقد يكون مستدامًا عند استخدامه على نطاق صغير. ومع ذلك، ونظرًا إلى ازدياد حجوم الشباك، فقد استخدمت لصيد أعداد كبيرة من الأسماك على نطاق صناعي (الصورة ٦-١). ويمثل هذا مشكلة إذا كانت مخزونات الأسماك قليلة، كما أنها تصيد العديد من الأنواع غير المستهدفة، بما يسمّى **المصيد العرَضي Bycatch**.

الصورة ٦-١ شبكة التحويط الكيسية تُسحب إلى متن سفينة صيد.

وغالبًا ما تستخدم شباك التحويط الكيسية لصيد سمك التونة الوثابة Skipjack وسمك التونة ذي الزعانف الزرقاء Bluefin tuna، وكلاهما شهد انخفاضًا كبيرًا في أعدادهما. يتم أيضًا احتجاز وقتل العديد من الأنواع الأخرى عند صيد سمك التونة الوثابة، مثل سمك التونة ذي الزعانف الصفراء والدلافين والسلاحف وأسماك القرش وسمك الشفنين. الصيادون في البحر الأبيض المتوسط ينتظرون في مناطق التفريخ حيث تتجمع أسماك التونة ذات الزعانف الزرقاء خلال موسم التكاثر، ويصطادون أعدادًا كبيرة من الأسماك باستخدام شباك التحويط الكيسية. وقد أدت هذه الممارسة إلى انهيار مخزون سمك التونة ذي الزعانف الزرقاء في المحيط الأطلسي.

وفي سلطنة عُمان، تُستخدم شباك التحويط الكيسية لصيد التونة السطحية مع تطبيق إجراءات الاستدامة، مثل تحديد مواسم الصيد ومقاسات الشباك، للحد من صيد الأنواع غير المستهدفة وحماية المخزون السمكي للأجيال القادمة.

مصطلحات علمية

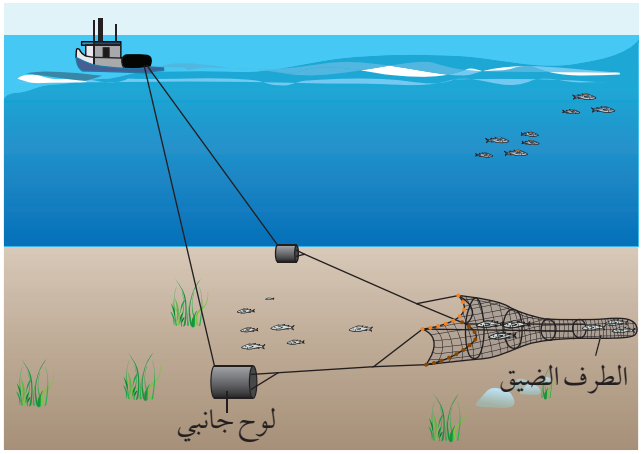
شبكة التحويط الكيسية Purse seine: شبكة كيسية تستخدم لصيد أسراب الأسماك وهي مزودة بمجموعة من الحبال التي تستخدم لإغلاقها واحتجاز الأسماك قبل سحبها إلى متن قارب الصيد.

الأسماك السطحية Pelagic fish: الأسماك التي تعيش في المنطقة السطحية من البحر وهي المنطقة العليا من مياه المحيط أو البحر المفتوح.

المصيد العرَضي Bycatch: هي الأنواع التي تُصطاد خلال صيد الأسماك، وهي أنواع غير مستهدفة كالسلاحف والدلافين.

شباك الجر القاعي

شباك الجر القاعي Bottom trawling هي شبكة كبيرة مزودة بأوزان ثقيلة تُجرّ عبر قاع البحر، فتجرف كل ما يعترض طريقها. وتُستخدم هذه الشبكة لصيد كائنات حية مثل الروبيان وسمك موسى Sole والسمك المفلطح Flounder والشفنين Ray، التي تعيش في قاع البحر. هذه الشباك مزودة بلوحين جانبيين خشبيين أو فولاذيين مثقّلَين بأوزان يجري جرّهما على طول قاع البحر لإثارة الرواسب وإبقاء الشبكة مفتوحة أثناء الصيد (الشكل ٦-٥). وللشبكة طرف أمامي مفتوح، بينما تتجمع الأسماك المُصطادة في الطرف الضيق للشبكة. وربما يكون الصيد بشباك الجر القاعي التي تستخدم بشكل روتيني أكثر طرائق الصيد إضرارًا بالبيئة.



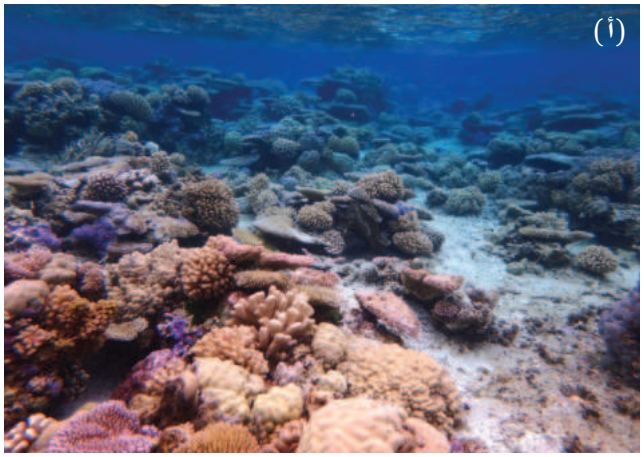
الشكل ٦-٥ شباك الجر القاعي، جر شبكة على طول قاع البحر.

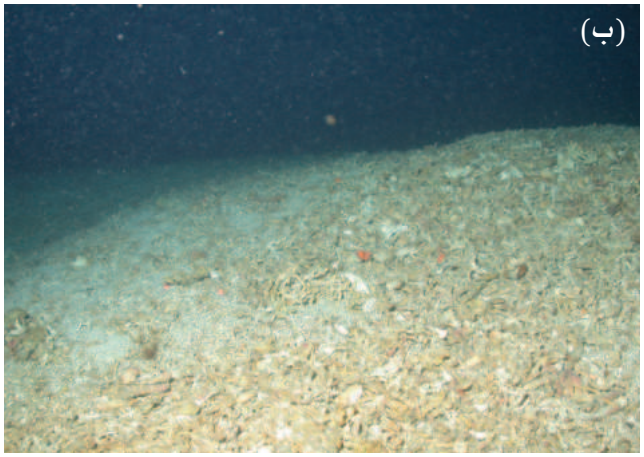
إن سحب الشباك عبر قاع البحر يؤدي إلى اقتلاع معظم الكائنات الحية في مسارها، وتدمير الشعاب المرجانية وإلحاق أضرار جسيمة بالنظم البيئية لقاع البحر. توضح الصورة (٦-٢) الضرر الذي تسببه شباك الجر القاعي للشعاب المرجانية، حيث تحطمت الشعاب المرجانية وفقدت دورها كنظام بيئي.

الصيد بشباك الجر القاعي غير انتقائي، وقد يصل معدل المصيد العرَضي إلى 90% تقريبًا من إجمالي مصيد هذه الشباك. وتكون العديد من الأنواع التي صيدت ذات قيمة تجارية ضئيلة فتُعاد إلى البحر وهي نافقة أو على وشك النفوق. وقد قدّر العلماء أنه في خليج المكسيك يجري التخلص من نحو أربعة إلى عشرة أرطال من الموارد البحرية مقابل كل رطل من الروبيان يتم اصطياده. وفي بنما، يتخلص الصيادون خلال صيد الروبيان بشباك الجر القاعي بشكل روتيني من أكثر من 80% من صيدها. وغالبًا ما تُصطاد الأسماك اليافعة من نوع النهاش والماكريل والبلطي في منطقة البحر الكاريبي وخليج المكسيك عند صيد الروبيان.

مصطلحات علمية

شباك الجر القاعي Bottom trawling: طريقة صيد تسحب شبكة على طول قاع البحر. تحافظ الألواح الخشبية في مقدمة الشبكة على بقائها مفتوحة وتثير قاع البحر، ما يتسبب بحدوث أضرار.





الصورة ٦-٢ قاع البحر (أ) قبل و (ب) بعد استخدام شباك الجر القاعي.

يؤثر صيد الأسماك اليافعة على الجماعات الأحيائية لأنواع الأسماك المستهدفة وغير المستهدفة، ما يقلل من كميات الصيد المتاحة لصناعات الصيد. وفي إندونيسيا، أدى الاستخدام المتزايد لشباك الجر القاعي إلى انخفاض قدره نحو 40% في الكمية التي يصطادها الصيادون المحليون التقليديون. وفي دول أخرى مثل غينيا، تسبب الصيد بشباك الجر القاعي بأضرار مادية للقوارب والمعدّات الأخرى.

تتأثر السياحة أيضًا بشباك الجر القاعي، حيث يؤثر الضرر الذي يصيب قاع البحر على العديد من الأنواع التي يأتي السياح لمشاهدتها، مثل السلاحف والشعاب المرجانية وأسماك القرش.

حظرت العديد من الدول الصيد باستخدام شباك الجر القاعي. فقد حظرت الحكومة الإندونيسية هذا الأسلوب من الصيد في محاولة لتحسين الصيد والدخل للصيادين المحليين. كما حظرت في منطقة مساحتها تقريبًا 60 000 km²، من المحيط الأطلسي تمتد من كارولينا الشمالية إلى فلوريدا لحماية الشعاب المرجانية في أعماق البحار بعد اكتشاف أن 90% من الشعاب المرجانية قد دمرت بسبب الصيد بشباك الجر القاعي. وحظرت حكومة نيوزلندا الصيد بشباك الجر القاعي في العديد من المناطق الحساسة بيئيًا وبخاصة حول الفوهات الحرارية المائية.

ووفقًا للقرار الوزاري رقم (٢٠ / ٢٠٠٩) الصادر عن وزارة الزراعة والثروة السمكية في سلطنة عُمان، تم حظر استخدام طريقة الصيد بشباك الجر القاعي وذلك لحماية النظم البيئية في القاع والحفاظ على التنوع البيولوجي البحري.

السفن المصنعية

السفن المصنعية Factory ships هي سفن كبيرة لمعالجة الأسماك. وهي مصممة لاستغلال مناطق المحيط البعيدة عن اليابسة، وقد تبقى في البحر لعدة أسابيع قبل العودة إلى الميناء. بعض السفن المصنعية مثل سفن الجر الخلفي Stern trawler تجمع كميات كبيرة من الأسماك التي تُعالَج وتُجهّز على متنها. أما السفن الأخرى فتعمل كسفن أُم للتجميد 'Freezer 'motherships. وتُحضر سفن الجر الخلفي الأخرى صيدها إلى السفينة المصنعية كل يوم، لتتم معالجتها وتجميدها هناك. أدى إدخال السفن المصنعية الكبيرة إلى إمكانية صيد المزيد من الأسماك في رحلة واحدة. كما أنها فتحت مناطق صيد غنية في أماكن بعيدة لم تستغل سابقًا. تمتلك أساطيل الصيد اليابانية والكورية والروسية العديد من السفن المصنعية ومناطق صيد بشباك الجر مثل جنوب المحيط الأطلسي. وقد تسبب استخدام السفن المصنعية بحدوث صراع مع الصيادين المحليين الذين أصبحت صناعاتهم مهددة بسبب انخفاض كميات الصيد.

جاءت الفكرة الأصلية لبناء السفن المصنعية من صيد الحيتان، حيث كان صيادو الحيتان يبحرون في المياه البعيدة لصيد الحيتان ومعالجتها بمجرد صيدها. وقد أدى ذلك، إلى اقتراب العديد من أنواع الحيتان من الانقراض خلال القرن العشرين. وكانت آخر سفينة مصنعية للحيتان متبقية هي، السفينة أم في نيشين مارو (MV Nisshin Maru)، السفينة الأم لأسطول صيد الحيتان الياباني، وقد تم إخراجها من الخدمة في عام 2023م.

الصيد بالخيط الطويل

الصيد بالخيط الطويل Long-line fishing طريقة مثيرة للجدل. ويتم تطبيق نوعَين منها: **الصيد القاعي Demersal fishing** بالخيط الطويل والصيد السطحي

مصطلحات علمية

الصيد القاعي Demersal fishing: صيد الأسماك في المنطقة الموجودة مباشرة فوق قاع البحر.

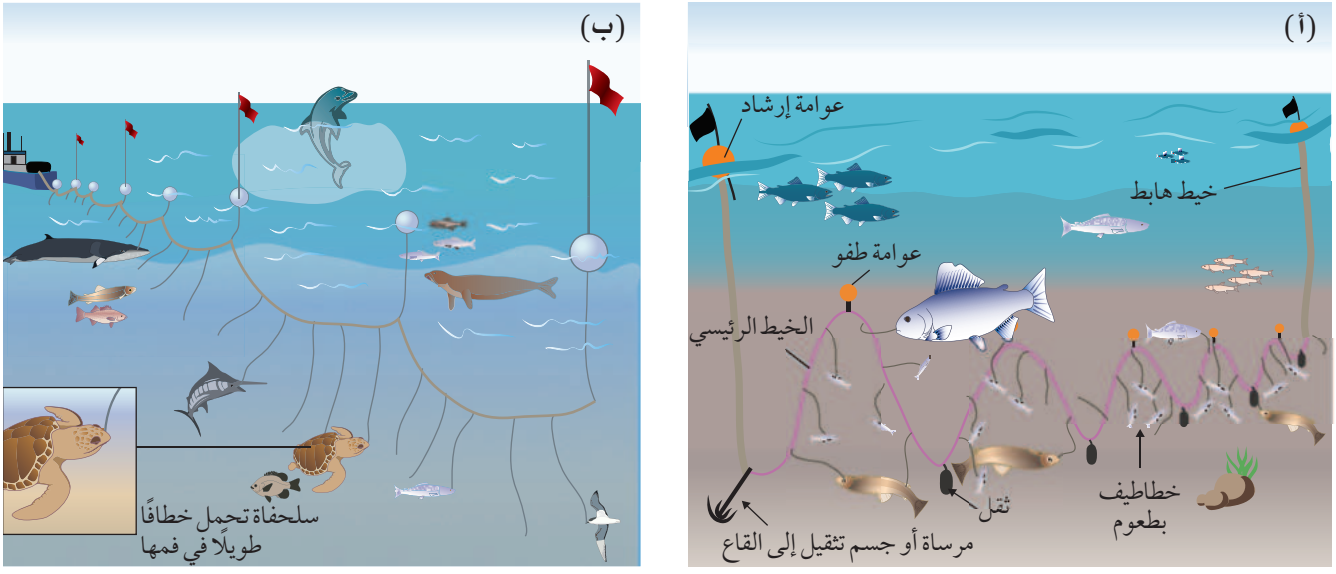
Pelagic fishing بالخيط الطويل (الشكل ٦-٦). في كِلا الطريقتَين تتدلى أعداد كبيرة من الخطاطيف المُطعّمة على الخيط الطويل؛ وفي حالة الصيد القاعي بالخيط الطويل، يُثبّت الخيط في قاع البحر بواسطة أثقال بين عوامات الإرشاد Marker buoys وتترك لصيد الأسماك مثل سمك القد. وتُعدّ هذه الطريقة مستدامة ما دام الخيط مثبتًا بعناية ولم يكن طويلًا جدًا ولا يحتوي على خطافات كثيرة وجرى اختيار الطعوم بدقة. إن استخدام الخيط الطويل لصيد الأسماك السطحية يسبب ضررًا كبيرًا؛ فعند استخدامه لصيد الأسماك مثل سمك التونة، يُسحب الخيط خلف القوارب في المياه السطحية، وقد يمتد الخيط لمئات الأمتار، ويحتوي على العديد من الخطاطيف. والمشكلة هنا أن الطعم لا يجذب سمك التونة فقط، بل يجذب العديد من الأنواع الأخرى مثل أسماك القرش والسلاحف البحرية والطيور البحرية. لا يُعدّ صيد الأسماك السطحية بالخيط الطويل حاليًا طريقة مستدامة، على الرغم من إجراء أبحاث حول طرائق لتثقيل الخطاطيف لإبعادها عن نطاق الطيور البحرية والسلاحف، وجعل الطعم غير مستساغ للأنواع غير المستهدفة.

تنظيم الصيد المستدام

من غير المنطقي حظر جميع أنشطة صيد الأسماك على مستوى العالم، وإنتاج جميع منتجات الأسماك عن طريق تربية الأحياء المائية. يتمثل الهدف الواقعي بأن يكون صيد الأسماك مستدامًا وعدم تعريض مخزونات الأسماك في المستقبل للخطر. ولتحقيق صيد أسماك مستدام يجب جمع بيانات معيّنة حول الجماعات الأحيائية للأسماك. وعند تحديد صحة الجماعات الأحيائية للأسماك، يمكن وضع قيود لمنع الصيد الجائر، وتطبيق الرقابة وفرض القوانين.

المعلومات الضرورية لاستغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام

تكلّف الحكومات العلماء والباحثين بتحديد مدى صحة مخزونات الأسماك وتحديد حصص صيد آمنة لا تتسبب بانخفاضها. إن تقدير المخزونات الحالية والتنبوء بالمخزونات المستقبلية أمرٌ ليس سهلًا، إذ يجب على العلماء مراعاة عدة عوامل لتقديم توصيات دقيقة بشأن الحصص.



الشكل ٦-٦ طرائق الصيد بالخيط الطويل (أ) الصيد القاعي و (ب) الصيد السطحي. قد يؤدي الصيد السطحي بالخيط الطويل إلى نفوق السلاحف والطيور البحرية وأسماك القرش.

يوضح الشكل (٦-٧) نموذجًا ديناميكيًا سكانيًا بسيطًا للعوامل المؤثرة على أعداد الجماعة الأحيائية للأسماك. يعتمد ازدياد أو تناقص عدد أفراد الجماعة الأحيائية على معدل دخول الأسماك الجديدة إلى الجماعة الأحيائية (التجنيد Recruitment) ومعدل مغادرة الأسماك للجماعة الأحيائية. تُجند الأسماك الجديدة عن طريق التكاثر أو الهجرة إلى الداخل، في حين تغادر الأسماك بسبب النفوق أو الهجرة إلى الخارج. إذا غادرت الأسماك الجماعة الأحيائية بمعدل أسرع من دخولها، فإن عددها سيتناقص، والعكس صحيح. وفي حالة الصيد المستدام يجب أن يكون عدد الأسماك التي تغادر أقل من أو مساويًا لعدد الأسماك التي تدخل.

١. التجنيد إلى الجماعة الأحيائية

عدد الأسماك اليافعة التي تبقى على قيد الحياة حتى مرحلة معيّنة وتنضم إلى الجماعة الأحيائية يُسمّى **التجنيد Recruitment**. المرحلة الدقيقة التي يجب أن تكون السمكة قد وصلت إليها لتصبح فعليًا من الجماعة الأحيائية تختلف من نوع إلى آخر، وكذلك تختلف باختلاف الجهة التي تجري المسح. ويعتبر معظم المختصين أن ذلك يحدث عندما تصل الأسماك إلى طول يمكن عنده اصطيادها وإحصاؤها في الشباك. يعتمد التجنيد على عدة عوامل مثل، **الخصوبة Fecundity**، وسِنّ **النضج الإنجابي Reproductive maturity**، والنمو، والاعتماد على المواطن البيئية.

- **الخصوبة**

الخصوبة هي معدل تكاثر الأسماك، وتقاس بعدد الأمشاج التي تُنتج في فترة زمنية محددة. العديد من الأنواع تتصف بخصوبة عالية، حيث تنتج ملايين الأمشاج، لكن قسمًا ضئيلًا منها فقط ينجو لينضم إلى الجماعة الأحيائية.

- **سِنّ النضج الإنجابي**

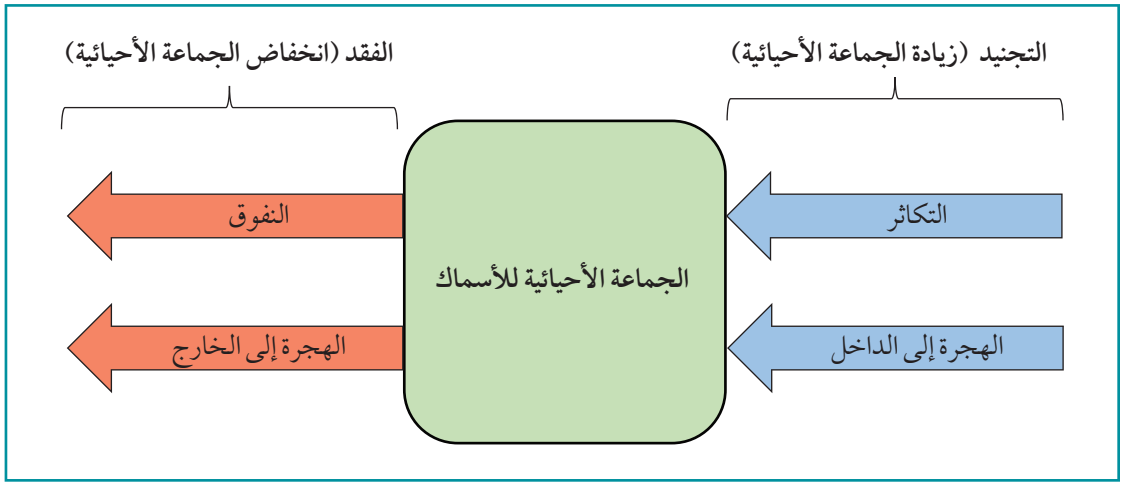
سِنّ النضج الإنجابي هو التحكم في النضج لدى الأسماك، وهو أمر معقد، وثمة تباين فيه داخل النوع الواحد وداخل الأنواع المختلفة.

مصطلحات علمية

التجنيد Recruitment: دخول كائنات حية جديدة في جماعة أحيائية. وبالنسبة إلى الأسماك، غالبًا ما يشير هذا المصطلح إلى المرحلة التي تصل فيها السمكة إلى سِن يمكن فيه صيدها بالشباك.

الخصوبة Fecundity: معدل تكاثر الكائنات الحية. وغالبًا ما يُعدّ معدل إنتاج البيض مقياسًا للخصوبة في الأسماك.

النضج الإنجابي Reproductive maturity: الوقت الذي يكون فيه الكائن الحي قادرًا على التكاثر الجنسي.



الشكل ٦-٧ العوامل المؤثرة على أعداد الجماعات الأحيائية للأسماك.

يعدّ سِن الأسماك عاملًا مهمًا في حياة العديد من الأنواع. وتتعقد هذه المسألة بسبب معدلات النمو، والكتل، وكثافة الجماعات الأحيائية، ونسب الذكور والإناث. توجد بعض الأدلة على أن الصيد الجائر قد يخفض متوسط سِن النضج الإنجابي، ما يؤدي إلى أن الأسماك الأصغر سنًا وطولًا تنضج وتنتج عددًا أقل من الأمشاج، فيقل التجنيد بشكل عام. أما أنواع الأسماك التي تستغرق عدة سنوات للوصول إلى النضج الإنجابي فتكون جماعاتها الأحيائية أبطأ بالنمو. وقد تحتاج بعض الأنواع إلى عدة سنوات لإعادة تكوين جماعات أحيائية صحية بعد انخفاض كبير في عددها.

- **النمو**

معدل نمو السمكة هو السرعة التي يزيد فيها طولها أو كتلتها. ويتمّ تجنيد الأسماك إلى الجماعة الأحيائية بمجرد بلوغها مرحلة معيّنة من النمو. قد تختلف معدلات النمو بفعل عدة عوامل، مثل توافر الغذاء، ودرجة الحرارة، ومستويات الأكسجين، وأنواع الأسماك. تنمو بعض الأنواع ببطء بشكل طبيعي، في حين تنمو أنواع أخرى بسرعة. وبشكل عام، يكون معدل تجنيد الأنواع بطيئة النمو أقل. وقد يؤثر معدل النمو أيضًا على سِنّ النضج الإنجابي، ولا تبدأ بعض الأنواع تكاثرها إلا بعد أن تصل إلى طول معيّن.

- **الاعتماد على المواطن البيئية**

تمتلك العديد من أنواع الأسماك دورات حياة معقدة تتضمن مراحل نمو مختلفة تتطلب مواطن بيئية مختلفة. على سبيل المثال، تحتاج أنواع مثل سمك السلمون والهامور مجموعة مواطن بيئية مختلفة لمراحل مختلفة من دورة حياتها. وإذا فُقد أحد هذه المواطن البيئية أو لم تتوافر طرق الهجرة بينها، فإن دورة الحياة سوف تضطرب، وينخفض التجنيد.

٢. نفوق الجماعة الأحيائية

معدل النفوق Mortality rate هو معدل موت الأسماك. ويشمل النفوق الطبيعي، ونفوق المصيد.

- **النفوق الطبيعي**

تواجه الجماعات الأحيائية للأسماك معدلات نفوق ناتجة من عوامل طبيعية، مثل الافتراس والأمراض ونقص الغذاء وحتى الأحداث المفاجئة مثل الانفجارات البركانية. الأعداد الكبيرة من الحيوانات المفترسة والكميات القليلة من الغذاء قد تُخفض بشكل مباشر أعداد الأسماك، لكن قد يكون لعوامل أخرى تأثيرات غير مباشرة. إن توافر الحيوانات المفترسة والغذاء قد يعتمد على ظروف الطقس، والتغيرات الأخرى في الشبكة الغذائية والأمراض وتأثيرات الأنشطة البشرية. وهذا يعني أن معدلات النفوق الطبيعي قد تختلف من سنة إلى أخرى، لذا يصعب التنبوء بها.

يؤثر المناخ على مقدار الطاقة التي تدخل الشبكة الغذائية من خلال تأثيره على إنتاجية العوالق النباتية. يعتمد نمو العوالق النباتية على عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي يتأثر بشدة الضوء، وتركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، ودرجة الحرارة. كما يعتمد على تراكيز الأيونات المعدنية، والتي تأتي غالبًا من التيارات الصاعدة للمياه. كما يمكن أن يكون للأنشطة البشرية مثل الجريان السطحي الزراعي والرواسب، تأثيرات أيضًا على إنتاجية العوالق النباتية.

تُعدّ الأمراض من العوامل التي قد تؤثر فجائيًا على الجماعة الأحيائية، حيث تسهم الكثافة المرتفعة للجماعة الأحيائية في تسريع انتشار العدوى، ما ينعكس سلبًا على الأحجام الأكبر للجماعة الأحيائية ويؤدي إلى تراجعها بسرعة.

تتصف معظم الأسماك والرخويات والقشريات بخصوبة مرتفعة، حيث تنتج أمشاجًا كثيرة.

مصطلحات علمية

معدل النفوق Mortality rate: هو معدل الموت. يشمل النفوق الطبيعي وهو معدل الموت الناتج من أسباب طبيعية، ونفوق المصيد وهو معدل الموت الناتج من الصيد.

ومع ذلك، يكون معدل النفوق الطبيعي لليرقات اليافعة منها مرتفعًا جدًا. وعلى الرغم من القدرات الإنجابية المرتفعة لدى الأسماك إلّا أن عددًا قليلًا جدًا منها يُجند في الجماعات الأحيائية.

- **نفوق المصيد**

موت الأسماك نتيجة لأنشطة الصيد يسمى نفوق المصيد Catch mortality . وهي لا تقتصر على الأسماك التي تُحصَد وتُباع، بل تشمل أيضًا المصيد العرَضي، والأسماك المهدرة والتي يجري رميها، وغيرها. من السهل نسبيًا تقدير عدد الأسماك المحصودة فعليًا من خلال سجلات الأسماك المُباعة. في حين يصعب تقييم الخسائر الناتجة من المصيد العرَضي والأسماك المهدرة التي يتم رميها لأنها تعتمد على تقارير الصيادين والتجارب العلمية. وغالبًا ما يختلف العاملون في صناعة الصيد والعلماء حول تقديرات المصيد العرَضي والأسماك المهدرة. وربما لا يشعر الصيادون أن من مصلحتهم على المدى القصير الإبلاغ عن معدلات النفوق المرتفعة أثناء الصيد لأنهم أصحاب المصلحة في صناعة الصيد. وقد يؤدي ذلك إلى خفض تقديرات أعداد الجماعات الأحيائية للأسماك وخفض الحصص المستقبلية. التقديرات الدقيقة مهمة للصناعة على المدى الطويل، حيث يعرّض الصيد غير المستدام مخزونات الأسماك في المستقبل للخطر.

أسئلة

١. صمّم جدولًا وأكمله لتلخيص التأثيرات السلبية لشباك التحويط الكيسية وشباك الجر القاعي والسفن المصنعية والصيد بالخيط الطويل على مخزونات الأسماك والمواطن البيئية.

٢. اشرح كيف يمكن للعوامل الآتية التأثير على كمية الأسماك التي يمكن صيدها بأمان دون التأثير على الجماعات الأحيائية لمخزون الأسماك في المستقبل:
   أ. هجرة أعداد كبيرة من الأنواع المفترسة إلى منطقة ما.
   ب. انخفاض سِنّ النضج الإنجابي للأسماك.
   ج. انخفاض خصوبة الأسماك.

٦-٢ استراتيجيات رئيسية لاستدامة مصايد الأسماك

أبسط طريقة لتحديد عدد الأسماك التي يمكن حصادها في أي وقت وبشكل مستدام هي التأكد من أن عدد أفراد الجماعة الأحيائية لا يقل عن المستويات السابقة. ولكي يتحقق ذلك يجب أن يكون التجنيد في أي سنة أكبر من أو مساويًا لمجموع النفوق الطبيعي ونفوق الصيد معًا:

التجنيد ≥ النفوق الطبيعي + نفوق المصيد

إذا قلّ معدل التجنيد عن مجموع النفوق الطبيعي ونفوق المصيد، فستنخفض أعداد الجماعة الأحيائية للأسماك وسيكون الصيد غير مستدام.

في الواقع، يكون تحديد حصص الصيد المستدامة أكثر تعقيدًا من ذلك. فالتنبؤ بالنفوق الطبيعي يكاد يكون مستحيلًا، ويجب قياسه بشكل متكرر بالمسوحات العلمية. كما يجب أن يكون معدل نفوق المصيد دقيقًا ما أمكن، وباستخدام أساليب علمية وليس بناء على مبيعات الأسماك، والتي تقلل من تقدير الكميات المهدرة والمصيد العرَضي. ويجب الأخذ في الاعتبار التوزيع النسبي للجماعة الأحيائية من حيث الطول والسِن. كانت تربية سمك التونة ذي الزعانف الزرقاء تُعدّ إشكالية في هذا الصدد، بحيث تُصطاد أسماك التونة اليافعة قبل تكاثرها ثم تُنقل إلى مزارع التونة؛ وهذا يعني أن الأسماك تُفقَد قبل تكاثرها، ما يؤدي إلى انخفاض مخزونات الأسماك. كما يجب مراعاة الأحداث غير المتوقعة التي قد تؤثر على التكاثر والنفوق الطبيعي مثل الانفجارات البركانية وظاهرة النينو.

كيف نضمن بقاء مخزون الأسماك للأجيال القادمة؟

لضمان وجود مخزونات من الأسماك للمستقبل، يجب على الحكومات الوطنية اتباع استراتيجيات لتنظيم ممارسات الصيد للأسماك التي تتجاوز الحدود الوطنية، حيث يوجد عدة مناطق في المحيطات تقع خارج نطاق أي دولة.

ولمعالجة هذه المشكلة أُبرمت اتفاقيات بين الحكومات من قبل وكالات مثل منظمة الأغذية والزراعة (الفاو FAO) التابعة للأمم المتحدة.

التقييد بحسب الموسم

حظر الصيد خلال أوقات معيّنة من السنة غالبًا ما يُستخدم لحماية مخزونات الأسماك، وغالبًا ما ترتبط القيود الموسمية بالقيود المكانية (المفروضة على المنطقة)؛ بحيث يفرض حظر على الصيد في مناطق معيّنة وفي أوقات معيّنة من السنة. وتشمل أسباب الحظر الموسمي ما يأتي:

- منع الصيد لفترة زمنية معيّنة تتيح للأسماك أن تنمو وتصل إلى أحجام أكبر وتجنيدها في الجماعة الأحيائية.
- غالبًا ما يتزامن التقييد مع مواسم التكاثر لتمكين الأسماك من التفريخ ومنع الصيد الجائر عندما تتجمع الأسماك للتكاثر.
- التقييد المفروض في المناطق التي تنضج فيها الأسماك اليافعة تحسّن من فرصة وصولها إلى مرحلة النضج. على سبيل المثال، في خليج المكسيك يتم تنظيم صيد الروبيان على النحو الآتي: تُحدَّد مواسم الصيد بحيث لا تُصطاد يرقات ويافعات الروبيان في المناطق الساحلية أو أثناء الهجرة إلى البحر المفتوح، ما يتيح للروبيان الانتقال إلى المياه المفتوحة والنمو إلى أحجام أكبر، وبالتالي يحسّن عائدات صناعة صيد الأسماك.
- التقييد بحسب الموسم ليس لمصلحة الكائنات المستهدفة في الصيد فقط. ففي منطقة البحر الكاريبي تُفرض قيود على الصيد لتتزامن مع هجرة وتكاثر السلاحف، والتي يمكن صيدها عن طريق الخطأ. وفي بعض المناطق يُمنع الصيد أثناء المرور السنوي للحيتان والدلافين.

قد يعترض الصيادون على القيود الموسمية لأنها تُقلل من الفترة الزمنية التي يمكنهم العمل فيها. وهناك خطر من أن يصيد الصيادون بعد ذلك أنواعًا أخرى لتعويض النقص، ما قد يؤدي إلى استغلال هذه الأنواع. وقد يقدم الصيادون على الصيد الجائر في أوقات أخرى من السنة لتعويض الخسارة في الدخل. لكن إذا تم توضيح أسباب فرض القيود، فسوف يدعمون في الغالب الإغلاقات الموسمية والمكانية للمساعدة في تحسين مخزونات الأسماك وتأمين مستقبلهم على المدى الطويل. وفي كثير من الحالات سيساهمون في منع القوارب من الصيد بشكل غير قانوني، وفي تشديد الرقابة على الصيد. وإذا دعم الصيادون المحليون الحظر فقد يؤدي ذلك إلى تقليل نفقات الرقابة على القوارب والصيد.

إن فرض القيود على مناطق الصيد التي تمتد عبر أكثر من دولة يتطلب تعاونًا بين الحكومات. ولن ينجح الحظر إذا التزم به الصيادون من بلد واحد فقط، ما سيولد صراعًا بين أساطيل الصيد. «جورج بانك Georges Bank» هي منطقة صيد بالقرب من نيو إنجلند New England تصيد فيها أساطيل الصيد الأمريكية والكندية. وفي (1970s) و (1980s)، أصبح من الواضح أن مخزونات الأسماك مهددة بشدة بسبب الصيد الجائر. وقد عملت حكومتا الولايات المتحدة وكندا معًا لفرض قيود موسمية ومكانية في محاولة للمساعدة في استعادة مخزونات الأسماك. ورغم المخاوف بشأن التهديد الذي يتعرض له مصدر دخلهم الرئيسي، فإن معظم الصيادين لاحظوا انخفاضًا في صيدهم، ولذلك، دعموا هذا الإجراء. وعملوا مع الجهات التنظيمية لوضع القيود موضع التنفيذ للمساعدة في استعادة مخزونات أنواع الأسماك المستهدفة.

تفرض سلطنة عُمان حظرًا سنويًا على صيد أسماك الكنعد خلال الفترة الممتدة من منتصف أغسطس إلى منتصف أكتوبر، بهدف ضمان استدامة المخزون السمكي.

يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب استخدام التقييد بحسب الموسم.

التقييد بحسب الحصص

أبسط إجراء يمكن اتخاذه هو تخصيص حصص محددة من الأسماك التي يُسمح بصيدها كل عام. والهدف من ذلك هو تقييد عدد الأسماك المصطادة للسماح للمخزونات بالتعافي. تحدد الهيئات التنظيمية الوطنية حصة إجمالية يُسمح بصيدها في فترة زمنية محددة، ثم تُوزّع هذه الحصة بين الصيادين التجاريين. ويمكن للصيادين استخدام هذه الحصص أو بيعها للآخرين. وعلى الرغم من قيمتها الواضحة وبساطتها الظاهرة فإن تنفيذ نظام الحصص يواجه مشكلة لوجود العديد من سفن الصيد المختلفة ولصعوبة التحقق من الصيد. ولم يكن الاستخدام الأول للحصص من قبل الاتحاد الأوروبي لصيد الأسماك في بحر الشمال والبحر الأبيض المتوسط ناجحًا، حيث استمر الصيد الجائر بشكل غير قانوني في العديد من الدول. كما شجع نظام الحصص بشكل غير مقصود على التخلص من الأسماك الميتة ورميها في البحار إذا تجاوز المصيد حصة الإنزال Landing quota. ومع ذلك، تبقى الحصص مهمة جدًا في تنظيم عدد الأسماك المسموح بصيدها سنويًا على أساس الغلة المستدامة القصوى (MSY). في الواقع، يميل المنظمون حاليًا إلى تحديد الحصص واستخدام طرائق التقييد لتحقيق تلك الحصص. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب التقييد بحسب الحصص.

التقييد بحسب الترخيص

في العديد من الدول، يجب على مالكي القوارب التقدم بطلب للحصول على رخصة أو تصريح صيد تجاري، بما يساعد الجهات التنظيمية في ضبط عدد القوارب التي يسمح لها بالصيد سنويًا. يساعد نظام الترخيص الجهات المنظمة في تحديد أحجام القوارب والمحركات القصوى، وحصص صيد الأسماك، وأنواع معدّات الصيد المسموح بها، وعدد أيام تشغيل قوارب الصيد المصرّح بها لكل مرخّص له. وتُستخدم التراخيص الحديثة بالاقتران مع تقنيات المراقبة المتطورة عبر الأقمار الصناعية، ويتم حفظها بصيغ إلكترونية وورقية. إن هذا النمط الجديد من الترخيص الإلكتروني يتيح التعرف بسرعة على القوارب والتحقق من كميات الأسماك المسموح بصيدها للمساعدة في تحديد السفن والقوارب التي تنتهك القوانين. يمكن الغاء جميع التراخيص إذا لم يلتزم حاملها بالقوانين ويمكن فرض غرامات مالية عليه. ومع ذلك، قد يكون نظام التراخيص مكلفًا. يجب إصدار التراخيص والتحقق منها، وتنفيذ بعض أشكال الرقابة لضمان عدم مخالفة الصيادين القوانين. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب استخدام التقييد بحسب الترخيص.

تقييد الموقع

قد يتم إغلاق بعض المناطق في البحر للصيد، أو تُفرَض قيود على نوع الصيد أو عدد القوارب التي يُسمح باستخدامها. إن تقييد الصيد في مواقع معيّنة يؤدي إلى تقليل عدد الأسماك التي تُصطاد، وبالتالي يزداد عدد أفراد الجماعة الأحيائية. كما أن إغلاق مناطق التكاثر أو مناطق حضانة الأسماك اليافعة يساعد في تأمين التجنيد في الجماعة الأحيائية العامة. وتشمل أسباب تقييد الصيد في مواقع معيّنة ما يأتي:

- السماح للجماعات الأحيائية المُستَنفدَة بالتعافي. قد يساعد أيضًا في زيادة عدد أفراد الجماعات الأحيائية التي لا توجد في المنطقة المحظورة. وقد وجد في النرويج أن حظر صيد جراد البحر Lobster في المناطق المحمية أدى إلى زيادة أعداد جراد البحر في المناطق المجاورة أيضًا. وعُثر على بعض جراد البحر الموسوم بعلامة وقد هاجر مئات الأميال بعيدًا عن المناطق المحمية.
- منع الصيد في مناطق معيّنة للتكاثر أو للحضانة. تتجمع الأسماك في مناطق معيّنة للتفريخ، لذا فإن حظر الصيد في هذه المناطق يسمح بالتكاثر الناجح. غالبًا ما تُعدّ مناطق مثل منطقة غابات القرم مناطق

حضانة، لذا فإن حظر الصيد فيها يتيح للأسماك اليافعة أن تنمو وتصل إلى أطوال الأسماك البالغة.

- الحد من المصيد العرَضي والضرر الذي يصيب الأنواع الأخرى. غالبًا ما يفرض حظر على الصيد في المناطق الحساسة بيئيًا مثل الشعاب المرجانية ومروج الحشائش البحرية وأشجار القرم لمنع إلحاق الضرر بالسلاسل الغذائية المعقدة في هذه المناطق. وتمثل هذه المناطق ملجأ للجماعات الأحيائية للأسماك والرخويات والقشريات وأنواع أخرى.

تُقام مناطق الملاذ ومناطق الحظر التام للصيد كجزء من إجراءات الحفاظ على الأنواع العامة، مثل تطوير **المناطق البحرية المحمية Marine protected areas (MPAs)**. توفر (MPAs) حماية عامة للتنوع البيولوجي، وكونها مناطق ملاذ، فهي تتيح للأسماك التكاثر من دون تهديد. ثم تهاجر الأسماك إلى مناطق أخرى، ما يزيد من عدد أفراد الجماعات الأحيائية في تلك المناطق.

نظريًا، تُعدّ إقامة مناطق يُقيَّد فيها الصيد أداة بسيطة ما دام الصيادون يحترمون القيود وينفّذونها. وإذا اقتنع الصيادون بقيمتها في الحفاظ على استدامة عملهم على المدى الطويل، فإنهم غالبًا ما ينظّمون هذه المناطق بأنفسهم.

مع ذلك قد تبرز مشكلات في المناطق التي تصيد فيها أساطيل من جنسيات مختلفة لذلك تتطلب اتفاقيات بين الحكومات عبر الحدود الوطنية. وقد تكون هناك حاجة إلى المراقبة والرصد لمنطقة ما، وهذا قد يكون مكلفًا. ففي محمية جزر فينيكس البحرية الكبرى، وهي (MPA) حول جمهورية كيريباتي Republic of Kiribati، أدى وجود سفينة صيد أسماك القرش غير القانونية إلى خفض عدد أسماك القرش إلى مستويات قريبة من الصفر في جزيرة مرجانية حلقية في أوائل العقد الأول من الألفية الثانية. وتكون المراقبة والتنفيذ في مثل هذه (MPAs) الكبيرة مكلفة جدًا، خصوصًا بالنسبة إلى البلدان منخفضة الدخل (LICs). ومن المخاطر الأخرى الناجمة عن إقامة مناطق محمية أن الصيادين قد يستهدفون ويفرطون في استغلال مناطق أخرى بدلًا من ذلك، وبالتالي تنتقل مشكلة الصيد الجائر إلى منطقة مختلفة. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب تقييد الموقع.

تقييد الطريقة

بعض طرائق الصيد أكثر ضررًا من غيرها. وقد يتم تقييد الطرائق المسموح باستخدامها في أوقات مختلفة من السنة وفي مناطق مختلفة. يلخص الجدول (٦-١) التأثيرات البيئية لطرائق الصيد المختلفة.

إن استخدام شباك التحويط الكيسية (الشكل ٦-٤) وشباك الجر القاعي (الشكل ٦-٥) في صيد الأسماك قد يكون له تأثيرات كبيرة محتملة على مخزونات الأسماك؛ فقد تصيد كلا الطريقتَين أعدادًا كبيرة من الأسماك دفعة واحدة، وإذا لم تُستخدم هذه الشباك بحرص فإنها لا تميز بين الأسماك البالغة واليافعة والأنواع الأخرى. وقد يساعد تنظيم حجم فتحات الشباك في تقليل صيد الأسماك الصغيرة والأنواع الأصغر غير المستهدفة إلا أن هذا الحل ليس مثاليًا. نظريًا، إن تحديد **الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك Minimum mesh sizes** لتكون أكبر، يسمح بنفاذ الأسماك الصغيرة عبر الشبكة. ومع ذلك، عند تجمع الأسماك في أحد طرفَي شبكة الجر، تتكدس الأسماك معًا ويُحتمل أن لا تستطيع الأسماك اليافعة الوصول إلى الفتحات التي تمكّنها من النفاذ والهروب.

مصطلحات علمية

المناطق البحرية المحمية Marine protected areas (MPAs): مناطق من المحيط أو الساحل فُرِضَت فيها قيود على الأنشطة، وقد تختلف مستويات القيود، فقد يكون بعضها مناطق محظورة لا يسمح فيها بالصيد، وقد تسمح مناطق أخرى ببعض الصيد، وقد تحظر بعض المناطق دخول الأشخاص غير المصرح لهم، بينما يمكن أن تسمح مناطق أخرى بدخول مقيد وفق شروط معيّنة.

الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك Minimum mesh sizes: أصغر حجم مسموح به للفتحات في شبكات الصيد.

طريقة الصيد	مثال على الأنواع المستهدفة	التأثير على الأنواع المستهدفة	التأثير على الأنواع غير المستهدفة	التأثير على الموطن البيئي
شباك التحويط الكيسية	المكريل، والتونة، والرنجة، والسردين.	خطر الصيد الجائر. قد يؤدي تقييد حجم فتحات الشبكة إلى تقليل صيد صغار الأسماك.	فقدان أسماك التونة والسلاحف والدلافين.	تأثير ضئيل على الموطن البيئي.
شباك الجر القاعي	سمك البلطي المفلطح، سمك موسى، سمك الشفنين.	خطر الصيد الجائر. قد يؤدي تقييد حجم فتحات الشبكة إلى تقليل صيد صغار الأسماك ومنع الصيد الجائر.	تأثير شديد على الأنواع الأخرى. طريقة حصاد غير انتقائية إلى حدّ بعيد.	تأثير شديد على قاع البحر، إتلاف الشعاب المرجانية والمواطن البيئية.
الصيد بالخيط الطويل	سمك القد، سمك التونة.	خطر الصيد الجائر. تقييد عدد خطاطيف الصيد وطول الخيط ووقت الصيد قد تقلل كمية المصيد.	طريقة حصاد غير انتقائية إلى حدّ بعيد، ما يؤدي لنفوق سمك التونة والسلاحف والدلافين وأسماك القرش والطيور البحرية. كما يمكن أن تتعرض الطيور البحرية للخطر، ويمكن الحد من ذلك باستخدام الطعوم المستهدفة والأوزان لخفض الخطاطيف ووسائل إبعاد الطيور، والخطاطيف الدائرية.	تأثير منخفض على المواطن البيئية.
الصنارة	التونة، سمك أبو سيف.	مخاطر أقل من الصيد الجائر. صيد أقل كثافة مقارنة باستخدام الشباك.	خطر منخفض للمصيد العرَضي.	تأثير ضئيل أو معدوم على المواطن البيئية.

الجدول ٦-١ ملخص التأثيرات البيئية لطرائق الصيد المختلفة.

قد يكون الصيد بشباك التحويط الكيسية مستدامًا إذا استخدمت بحذر، ولكن ذلك مشروط بأن يتم تحديد موقع سرب من الأسماك المستهدفة. وينبغي استخدامه مع أدوات هروب السلاحف ووسائل إبعاد الدلافين. بينما جميع طرائق صيد الأسماك بشباك الجر القاعي تقريبًا غير مستدامة، حيث تؤدي إلى تخفيض مخزونات الأنواع المستهدفة وغير المستهدفة بشكل كبير، مع إلحاق الضرر بالمواطن البيئية. وقد فرضت العديد من الجهات التنظيمية لصيد الأسماك قيودًا على صيد الأسماك بشباك الجر القاعي نظرًا إلى إمكانية تسببها بأضرار.

صيد الأسماك بالخيط الطويل، وخصوصًا صيد الأسماك القاعية، قد يكون مستدامًا إذا تمّت إدارته بعناية. أما استخدام الخيط الطويل لصيد الأسماك السطحية في البحر المفتوح فيصعب تقييده بشكل فعال، وبتحديد قيود على طول الخيط وعدد الخطاطيف، يمكن التقليل من مخاطر الصيد الجائر، فضلًا عن التحكم بالمدة الزمنية التي يُترك فيها الخيط في الماء. يمكن إضافة أثقال إلى خيوط الطبقة السطحية في البحر المفتوح لإبعاد الطعم عن سطح البحر، ما يقلل من خطر انجذاب

الطيور البحرية والسلاحف البحرية إليه؛ كما يساعد أيضًا إرفاق وسائل إبعاد الطيور والدلافين بالخيوط. ويمكن للخطاطيف الدائرية الخاصة، والتي يكون انحناؤها إلى الداخل أكثر من الخطاطيف التقليدية على شكل حرف: «J» أن تقلل من المصيد العرَضي بفاعلية، لأنها لا تعلق بها الأنواع الكبيرة كالدلافين على سبيل المثال. أخيرًا، إن استخدام الطعم الأقل جاذبية للأنواع غير المستهدفة قد يؤدي إلى تقليل المصيد العرَضي.

يستخدم صيد الأسماك بالصنارة Rod and line لصيد الأنواع السطحية المفترسة في المنطقة السطحية في البحر المفتوح مثل سمك التونة وسمك أبو سيف (الصورة ٦-٣). وهي طريقة أكثر استدامة من استخدام الشباك، حيث يُصطاد عدد أقل من الأسماك، وبالتالي يكون التأثير على جماعاتها الأحيائية محدودًا. وإذا استُخدم الطعم بشكل انتقائي، يكون خطر المصيد العرَضي منخفضًا، ولا يحدث أي تأثير تقريبًا على المواطن البيئية. تحظر العديد من الهيئات التنظيمية جميع الطرائق الأخرى ما عدا الصيد بالصنارة لصيد سمك التونة.

الصورة ٦-٣ صيد سمك التونة بالصنارة حول جزر المالديف.

تقييد طول الكائنات الحية المسموح بالاحتفاظ بها

إذا أزيلت الكائنات الحية البحرية من جماعة أحيائية قبل أن تتكاثر، فستنخفض أعدادها بسرعة. يكاد يكون مستحيلًا التحديد بدقة ما إذا كانت الأسماك أو الكائنات الحية البحرية الأخرى قد وصلت إلى نضجها الإنجابي أثناء وجودها في البحر. لذا فإن طول الأسماك هو المقياس الأساسي لمعرفة ما إذا كانت قد وصلت إلى مرحلة النضج الإنجابي أم لا. من المرجح أن تكون الأسماك الكبيرة أكبر سنًا وأن يكون لديها بالفعل موسم تكاثر واحد على الأقل. العديد من الهيئات التنظيمية الوطنية والإقليمية تحدد الحدّ الأدنى لطول الأسماك والرخويات والقشريات التي يمكن صيدها والاحتفاظ بها. يجب قياس الكائنات الحية البحرية عند موقع الصيد وإذا كانت أقل من الطول المسموح به، يجب إعادتها إلى البحر على الفور. ويتطلب ذلك إجراء قياس سريع لطول السمكة (عادة من الخطم حتى نهاية الذيل). يوضح الجدول (٦-٢) الحدّ الأدنى لطول بعض أسماك بحر الشمال. تتمثل إحدى المشكلات المرتبطة بتحديد الحدّ الأدنى للطول في أن السمكة قد تكون نفقت بالفعل أو تضررت بحلول وقت القياس. إن فرض القيود على أطوال الأسماك أمر مكلف ويتطلب إجراءات تفتيش مفاجئة على سفن الصيد، وفي مواقع إنزال الأسماك وعلى رصيف الميناء، وكذلك في أسواق الأسماك لرصد الأسماك دون الطول المسموح به، والسؤال حول ما يجب فعله بالأسماك الميتة التي يكون طولها أقل من المسموح به، هو أمر صعب. فغالبًا ما يجري التخلص من هذه الأسماك برميها في البحر، ولا تضاف إلى حصة الأسماك التي يتم إنزالها، وهي سبب خفي لنفوق الأسماك. من الأفضل أولًا التأكد من عدم صيد الأسماك التي يقل طولها عن المسموح.

تُطبّق سلطنة عُمان لوائح تنظّم الحد الأدنى للطول القانوني المسموح بصيده من الصفيلح، والكنعد، والشارخة. فعلى سبيل المثال، تُلزم الصيادين بعدم صيد أسماك الكنعد التي يقل طولها عن 65 cm.

يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب تحديد طول الكائنات الحية المسموح بالاحتفاظ بها.

نوع المصيد (السمك)	الحد الأدنى لطول المصيد المسموح بإنزاله/ cm
القاروص	42
القد	35
سمكة موسى الأوروبية	24
الحدوق	30
النازلي	27
الرنجة	20
سمكة البياض	27
البلايس	27

الجدول ٦-٢ الحد الأدنى لطول الأسماك في بحر الشمال.

تقييد كثافة الصيد

إذا أردنا ضمان استدامة الصيد ينبغي تنظيم عدد الأسماك التي يتم صيدها، ويجب أن يكون صيد الأسماك أقل من أقصى عائد مستدام (MSY). قد يبدو تحديد حصص الإنزال للأسماك لضمان صيد يقل عن (MSY) أمرًا بسيطًا، لكن عمليًا، يصعب تطبيقه ومراقبته. وكما ذُكر سابقًا فقد أدّى فرض الحصص في بعض الأحيان إلى التخلص من الأسماك الميتة التي تجاوز صيدها الحصة المحددة، وهذه الأسماك الميتة غير المعلن عنها هي سبب خفي لنفوق الأسماك.

يقدر الصيد غير القانوني بما يتراوح بين 11 و 26 مليون طن من الأسماك سنويًا. وقد يكون من الأسهل التحكم في كثافة الصيد بدلًا من تحديد عدد الأسماك التي يمكن صيدها، وذلك عن طريق تقييد عوامل مثل عدد القوارب في الأسطول، وحجوم القوارب، وحجوم المحركات، وعدد الأيام التي تقضيها القوارب في الصيد، وكمية معدّات الصيد.

يساعد تقييد عدد القوارب في أسطول الصيد على منع الصيد الجائر، ولكن يجب أن يتزامن ذلك مع إجراءات الضبط الأخرى. يمكن لسفينة مصنعية واحدة أن تصيد عددًا أكبر بكثير من الأسماك مقارنة بثلاث سفن صيد صغيرة ساحلية، لذا يجب عدم الاكتفاء بضبط عدد القوارب في الأسطول، بل يجب أيضًا التحكم في حجم القوارب الفردية. كما أن حجم المحرك هو عامل آخر، حيث تتيح المحركات الأكبر وصول سفن الصيد إلى مناطق صيد أبعد والتحرك بين مناطق الصيد بسرعة أكبر لاستغلال المزيد من مخزونات الأسماك. والهدف من تنظيم أعداد القوارب وحجومها ومحركاتها هو إنشاء نظام يضمن وجود توزيع عادل لجميع الصيادين في الأسطول.

يساعد تقييد حجم الشباك عن طريق تطبيق الحدّ الأقصى لحجم الشباك، ووجود الحدّ الأقصى لعدد المصايد في منع الصيد الجائر. يقلل انخفاض كثافة الصيد من شدة الجهد المبذول، وبالتالي استخدام المزيد من شباك الجر لتحقيق المصيد نفسه. فصيد الأسماك بالصنارة أقل كثافة بكثير من استخدام الشباك؛ وهذه الطريقة يتم تشجيعها في العديد من أنحاء العالم، مثل جزر المالديف وسيشل.

يجري غالبًا تقييد عدد الأيام التي يُسمح فيها للقوارب بالصيد؛ حيث يخصص لكل مالك سفينة صيد عدد محدد من أيام الصيد سنويًا. ويحتفظ الصيادون بسجلات مفصلة للقوارب يمكن للجهات التنظيمية فحصها، مع تحديد الوقت الذي أمضوه في البحر. من عيوب تحديد أيام الصيد أنه إذا بقيت سفن الصيد في البحر لأيام من دون صيد كافٍ، فإنها تكون قد استخدمت مخصصاتها من أيام الصيد ولكن بخسارة.

تقييد كثافة الصيد يتطلّب تنظيمًا من الحكومات، وبطريقة لا تضر بأي صياد. وفي بعض البلدان، مثل إندونيسيا وماليزيا، كان تقييد كثافة الصيد مفيدًا لمصايد الأسماك المتوسطة والصغيرة من خلال الحد من حصة الشركات الكبيرة. ويجب تقييد عدد التراخيص وأعداد القوارب المسموح بها وحجومها سنويًا اعتمادًا

على مخزونات الأسماك، ما يتطلب مراقبة علمية وتطبيقًا مستمرَّين. ويجب الحرص على عدم زيادة القدرة الاستيعابية للأسطول فجأة في سنة تكون فيها المخزونات كبيرة، ثم تقليصها عندما تكون المخزونات أقل، ما يؤدي إلى البطالة. بعض الهيئات التنظيمية مثل الاتحاد الأوروبي تدير أنظمة دعم مالي لمساعدة الصيادين عند الحاجة إلى تقليص حجم الأسطول. وقد تسبب ذلك بحدوث مشكلات حيث استُخدمت الإعانات في شراء سفن أقل عددًا ولكنها أكبر حجمًا ومزوّدة بمزيد من المعدّات. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب تقييد كثافة الصيد.

المراقبة

إذا فُرضت قيود على الصيد، يجب مراقبتها وتطبيقها بشكل عادل، كما يجب منع الصيد غير المشروع، وأفضل طريقة للحفاظ على القيود هي موافقة الصيادين على الإجراءات المتخذة. يرغب معظم الصيادين في الاستمرار في صيد الأسماك مستقبلًا، ويكونون غالبًا منفتحين على الإجراءات المتخذة لحماية المخزونات عند مشاركتهم في صنع القرار ومراعاة احتياجاتهم وآرائهم. الصيادون الذين يوافقون على القيود سيراقبون أنفسهم ويساعدون في ضبط المخالفات والإبلاغ عنها. وبدلًا من محاولة فرض إجراءات قد تبدو صارمة على صناعة صيد الأسماك من مؤسسات حكومية بعيدة، فإن السياسة الأكثر نجاحًا تكمن في جمع كل الأطراف للمشاركة في النقاشات لاتخاذ القرارات. تتوافر عدة طرائق لمراقبة تطبيق القيود:

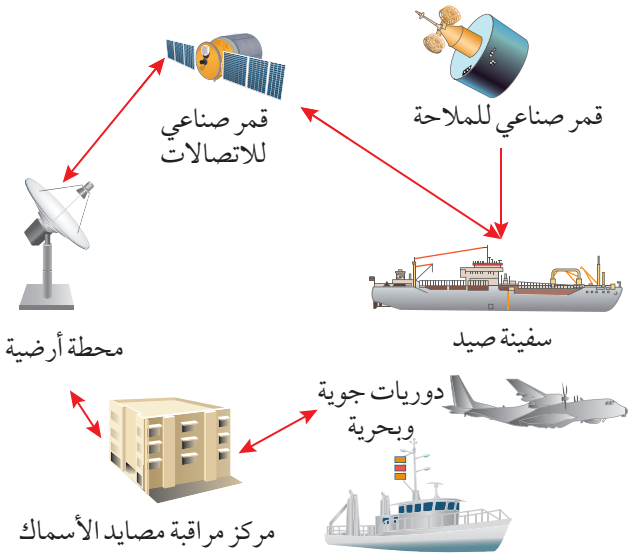
- **الدوريات الجوية والبحرية**

المساحة التي تغطيها قوارب الصيد كبيرة جدًا، لذلك، قد تكون مراقبتها صعبة ومكلفة. تستخدم فرق خفر السواحل وتفتيش مصايد الأسماك طائرات منخفضة الارتفاع وقوارب سطحية لمراقبة قوارب الصيد بشكل عشوائي. وفي حال اشتبه المراقبون الجويون في نشاط قارب معيّن، يقومون بالتواصل عبر موجات الراديو مع قارب سطحي تابع لجهة التفتيش لاعتراض القارب. الدوريات الجوية والبحرية مفيدة لأنها قادرة على رصد الأنشطة غير المعتادة، ومراقبة القوارب التي تبدو أنها تبحر بتكرار فوق المعتاد. ومع ذلك، فهي مكلفة ويستحيل أن تغطي مناطق واسعة من المحيط. وحتى إذا رُصدَت قوارب وهي تخالف انتهاك قوانين الصيد، فقد يكون من الصعب الحصول على أدلة. وإذا شعر طاقم القارب بأنه قد رُصد، يمكنه التخلص من الصيد الزائد أو المعدات قبل وصول المفتشين. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب الدوريات الجوية والبحرية.

- **التتبّع عبر الأقمار الصناعية**

تستخدم أغلب السفن نظام التعريف الآلي (Automatic Identification System AIS)، وهو وسيلة اتصال عبر الأقمار الصناعية كانت تستخدم في الأصل لأغراض السلامة والأمن البحري. يعتمد هذا النظام على الأقمار الصناعية الخاصة بالملاحة والاتصالات لتتمكن السفن من التحدث إلكترونيًا مع بعضها ومع السلطات على الشاطئ. كما يبثّ معلومات مثل بيانات تحديد هوية السفينة وموقعها ومسارها وسرعتها. وتستخدم هيئات تنظيم الصيد الآن نظام التعريف الآلي (AIS) كجزء من نظام كشف السفن (VDS)، حيث إنه قادر على نقل المعلومات حول أنشطة كل سفينة في الوقت الفعلي. وإذا كانت سفينة ما تُثير الشك، يمكن إرسال دوريات جوية وبحرية مع مفتشين للحصول على مزيد من المعلومات. يوضح الشكل (٦-٨) نظام إدارة السفن المتكامل.

كجزء من مراقبة الأقمار الصناعية ترسل السجلات الإلكترونية معلومات عبر الأقمار الصناعية إلى الجهات التنظيمية بحيث يمكن الاضطلاع على بيانات فورية للمصيد في البحر.



الشكل ٦-٨ نظام إدارة السفن المتكامل (VMS) لمراقبة نشاط الصيد.

الأقمار الصناعية تسهّل عمل الدوريات الجوية والبحرية وتمكّن من إجراء عمليات مراقبة في مناطق المحيطات البعيدة جدًا. وهذا يعني أيضًا أنّ السفن مرئية في جميع الأوقات حتى في الظلام.

يجري تطوير مشروع يسمّى المراقبة العالمية للصيد (Global Fishing Watch) يجمع بين تكنولوجيا الأقمار الصناعية والإنترنت، وهو نتاج شراكة تكنولوجية بين منظمة «سكاي تروث» Sky Truth و «أوشيانا» Oceana و «جوجل» Google. يهدف هذا المشروع إلى استخدام نظام التعريف الآلي (AIS) لإظهار جميع أنشطة الصيد القابلة للتتبع في جميع محيطات الأرض. وستكون المعلومات متاحة لعامة الناس عبر موقع الإنترنت.

وفي سلطنة عُمان، أُطلق مشروع النظام الوطني للتتبع الآلي للسفن والقوارب لتركيب أجهزة تتبع على سفن الصيد لمتابعة مواقعها وأنشطتها إلكترونيًا. يسهم المشروع في حماية الثروات البحرية والتمييز بين وحدات الصيد القانونية وغير القانونية، ويعزز الأمن والسلامة في البحر، كما يُحسن إدارة المصايد وتسويق الأسماك بمشاركة الصيادين.

المراقبة بالأقمار الصناعية طريقة فعالة جدًا، إلا أنها لا يمكن أن تحلّ محل المراقبة البشرية تمامًا. ولا بدّ من قيام فِرَق التفتيش بفحص قوارب الصيد والمصايد عند التأكد من أن القارب بحاجة إلى مزيد من التحقق. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب التتبع عبر الأقمار الصناعية.

- **تفتيش المصيد ومعدّات الصيد**

يطلب، في العديد من البلدان، إلى مالكي جميع قوارب الصيد المرخصة الاحتفاظ بسجلات مفصلة كشكل من أشكال المراقبة الذاتية. في الولايات المتحدة وأوروبا استُبدِلت السجلات الورقية بسجلات إلكترونية لتسهيل استخدامها والوصول الفوري إلى البيانات، والتي تنقل المعلومات فورًا حول أوزان المصيد عبر روابط الأقمار الصناعية إلى الجهات التنظيمية. تحتوي سجلات السفن الإلكترونية على تفاصيل مثل:

- عدد الساعات التي تم البقاء فيها في البحر.
- عدد الساعات التي تم قضاؤها في الصيد.
- مناطق الصيد والإحداثيات التي جرى فيها الصيد.
- المصيد من البحر قبل التخلص من الفائض غير المسموح به.
- المصيد من البحر بعد التخلص من الفائض غير المسموح به.
- المصيد الذي أنزل على رصيف الميناء.
- المصيد الذي بيع في السوق.

في بعض الدول، يطلب المنظمون الاطّلاع على سجلات السفن كجزء من نظام تفتيش عشوائي مفاجئ، وتُقَدَّم السجلات على فترات منتظمة.

كما تجري عمليات تفتيش للقوارب، إذ يصل المفتشون من دون سابق إنذار قبل إبحار القارب، ويراقبون ممارسات الصيد أثناء الرحلة. كما يسافرون إلى مناطق الصيد على متن سفن دعم تابعة لهيئات صيد

الأسماك لإجراء تفتيشات عشوائية مفاجئة على قوارب الصيد والتأكد من صحة محتويات سجلات السفن.

يتم تفتيش المصيد على رصيف الميناء بعد التفريغ، ومرة أخرى في الأسواق. وغالبًا ما يفحص المفتشون طول الأسماك المعروضة للبيع في أسواق الأسماك، ويلاحظون ما إذا كان أي منها أصغر من الطول المسموح به، ويدوّنون اسم القارب الذي أخذت منه. ثم ترفق جميع الأسماك المباعة بسجل يوضح مكان الصيد وزمانه، ومتن السفينة الذي جرى الصيد عليها، لذا يسهل تتبع كل المعلومات المطلوبة في هذا المجال. يتم أيضًا تفتيش معدّات الصيد للتأكد من أنها قانونية. عندما يعمل المفتشون مع الصيادين ويساعدونهم على الصيد بشكل قانوني، تتكوّن صورة واقعية وواضحة لما يجري على متن القارب. أما إذا شعر الصيادون بأن المفتشين معزولون عنهم ويتعاملون بأسلوب عقابي، فإنهم لن يثقوا بهم، ما يؤدي إلى استمرار بعض ممارسات الصيد غير المعلنة. ويعرض الجدول (٦-٤) ملخصًا لأبرز المزايا والعيوب لتفتيش المصيد ومعدّات الصيد.

- **المصيد لكلّ وحدة جهد**

المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) Catch per unit effort

هو مقياس لمقدار الجهد المبذول في الصيد لحصاد كمية مصيد معيّنة. وهو مقياس لوفرة الأنواع المستهدفة، ويحسب بقسمة إجمالي المصيد على جهد صيده:

$$\text{CPUE} = \frac{\text{إجمالي المصيد}}{\text{جهد الصيد}}$$

يسهل قياس كمية المصيد من سجلات السفن وأسواق الأسماك. ومع ذلك، يصعب كثيرًا توحيد مفهوم جهد الصيد، وتستخدم السلطات المتعددة قياسات مختلفة. تشمل العوامل التي يمكن اعتبارها عند حساب جهد الصيد، ما يأتي:

- أيام الصيد.
- حجم المحركات.
- حجم القوارب.
- عدد المصايد المستخدمة.
- عدد الصيادين.

يجب دائمًا استخدام قياس جهد الصيد نفسه ليكون متسقًا عند مقارنة (CPUE) من سنة إلى أخرى.

يمكن استخدام (CPUE) كأداة مراقبة لتقييم صحة مخزونات الأسماك، وإن كانت هناك حاجة إلى فرض قيود أكثر شدة.

- يشير انخفاض معدل (CPUE) إلى تناقص المصيد و/ أو تزايد الجهد اللازم لحصاد المصيد، ما يشير إلى تناقص مخزونات الأسماك.
- يشير ارتفاع معدل (CPUE)، إلى تزايد المصيد و/ أو تناقص الجهد اللازم لحصاد المصيد، ما يشير إلى تزايد مخزونات الأسماك.

إذا قدّرت المسوحات العلمية انخفاض عدد أفراد الجماعة الأحيائية لنوع من الأسماك، وكانت شركة صيد الأسماك تعلن باستمرار عن (CPUE) مرتفع، فربما يحصل ذلك لأنها تقلل من تقدير جهد الصيد الذي تبذله، ما يستوجب إجراء المزيد من الاستقصاءات. وبهذه الطريقة، يمكن استخدام (CPUE) لمراقبة أعداد سفن الصيد، وصحة مخزونات الأسماك. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب استخدام المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) لتقييم الصيد.

مصطلحات علمية

المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) Catch per unit effort: مقياس لوفرة الأسماك يحسب من قسمة إجمالي المصيد على جهد الصيد.

تطبيق القوانين أو اللوائح

لضمان التزام الصيادين بالقيود والإبلاغ عن صيدهم ونشاطهم بدقة تتوافر عدة طرائق ممكنة لتطبيق

القوانين أو اللوائح Enforcement. وتختلف الإجراءات والعقوبات بين البلدان التي تفرض على منتهكي قوانين الصيد. وقد استحدث الاتحاد الأوروبي نظام النقاط الذي تضاف فيه نقاط جزائية إلى تراخيص الصيد عند ارتكاب المخالفات. ثم تضاف المزيد من النقاط مع تسجيل المزيد من المخالفات. وعند الوصول إلى عدد معيّن من النقاط، تُفرض مجموعة من العقوبات. وتشمل بعض العقوبات التي تطبقها البلدان المختلفة لانتهاك قوانين الصيد ما يأتي:

- حظر الصيد لفترات زمنية محددة.
- فرض غرامات مالية.
- مصادرة القوارب ومعدّات الصيد.
- السجن.

تفرض العقوبات للردع، وهي تساعد الصيادين الذين التزموا القانون على عدم الشعور بالظلم والخسارة مقارنة بمن يصيدون بشكل غير قانوني. وغالبًا ما تُعاقَب المخالفات البسيطة بحظر لفترة قصيرة وتسديد غرامات مالية. الصيادون الذين يكررون المخالفات، أو الذين يرتكبون مخالفات جسيمة، قد يُعاقبون بعقوبات أكثر شدة، بما في ذلك الحظر الطويل، ومصادرة القوارب ومعدات الصيد وحتى السجن. ستتسبب هذه الإجراءات بخسارة كبيرة للدخل، وقد تؤدي إلى فقدان مورد العيش بالكامل. وكما في حالة المراقبة، من الأفضل أن تعمل الجهات التنظيمية مع الصيادين لتقديم النصح لهم ومساعدتهم على التزام القانون وتوعيتهم بالحاجة إلى الاستدامة. إذا كانت العقوبات شديدة جدًا بسبب أخطاء حقيقية، فقد يخسر الناس مصدر عيشهم ويتعرض مستقبلهم للخطر. لا بد من إدراك أنّ شركات الصيد الكبرى يمكنها مواجهة عقوبات أكثر شدة، في حين تدمر هذه العقوبات الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم. يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب تطبيق القوانين أو اللوائح.

أدوات موجّهة للمستهلك

وعي المستهلك هو العامل الرئيسي في ضمان استدامة الصيد. فقد أصبح المستهلكون يهتمون بشكل متزايد بمصدر طعامهم، وكيف يجري الحصول عليه، ومدى صداقته للبيئة. يُطلق على سمك التونة الذي يتم صيده بالصنارة -وهي طريقة لا تلحق الأذى بالدلافين- اسم «صديق للدلافين» وذلك لإعلام المستهلكين. وغالبًا ما تقوم جماعات البيئة والهيئات الحكومية بحملات دعائية في وسائل الإعلام لزيادة وعي المستهلك بالحاجة إلى الحفاظ على مخزونات الأسماك، فضلًا عن قيام عدة منظمات بإصدار إرشادات للمستهلكين تضع فيها تقييمات Ratings على منتجات مختلفة للإرشاد حول الاستدامة. ومما يؤسف له وجود العديد من المنظمات التي تقدم «شهادات اعتماد Accreditation» لمنتجات مختلفة، ما يربك المستهلكين. قد تختلف المعايير التي تستخدمها كل منظمة لتصنيف الغذاء باعتباره مستدامًا، وهذا يعني أن منظمة ما قد تصنف مصيدة ما على أنها مستدامة ولا تصنفها منظمة أخرى كذلك. بعض المنظمات الحالية التي تقدم الاعتمادات للمأكولات البحرية تشمل: مجلس الإشراف البحري (MSC)، وأوشن وايز Ocean Wise، وسي تشويس SeaChoice، ومراقبة المأكولات البحرية Seafood Watch.

إذا اختار المستهلكون شراء المأكولات البحرية التي صيدت باستخدام طرائق مستدامة وصديقة للبيئة، فستحقق مصايد الأسماك المزيد من الأرباح وتتوسع. من الناحية النظرية، لن تبيع الشركات التي تستمر في استخدام طرائق غير مستدامة القدر نفسه من المنتجات، وسيقل حجمها. ومع ذلك، فإن الأطعمة المعتمدة على أنها مستدامة غالبًا ما يكون سعرها أعلى لتغطية التكاليف الإضافية لعمليات الحصاد الأقل كثافة. ولكن، ليس كل المستهلكين على استعداد لدفع المزيد من المال مقابل الطعام الذي تم صيده بطريقة

مستدامة. ربما لا يتخذ المشترون للأغذية بكميات كبيرة – مثل المطاعم وأماكن العمل والمستشفيات – قرارات مدروسة دائمًا، وقد تُستخدم منتجات مصنّعة مثل دقيق السمك. يوضح الجدول (٦-٣) بعض النصائح التي قدمتها أربع مجموعات مختلفة من أمريكا الشمالية وطرائق صيد مختلفة. ويوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب الأدوات الموجهة للمستهلك.

يوضح الجدول (٦-٤) ملخصًا لمزايا وعيوب الاستراتيجيات المستخدمة لضمان مصايد الأسماك بشكل مستدام.

نوع السمك، وطريقة صيده، والموقع	مجلس الإشراف البحري	منظمة «أوشن وايز»	منظمة «مراقبة المأكولات البحرية»	منظمة «سي تشويس»
سمك السنور؛ بالصنارة – كولومبيا البريطانية	●	●	●	●
سمك الهلبوت؛ بالصنارة – ألاسكا	●	●	●	●
سمك السلمون الأحمر؛ بشباك الجر (السطحي) – كولومبيا البريطانية	●	●	▲	▲
سمك الهلبوت بالصنارة – كولومبيا البريطانية	●	●	▲	▲
سمك الحدوق بالصنارة – كندا الأطلسية	●	●	▲	▲
سمك الحدوق بشباك الجر القاعي – كندا الأطلسية	●	●	▲	▲
جراد البحر بالمصايد – كندا الأطلسية	●	⬢	▲	▲
سمك القرش الشوكي بالخيط الطويل – كولومبيا البريطانية	●	⬢	▲	▲
الروبيان بشباك الجر القاعي – كندا الأطلسية	●	⬢	▲	▲
الإسقلوب بالجرافة – كندا الأطلسية	●	⬢	▲	▲

● مُعتمدة كخيار مستدام.

⬢ مُعتمد كخيار غير مستدام، ويجب على المستهلكين تجنبه.

▲ مُعتمد كخيار مستدام جزئيًا؛ على سبيل المثال، يعتمد على الموسم، أو يجب مراقبة أعداد أنواع الأسماك وكميات الصيد بدقة.

الجدول ٦-٣ نصائح للمستهلك من أربع منظمات مختلفة للمأكولات البحرية في أمريكا الشمالية.

دراسة حالة ٦-١

المصيد العرَضي في مصايد الروبيان بشباك الجر القاعي في سلطنة عُمان

يُعدّ الروبيان البحري من أهم الموارد البحرية في سلطنة عُمان. ولأنه يحظى بشعبية كبيرة لدى العديد من المستهلكين، فإن الطلب عليه مرتفع سواء على المستوى الدولي أو المحلي.

تتركز مصايد الروبيان بشكل عام على طول الساحل الجنوبي للسلطنة، حيث يتوافر إثنا عشر نوعًا مختلفًا من الروبيان، من بينها أربعة أنواع صالحة للأكل، مثل الروبيان النمري الأخضر (الصورة ٦-٤) والروبيان الهندي الأبيض. تُشكل مصايد الروبيان في هذه المناطق مصدر دخل ثمين للمجتمعات المحلية، تدعم العديد من المهن والصناعات المختلفة خلال موسم الصيد. وقد يكون صيد الروبيان صعبًا خلال موسم الرياح الموسمية (المونسون)، الممتد من يونيو إلى سبتمبر، بسبب اضطراب حالة البحر. أما في الوقت الحالي، فيمتد موسم صيد الروبيان المفتوح من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر.

الصورة ٦-٤ الروبيان النمري الأخضر *Penaeus semisulcatus*.

يقتصر صيد الروبيان، قانونًا، على الصيادين العُمانيين، الذين يستخدمون قوارب صغيرة مصنوعة من الألياف الزجاجية ويعتمدون فقط على شباك الصيد. ويشترط على الصيادين إعادة الأسماك الصغيرة أو غير المستهدفة التي تُلتقط في الشباك إلى البحر حفاظًا على المخزون السمكي.

في السابق، كان الصيادون يستخدمون شباك الرمي اليدوية، التي تُلقى في مواقع تجمّع الروبيان المعروفة، ما كان يُسهم في الحد من المصيد العرَضي. إلا أن السنوات الأخيرة شهدت انتشارًا متزايدًا لاستخدام شباك الصيد الكبيرة التي تُجر خلف القوارب. ويستخدم الصيادون طريقة صيد تُعرف باسم الجر باللوحين Otter trawling وهي نوع من الصيد بشباك الجر القاعي، حيث تُسحب شبكة خلف القارب لجمع الكائن الحي المستهدف. في طريقة الجر باللوحين، تُبقى الشبكة مفتوحة أفقيًا بواسطة لوحين جانبيين وتُسحب فوق قاع البحر مباشرة. وتُعدّ هذه الطريقة في الصيد غير انتقائية، إذ تؤدي إلى احتجاز أنواع متعددة من الكائنات البحرية في الشباك ورفعها إلى القارب، قبل أن تُعاد إلى البحر في حال كانت غير مرغوب فيها أو منخفضة القيمة. إلا أن العديد من هذه الكائنات، تتعرض للأذى أو تموت أثناء هذه العملية.

في عام 2013 م، أُجريت دراسة لتقدير كمية المَصيد العرَضي الناتجة من صيد الروبيان باستخدام شباك الجر القاعي Shrimp trawling في سلطنة عُمان. وشملت الدراسة تنفيذ مسوحات شهرية لصيد الروبيان بشباك الجر خلال الفترة الممتدة من شهر يناير إلى شهر ديسمبر في سبعة مواقع تمتد على طول الساحل الجنوبي الشرقي لسلطنة عُمان. ولتحليل التنوع البيولوجي للمصيد العرَضي، استُخدمت مؤشرات التنوع البيولوجي، بما في ذلك مؤشر سيمبسون للتنوع.

من إجمالي 93 عملية صيد بشباك الجر القاعي، جُمع 3000 kg من الكائنات الحية البحرية. ومن هذه الكمية، نحو 300 kg فقط كان من أنواع الروبيان المستهدفة، وهي: الروبيان النمري الأخضر والروبيان الهندي الأبيض وروبيان بيرجرين (الشاهين)، أما الباقي فكان مصيدًا عرَضيًا. بلغ متوسط كمية المصيد العرَضي 58.7 kg لكل عملية صيد، على الرغم من أن كميات وكتلة المصيد العرَضي قد تفاوتت على مدار العام (الشكل ٦-٩). وقد شمل المصيد العرَضي الأنواع الآتية:

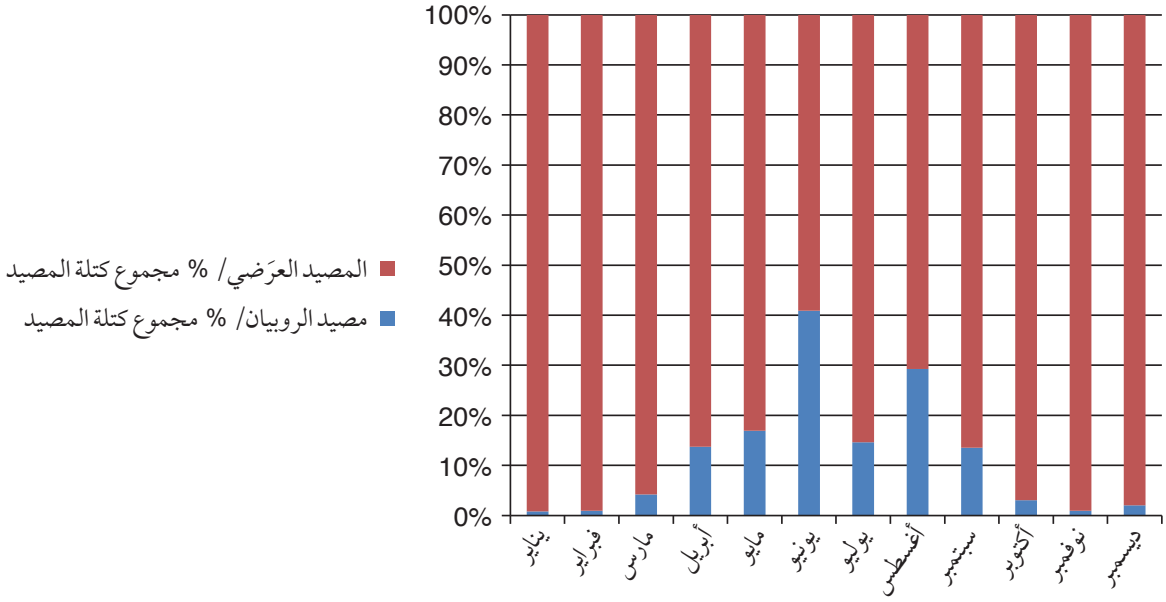
- 97 نوعًا من الأسماك العظمية تنتمي إلى 36 عائلة، وتشمل:
  - سمك القرموط (*Ariidae*)
  - سمك الضفدع (*Antennariidae*)
  - سمك المهر (*Leiognathidae*)

تابع

- 12 نوعًا ينتمي إلى 7 عائلات من الأسماك الغضروفية (Elasmobranchs)، وتشمل:
  - الشفنين (الشفنينيات اللاسعة (*Dasyatidae*) والشفنينيات الفراشية (*Gymnuridae*))
  - عدة أنواع من الرخويات الرأسقدميات والسرطانات البحرية.

أظهرت حسابات مؤشرات التنوع البيولوجي أن تنوع تكوين المصيد العرَضي في المواقع التي شملتها الدراسة كان مرتفعًا جدًا. وقد سُجِّلت أدنى معدلات تنوع المصيد العرَضي في منطقة محوت (العطينة، والريش، والقدن). وخلصت الدراسة إلى أن غالبية المصيد العرَضي كانت من الأسماك الصغيرة، وبطيئة الحركة، واللافقاريات، ذات القيمة الاقتصادية المنخفضة. ومع ذلك، كان من بين المصيد العرَضي أيضًا أسماك يافعة ذات أهمية تجارية. كما تسببت طريقة الصيد بشباك الجر القاعي ببعض المشكلات البيئية. وأوصت الدراسة ببضرورة إجراء بعض التعديلات على سياسات مصايد الروبيان للمساعدة في الحد من التأثيرات السلبية لمصيد الروبيان وجعله أكثر استدامة في المستقبل.

عقب الدراسة، شرعت سلطنة عُمان في البحث عن بدائل لمصايد الروبيان القائمة على استخدام شباك الجر القاعي باللوحَين، نظرًا إلى التأثيرات السلبية المصاحبة لهذه الطريقة، بما في ذلك المصيد العرَضي، وتدمير قاع البحر، والتلوث بالبلاستيك الناتج من تلف الشباك أو فقدانها. ونتيجة لذلك، جرى حظر الصيد بشباك الجر القاعي على امتداد قاع البحر في سلطنة عُمان. وبما أن الروبيان يظل سلعة غذائية مطلوبة، فقد تم توجيه الاستثمارات نحو تطوير تربية الأحياء المائية للروبيان في المناطق الصحراوية القريبة من الساحل. وعلى الرغم من أن هذه الممارسات قد تتطلب استهلاكًا كبيرًا للطاقة، فإن خلوّها من المصيد العرَضي وحماية قاع البحر يجعلها خيارًا بيئيًا أكثر استدامة، ما يسهم في الحفاظ على النظم البيئية الطبيعية على طول الساحل.



الشكل ٦-٩ مخطط أعمدة مكدسة بنسبة 100% يوضح التوزيع النسبي للمصيد العرَضي مقارنة بمصيد الروبيان في عمليات الصيد الشهرية بشباك الجر القاعي على طول الساحل الجنوبي الشرقي لسلطنة عُمان، لعام 2013 م.

تابع

أسئلة

١. ما هي نسبة كتلة المصيد العرَضي إلى كتلة مصيد الروبيان في دراسة العام 2013م؟

٢. اشرح: لماذا يُعدّ المصيد العرَضي مشكلة تؤثر على الاستدامة؟

٣. بناءً على المعلومات الواردة في دراسة الحالة، اقتُرح موسم جديد لمصيد الروبيان مدته ثلاثة أشهر. برر إجابتك.

٤. صمِّم ملصقًا أو منشورًا توضيحيًا يهدف إلى مساعدة الصيادين على فهم أهمية تعديل طريقة صيدهم، والابتعاد عن استخدام شباك الجر القاعي، واعتماد شباك الرمي اليدوي، لضمان استدامة المخزون السمكي وحماية البيئة البحرية.

استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك	المزايا	العيوب
التقييد بحسب الموسم	• يتيح وقتًا لتكاثر الأسماك. • يقلل من كثافة الصيد في الوقت الذي تتجمع فيه الأسماك في مناطق محددة. • يقلل من كثافة الصيد الإجمالية، ما يسمح بنمو الجماعات الأحيائية. • يقلل من التأثيرات السلبية على الأنواع غير المستهدفة. • سهل التنفيذ نسبيًا.	• قد يتطلب التعاون بين الحكومات. • قد تكون تكاليف التنفيذ مرتفعة بسبب الدوريات والمراقبة طوال السنة. • قد يواجه معارضة من الصيادين. • قد يسبب خسارة مالية قصيرة المدى نتيجة انخفاض المصيد. • قد يشجع الصيادين على صيد كميات كبيرة جدًا من الأسماك في أوقات مختلفة من السنة للتعويض عن خسائر المواسم الأخرى. • قد يشجع الصيادين على صيد أنواع أخرى من الأسماك.
التقييد بحسب الحصص	• يضمن عدم صيد الأسماك بأقصى إنتاجية مستدامة، ما يسمح بالحفاظ على الجماعات الأحيائية للأسماك. • يضمن الاستدامة طويلة الأمد للمصيد. • يُعطي مؤشرًا واضحًا على حالة مخزون الأسماك.	• يصعب مراقبته. • قد يشجع على التخلص غير القانوني من الأسماك الميتة. • قد يستند إلى بيانات غير صحيحة.
التقييد بحسب الترخيص	• يمكّن الوزارات من تنظيم كثافة الصيد. • يسهّل تحديد قوارب الصيد غير القانونية. • طريقة بسيطة لتحديد عدد القوارب المسموح بها في المنطقة.	• لا يوقف فعليًا الصيد غير القانوني ما لم يجرِ التحقق من التراخيص. • يستلزم أنظمة مراقبة ووجهة حكومية لإصدارها.

الجدول ٦-٤ مزايا وعيوب استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك.

استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك	المزايا	العيوب
تقييد الموقع	• يوفر مناطق قد تتعافى فيها الأسماك وتتزايد. • زيادة عدد أفراد الجماعات الأحيائية في المناطق المحظورة تمتد إلى مناطق أخرى، ما يؤدي إلى زيادة عامة في عدد أفراد الجماعات الأحيائية. • يقلل المصيد العرَضي والضرر الذي يصيب أنواعًا أخرى. • سهل الإعداد نسبيًا.	• قد تخسر مصايد الأسماك أرباحًا. • قد تلحق مصايد الأسماك الضرر بمناطق أخرى. • يتطلب مراقبة وتطبيقات مكلفة. • قد يسبب نزاعات داخل قطاع صيد الأسماك.
تقييد الطريقة	• يمنع الاستغلال الزائد للأنواع المستهدفة من خلال تقليل حجوم الشباك وأطوال الخيوط واستخدام طرائق أقل كفاءة مثل الصيد بالصنارة. • يمنع المصيد العرَضي من خلال تقييد استخدام شباك الجر القاعية وتحديد الحد الأدنى لحجم فتحات الشبكة واستخدام عدد أقل من الخطاطيف واستخدام الخطاطيف الدائرية في الصيد بالخيط الطويل. • يمنع صيد الأسماك الأصغر طولًا وغير الناضجة من خلال تحديد الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك.	• يستخدم طرائق تتطلب الكثير من العاملين ومزيدًا من الجهد مثل الصنارة. • يواجه مقاومة من مصايد الأسماك. • تكلفة تطبيق القوانين مرتفعة.
تقييد طول الأسماك	• تعاد الأسماك غير الناضجة إلى البحر للتكاثر، ما يؤدي إلى زيادة الأعداد. • تزيد مخزونات الأسماك. • ناجح جدًا مع جراد البحر الذي يعاد إلى المحيط حيًا إذا كان أقل من الطول المسموح به.	• تنفيذ القيود على طول الأسماك مكلف. • تُعاد الأسماك النافقة وغير المرغوب فيها إلى البحر، والتي لا تمثل جزءًا من حصة الإنزال.
تقييد كثافة الصيد	• يُصطاد عدد أقل من الأسماك، ما يزيد من المخزونات السمكية. • قد تساعد القيود الدقيقة على حجوم القوارب والمحركات مصايد الأسماك الصغيرة ومتوسطة الحجم. • يمكن أن يساعد الترخيص في مراقبة أعداد القوارب وتسهيل تطبيق القوانين. • تنظيمه أسهل من تحديد الحصص والتي يصعب مراقبتها.	• إمكانية البطالة وخسارة الأرباح لمصايد الأسماك والمجتمعات المحلية. • مكلفة للمراقبة وتطبيق القوانين، وقد يتطلب منح إعانات للقوارب غير المستخدمة. • تتطلب الأعوام المختلفة أساطيل مختلفة الحجم، ما يغيّر من حالة التوظيف والدخل كل عام.

الجدول ٦-٤ مزايا وعيوب استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك.

استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك	المزايا	العيوب
المراقبة – الدوريات الجوية والبحرية	• مراقبة الصيد في الوقت الفعلي. • وضع مراقبين على القوارب، مع قيامهم بتحذير بسيط. • العمل معًا كفريق واحد.	• تكلفة مالية مرتفعة. • الحاجة إلى موظفين مدرّبين. • لا يمكن تغطية جميع مناطق الصيد. • يمكن اكتشاف المراقبين، وقد تتخلص السفن بعد ذلك من الأدلة.
المراقبة – تتبع عبر الأقمار الصناعية	• ينقل المعلومات عن قوارب الصيد بسرعة إلى الجهات التنظيمية. • يجمع معلومات مفصلة عن القوارب. • يمكن الوصول إلى جميع مناطق المحيط في جميع الأوقات. • يمكن جمع بيانات فورية عن المصيد.	• قد يكون مكلفًا. • لا تتوافر التكنولوجيا في جميع القوارب. • لا يحل مكان التفتيش اليدوي الذي لا يزال بحاجة إلى تنفيذه.
المراقبة – عمليات تفتيش المصيد ومعدات الصيد	• المراقبة الذاتية من خلال التراخيص، والتي تشجع الصيادين على الالتزام بلوائح الصيد. • عمليات التفتيش العشوائية تمكن من مراقبة الحصص وطرائق الصيد. • سجلات الأسماك، ما يعني سهولة تتبع الأسماك التي تم اصطيادها بشكل غير قانوني والمنسوبة إلى سفينة معيّنة.	• من الممكن تزوير سجلات السفن. • قد يتم تعديل ممارسات الصيد عند وجود المفتشين على متن السفينة. • تنفذيها مكلف. • يحتمل أن لا تثق مصايد الأسماك بالمفتشين.
المراقبة – حساب المصيد لكل وحدة جهد (CPUE)	• يسهل تقييمه لتوافر البيانات بسهولة. • يمكن بسهولة مراقبة مقياس بسيط لوفرة المخزونات والتغيرات. • يمكن استخدامه كنقطة بداية لمزيد من الاستقصاءات عند وجود مخاوف حول ممارسات الصيد.	• من الصعب جدًا توحيد جهد الصيد. • إنه مقياس بسيط جدًا وقد تكون التغيرات في (CPUE) ناتجة من تقلبات طبيعية في عدد الجماعة الأحيائية.
تطبيق القوانين أو اللوائح	• يعمل كرادع ضد الصيد غير القانوني. • حجر معدّات الصيد يؤدي إلى وقف الصيد غير القانوني، ما يسمح لمخزونات الأسماك بالتعافي. • يشجع الصيد القانوني كخيار أفضل.	• الغرامات والسجن قد تؤدي إلى فقد سبل العيش وفقر العائلات. • قد يؤدي إلى سوء العلاقة بين الحكومات ومناطق الصيد.

الجدول ٦–٤ مزايا وعيوب استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك.

استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك	المزايا	العيوب
أدوات موجِّهة للمستهلك	• يمكن تقديم نصائح للمستهلكين حول الغذاء المستدام ليمكِّنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة. • تؤدي قوى السوق إلى زيادة إنتاج المأكولات البحرية المستدامة بدل الطرائق غير المستدامة. • تزيد الحملات الإعلامية الوعي وتشرك عامة الناس.	• تفيد فقط في أنها تجعل المستهلكين على دراية ولكن لا تؤثر على منتجات الأسماك الصناعية مثل دقيق الأسماك. • تقدم العديد من الهيئات شهادات الاعتماد وقد تتعارض مع النصائح. • ليس جميع المستهلكين على استعداد لدفع المزيد من المال مقابل الغذاء المستدام. • ربما لا يشارك المشترون بكميات كبيرة مثل أماكن العمل والمطاعم. • ربما لا يتم تضمين المنتجات المصنعة مثل دقيق السمك.

الجدول ٦-٤ مزايا وعيوب استراتيجيات استدامة مصايد الأسماك.

مثال ٦-١

مقارنة البيانات

غالبًا ما يتم تقديم بيانات المصيد من سفن الجر على أنها «كتلة الأسماك التي تم إنزالها». ومع ذلك عند مقارنة البيانات من سنة إلى أخرى أو من منطقة إلى أخرى لا تكون بيانات كتلة الأسماك التي تم إنزالها كافية. ولجعل البيانات قابلة للمقارنة يجب مراعاة متغيرات مثل الزمن وعدد القوارب وعدد الأيام التي يقضيها القارب في الصيد وحجم منطقة الصيد.

أمثلة عملية

أصدرت ثلاث مناطق صيد بيانات حول كميات سمك الحدوق المصيدة:

- المنطقة (أ): إجمالي مصيد 624000 طن من أسماك الحدوق على مدى ثلاث سنوات.
- المنطقة (ب): إجمالي مصيد 470000 طن من أسماك الحدوق على مدى سنتَين.
- المنطقة (ج): إجمالي مصيد 435000 طن من أسماك الحدوق على مدى خمس سنوات.

لا يمكن إجراء مقارنة عادلة من هذه البيانات الخام. يجب مراعاة الفترة الزمنية التي جُمع خلالها المصيد للحصول على متوسط المصيد السنوي والذي يُحسب بقسمة المصيد على عدد السنوات التي جُمع فيها:

- متوسط المصيد السنوي في المنطقة (أ):
  $624000 \div 3 = 208000$ tonnes year^{-1}
- متوسط المصيد السنوي في المنطقة (ب):
  $470000 \div 2 = 235000$ tonnes year^{-1}
- متوسط المصيد السنوي في المنطقة (ج):
  $435000 \div 5 = 87000$ tonnes year^{-1}

من خلال متوسط معدل المصيد السنوي يبدو أن المنطقة (ج) لديها إنتاجية أقل بكثير من المنطقتَين الأخريَين. قد يكون سبب الإنتاجية المنخفضة انخفاض مخزونات الأسماك أو منطقة صيد أصغر أو ببساطة جهد صيد أقل.

قياس منطقة الصيد ليس أمرًا سهلًا، لكن يمكن الحصول على تقدير تقريبي بالكيلومتر المربع (km^2) من خلال النظر إلى مساحة سطح الماء. وعند مقارنة صحة مخزونات الأسماك في مناطق صيد مختلفة، يُراعى عادة جهد الصيد. ستحتوي المناطق الأكبر عمومًا على المزيد من القوارب، وبالتالي، سيكون جهد الصيد لديها أعلى. من الصعب قياس جهد الصيد، لكن يُستخدم عادة مفهوم «أيام القوارب» (الأيام التي يقضيها القارب في الصيد) (على الرغم من استخدام بعض السلطات حجم القوارب وقدرة محركاتها).

يمكن الآن تقسيم متوسط المصيد السنوي على عدد «أيام القوارب»، وهذا يمثل (CPUE).

عدد «أيام القوارب» لكل منطقة:

- المنطقة (أ): 2000 boat-day.
- المنطقة (ب): 2200 boat-day.
- المنطقة (ج): 1500 boat-day.

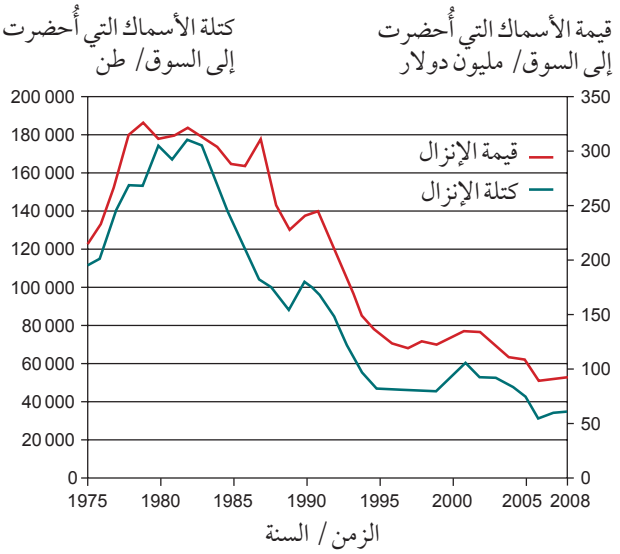
تابع

قيمة (CPUE) لكل منطقة صيد هي:

- (CPUE) المنطقة (أ) =
  $208000 \div 2000 = 104$ tonnes year^{-1} boat-day^{-1}
- (CPUE) المنطقة (ب) =
  $235000 \div 2200 = 107$ tonnes year^{-1} boat-day^{-1}
- (CPUE) المنطقة (ج) =
  $87\,000 \div 1500 = 58$ tonnes year^{-1} boat-day^{-1}

عند النظر إلى بيانات مصايد الأسماك غالبًا ما نحتاج إلى مقارنة الاتجاهات في مجموعتَين أو أكثر من البيانات. قد تحتوي مجموعات البيانات المختلفة على وحدات قياس مختلفة جدًا، أو قد يكون لها مقاديرِ مختلفة جدًا. من المفيد بدل استخدام تمثيلَين بيانيَّين منفصلَين استخدام المحور (س) نفسه مع محورَين (ص) مختلفَين.

يوضح الشكل (٦–١٠) التغيرات بمرور الزمن في كتلة الأسماك القاعية التي أُحضرت إلى السوق في نيوإنجلند وقيمتها في السوق. وللمقياسين وحدات قياس مختلفة لذا استُخدم محورا (ص) مختلفَين. يمثل المحور (ص) الأيسر كتلة الأسماك، ويمثل المحور (ص) الأيمن قيمة الأسماك. احرص دائمًا على قراءة القيم من المحور (ص) الصحيح عند استخدام هذه الأنواع من التمثيلات البيانية.



الشكل ٦–١٠ التغير في كتلة وقيمة الأسماك القاعية في نيوإنجلند بين عامَي 1975 و 2008 م.

السنة	إجمالي المصيد السنوي/ × 1000 طن	عدد قوارب الصيد في الأسطول
1985	125	70
1990	105	72
1995	85	74
2000	80	75
2005	65	60
2010	70	55
2015	65	45

الجدول ٦–٥ إجمالي المصيد السنوي وعدد قوارب الصيد بين عامَي 1985 و 2015 م.

أسئلة

١. احسب (CPUEs) لمجموعات البيانات الآتية:

أ. صيد 365000 طن على مدى ست سنوات بكثافة صيد 2135 boat-day.

ب. صيد 275000 طن على مدى ثلاث سنوات بكثافة صيد 3282 boat-day.

٢. حدّد جهد الصيد بوحدة (Boat-days) المطلوب لإنتاج (CPUE) وإجمالي المصيد الآتية:

أ. CPUE = 25 tonnes year^{-1} boat-day^{-1}
متوسط المصيد السنوي = 168000 tonnes year^{-1}

ب. CPUE = 15 tonnes year^{-1} boat-day^{-1}
متوسط المصيد السنوي = 125000 tonnes year^{-1}

٣. اتبع الخطوات الآتية لرسم تمثيل بياني خطي للبيانات في الجدول ٦–٥.

- ارسم على الجانب الأيسر محور (ص)، واختر مقياسًا مستمرًا، واكتب تسميته: إجمالي المصيد السنوي/× 1000 طن.
- ارسم محور (س) بمقياس مستمر واكتب تسميته: السنة.
- ارسم على الجانب الأيمن محور (ص) آخر، واختر مقياسًا مستمرًا، واكتب تسميته: عدد قوارب الصيد في الأسطول.
- باستخدام المحور (ص) الأيسر ارسم نقاطًا لتمثيل إجمالي المصيد السنوي وصِلها بخطوط مستقيمة مرسومة بالمسطرة.
- باستخدام المحور (ص) الأيمن ارسم نقاطًا لتمثيل عدد قوارب الصيد في الأسطول وصِلها بخطوط مستقيمة مرسومة بالمسطرة. استخدم نَمطًا مختلفًا للخطوط (على سبيل المثال، استخدم ألوانًا أو نقاطًا أو شرطات مختلفة).
- أضف مفتاحًا إلى الخطوط.

التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية لسياسات الصيد

للوائح الصيد تأثيرات كبيرة على الصيادين وهم أصحاب المصلحة الرئيسيين في هذه الصناعة. ومع ذلك، لا يتأثر بها الموظفون المباشرون فقط. ففي بعض المناطق يمثل الصيد الصناعة الرئيسية التي تدعم الاقتصاد المحلي، وتتطور حولها صناعات خِدْمِيَّة كبيرة. يمكن أن يكون لقيود الصيد، في المدى القصير، تأثيرات سلبية على الاقتصاد، حيث سيحصد الصيادون كميات قليلة من الأسماك والكائنات الحية البحرية الأخرى لبيعها. وقد يتسبب انخفاض الدخل في إغلاق بعض شركات الصيد، كما أن تقليص حجم الأسطول وكثافة الصيد سيؤديان إلى قلة الأموال المتداولة في الاقتصاد المحلي. ونتيجة لذلك، يمكن أن تتعرض أحواض إصلاح القوارب، ومصنّعو ومصلّحو معدّات الصيد، وخدمات النقل، والمتاجر، وغيرها من الخدمات ذات الصلة للتهديد. إذا فشلت صناعة صيد الأسماك، فستتأثر جميع هذه الصناعات الأخرى، مما يؤدي إلى تأثيرات اجتماعية سلبية مثل البطالة والفقر وفقدان مجتمع بأكمله.

إذا لم تُفرض أية قيود على نشاط الصيد، فستستمر صناعة الصيد في جني الأموال على المدى القصير، وبالتالي لن يعاني الاقتصاد المحلي. يمكن أن يواصل المجتمع المحلي التركيز على صناعة الصيد، وبالتالي تكون التأثيرات الاجتماعية محدودة. إلا أنه على المدى الطويل، قد تنهار مخزونات الأسماك، ما يؤدي إلى فشل صناعة صيد الأسماك وحدوث البطالة الجماعية وفقدان الدخل وانتشار ظاهرة الفقر. وقد يصبح المستقبل الاقتصادي والاجتماعي للمنطقة بأكملها في خطر شديد.

قد يكون لفرض القيود على الصيد على المدى الطويل تأثيرات اقتصادية واجتماعية، إذ يسمح بتوفير إمدادات مستدامة من الأسماك لدعم هذه الصناعة مستقبلًا. ولمساعدة المجتمعات المحلية بعد تطبيق القيود ينبغي على الحكومات التدخل. فهي إلى جانب المخططين المحليين، بحاجة إلى استكشاف سبل تطوير أنشطة تجارية بديلة وإيجاد الدعم المالي.

لا يهدف تقييد الصيد إلى معاقبة صناعة الصيد. بل إذا استُخدمت القيود بدقة وبشكل صحيح، تكون هذه الطريقة وسيلة لضمان استدامة الصيد. ومع ذلك، من المهم أن تعمل الحكومات والهيئات التنظيمية للصيد مع الصناعات لتطوير خطة استراتيجية تحمي فرص العمل وتساعد في ازدهار المناطق المتضررة.

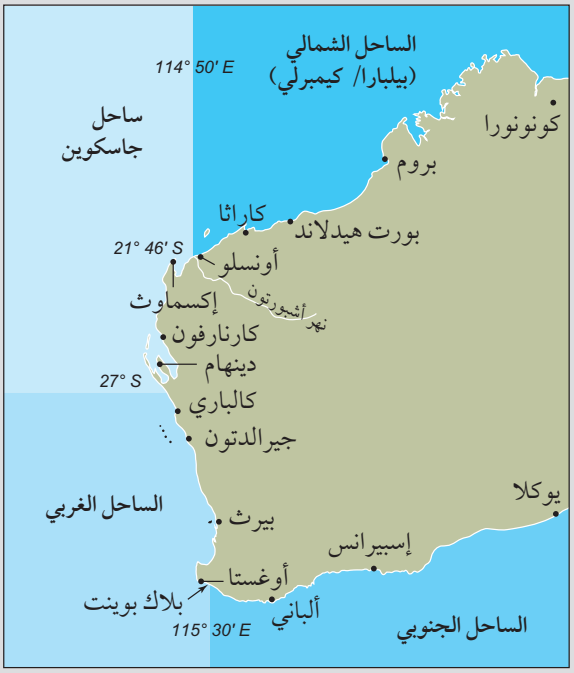
	يوجد قيود	لا يوجد قيود
على المدى القصير	• انخفاض كثافة الصيد. • عدد قوارب أقل. • زيادة البطالة. • انخفاض الدخل.	• استمرار الصيد بكثافة عالية. • استمرار التوظيف. • عدم انخفاض الدخل.
على المدى الطويل	• صيد الأسماك المستدام في المستقبل. • ضمان فرص العمل والدخل في المستقبل.	• انهيار مخزونات الأسماك. • الخسارة الكاملة لصناعة صيد الأسماك. • البطالة الجماعية وفقدان الدخل.

الجدول ٦-٦ التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية قصيرة وطويلة المدى للصيد بوجود قيود وعدم وجود قيود.

دراسة حالة موسعة

صيد جراد البحر الصخري المستدام في أستراليا الغربية

تحتوي المياه الساحلية مقابل ولاية أستراليا الغربية (الشكل ٦-١١) على مخزونات غنية من الأسماك والرخويات والقشريات. تعمل شركات الصيد التجاري في المنطقة، وهي تحظى بشعبية كبيرة بين صيادي الأسماك الهواة. يسهم الصيد التجاري، بما في ذلك استخراج اللؤلؤ وتربية الأحياء المائية، بمليار دولار تقريبًا في اقتصاد أستراليا الغربية سنويًا، ويوفر فرص عمل مباشرة (مرتبطة بأنشطة الصيد) لـ 5000 شخص، بالإضافة إلى فرص عمل غير مباشرة في العديد من الصناعات المرتبطة بالصيد. ويعتمد الصيد التجاري بشكل أساسي على الأعمال التجارية العائلية الصغيرة، إذ يجري 85% من نشاط الصيد التجاري في المجتمعات الساحلية النائية. وعلى مر السنين اعتُبرت أستراليا الغربية مثالًا للممارسة الممتازة لتنظيم مصايد الأسماك المستدامة، وقد حققت ذلك عن طريق التنفيذ الدقيق للعديد من السياسات.



الشكل ٦-١١ أستراليا الغربية، تظهر المناطق الحيوية البحرية.

الطرائق المستخدمة لضمان الصيد المستدام

يُستخدم برنامج الإدارة المتكاملة لمصايد الأسماك بحيث تعمل حكومة الولاية بالتعاون مع ممثلين من مصايد الأسماك التجارية، والصيادين الهواة، والعلماء. ويناقش جميع المعنيين برامج إدارة المصايد لوضع حصص وسياسات عادلة للجميع.

تطبق ولاية أستراليا الغربية سياسة ترخيص مشددة جدًا لكل من الصيادين التجار والهواة. حيث يجب شراء تراخيص الصيد، وتستخدم العائدات التي تجمع من بيع التراخيص لدفع تكاليف تطوير مشاريع الصيد المستدام وتربية الأحياء المائية المستدامة. وقد شملت المشاريع، بناء الشعاب المرجانية الصناعية، وأجهزة جذب الأسماك، وإعادة تخزين الروبيان وسمك المولواي وسمك البرمون، وبرامج التدريب، ومشاريع البحث، وبرامج المسح والمراقبة.

توجد قواعد وأنظمة مشددة للصيد الترفيهي:

- يُسمح بصيد الأسماك في مناطق معيّنة.
- يجب أن تكون الأسماك التي يحتفظ بها ولا تعاد إلى الماء أكبر من طول معيّن.
- توجد حدود لعدد كل نوع من الأسماك التي يمكن الاحتفاظ بها.
- بعض معدّات الصيد غير مسموح بها.
- يحظر الصيد في بعض المناطق في بعض الأوقات من السنة.

توجد أيضًا قواعد وأنظمة مشددة للصيد التجاري:

- قيود على عدد التراخيص الممنوحة وقيود على معدّات الصيد، والإغلاقات الموسمية، وحدود على إجمالي وقت الصيد.
- حصص للحد من كمية الأسماك المسموح إنزالها.
- إغلاقات دائمة ومؤقتة للمناطق لحماية المواطن البيئية المهمة.
- إجراءات محددة لحماية صغار الأسماك أو الأسماك في مرحلة التكاثر (مثل قيود الطول والإغلاقات الموسمية والمناطقية).
- معظم القوارب مزودة بنظام تحديد الهوية الآلي (AIS) للأسماك كجزء من نظام إدارة السفن المتكامل (VMS).

الإجراءات المتخذة لحماية مستقبل الأسماك الرخويات والقشريات في أستراليا الغربية ثبت أنها من بين أكثر التدابير فاعلية في العالم، وأنها مثال على الممارسات الجيدة. وتُعدّ الجهود المبذولة لحماية نوع واحد على وجه الخصوص، وهو جراد البحر الصخري الغربي، نموذجًا جيدًا للأنواع الأخرى.

تابع

جراد البحر الصخري الغربي

يستطيع جراد البحر الصخري الغربي العيش في البرية (الصورة ٦-٥) لمدة تصل إلى 20 عامًا، وينمو إلى أحجام تزيد كتلتها عن 5 kg، ويصل إلى مرحلة النضج في سن ست أو سبع سنوات. وهو نوع مهم جدًا تجاريًا، وقد اُستُهلك في البداية في نهاية الحرب العالمية الثانية، عندما أُقيمت مصايد صغيرة لإنتاج جراد البحر المعلب للجنود. وكانت تستخدم مصايد جراد البحر ذات الطعوم لصيده.

وقد توسع صيد جراد البحر بسرعة كبيرة، خلال خمسينيات القرن الماضي مع استخدام المزيد من القوارب الآلية.

الصورة ٦-٥ جراد البحر الصخري الغربي.

بحلول أوائل ستينيات القرن، بدأت أعداد جماعة جراد البحر بالانخفاض، كما انخفض متوسط طول جراد البحر الذي يُصطاد. وفرضت أول قيود على صيد جراد البحر في عام 1963 م. وتوقف إصدار المزيد من تراخيص الصيد الجديدة، وفرضت قيود على مصايد جراد البحر المسموح بها على كل قارب.

واستمر تطور التشريعات التي تضبط صيد جراد البحر، وتشمل التدابير الحالية ما يأتي:

- تقييد الوصول إلى مناطق الصيد.
- أدنى طول يُسمح بصيده هو 76 mm طولاً.
- الإغلاق الموسمي من 1 يوليو إلى 15 نوفمبر من كل سنة.
- فتحات هروب بقياس 54 mm في جميع أقفاص الصيد ليستطيع جراد البحر الأصغر الهروب من خلالها.
- حظر صيد إناث جراد البحر الصخري التي في مرحلة وضع البيض والتكاثر، والإناث في مرحلة ما قبل وضع البيض (التبويض).
- حصص سنوية بناءً على تقديرات الجماعة الأحيائية، وتُخفض الحصص إذا كان معدل المصيد لكل وحدة جهد منخفضًا.
- أقصى عدد مصايد جراد البحر لكل قارب صيد هو 150 مصيدة لكل قارب.
- مسوحات علمية مستمرة لتقييم أعداد جراد البحر اليافع للتنبؤ بالمخزون المستقبلي.

يختلف استقطاب جراد البحر بشكل كبير ويتأثر بالعديد من العوامل الطبيعية، بما في ذلك شدة الرياح والتيارات المائية. وقد طور العلماء نموذجًا سكانيًا يراعي العديد من العوامل الحيوية وغير الحيوية، ما يساعد في التنبؤ بأعداد الجماعات الأحيائية في المستقبل وتحديد حصص الصيد. قبل عام 2008 م، تم تسجيل فترة من الاستقرار المنخفض جدًا لجراد البحر اليافع، بحيث أدخلت تخفيضات في جهود الصيد لموسم (2009-2008) م. وتم تحديد أعداد المصايد وفترات الصيد وانخفض عدد القوارب من 460 إلى 294 على مدى سنتين. ارتبط انخفاض جهود الصيد بزيادة إجمالية في الربح مقارنة بما كان يمكن تحقيقه لو كانت جميع السفن البالغ عددها 460 سفينة لا تزال تعمل بمستويات الجهد السابقة. بعد التقييد، تحسنت معدلات الصيد التجاري، وارتفع إنتاج بيض جراد البحر الصخري إلى مستويات قياسية. لقد أسعد نجاح هذه الإجراءات، سواء من الناحية البيئية أو الاقتصادية، العلماء ومصايد الأسماك على حدّ سواء. ومن خلال العمل المشترك، تمكّنوا من تطوير نموذج لصيد الأسماك المستدام يمكن الاستفادة منه في أماكن أخرى.

تقديرًا لنجاحها، كانت مصايد الجراد البحري الصخري للساحل الغربي المدارة، أول مصيد سمك في العالم ينال شهادة الاستدامة البيئية من مجلس الإشراف البحري. تواصل ولاية أستراليا الغربية العمل بجهد لتعزيز طرائق الصيد المستدامة، فهي تراقب وتضبط جميع أنشطة الصيد في مياهها، وتنفذ بدقة القيود التي تراعي كلًا من الصناعة والصحة طويلة المدى لجماعات الأسماك. ما زال مجلس الإشراف يواصل تمويل الأبحاث، حيث تم تصميم مصايد جديدة لجراد البحر بهدف منع صغار أسود البحر من الوقوع فيها. وقد أصبحت مصايد جراد البحر الصخري الغربي من بين أفضل المصايد المدارة في العالم، بفضل التشاور المستمر والواسع، إلى جانب برنامج علمي طويل الأمد.

تابع

أسئلة

١. اشرح السبب الذي يجعل نظام الإدارة المتكاملة لمصايد الأسماك في أستراليا الغربية أكثر فاعلية.

٢. اشرح كيف تساعد ثلاث من القواعد العامة للصيد التجاري في الحفاظ على مخزونات الأسماك.

٣. اقترح كيف يمكن للعوامل الحيوية وغير الحيوية أن تؤثر على الجماعة الأحيائية لجراد البحر.

٤. اقترح السبب في كون فرض قيود على صيد جراد البحر قد أدى في الواقع إلى زيادة الأرباح.

٥. لخص أسباب اعتبار إدارة مصايد الأسماك في ولاية أستراليا الغربية مثالًا للممارسة الجيدة التي يمكن للآخرين الاستفادة منها.

أسئلة

(٣) **أ.** يقدّر عدد أفراد الجماعة الأحيائية لسمك القد بنحو 325000 سمكة في السنة الواحدة. ومن المتوقع أن يؤدي التجنيد إلى زيادة عدد الأسماك بنسبة 15% سنويًا. ويقدر عدد النفوق الطبيعي بنحو 10% سنويًا. احسب عدد الأسماك التي يمكن حصادها دون خفض عدد الأسماك إلى ما دون المستويات الحالية.

ب. اشرح لماذا من المفيد تقدير كل من عدد وكتلة الأسماك عند تقييم مخزونات الأسماك.

(٤) اشرح كيف يمكن أن يساعد تقليل عدد القوارب في الأسطول في توفير فرص العمل في المستقبل.

(٥) اشرح كيف يمكن مراقبة ما يأتي:

أ. صيد أسماك القرش غير القانوني بعيدًا عن اليابسة في منتصف المحيط الأطلسي.

ب. مخاوف حول طول الأسماك التي تبيعها إحدى شركات الصيد.

ج. مخاوف حول طرائق الصيد التي تستخدمها مجموعة من سفن الجر الساحلية.

٦-٣ تربية الأحياء المائية البحرية

يقدر أن عدد سكان العالم وصل إلى مليار نسمة في عام 1804م، وبعد 123 عامًا وصل إلى مليارَي نسمة، وفي عام 2010م نما إلى سبعة مليارات، وبعد اثني عشر سنة فقط، أي عام 2022م وصل إلى ثمانية مليارات نسمة. وتشير التوقعات الحالية إلى أن عدد سكان العالم سيصل إلى تسعة مليارات نسمة في حلول عام 2037م، وهذا العدد المتزايد المستمر من السكان يحتاج إلى المزيد والمزيد من الغذاء. ومع مرور السنين، أدى الطلب المتزايد على الغذاء من المحيطات، إلى جانب طرائق الصيد الأكثر كفاءة، إلى انخفاض كبير في العديد من أنواع الأسماك. لا تستطيع المحيطات وحدها تلبية الطلب الاستهلاكي على الأسماك، لذا أصبح من المهم العمل على استخدام طرائق تربية الأحياء المائية لتربية الأسماك. ومع ذلك، يجب إدراك أن تربية الأحياء المائية، إذا لم تنظّم بعناية، فقد يكون لها تأثيرات ضارة على البيئات والمجتمعات البشرية.

طرائق تربية الأحياء المائية

تربّى الأحياء المائية عادة باستخدام أحد الأنظمة الثلاثة الآتية (الشكل ٦-١٢):

- **الأقفاص:** توضع الكائنات الحية في شباك أو أقفاص في مياه طبيعية مفتوحة (الشكل ٦-١٢ أ). يعمل تدفق المياه الطبيعية على إخراج النفايات من الأقفاص كما يجلب الأكسجين وبعض الغذاء الطبيعي إلى داخل القفص. غالبًا ما يتم تنمية الرخويات مثل بلح البحر على حبال حرة معلّقة في الماء (الشكل ٦-١٢ ب).

- **البرك:** توضع الكائنات الحية في برك خارجية تحفر خصيصًا لها (الشكل ٦-١٢ ج). قد تُبنى البرك من مواد مختلفة مثل التربة أو الخرسانة، وقد تكون مفصولة كليًا أو جزئيًا عن المياه الطبيعية. وفي بعض الحالات، تكون ببساطة مناطق من المياه الساحلية مفصولة بخنادق. برك السباق Raceway ponds هي نوع من البرك الضحلة ذات شكل حلقي وتمتد مسافة كبيرة وتكون مزودة بتدفق مائي مستمر للحفاظ على توزيع متجانس للمغذيات والأكسجين وتُستخدم غالبًا لإنتاج الروبيان.
- **الخزانات الداخلية:** توضع الأنواع في خزانات داخلية بلاستيكية أو معدنية (الشكل ٦-١٢ د). تعزل عن المياه الطبيعية ويُضخ الماء فيها. تُمَرَّر مياه الصرف عبر أنظمة الترشيح.

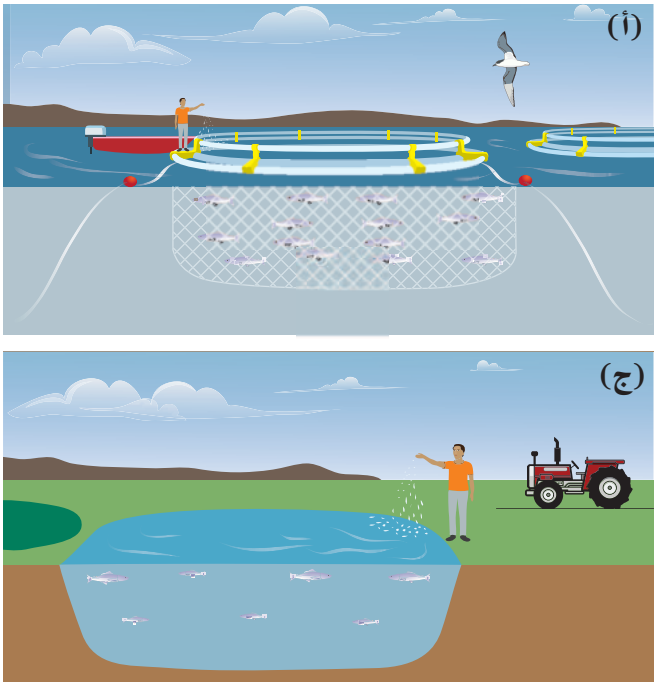
أمثلة محددة على طرائق تربية الأحياء المائية

تُنتَج العديد من الأنواع المختلفة من الأسماك والرخويات والقشريات عن طريق تربية الأحياء المائية. وعلى الرغم من توافر مبادئ عامة معيّنة لتربية الأحياء المائية لإنتاج أي نوع، إلّا أن لكل نوع متطلباته الخاصة. فيما يأتي مناقشة لطرائق محددة مستخدمة في تربية أسماك الكوفر الأبيض (الدنيس) وبلح البحر والروبيان.

تربية سمك الكوفر الأبيض

يُعدّ سمك الكوفر الأبيض *Sparus aurata* من الأنواع المستزرعة الشائعة في سلطنة عُمان. وهو سمك بحري ذو زعانف شعاعية ينتمي إلى عائلة السباريدي Sparidae. يوجد عادة في شمال شرق المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط، وهو طعام ذو قيمة عالية في المنطقة.

الكوفر الأبيض واسع المدى الملحي، أي يمكنه العيش في نطاق واسع من درجات الملوحة. يمكن العثور عليه في المياه قليلة الملوحة بالقرب من مصبات الأنهار أو في البحيرات الساحلية عالية الملوحة، وموطنه البيئي يكون فوق قيعان البحر الرملية أو مروج الحشائش البحرية أو الشواطئ الصخرية. يتغذى عمومًا على الرخويات والقشريات، لكن يمكنه تناول بعض المواد النباتية.



الشكل ٦-١٢ الأنظمة الرئيسية في تربية الأحياء المائية: (أ) الأقفاص، حيث يوضع القفص في المياه المفتوحة (ب) تعليق بلح البحر على الحبال في المياه المفتوحة (ج) البركة، حيث توضع الأسماك في بركة تكون محفورة خصيصًا لذلك ويمكن أن تكون مصنوعة من التربة أو مواد صناعية مثل الخرسانة (د) الخزانات الداخلية، حيث تُفصل الأسماك تمامًا عن المياه الطبيعية.

صيد أسماك الكوفر الأبيض من البحار يُعدّ قليلًا نسبيًا، لكنه يربى تقليديًا في إيطاليا ومصر منذ قرون في البحيرات الساحلية Lagoons في شكل من أشكال **تربية الأحياء المائية الموسعة Extensive aquaculture**. تصطاد الأسماك اليافعة من البحر وتُستخدم لتزويد البحيرات الساحلية حيث تنضج في النهاية إلى طول قابل للتسويق بعد موسمَين أو ثلاثة مواسم. ومع ذلك، تسبب الصيد الجائر والتلوث في (1960s) بانخفاض توافر الأسماك اليافعة، وبالتالي جرى تطوير **تربية الأحياء المائية المكثفة Intensive aquaculture**، وهي الطريقة التي تنتج الآن غالبية سمك الكوفر الأبيض المتداول به عالميًا (الصورة ٦-٦).

الصورة ٦-٦ سمك الكوفر الأبيض الذي يربى في مزارع تربية الأحياء المائية في البحر الأبيض المتوسط.

مصطلحات علمية

تربية الأحياء المائية الموسعة Extensive aquaculture: العناية بالحيوانات أو النباتات المائية وتنميتها باستخدام تكنولوجيا محدودة وكثافات تخزين منخفضة دون استخدام تغذية صناعية.

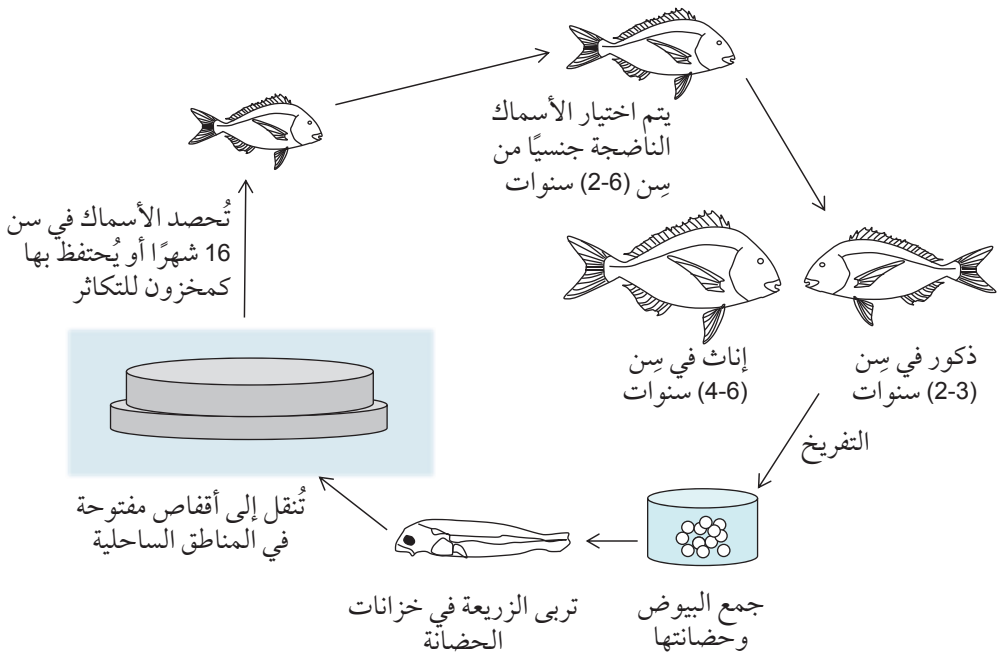
تربية الأحياء المائية المكثفة Intensive aquaculture: العناية بالحيوانات أو النباتات المائية وتنميتها باستخدام طرائق مكثفة مثل كثافات تخزين عالية وتغذية صناعية لتحقيق أقصى قدر من الإنتاج.

لتربية أسماك الكوفر الأبيض المائية، يُستخدم في سلطنة عُمان نظام الأقفاص المفتوحة (الشكل ٦-١٢ أ) في المياه الساحلية. ويوضح الشكل (٦-١٣) المراحل الرئيسية لهذه الطريقة:

- تحضير الأسماك الناضجة جنسيًا.
- التفريخ والفقس.
- خزانات الحضانة.
- الأقفاص المفتوحة.
- الحصاد.

١. تحضير الأسماك الناضجة جنسيًا

يتم اختيار الأسماك الناضجة جنسيًا من أقفاص المياه المفتوحة في البحر. تكون أسماك الكوفر الأبيض ذكورًا



الشكل ٦-١٣ مراحل تربية سمك الكوفر الأبيض.

حتى سِن (2-3) سنوات، قبل التحول إلى إناث عندما تصبح أطول. وتستخدم التربية في الأسر Captivity العوامل الاجتماعية والهرمونية للتحكم في نسبة الذكور إلى الإناث بين الأسماك الناضجة جنسيًا. وتتغذى على أنظمة غذائية خاصة، حيث تؤثر التغذية المحسنة على الخصوبة وجودة البيوض.

٢. التفريخ والفقس

تستخدم جميع الفقاسات تقريبًا الإضاءة الصناعية لتمديد فترة التفريخ الطبيعية. ويمكن أن تنتج الأنثى الواحدة أكثر من مليون بيضة في موسم التكاثر، ويبلغ معدل إخصاب الذكور للبيض بنحو %(95 – 90). يحتفظ باليرقات بعد الفقس في خزانات تحت ظروف مُحكمة حتى تتطور إلى أسماك صغيرة (امتصت كيس المح بالكامل) تسمى **زريعة Fry**، وتكون كبيرة بما يكفي لنقلها إلى خزانات الحضانة، في سِن 45 يومًا تقريبًا.

٣. خزانات الحضانة

في خزانات الحضانة، تُزوَّد الزريعة بنظام غذائي عالي الجودة لضمان نمو ومعدلات بقاء أفضل (الصورة ٦–٧). إن هذه الطريقة في تربية الزريعة مكلفة جدًا، حيث يُقدَّم العلف في أوقات وبكميات محددة مع الحفاظ على درجة حرارة مياه الخزانات عند 18°C ودرجة ملوحة ppt (37 – 35). وتنقل الأسماك عند نموها إلى وزن g (7 – 5) تقريبًا إلى الأقفاص المفتوحة في البرك الساحلية أو البحيرات الساحلية.

الصورة ٦–٧ خزانات حضانة خرسانية لتربية زريعة الكوفر الأبيض.

٤. الأقفاص المفتوحة

تشكل الأقفاص المفتوحة العائمة شكلًا مكثفًا أو شبه مكثف من أشكال تربية الأحياء المائية، اعتمادًا على الوسائل المستخدمة (الصورة ٦–٨). تُنقل الزريعة بشكل عام إلى الأقفاص في شهرَي أبريل ومايو. وتتغذى أسماك الكوفر الأبيض في الأنظمة الموسعة على موارد البحيرة الساحلية الطبيعية ولا تزود بتغذية تكميلية. أما في الأنظمة شبه المكثفة والمكثفة فيمكن إضافة كمية أكبر من الأسمدة لزيادة توافر الغذاء الطبيعي، أو إضافة المزيد من الغذاء الصناعي والأكسجين الإضافي إلى الأقفاص لضمان نضج أسماك الكوفر الأبيض بسرعة وبطريقة صحية. يُعدّ دقيق السمك وزيت السمك مكوّنًا أساسيًا في تصنيع الكُرات الغذائية لتغذية الأسماك، إلّا أنه يتم أحيانًا استبداله بمصادر نباتية أرخص لتقليل النفقات.

الصورة ٦–٨ أقفاص مفتوحة في البحر لتربية سمك الكوفر الأبيض حتى نضجه. تساعد الشباك في منع افتراس الطيور للسمك. هذه الأقفاص ملك لشركة المياه الزرقاء المحدودة، وهي شركة مختصة في تربية الأسماك مقرّها ولاية قريات، سلطنة عُمان.

مصطلحات علمية

الزريعة Fry: الطور المبكر والصغير للعديد من الأسماك بما في ذلك سمك الكوفر الأبيض. تكون اليرقات قد امتصت كيس المح اليرقي بالكامل، وبدأت تتغذى بشكل مستقل.

٥. الحصاد

قد تستغرق زريعة الأسماك التي تصل كتلتها نحو 5 g عامَين للوصول إلى الكتلة التجارية المطلوبة، والتي تتراوح بين g (400 – 350) لتكون جاهزة للحصاد. وتشمل الخطوة الأولى في عملية الحصاد تنظيف قاع الخزانات لضمان نظافة الأسماك، ثم يتم دفع الأسماك بلطف نحو فتحة سحب المياه في الخزانات لإخراجها. بعد ذلك، تُغمر في مياه مثلّجة مشبعة بثاني أكسيد الكربون، وهي طريقة سريعة وأخلاقية لتجهيزها للتسويق. ويُحتفظ ببعض الأسماك الناضجة جنسيًا كمخزون للموسم القادم.

تربية بلح البحر

كما في حالة التربية المائية لسمك الكوفر الأبيض، فإن للتربية المائية لبلح البحر تاريخًا يعود إلى القرن الثالث عشر في فرنسا. ويُنتَج عالميًا ما يقارب مليونَي طن من بلح البحر سنويًا من خلال تربية الأحياء المائية. وتُستَخدم مجموعة من الأنظمة المختلفة ولكن مزارع تربية بلح البحر لديها طرائق متشابهة.

يتكاثر بلح البحر عن طريق التفريخ الجماعي والإخصاب الخارجي؛ إذ تطلق الحيوانات المنوية والبويضات في الماء ويحدث الإخصاب. ثم يتطور البيض المخصب إلى يرقات **تروكوفور** Trochophore حرة السباحة، وتتطور بدورها إلى يرقات تسمى **فيليجر** Veligers. تستقر يرقات فيليجر في النهاية على ركيزة، حيث تتحول إلى بلح بحر صغير يسمى **زريعة بلح البحر** Spats، والذي يتطور بعد ذلك إلى بلح بحر بالغ مستقر Sessile (متثبت في مكان واحد).

مراحل تربية بلح البحر كما تظهر في الشكل (٦-١٤) هي:

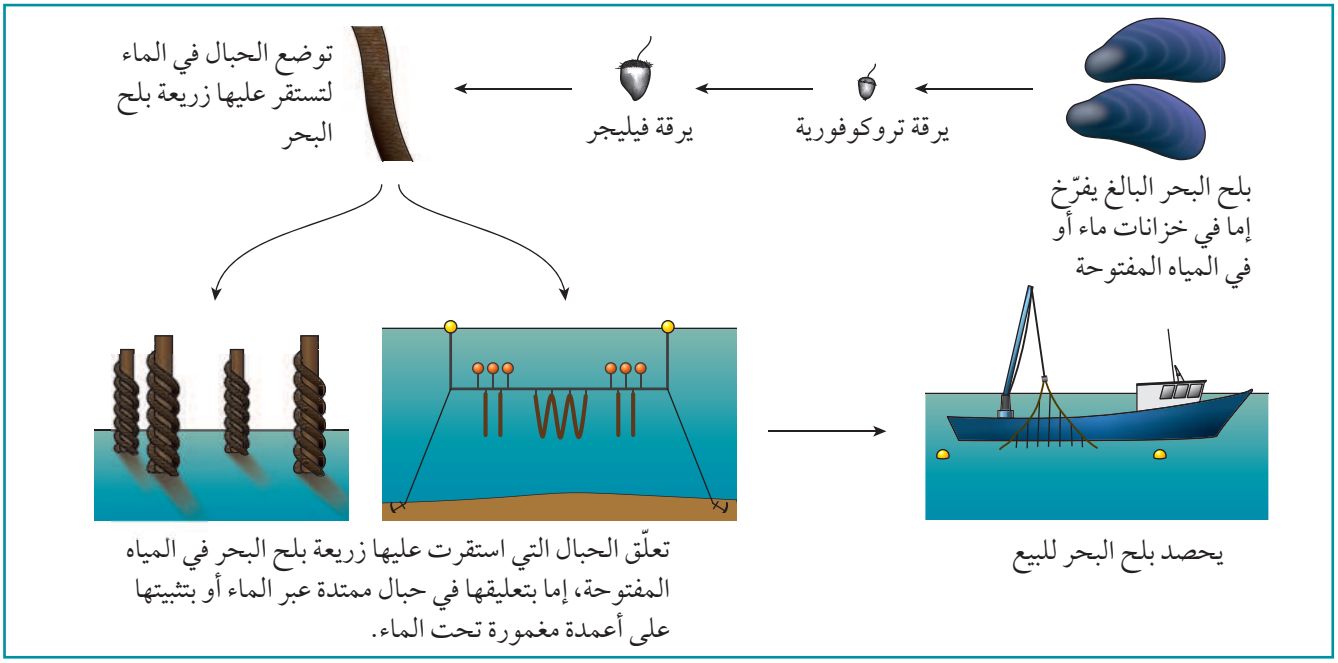
- تثبيت الزريعة على الحبال.
- النمو.
- الحصاد والمعالجة.

مصطلحات علمية

تروكوفور Trochophore: هي مرحلة يرقية أولى في دورة حياة العديد من الرخويات مثل المحار العملاق والمحار؛ تتحرك بالأهداب وتعيش كعوالق في الماء.

فيليجر Veliger: هي مرحلة يرقية ثانية في دورة حياة العديد من الرخويات، تتطور من يرقة التروكوفور، وتتصف بوجود عضو يسمى الفيليوم: تركيب غشائي يستخدم للتغذية والحركة بالإضافة إلى وجود صدفة.

زريعة بلح البحر Spats: طور ما بعد اليرقة، يستقر ويتثبت بالركيزة، وهو من الرخويات ثنائية المصراع.



الشكل ٦-١٤ مراحل التربية المائية لبلح البحر.

١. تثبيت الزريعة على الحبال

تُثبَّت زريعة بلح البحر على الحبال المصنوعة من ألياف جوز الهند أو «الجوارب» القطنية. وتجمع غالبًا زريعة بلح البحر الناتجة طبيعيًا عن طريق تعليق الحبل أو الجوارب في البحر حول تجمعات بلح البحر، أو يؤخذ بلح البحر البالغ من مشروع تربية الأحياء المائية. وقد بدأت بعض الشركات مؤخرًا بتربية يرقات بلح البحر في خزانات حيث يحتفظ ببلح البحر البالغ في خزانات ويغذى بالطحالب. ويحفز التفريخ عن طريق ضبط الضوء والحرارة. وتُغذى اليرقات لمدة (15 – 13) يومًا، ثم توضع الحبال في الخزانات لتستقر عليها زريعة بلح البحر. بعدها تنقل الزريعات المستقرة على الحبال إلى خزانات الحضانات عندما يصل طولها إلى 1 mm تقريبًا، حيث تُغذى حتى تصل إلى طول 10 mm – 6.

٢. النمو

بعد أن تثبت الزريعة في الحبال، توضع الحبال أو الجوارب في المياه الساحلية وتُترك لتنمو حتى تصل إلى الطول المناسب، وتستخدم في ذلك مجموعة من الأنظمة تشمل:

- طريقة الخيط الطويل (الحبل)، حيث يعلّق كل حبل أو جورب من خيط طويل من السطح بواسطة عوامات (الصورة ٦–٩).
- طريقة بوشيه Bouchet method، حيث تُلَفّ الحبال حول أعمدة خشبية مثبتة في قاع البحر.
- طريقة الطّوافة، حيث تعلّق الحبال تحت منصة عائمة؛ تُثبَّت مراحل مختلفة من بلح البحر باستخدام هذه الطريقة، بحيث تجرى عملية تثبيت الزريعات على الحبال والجوارب بالتزامن مع النمو.

٣. الحصاد والمعالجة

يُربَّى بلح البحر لمدة تتراوح بين (12 و 15) شهرًا، قبل أن يُحصد. ويحصد غالبًا يدويًا أو باستخدام أجهزة الرفع الهيدروليكية. وبعد الحصاد، يُغسَل بلح البحر ويُنظَّف ويُفصَل بعضه عن بعض قبل تعبئته للبيع. يمكن الاحتفاظ به في مناطق مخصصة للتنظيف لمدة أسبوعَين بعد الحصاد، ليُزال خلالها الطين والحصى.

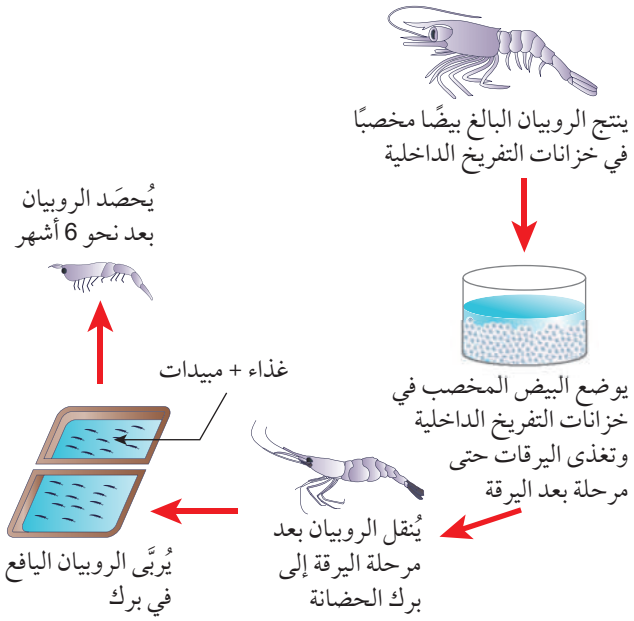
الصورة ٦–٩ بلح البحر ينمو على الحبال.

تربية الروبيان البحري

يُربّى الروبيان البحري في الصين وجنوب شرق آسيا منذ مئات السنين باستخدام طرائق موسعة وذات كثافة منخفضة. غالبًا ما كان الروبيان اليافع يحتجز في برك المياه المالحة أو المياه المحيطة بغابات القرم ليسهل صيده. وكان يتغذى بشكل طبيعي عبر تيارات الماء التي تزيل أيضًا النفايات وتجلب الأكسجين النقي. في آواخر القرن العشرين ازداد الطلب العالمي على الروبيان، ما أدى إلى تطوير طرائق مكثفة وشبه مكثفة لتربية الأحياء المائية كما في سلطنة عُمان (الصورة ٦–١٠).

الصورة ٦–١٠ مزرعة روبيان في سلطنة عُمان.

تستخدم حاليًا مجموعة من أساليب التربية، تتراوح من الموسعة بالكامل إلى الشديدة الكثافة (الشكل ٦-١٥) في تربية نوعَين رئيسيَّين من الروبيان: الروبيان الأبيض من المحيط الهادي Pacific white shrimp والجمبري النمري العملاق Giant tiger prawn. وتشترك جميع الطرائق في بعض الإجراءات العامة والمراحل الخاصة.



الشكل ٦-١٥ مراحل التربية المائية المكثفة للروبيان.

١. التكاثر والفقاسات

قبل (1980s) كانت أغلب مزارع الروبيان تعتمد على جمع الروبيان بعد مرحلة اليرقة Postlarval shrimp من مصبات الأنهار. وقد فرض ذلك ضغوطًا على مخزونات المياه الطبيعية، لذلك، طُوِّرَت طرائق لتربية الروبيان في مزارع تربية الأحياء المائية. يربى الروبيان في خزانات تفريخ داخلية، وبعد الفقس، تُغذى اليرقات بالطحالب في البداية ثم بالعوالق الحيوانية ثم لاحقًا بالروبيان الملحي. تنتشر حالات تفشي الأمراض، ويصعب السيطرة عليها، لذا تستخدم غالبًا المضادات الحيوية ومبيدات الآفات مع العلف، وتُنظَّف جميع الخزانات روتينيًا بالمطهرات. وعلى الرغم من هذه الإجراءات، لا يزال معدل نفوق اليرقات مرتفعًا.

٢. الحضانة

يُنقل الروبيان بعد مرحلة اليرقة إلى خزانات مستطيلة وضحلة منفصلة تعرف ببرك السباق، يتدفق فيها الماء بشكل مستمر، ويُغذّى على نظام غذائي غني بالبروتين لمدة ثلاثة أسابيع تقريبًا، ثم يُنقل بعدها إلى برك النمو. تعدل درجة حرارة المياه وملوحتها في برك السباق تدريجيًا لتتناسب مع برك النمو وتمكين الروبيان من التأقلم.

٣. برك النمو

تُنقل صغار الروبيان إلى برك النمو حيث يجري إطعامها لمدة (6-3) أشهر حتى تصل إلى الطول القابل للتسويق. يتم الحصاد إما عن طريق تجفيف البرك أو الصيد بالشباك. وتستخدم مجموعة متنوعة من أشكال البرك تتراوح بين المناطق المغلقة من المياه الساحلية والحقول المغمورة بالمياه إلى الخزانات ذات الجدران الخرسانية.

واعتمادًا على المزرعة تستخدم تربية الروبيان طرائق تربية موسعة وشبه مكثفة ومكثفة، خصوصًا في برك النمو.

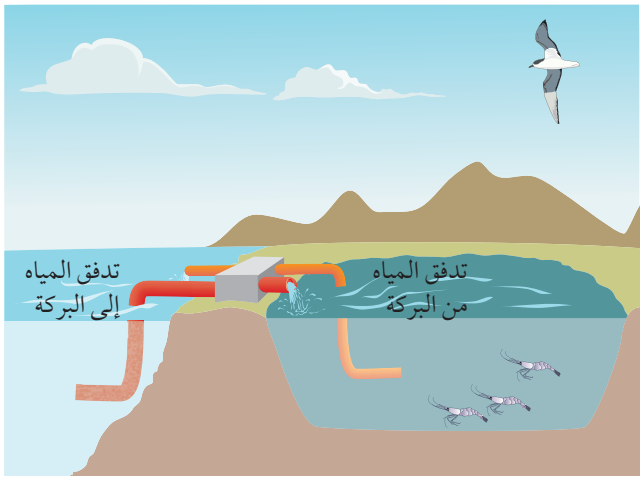
٤. طرائق تربية الأحياء المائية الموسعة

تتطلب الأنظمة الموسعة استثمارًا منخفضًا، وعادة تكون موجودة في منطقة ساحلية أو منطقة أشجار القرم، ويُربَّى فيها الروبيان بكثافة منخفضة. وفي أبسط أشكالها، تكون مناطق المياه الساحلية أو جذور أشجار القرم محاطة بخندق أو شبكة. تتجدد المياه عن طريق البحر، ويتغذى الروبيان على الكائنات الحية التي تنمو بشكل طبيعي. وبدلًا من تربية الروبيان غالبًا ما يتم الحصول عليه عن طريق احتجاز اليرقات من المياه الطبيعية التي تدخل البرك. الإنتاجية تكون منخفضة في هذا النمط، بالإضافة إلى انخفاض تكاليف الإنتاج والمهارات الفنية، كما يقلّ خطر الإصابة بالأمراض بسبب انخفاض كثافة التخزين.

٥. طرائق تربية الأحياء المائية شبه المكثفة

تكون طرائق تربية الأحياء المائية شبه المكثفة أكثر انفصالًا عن المياه الساحلية، ولا تعتمد على المد والجزر لتدفق المياه.

وتستخدم المضخات لضخ مياه البحر النظيفة (المعالجة)، عادةً من البحر، وللتخلص من المياه العادمة (الشكل ٦-١٦). يُخزن الروبيان بكثافة أعلى، لذا يتطلب غذاء إضافيًا، مع الحرص أيضًا على تشجيع النمو الطبيعي للغذاء في الأحواض. وتكون الإنتاجية أعلى من المزارع الموسعة، ولكن تكاليف الإنتاج أعلى.



الشكل ٦-١٦ طريقة تربية الأحياء المائية شبه المكثفة للروبيان، تستخدم نظام ضخ لجلب مياه البحر النظيفة إلى البرك، وإطلاق المياه العادمة في البحر.

٦. طرائق تربية الأحياء المائية المكثفة

في مزارع الروبيان المكثفة بالكامل، يُعزل الروبيان عن البيئة البحرية. وعادة، يُربّى الروبيان في موقع تربية الأحياء المائية، أو يُشترى من المورّدين، ويتم تخزينه بكثافة عالية. يتم تدوير المياه باستمرار بواسطة المضخات وأنظمة الترشيح، ويوفر الأكسجين بواسطة أجهزة التهوية (Aerators). تفشي الأمراض أمر شائع بفعل كثافة التخزين العالية، لذا تستخدم مبيدات الآفات والمضادات الحيوية بشكل متكرر. تعتمد التغذية على نظام مكثف يستخدم أعلافًا صناعية غنية بالبروتينات. والإنتاجية عالية لكنها مقترنة باستثمار رأسمالي أولي مرتفع، وتكاليف تشغيلها عالية وتحتاج إلى فنيّين مهرة. تقدر معظم الدراسات أن (60–55)% تقريبًا من مزارع الروبيان في جميع أنحاء العالم مزارع موسعة، و (30–25)% مزارع شبه مكثفة، و (20–10)% المتبقية مزارع مكثفة.

متطلبات نجاح مشاريع تربية الأحياء المائية على المدى الطويل

القاعدة البسيطة في عالم الأعمال أنه إذا استمرّ أي مشروع تجاري في تحقيق خسارة مالية، فلن يكون مستدامًا. تُقام مشاريع تربية الأحياء المائية لأسباب مختلفة، بما في ذلك:

- الحفاظ على مخزونات أسماك المياه الطبيعية.
- إعادة توطين مخزونات الأسماك في البيئة.
- توفير مصدر غذائي للسكان الذين يفتقرون إلى البروتينات في نظامهم الغذائي.
- تحقيق الربح سواء للمشاريع التجارية الصغيرة المحلية أو الشركات الدولية الكبيرة.

في جميع الأحوال، إذا تكبّد مشروع تربية الأحياء المائية خسائر مالية كبيرة، فلن يتمكن من الاستمرار.

ولكي تنجح مشاريع تربية الأحياء المائية، لا بد من توافر مجموعة من المتطلبات الأساسية، والتي سيتم توضيحها فيما يأتي:

توافر المخزون

يجب تأمين مصدر للكائنات الحية اليافعة لتوفير المخزون. ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

- الاحتفاظ بالأسماك البالغة الناضجة جنسيًا التي توفر مصدرًا لإنتاج الصغار.
- شراء البيوض المخصبة أو اليرقات من شركات أخرى تقوم بإنتاجها.
- إزالة الكائنات الحية اليافعة من بيئتها الطبيعية وجلبها إلى أنظمة تربية الأحياء المائية.

تهدف معظم المشاريع إلى الاحتفاظ بالأسماك البالغة الناضجة جنسيًا أو شراء البيوض المخصبة، ما يتطلب إنفاق رأسمال كبير، نظرًا إلى الحاجة إلى خزانات التكاثر وطرائق ومعدات أكثر تطورًا من الناحية الفنية. تعمل غالبية المزارع المكثفة بالكامل على تربية مخزونها بنفسها وتبيع غالبًا نسبة منه إلى منتجين أصغر. كما تفيد تربية المخزون في الموقع الجماعات الأحيائية في المياه الطبيعية، لأن إزالة الكائنات الحية اليافعة من المياه الطبيعية قد يكون له تأثيرات مدمرة على جماعاتها الأحيائية.

توافر المياه النظيفة

من الضروري أن يتم تنظيف المياه واستبدالها بانتظام لتقليل معدلات النفوق الناتجة من الأمراض وتراكم السموم. تستخدم في الأنظمة الموسعة حركات المياه الطبيعية بدلًا من المضخات. ولا تُعدّ هذه مشكلة للأنواع التي تربّى في أقفاص في المياه المفتوحة، ولكن بالنسبة إلى الأنواع التي تربّى في برك شبه مغلقة، يمكن لحركة المد والجزر أن تحدّ من كثافة الجماعة الأحيائية. في الزراعة المكثفة عندما لا تكون الخزانات متصلة بمصدر مياه طبيعي توجد حاجة إلى توفير مياه تتدفق باستمرار. وفي الوقت نفسه تستلزم نظام ترشيح لإزالة الفضلات.

توافر الأعلاف

تستخدم الأنظمة الموسعة بالكامل الغذاء الذي توفره المياه بشكل طبيعي. على سبيل المثال في مزارع الروبيان الواسعة يجلب المد والجزر مياهًا تحمل المواد الغذائية إلى مناطق معزولة جزئيًا عن المياه الساحلية. أما في الأنظمة شبه المكثفة يتم تحفيز نمو الغذاء الحي، حيث تُضاف الأسمدة إلى الماء لتحفيز نمو العوالق النباتية التي تتغذى عليها زريعات المحار العملاق. أما في الزراعة المكثفة بالكامل، تُخزن الأسماك والرخويات والقشريات بكثافة عالية، ما يتطلب إضافة الغذاء لتحقيق أقصى قدر من **معدلات النمو** **Growth rates**. قد يأتي الغذاء الإضافي من مصادر مستدامة بيئيًا وغير مكلفة نسبيًا. وتستخدم غالبًا حبيبات البروتين المصنوعة من بقايا الطعام (مثل بقايا معالجة الأسماك) لتغذية الأنواع آكلة اللحوم. وقد تكون مصادر الغذاء الأخرى ضارة بالبيئة ومكلفة. وتتطلب تربية الأنواع المفترسة مثل سمك التونة ذي الزعانف الزرقاء كميات كبيرة من الأسماك والرخويات والقشريات، والتي يتم إزالتها عادة من البيئة، ما يؤدي إلى إتلاف مخزونات المياه الطبيعية. إذا تمّت تربية الأسماك المستخدمة كعلف، فسوف ترتفع التكلفة المالية للمشروع. وتُعدّ تغذية الأنواع المفترسة شديدة النشاط مكلفة بشكل خاص لأنها تحتاج إلى طعام من مستويات غذائية عالية نسبيًا.

مصطلحات علمية

معدل النمو **Growth rate**: سرعة نمو الجماعة الأحيائية للأسماك من حيث عدد الأسماك أو طول السمكة الواحدة.

كفاءة استخدام الأعلاف

في تربية الأحياء المائية الموسعة تتم التغذية بشكل طبيعي بحيث لا يوجد هدر. في حين أن إعطاء كميات زائدة من الغذاء في أنظمة التغذية المكثفة ليس مجديًا من الناحية المالية، كما أنه يسبب أضرارًا بيئية. وبالتالي تحتاج المزارع المكثفة إلى استراتيجية مثالية للتغذية، إذا لم تتغذَّ الأسماك والرخويات والقشريات بما يكفي، فلن تكون معدلات النمو مثالية، وفي الأنواع المفترسة قد يحدث افتراس أفراد من النوع نفسه Cannibalism. وإذا كانت التغذية زائدة، فسوف يتعرض الغذاء للهدر ما يزيد من التكاليف ويسبب التلوث. تميل معظم المزارع إلى تطبيق سياسة كميات قليلة – لفترات متكررة لتقليل الهدر، عن طريق المراقبة المستمرة لمعدلات النمو.

من المهم أيضًا ضبط نوعية الطعام؛ إذ يُنتج الطعام صعب الهضم كميات أكبر من البراز، لأن الكائن الحي لا يمتص منه الكثير ويكون معدل النمو أبطأ. لذلك، فإن

إضافة مواد سهلة الهضم والامتصاص مثل البروتين والدهون، هي ممارسة شائعة لزيادة الإنتاجية.

توافر القوى العاملة

تتطلب أنظمة التربية المائية وجود قوى عاملة، ولكن بشكل عام، لا تحتاج الأنظمة الموسعة إلى الكثير من التدخل البشري، باستثناء مرحلة إعداد الموقع في البداية، وبعض أعمال الصيانة البسيطة، وعمليات الحصاد. ومع زيادة مستوى الممارسة المكثفة، تزداد الحاجة إلى العاملين في الموقع وإلى مستوى أعلى من المهارة الفنية. تتطلب الأنظمة المكثفة بالكامل توظيف أشخاص في مجالات مختلفة من المشروع، مثل التربية والصيانة والحصاد والتغذية والمعالجة. ومع توسع المشروع، تزداد الحاجة إلى عدد أكبر من العاملين، بما في ذلك مجالات الإدارة والتنظيم. وتتطلب الأنظمة المعقّدة موظفين ماهرين ومدرَّبين، ويمكن إجراء هذا التدريب محليًا أو في مراكز تدريب خاصة تديرها شركات تربية مائية متعددة الجنسيات.

إدارة الأمراض

كثافة الجماعة الأحيائية العالية التي تنتجها تربية الأحياء المائية، وبخاصة الأنظمة المكثفة جدًا، تحفز نمو وانتشار الطفيليات ومسببات الأمراض. كثيرًا ما تضاف المضادات الحيوية إلى الخزانات لتثبيط نمو البكتيريا، وهو أمر مكلف ماليًا، وقد يؤثر سلبًا على البيئة. كما تضاف مبيدات الفطريات ومبيدات الآفات الأخرى، والتي يمكن أن تتسرب إلى البيئة في الأنظمة المكثفة التي توجد في المياه الطبيعية. وكثيرًا ما تضاف اللقاحات لمساعدة الأسماك مثل سمك الهامور على تطوير مناعة ضد بعض العدوى الفيروسية. يجب تنظيف خزانات الحضانة على الخصوص وغسلها بالمطهرات لأن البيوض واليرقات في المرحلة المبكرة تكون أكثر عرضة للعدوى. وقد يصل معدل نفوق الأجنّة في المراحل المبكرة إلى 60% نتيجة للعدوى مثل مرض البقعة البيضاء White spot (الصورة ٦-١١) ما لم تُتَّخذ الاحتياطات الضرورية. وقد تكون تكلفة المواد الكيميائية اللازمة للحد من الأمراض مرتفعة، لكن هذه التكلفة تكون عادة أقل من كلفة خسارة حصاد نوع معيّن بأكمله.

الصورة ٦-١١ روبيان مصاب بمرض البقعة البيضاء، وهو عدوى شائعة في التربية المائية للروبيان.

توافر الموقع

تتطلب مشاريع تربية الأحياء المائية الموسعة مساحة من المياه الطبيعية التي يمكن الوصول إليها بسهولة وتكون مناسبة للأنواع التي تُنتج. يجب أن يتوافر طعام مناسب، وركيزة مناسبة، ومياه بدرجات حرارة مناسبة. تحتاج الأنواع الاستوائية إلى بيئات أكثر دفئًا، في حين تحتاج الأنواع التي تنتمي إلى المناطق الأكثر برودة في العالم إلى درجات حرارة أكثر برودة. إن معظم الأنظمة الموسعة الصغيرة في البلدان النامية ليس لها تأثير كبير على البيئة، ولا تصنف الأرض على أنها عالية القيمة. ومع ذلك، ومع توسع المزارع تزداد الحاجة إلى المزيد من المساحة ما يؤدي إلى إزالة المزيد من المواطن البيئية الساحلية مثل أشجار القرم. وفي الدول الأكثر تقدمًا خصوصًا تلك التي تشكل السياحة فيها جزءًا رئيسيًا في الاقتصاد، تكون الأرض ذات قيمة عالية وباهظة الثمن، ما يزيد من مقدار رأس المال اللازم لتربية الأحياء المائية.

تتطلب الأنظمة المكثفة مزيدًا من الدعم، ويكون إنشاؤها مكلفًا: يجب شراء مساحات أكبر من الأرض وبناء المزيد من البرك والخزانات ومحطات الضخ ووحدات ترشيح المياه. توجد حاجة أيضًا إلى مرافق لتخزين الغذاء

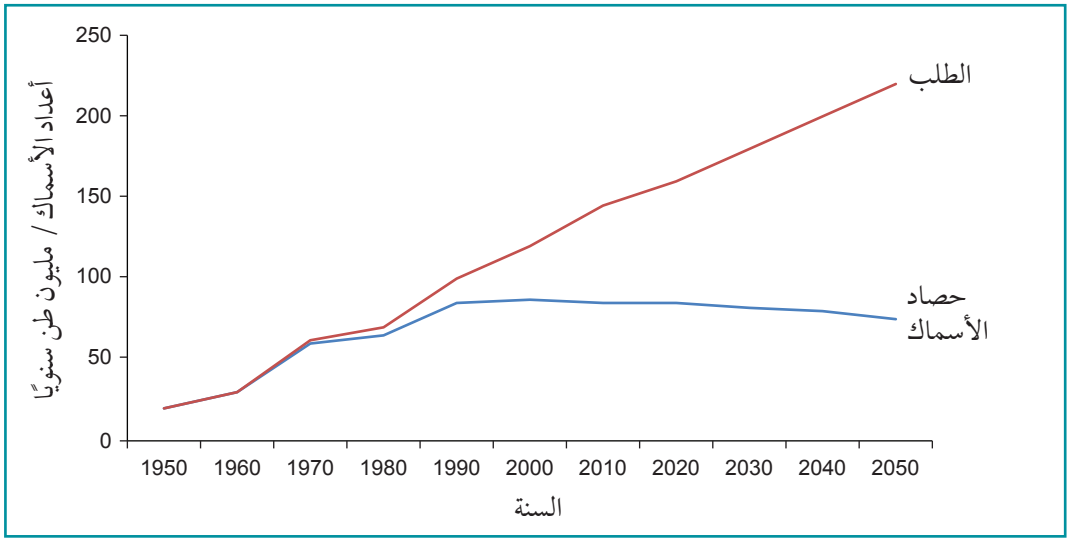
والمعدّات اللازمة، وبخاصة إذا كانت كميات الحصاد كبيرة، حيث تتطلب وجود مرافق معالجة في الموقع. كما يجب توفير الكهرباء وربط الموقع بشبكات نقل جيدة مثل الطرق وخطوط السكك الحديدية.

تتمثل إحدى مزايا العديد من أنظمة التربية المائية المكثفة في استخدام خزانات وبرك منفصلة، ما يقلل الاعتماد على المياه الطبيعية. إذ يمكن التحكم في ظروف الخزانات بدقة بما يتناسب مع متطلبات الأنواع المُنتَجة. على سبيل المثال، يمكن إنتاج نوع معيّن مثل سمك الهامور في موقع هو، طبيعيًا، أكثر برودة من الموقع الأمثل لنموه، عن طريق وضع الأسماك في خزانات مُدفَّأة. ومع ذلك، فإن التكلفة، سواء من حيث رأس المال الأولي أو الصيانة، تكون عالية، لذا يجب أن يكون المنتج قابلاً للبيع بسعر مرتفع.

الطلب في السوق

يوضح الشكل (٦-١٧) كيف ارتفع الطلب العالمي على المنتجات البحرية منذ سنة 1950 م، ومن المتوقع أن يستمر في الارتفاع حتى سنة 2050 م. في حين لم يعد حصاد الأسماك من المخزونات الطبيعية في بحار ومحيطات العالم كافيًا لتلبية الطلب المتزايد من المستهلكين على الأسماك والرخويات والقشريات. وبالتالي توجد حاجة إلى تربية الأحياء المائية لسد الفجوة بين ما تصيده مصايد الأسماك (والتي يمكن أن تنخفض بسبب الحصص وانخفاض مخزونات الأسماك) وما يحتاج إليه الإنسان. ومع ذلك، إذا كان من المقرر أن تكون مشاريع تربية الأحياء المائية مستدامة على المدى الطويل، يجب أن يتوافر طلب مستمر وكافٍ من المستهلكين على المنتجات. فلكي يكون المشروع ناجحًا على المدى الطويل، يجب أن تتجاوز الأرباح تكاليف التأسيس والتشغيل. تخضع تربية الأحياء المائية، مثل أي منتج آخر، لقوانين العرض والطلب التجارية؛ فإذا كان الطلب على المنتج مرتفعًا، كان سعر المنتج مرتفعًا أيضًا ويحقق أرباحًا أعلى. لكن الأسعار لا تظل ثابتة، لأنه إذا تجاوز الإنتاج الطلب (وبخاصة مع تطوير المزيد من مشاريع تربية الأحياء المائية) فستنخفض الأسعار، ما يقلل من الربح الصافي. وكثيرًا ما تكون الأنظمة المكثفة التي تنتج منتجًا واحدًا معرضة لخطر انخفاض الأسعار، وتحتاج إلى ضمان بأن يكون الطلب في السوق كافيًا لتغطية تكاليف التشغيل.

تنتج العديد من مشاريع تربية الأحياء المائية الآن أكثر من منتج واحد (على سبيل المثال، بواسطة الإنتاج المتكامل)، إذا انخفض الطلب على نوع معيّن يمكن تحقيق الأرباح من مُنتج آخر.



الشكل ٦-١٧ الطلب على الأسماك وحصاد الأسماك من بيئتها الطبيعية. يتعيّن سد الفجوة بين الاثنين عن طريق تربية الأحياء المائية. يظهر الطلب والحصاد المتنبأ بهما للسنوات من 2020 إلى 2050 م.

الوصول إلى السوق

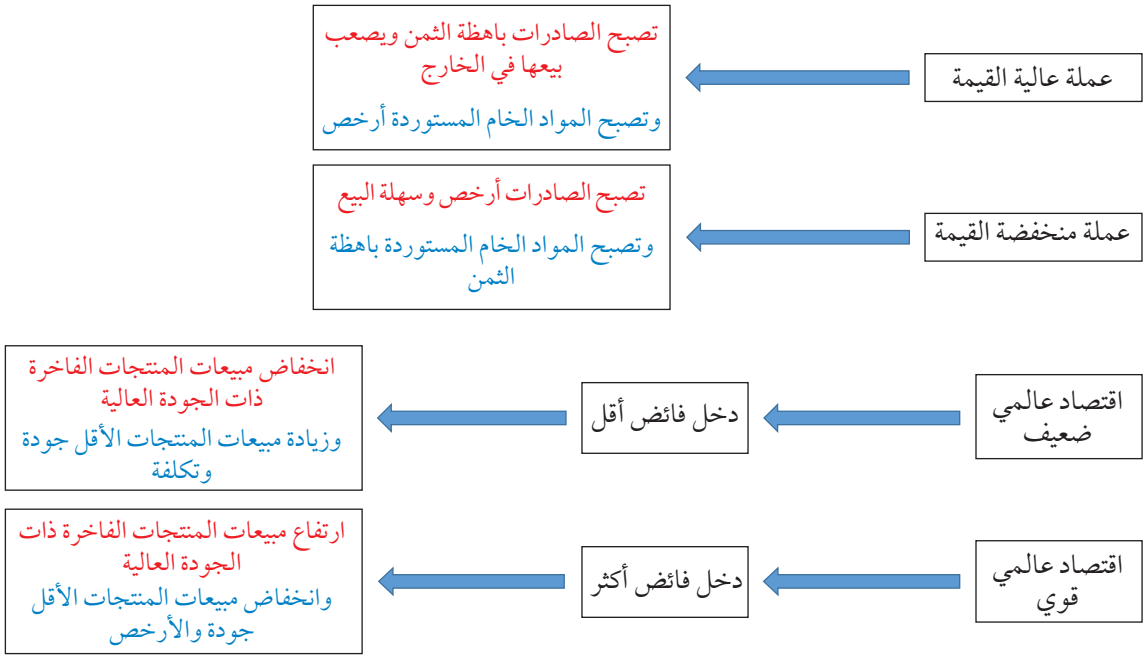
عند إنشاء مشروع لتربية الأحياء المائية، يجب توافر إمكانية الوصول بسهولة إلى أسواق الأسماك. ويتطلب ذلك شبكة نقل قد تشمل النقل البري والجوي والسكك الحديدية. في معظم المشاريع التي تُقام في الدول النامية، يتم إنتاج المنتجات بشكل أساسي للتصدير. مع العلم أن الأسماك والرخويات والقشريات تفسد بسرعة، لذا يجب نقلها بعد الحصاد مباشرة. لذلك تعالج بعض الشركات الأكبر حجمًا الأغذية في مكان المصدر ثم تصدره كغذاء مجمّد، بينما تبرّد أو تجمّد شركات أخرى الأسماك الكاملة فور حصادها. يوجد طلب مرتفع على الأسماك الحية في آسيا، لذا تحتاج مواقع تربية الأحياء المائية إلى مرافق لتعبئة الأسماك والرخويات والقشريات الحية في الماء المبرد. توجد حاجة إلى وحدات التبريد ومصانع الثلج بالإضافة إلى المياه العذبة والنظيفة. يجب أن تكون شبكات الطرق قادرة على نقل المنتجات بسرعة إلى المطارات، والتي غالبًا ما تقع بالقرب من مواقع الإنتاج.

إن الحاجة إلى وسائل نقل فعالة تعني أن إقامة مشاريع في المناطق النائية من الدول النامية غالبًا ما تكون مكلفة من دون تدخل الحكومة لإنشاء شبكة فعالة. ومع ذلك، فإن إنشاء شبكة النقل قد يكون مكلفًا بيئيًا من حيث التلوث وفقدان الأراضي.

عائدات الاستثمار

لكي يبقى المشروع قائمًا وقابلًا للاستمرار يجب أن يكون قادرًا على تحقيق الربح على المدى الطويل. من المقبول أن يعمل مشروع تربية الأحياء المائية الجديد بخسارة خلال السنوات القليلة الأولى بسبب تكاليف التشغيل الأولية. وقد تكون هناك حاجة إلى قروض لشراء المعدّات والمخزون والعلف وغيرها من العناصر. وقد يؤثر سداد هذه القروض على الأرباح لعدة سنوات. تحتاج جميع المشاريع إلى خطة عمل لضمان تلبية التكاليف اللازمة وقدرتها على إعادة استثمار الأموال في تحديث وتوسيع الأعمال. ومع مرور الزمن على إقامة المشاريع، فإن المعدّات مثل مضخات المياه ووحدات الترشيح تتطلب الصيانة، ما يفرض المزيد من التكاليف. وسيتعيّن على أي مشروع تربية أحياء مائية ناجح أن يأخذ في الاعتبار استبدال وتحديث المعدات بمرور الزمن.

تكون مشاريع تربية الأحياء المائية الموسعة عرضة للتغيرات الاقتصادية سواء داخل البلد أو على مستوى العالم (الشكل ٦-١٨). فإذا ارتفعت قيمة عملة بلد معيّن



الشكل ٦-١٨ تأثير العملة والظروف الاقتصادية على بيع السلع.

في الأسواق العالمية، فإن المزرعة التي تبيع أسماك البلطي من تلك الدول ستجد صعوبة في بيع مُنتجها عالميًا لأنها تكون أكثر كلفة بالنسبة إلى الدول الأخرى. وعلى نحو مماثل، إذا انخفضت قيمة العملة يصبح من السهل بيع المنتجات وتصديرها. مع ملاحظة أن العملة الضعيفة ليست دائمًا جيدة للإنتاج، فالمواد الخام التي يجب شراؤها من بلدان أخرى تصبح أكثر تكلفة. تستطيع شركات تربية الأحياء المائية متعددة الجنسيات الكبيرة تنظيم الإنتاج في الدول المختلفة التي تعمل فيها، لكن الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم تكون أكثر عرضة للتأثر بالأحداث الاقتصادية العالمية. وإذا مر الاقتصاد العالمي بفترة من الضعف، يتراجع شراء المنتجات ذات العلامات التجارية الفاخرة، مثل سمك التونة ذي الزعانف الزرقاء. وبالمثل، إذا كانت الأموال المتوافرة أقل، يزداد الطلب على المنتجات الأقل تكلفة مثل سمك البلطي.

التأثيرات الرئيسية لتربية الأحياء المائية

قد يكون لمشاريع تربية الأحياء المائية تأثيرات بيئية واجتماعية واقتصادية كبرى على المنطقة، وقد تؤدي إلى أضرار جسيمة للنظم البيئية المحلية إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة.

التأثيرات البيئية

أحد أهداف تربية الأحياء المائية تعويض النقص في الأسماك والرخويات والقشريات بين الطلب العالمي وما يمكن صيده من البحار. ومن خلال تقليل ما يؤخذ من البحار تتم حماية مخزونات الأسماك والرخويات والقشريات والسماح لها بالزيادة.

وهذا يعني أنه يمكن للبيئة الاستفادة من تربية الأحياء المائية. ومع ذلك، إذا لم يتم إنشاؤها بعناية، فقد تتسبب تربية الأحياء المائية بأضرار جسيمة للمواطن البيئية والتي تكون غالبًا مناطق حساسة ومهمة بيئيًا.

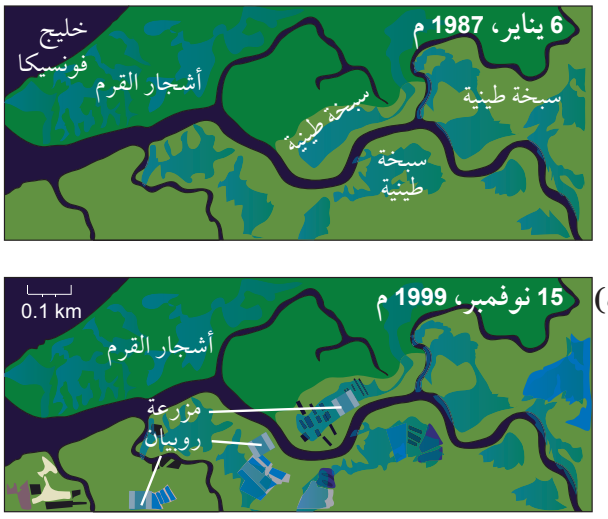
تشمل العوامل التي يجب مراعاتها لضمان استدامة البيئة ما يأتي:

- تدمير المواطن البيئية.
- الإفراط في استغلال مخزون العلف.
- التلوث.
- إدخال الأنواع الغازية Invasive species نتيجة هروب الكائنات الحية المستزرعة.
- انتشار الأمراض.
- التنافس على الموارد.
- الحدّ من استغلال الكائنات الحية المحلية.

١. تدمير المواطن البيئية

إن إنشاء مشروع لتربية الأحياء المائية يؤدي حتمًا إلى تطوير الأراضي، وحتى الأنظمة الموسعة تؤدي إلى خسارة المواطن البيئية. على سبيل المثال، إذا تم عزل منطقة من غابات القرم عن البحر لتربية الروبيان، فقد يؤدي ذلك إلى فقدان أشجار القرم أو غيره من المواطن البيئية الساحلية. تُقام غالبًا الأنظمة المكثفة التي تستخدم طرائق الأقفاص أو برك السباق في المناطق الساحلية. أدت تربية الروبيان المكثفة (الشكل ٦-١٩) إلى فقدان مساحات كبيرة من غابات القرم، ما تسبب بخسارة التنوع البيولوجي. العديد من المناطق الساحلية مهدد فعلًا بسبب تطوير المنتجعات السياحية، ما قد يؤدي إلى انقراض العديد من أنواع الكائنات الحية البحرية.

أنظمة الخزانات الداخلية أقل احتمالًا للتسبب في ضرر للنظم البيئية الساحلية الهشة، لكنها لا تزال تسبب فقدان المواطن البيئية نتيجة لبنائها.



الشكل ٦-١٩ تأثيرات تربية الروبيان على مناطق أشجار القرم والسبخات الطينية في نيكاراجوا بين (أ) 1987 و (ب) 1999 م.

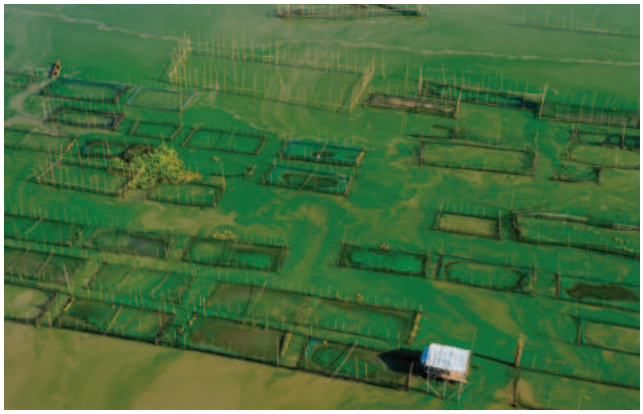
٢. الإفراط في استغلال مخزونات العلف

تتطلب تربية الأسماك والرخويات والقشريات المكثفة كمية كبيرة من الغذاء. وفي كثير من الحالات مثل تربية سمك التونة ذي الزعانف الزرقاء، يجري حصاد الغذاء من المحيطات. فسمك التونة ذي الزعانف الزرقاء حيوان مفترس علوي ونشط جدًا، لذا يتطلب تغذية مكثفة. تُحصد أسماك السردين والماكريل والأسماك الأخرى والحبار من البحر لإطعام التونة. قد يؤدي حصاد هذه الأنواع إلى انخفاض أعدادها وتأثيرات أخرى على السلاسل الغذائية.

٣. التلوث

هناك عدة أنواع من التلوث قد تنتج من أنشطة تربية الأحياء المائية. فالأنظمة الموسعة أقل تلويثًا لأنها لا تتضمن تغذية إضافية أو تكون قليلة، مع استخدام أقل لمبيدات الآفات والمواد الكيميائية الأخرى. في حين أن الأنظمة المكثفة، وبخاصة أنظمة الأقفاص في المياه المفتوحة، لديها القدرة على إطلاق كميات كبيرة من الملوثات، بما في ذلك:

- الغذاء المهدر غير المستهلك والبراز: قد تسبب ظاهرة الإثراء الغذائي، ما يؤدي إلى نقص الأكسجين في الماء نتيجة التحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة. وقد حدث هذا في الفلبين نتيجة تربية سمك البلطي (الصورة ٦-١٢).



الصورة ٦-١٢ الإثراء الغذائي في الفلبين بفعل النفايات الناتجة من تربية أسماك البلطي.

- الأسمدة التي تُضاف لتحفيز نمو النباتات: قد تتسرب إلى الماء وتسبب ظاهرة الإثراء الغذائي.
- مبيدات الآفات التي تُضاف لقتل الطفيليات: قد تنتقل إلى الماء وتؤدي إلى قتل الأنواع المحلية أو تكوين مقاومة لدى الأنواع المحلية.
- المضادات الحيوية ومضادات الفطريات التي تُضاف لقتل البكتيريا والفطريات: قد تنتقل أيضًا إلى الماء وتؤثر على البكتيريا والفطريات الطبيعية.

الأنظمة المغلقة حيث تربى الأسماك والرخويات والقشريات في خزانات معزولة كليًا تتطلب وحدات ترشيح قبل إطلاق المياه العادمة في البحر. أما أنظمة الأقفاص المفتوحة فيصعب التحكم بها، ولذلك فهي تستلزم اتخاذ إجراءات لتجنب الزيادة في التغذية وفي استخدام المواد الكيميائية وإنتاج النفايات.

٤. إدخال الأنواع الغازية نتيجة هروب الكائنات الحية المستزرعة

الأنواع الغازية هي الأنواع الدخيلة في منطقة معيّنة. كثيرًا ما أدت تربية الأحياء المائية إلى إدخال أنواع غازية نتيجة هروب الأنواع المستزرعة إلى البيئة الطبيعية. يختلف تأثير الأنواع الغازية؛ ففي جنوب شرق آسيا،

أسهمت الأنواع المدخلة مثل سمك البلطي والشبوط الشائع في تكوين جماعات أحيائية وفرت فوائد اجتماعية واقتصادية، من حيث تأمين البروتين الغذائي وتحقيق دخل مالي. ومع ذلك، قد تُحدث الأنواع نفسها تأثيرات سلبية في بيئات أخرى.

وفي كمبوديا انخفض عدد أسماك الريش البرونزي (*Notopterus notopterus*) في الأنهار والبحيرات مع زيادة أعداد أسماك البلطي النيلي الغازية. وفي لاوس، ارتبط انخفاض عدد الروبيان المحلي وأحد أنواع الحلزون المحلية بإدخال أنواع غازية. وإذا لم يكن للأنواع المدخلة أي حيوانات مفترسة طبيعية، فإن أعدادها ستزداد من دون توقف، مع الاعتماد الزائد على استهلاك أنواع الفرائس والتفوق على الأنواع المحلية.

قد تجلب الأنواع الغازية معها أمراضًا، تنتقل وتؤثر سلبًا على الأنواع المحلية. ففي تايلند، دخلت ثلاثة أمراض تصيب الأسماك مع الأسماك المدخلة. ويعتقد أن مرض البقعة البيضاء الفيروسي الذي يصيب الروبيان قد أدخل بواسطة يرقات الروبيان المستوردة.

٥. انتشار الأمراض

تميل تربية الأسماك المكثفة إلى الاعتماد على تخزين الأسماك والرخويات والقشريات بكثافة عالية جدًا. يشجع الاحتفاظ بأعداد كبيرة من نوع واحد بكثافة عالية على تطور وانتشار الأمراض، وبالتالي قد توفر تربية الأحياء المائية بيئة خصبة للأمراض. الخسائر الناتجة بسبب الأمراض في تربية الأحياء المائية كبيرة، فقد تصل إلى 6 مليارات دولار سنويًا. إذا استخدمت طريقة الأقفاص في المياه المفتوحة، فهناك خطر انتشار الأمراض إلى الجماعات الأحيائية الطبيعية. ومن الأمثلة البارزة على ذلك قمل البحر الطفيلي الذي يتغذى على جلد السلمون ومخاطه ودمه، وقد يقتله. وتقترح الأبحاث الحديثة في كولومبيا البريطانية إلى أن الإصابة بقمل البحر الناتجة من المزارع ستؤدي إلى انخفاض الجماعات الأحيائية لسمك السلمون الوردي المحلي بنسبة 99% خلال أربعة أجيال.

يتم ترشيح وتعقيم المياه العادمة في أنظمة الخزانات، وتُستخدم مبيدات الآفات ومبيدات الفطريات والمضادات الحيوية بشكل متكرر للحدّ من انتشار الأمراض. وتبعًا لذلك يجب مراقبة الأسماك باستمرار بحثًا عن وجود مرض ومعالجتها. يُعدّ مرض البقعة البيضاء White spot الذي يصيب الروبيان أحد أكثر الأمراض ضررًا. ويقدر أن النفوق المبكر للروبيان قد كلّف أكثر من ملياريَ دولار أمريكي. تجرى أبحاث حول التشخيص السريع عن بُعد للمرض باستخدام (DNA) للمساعدة في الحدّ من تأثيراته.

٦. التنافس على الموارد

يتطلب مشروع تربية الأحياء المائية مواد خام كثيرة من البيئة المحلية. إذا كان المشروع في منطقة داخلية، بعيدًا عن المسطحات المائية الرئيسية، فستكون هناك حاجة إلى توفير كميات كبيرة من المياه. إن تحويل كميات كبيرة من المياه إلى المشروع قد يُحدث تنافسًا داخل البيئة المحلية ومع شركات أو أنشطة أخرى مثل مزارع المحاصيل التقليدية التي تحتاج إلى المياه للري. وإذا تم سحب كميات كبيرة من المياه من البحيرات والأنهار فستنخفض مستويات المياه، وقد يتراجع نمو النباتات على أطراف المسطحات المائية ويضطرب النظام البيئي.

قد تتمكن مزرعة تربية الأحياء المائية المكثفة الكبيرة من شراء كميات كبيرة من الأسمدة والمواد الخام الأخرى، بحيث يصبح المزارعون المحليون غير قادرين على تلبية احتياجاتهم. وقد يؤدي ذلك في النهاية إلى فقدان المحاصيل الزراعية.

تتطلب تربية الروبيان المكثفة في البرك كمية كبيرة من المياه العذبة للمحافظة على مياه البركة عند مستوى الملوحة المناسبة لنمو الروبيان. وعادة ما يتطلب ذلك

ضخ المياه من الأنهار القريبة أو من إمدادات المياه الجوفية، ما قد يؤدي إلى استنفاد موارد المياه العذبة المحلية. علاوة على ذلك، إذا ضُخت المياه الجوفية بشكل مفرط، فستتسرب المياه المالحة من البحر القريب، ما يتسبب بملوحة المياه وجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري. على سبيل المثال، في سريلانكا نحو 74% من السكان الذين يعيشون في مناطق تربية الروبيان الساحلية لم يعد لديهم إمكانية الحصول بسهولة على مياه الشرب. كما يمكن أن تتسبب تربية الروبيان بزيادة ملوحة التربة في المناطق الزراعية القريبة، ما يؤدي إلى انخفاض في المحاصيل. وفي بنغلاديش كانت هناك تقارير عن خسارة المحاصيل بسبب ملوحة الأراضي المحيطة بمزارع الروبيان.

٧. الحدّ من استغلال المخزونات المحلية

أحد الأسباب الرئيسية لزيادة إنتاج الأسماك عن طريق تربية الأحياء المائية هو الحد من استغلال مخزونات أسماك المياه الطبيعية. إذا تمّت تربية المزيد من الأسماك عن طريق تربية الأحياء المائية لتلبية طلب المستهلكين، يجب أن يساعد ذلك في الحفاظ على الجماعات الأحيائية للأسماك التي تعيش في المياه الطبيعية. لا تتوافر بيانات حاسمة كثيرة تشير إلى أن تربية الأحياء المائية وحدها تساعد في زيادة أعداد الأسماك التي تعيش في المياه الطبيعية. إذا استخدمت تربية الأحياء المائية مع إجراءات مثل القيود المفروضة على صيد الأسماك كجزء من استراتيجية مشتركة للحد من كثافة الصيد، فستصبح هذه التربية قادرة على تغطية احتياجات السوق من دون استنفاد المخزونات.

التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية

قد يكون لمشاريع تربية الأحياء المائية تأثيرات إيجابية وسلبية على السكان المحليين. حيث يمكن أن توفر لهم فرص العمل والثروة والغذاء، ولكنها قد تتسبب أيضًا بفقدان وظائف الصيد التقليدية وفقدان الأراضي والأنواع الأخرى التي تستخدم كغذاء. وإذا لم تُمارَس بطريقة أخلاقية ومستدامة فمن المحتمل أن لا تحصل المجتمعات المحلية إلا على القليل جدًا من فوائد تربية الأحياء المائية.

تؤثر مشاريع تربية الأحياء المائية على القوى العاملة المحلية والأنظمة الاجتماعية. فإذا كانت المنطقة المستخدمة لتطوير مشروع تربية أحياء مائية ذات كثافة سكانية محدودة فسيؤتى بأشخاص جددٍ إلى المنطقة وسيستقرون غالبًا فيها، ما يتطلب المزيد من المساكن والبنى التحتية الأخرى. وتتغير تكلفة الأيدي العاملة وفقًا للعرض والطلب؛ ففي المناطق التي يوجد فيها عدد قليل من الصناعات وفرص توظيف قليلة تكون تكلفة اليد العاملة منخفضة، لكنها ستكون مرتفعة في المناطق التي يوجد فيها تنافس بين أصحاب العمل، ما يزيد من تكلفة المنتجات.

قد يكون لأعمال تربية الأحياء المائية العديد من التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية قصيرة وطويلة المدى على السكان المحليين. ويجب مراعاة جميع النتائج المحتملة إذا رغبنا في أن تكون ناجحة ومستدامة اجتماعيًا.

١. النتائج الإيجابية

فرص العمل المتزايدة مهمة بشكل خاص في المناطق التي تعاني انخفاضًا في معدلات التوظيف وقلة الفرص المتاحة أمام الناس للعمل والتدريب. وقد توفر الأعمال التجارية الناجحة دخلًا أعلى للسكان المحليين وتتيح لهم فرصة للتدرب على المهارات التي يمكن الاستفادة منها في قطاعات عمل أخرى.

يمكن تحسين فرص العمل ليس فقط في أعمال تربية الأحياء المائية الأساسية، بل أيضًا في الخدمات الثانوية مثل النقل وبناء المساكن وأعمال التغذية وتجارة التجزئة. ومع نمو الأعمال، تتوافر الفرص لتوظيف المزيد من الأشخاص، وقد ينتقل العديد منهم إلى المنطقة، ما يستدعي توفير مساكن لهم، كما

أنهم سيشترون السلع والخدمات من الأنشطة التجارية المحلية، ما يدعم الاقتصاد المحلي.

في المناطق ذات الدخل المنخفض، قد يسهم تطوير مشاريع تربية الأحياء المائية الموجهة نحو التصدير في زيادة الثروة وتحفيز النمو الاقتصادي المحلي. وقد تؤدي الثروة المتزايدة إلى رفع مستوى معيشة السكان المحليين، شرط أن تصل الأموال إلى جميع فئات المجتمع.

عند التخطيط لمشروع رئيسي في تربية الأحياء المائية، قد يستفيد السكان المحليون من البنية التحتية المحسنة، مثل زيادة شبكات الطرق والسكك الحديدية. وإذا استثمرت الأموال من المشروع في مجتمع محلي نامٍ، يمكن تطوير مرافق أفضل مثل الإسكان والمدارس والخدمات الطبية. وفي المناطق التي ترتفع فيها معدلات سوء التغذية قد توفر مشاريع تربية الأحياء المائية مصدرًا غذائيًا أقل تكلفة وأكثر وفرة وغنيًا بالبروتينات والعديد من الفيتامينات. ويتطلب ذلك استخدام المشروع لإنتاج الغذاء محليًا بدلًا من تصدير جميع المنتجات.

٢. النتائج السلبية

قد تتسبب بعض مشاريع تربية الأحياء المائية بزيادة البطالة على الرغم من توظيف المزيد من الأشخاص، وقد تصبح صناعات صيد السمك المحلية أقل فاعلية من حيث التكلفة وغير قادرة على المنافسة مع الأسعار المنخفضة للمنتجات المستزرعة. وإذا أُقيم نظام مكثف، فقد تغلق المزارع الأصغر حجمًا والأقل كفاءة التي تستخدم الأنظمة الموسعة لأنها لا تستطيع المنافسة. وقد تؤثر المزارع المائية المكثفة التي تعتمد على أعلاف بحرية في تغذيتها على مخزونات الأسماك المحلية، ما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية مصايد الأسماك.

إذا جرى إنشاء موقع إنتاج كبير لتربية الأحياء المائية، فقد ينتقل المزيد من الأشخاص إلى المنطقة ويجلبون معهم المزيد من الثروة.

وقد تؤدي زيادة الثروة لدى فئة معيّنة من الناس إلى ارتفاع الأسعار المحلية، ما يجعل أسعار المواد الغذائية والسلع باهظة الثمن بالنسبة إلى السكان المحليين.

قد يفرض مشروع تربية الأحياء المائية ضغوطًا على قطاع الإسكان، إذ قد يشغل أراضي مخصصة للبناء، ما يقلل من المساحات المتاحة لإنشاء المساكن، وبالتالي يؤدي إلى ارتفاع أسعار الأراضي السكنية. وإذا انجذب العديد من الأفراد إلى منطقة ما، فسيكون هناك طلب أعلى على الإسكان، ونتيجة لذلك ربما لا يتمكن الكثيرون من تحمل تكاليف المساكن بسبب ارتفاع الأسعار. وإذا نما عدد السكان بسرعة كبيرة من دون تخطيط دقيق، فستتعرض البنية التحتية للضغوط، ولن تكفي المدارس والطرق والرعاية الطبية والصرف الصحي وإمدادات المياه، وقد يؤدي عدم تحسينها إلى مشكلات اجتماعية.

عندما يهيمن قطاع توظيف واحد في منطقة معيّنة، ويترافق ذلك مع نقص في اليد العاملة، فإن الصناعات الأخرى الأقل جاذبية قد تواجه تراجعًا أو انحدارًا. وستكون هناك منافسة بين القطاعات المختلفة للحصول على عدد كافٍ من الموظفين، ما قد يتسبب بإغلاق بعض الشركات بسبب مطالب الأجور المرتفعة. وقد تكون الصناعات التي تُعدّ قديمة الطراز أقل قدرة على جذب الموظفين أو قد تخرج من السوق. وعند إغلاق الشركات التقليدية، تُفقَد أو تتغير الهوية الثقافية والاقتصادية للمنطقة. وإذا أصبحت تربية الأحياء المائية النشاط الاقتصادي الوحيد في منطقة ما، فقد يُشكّل ذلك مشكلة كبيرة في حال فشل المشروع في المستقبل. وتبرز هذه المشكلة بشكل خاص مع الشركات الدولية الكبرى، التي تميل إلى فتح وإغلاق عملياتها في مناطق مختلفة من العالم بناءً على معدلات الربح في فترات معيّنة.

لكي يكون المشروع مستدامًا، ينبغي أن يعود بالنفع على السكان المحليين، إذ إن الأنظمة المكثفة التي لا تحقق لهم فائدة تُعد أقل قابلية للاستمرار على المدى الطويل.

تخيل موقفًا حيث تشتري شركة دولية كبرى مساحة من المياه الساحلية وتبدأ بتربية الروبيان:

إذا كانت الشركة توظف عددًا قليلًا من السكان المحليين وتصدر المنتجات ولا تفيد المنطقة المحلية من الأرباح، فلن تحظى بشعبية، ومن غير المرجح أن تكون مستدامة على المدى الطويل، ولن يشعر السكان المحليون بأي ولاء للشركة.

وإذا كان لدى الشركة نظام تربية أحياء مائية مصمم جيدًا، وتوظف السكان المحليين، وتنتج الغذاء للسكان المحليين بالإضافة إلى التصدير، وتستثمر الأموال في المنطقة المحلية، فسيكون تقديرها كبيرًا، وسيستفيد السكان المحليون من الشركة ويصبحون من أصحاب المصلحة في نجاحها. وهو ما يُتوقع أن يعزز استدامته على المدى البعيد.

دراسة حالة ٦-٢

فقاسات سمك السلمون في أمريكا الشمالية

يتضمن أحد أشكال تربية الأحياء المائية شبه المكثفة استخدام الفقاسات، حيث تُربى الأسماك من البيوض لتصبح أسماكًا بالغة صغيرة، وتطلق بعد ذلك إلى بيئتها الطبيعية. وقد سجلت أول حالة لتربية سمك السلمون في الفقاسات لإطلاقه في البيئة الطبيعية في كندا في سنة 1857 م. وكان الهدف منها زيادة الأعداد في البيئة الطبيعية وإدخال سمك السلمون إلى مناطق جديدة. وسرعان ما انتشرت هذه الممارسة في الولايات المتحدة وألاسكا وأصبحت طريقة شائعة لعكس اتجاه انخفاض أعداد سمك السلمون. وفي عام 1938 م، قدمت الولايات المتحدة المال لبناء فقاسات واسعة النطاق لتحل محل مناطق تفريخ سمك السلمون التي أغلقت أو غمرت خلف السدود. وقد تم بناء أكثر من 80 فقّاسة في حوض نهر كولومبيا وحده، كما أُقيم المزيد من فقّاسات سمك السلمون في جميع أنحاء الولايات المتحدة، حيث يوجد في ولاية واشنطن، أكثر من 24 مركزًا لتربية سمك السلمون، ويُربّى ملايين سمك سلمون المحيط الهادي لإطلاقه كل سنة (الصورة ٦-١٣). هذه الأسماك ضرورية لصناعة صيد الأسماك الترفيهي في ولاية واشنطن، والتي تبلغ قيمتها أكثر من 850 مليون دولار سنويًا. وقد قدّر أن ما بين 70% و 90% من سمك السلمون البري الذي يصيده الصيادون الهواة والتجار هو في الواقع سمك السلمون الذي ربي في البداية في الأحواض وجرى إطلاقه.

الصورة ٦-١٣ مفقس سمك السلمون كوهو (الفضي).

بين 1950s القرن العشرين وبداية 1970s، وجد العلماء أدلة على أن إطلاق سمك سلمون من الفقّاسات كان يلحق الضرر بالجماعات الأحيائية لسمك السلمون في البيئة الطبيعية. ويبدو واضحًا الآن أنه كان لهذه العملية تأثيرات بيئية وجينية كبيرة على الجماعات الأحيائية للسلمون البري. فقد حدث انخفاض كبير في التنوع الجيني في الجماعة الأحيائية للسلمون، وتغير سلوك الأسماك، واختلّ التوازن البيئي. ويرى بعض العلماء أن إطلاق سمك السلمون تسبب بضرر أكبر مقارنة بالفائدة للجماعات الأحيائية الأصلية للسلمون، وهو أمر قد يكون غير قابل للإصلاح. وفي 1990s القرن العشرين، حدث انخفاض كبير في أسعار السلمون بسبب ارتفاع كميات الصيد المتتالية. وتسبب هذا الانخفاض الحاد بخروج العديد من مصايد السلمون من السوق.

تابع

وقد يكون من المحتمل أن سياسة إطلاق أعداد إضافية من الأسماك – في محاولة لزيادة الإنتاج – هي التي تسببت بتراجع هذه الصناعة.

ازداد قلق المجموعات البيئية المحلية بشكل متزايد بشأن طول سمك السلمون الذي يربى صناعيًا ويطلق إلى بيئتها الطبيعية. وقد أصدرت مجموعة مراجعة الفقاسات (Hatchery Review Group) في عام 2004م مجموعة جديدة من الإرشادات للفقاسات. احتوت الوثيقة على أكثر من 1000 توصية لتحسين الصناعة. تتضمن بعض التوصيات الرئيسية ما يأتي:

- إغلاق الفقاسات دون المعايير المطلوبة.
- الحدّ من عدد الأسماك الناتج من الفقاسات والتي يتم إطلاقها في البيئة الطبيعية.
- اتخاذ إجراءات لحماية الصحة الجينية للمخزونات في بيئتها الطبيعية ومنع انتشار الأمراض المعدية.

تتوافر الآن إرشادات مشددة بشأن فحص الأسماك للكشف عن الأمراض قبل إطلاقها. يمكن للفقاسات فقط إطلاق بيض سمك السلمون المحلي في بيئته الطبيعية، ويُمنع من نقل البيض أو الأسماك خارج المنطقة.

أسئلة

١. اشرح الأسباب البيئية والاقتصادية لإطلاق سمك السلمون الذي تمّت تربيته في الفقاسات.
٢. اذكر سبب خروج العديد من شركات صيد سمك السلمون من السوق في 1990s القرن العشرين. اقترح عاملًا آخر قد يكون ساهم في ذلك.
٣. لخّص المخاطر التي قد يسببها إطلاق سمك السلمون على البيئة.

أسئلة

٦ حدّد ما إذا كانت تربية الأحياء المائية الآتية موسعة أو شبه مكثفة أو مكثفة:

أ. سمك الكوفر الأبيض ينمو في أقفاص توضع في المحيط. تجلب حركات المد والجزر للمياه الغذاء الطبيعي، على الرغم من تقديم بعض الطعام الإضافي.

ب. بلح البحر ينمو على الحبال. يعلق بلح البحر في مصبات الأنهار، لكن لا يعطى تغذية صناعية. ولا تستخدم المضادات الحيوية أو مبيدات الآفات عندما تكون الإنتاجية منخفضة.

ج. يربى سمك الهلبوت في خزانات داخلية. تعيد المضخات تدوير المياه وتنقيتها. كثافة التخزين مرتفعة لذا يضاف العلف باستمرار، وكذلك مبيدات الآفات والمضادات الحيوية.

د. ينمو المحار في أقفاص. يوضع المحار في المياه المفتوحة ويراقب. يوفر تدفق المياه التغذية الطبيعية، لكن يتم إضافة الأعلاف الصناعية إذا كانت معدلات النمو منخفضة.

٧ صِف الاختلافات بين استخدام الخزانات الداخلية والأقفاص المفتوحة في المياه في تربية الأحياء المائية.

٨ اشرح السبب الذي يجعل تربية الروبيان المكثفة تضر بالبيئة.

٩ اشرح السبب في أن علف تربية الأحياء المائية غالبًا ما يكون سهل الهضم ويُقَدَّم بكميات صغيرة وبشكل متكرر بدل تقديم كميات كبيرة في وقت واحد.

١٠ لخّص التأثيرات السلبية المحتملة لتربية الأحياء المائية على البيئة.

مثال ٦-٢

جداول التكرارات والمخططات الدائرية والمدرّجات التكرارية

من الأفضل عند جمع بيانات عن أعداد الأفراد في فئات مختلفة أن يتم جمعها في مدرج تكراري. المخططات الدائرية توضح النسب بسهولة. المدرج التكراري شكل من أشكال التمثيلات البيانية بالأعمدة يستخدم لعرض البيانات المتكررة عندما يكون المتغير المستقل مستمرًا.

مثال عملي

جرى استقصاء للتباين في كتلة 25 سمكة سلمون بعد سنة واحدة من تربية الأحياء المائية. البيانات موضحة في الجدول (٦-٧).

الكتلة / g			
1260	1760	2100	2275
1265	1765	2050	2280
1525	1800	2125	2450
1525	1850	2075	2575
1600	1865	2165	
1605	1875	2200	
1700	1950	2255	

الجدول ٦-٧ كتلة 25 سمكة سلمون بعد سنة واحدة من تربية الأحياء المائية.

لتحديد التكرار للفئات المختلفة يلزم تصميم جدول تكراري Frequency table. من المفيد عند معالجة مقدار كبير من البيانات استخدام جدول التعداد (Tally chart)، كما يوضح الجدول (٦-٨).

فئات نطاق الكتلة	العدد	التكرار	النسبة المئوية في الفئة/%	الزاوية على المخطط الدائري/°
1251–1500	||	2	8	29
1501–1750	𝍸	5	20	72
1751–2000	𝍸 ||	7	28	101
2001–2250	𝍸 |	6	24	86
2251–2500	||||	4	16	58
2501–2750	|	1	4	14

الجدول ٦-٨ جدول تعداد وجدول تكراري يوضحان كتلة 25 سمكة سلمون بعد سنة واحدة من تربية الأحياء المائية.

لتصميم مخطط دائري يجب حساب الزاوية التي تمثلها كل فئة، وذلك من خلال تحديد النسبة المئوية لكل فئة من الإجمالي.

على سبيل المثال، إذا وُجدت خمس أسماك سلمون كتلتها تقع ضمن النطاق من 1501 g إلى 1750 g، وكان العدد الإجمالي للأسماك 25 سمكة، فإن النسبة المئوية للأسماك في هذا النطاق تُحسب كما يلي:

$$\text{النسبة المئوية} = \frac{\text{عدد الأسماك في النطاق}}{\text{العدد الكلي للأسماك}} \times 100$$

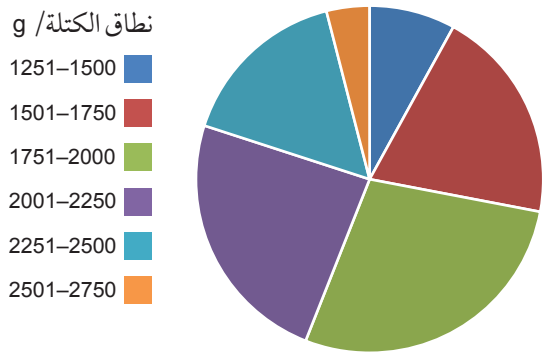
$$\frac{5}{25} \times 100 = 20\%$$

لحساب الزاوية المطلوبة للمخطط الدائري، تحتاج إلى حساب 20% من 360°.

$$\frac{20}{100} \times 360 = 72^\circ$$

النسب المئوية والزوايا المتبقية لأسماك السلمون مبينة في الجدول (٦-٨). يجب أن يصل مجموع الزوايا إلى 360°.

يمكن بعد ذلك رسم مخطط دائري باستخدام المنقلة، ويجب أن يماثل الشكل (٦-٢٠).

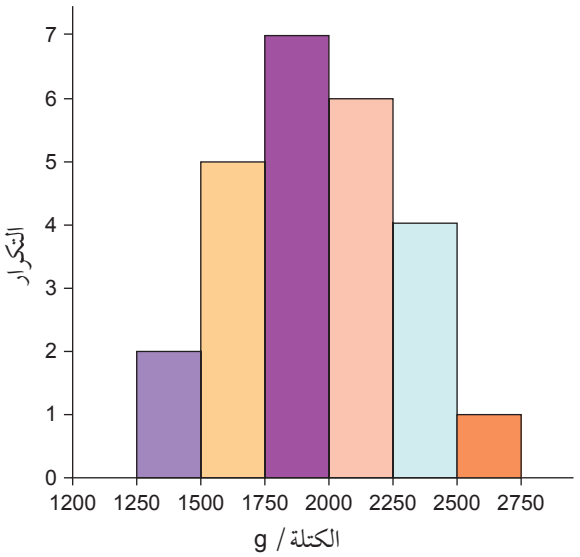


الشكل ٦-٢٠ مخطط دائري يوضح تكرارات كتل مختلفة من سمك السلمون بعد سنة واحدة من تربية الأحياء المائية.

المدرجات التكرارية تشبه إلى حدّ كبير التمثيلات البيانية بالأعمدة، لكنها تستخدم عندما يُظهر المحور (س) بيانات مستمرة، ويُظهر المحور (ص) التكرار. في المدرجات التكرارية تتلامس الأعمدة مع بعضها على عكس التمثيلات البيانية بالأعمدة، والتي تكون فيها الأعمدة منفصلة عن بعضها، على أن تكون فواصل الفئات للأعمدة متساوية.

تابع

يظهر المدرج التكراري لبيانات سمك السلمون في الشكل (٦-٢١).



الشكل ٦-٢١ مدرج تكراري يوضح تكرارات كتل مختلفة من سمك السلمون بعد سنة واحدة من تربية الأحياء المائية.

أسئلة

١. تحقق شركة تربية أحياء مائية أرباحًا من خمسة منتجات مختلفة، كما يوضح الجدول (٦-٩).

المنتج	الربح/ دولار أمريكي
الهامور	150 000
جراد البحر	125 000
سرطان البحر	25 000
إسقلوب	75 000
أعشاب بحرية	10 000

الجدول ٦-٩ أرباح خمسة منتجات مختلفة.

اعرض أرباح المنتجات على شكل مخطط دائري.

٢. قسّمت مئة سمكة بلطي في حوضَين وُضعا في درجات حرارة مختلفة لمدة أربعة أشهر. تمّ قياس كتل أسماك البلطي وتحديد الفئات التكرارية. يوضح الجدول (٦-١٠) النتائج.

ارسم مدرَّجَين تكراريَّين لعرض مجموعتَي البيانات.

فئة نطاق الكتلة/g	سمك بلطي حُفظ على درجة حرارة 15 °C	سمك بلطي حُفظ على درجة حرارة 20 °C
251 – 500	6	1
501 – 750	13	4
751 – 1000	21	15
1001 – 1250	8	18
1251 – 1500	2	8
1501 – 1750	0	4

الجدول ٦-١٠ تأثير درجة الحرارة على كتل أسماك البلطي.

مشروع: تسويق سمك الكوفر الأبيض الناتج من تربية الأحياء المائية

أعدّ كتيبًا ترويجيًا لشركة متخصصة في تربية الأحياء المائية، يروّج لسمك الكوفر الأبيض المُنتَج وفقًا لممارسات أخلاقية ومستدامة، موجَّهًا إلى المستهلكين. يُربّى سمك الكوفر الأبيض في خزانات مياه مفتوحة توضع في مصبات الأنهار أو مياه البحر في دولة نامية اقتصاديًا. توجد حول مشروع تربية الأحياء المائية مناطق ذات تنوع بيولوجي بحري مهم.

يجب أن يتضمن الكتيب ما يأتي:

- وصف عملية تربية الأحياء المائية لسمك الكوفر الأبيض.
- شرح كيف قلّلت الشركة المخاطر على البيئة.
- شرح كيف تعمل الشركة مع السكان المحليين لضمان نجاح المشروع بالنسبة إلى الاقتصاد المحلي.

التفكير في المشروع

لتقييم المشروع يمكنك الطلب إلى آخرين إبداء ملاحظاتهم حول مدى احتمالية شرائهم للكوفر الأبيض في ضوء المعلومات التي قدمتها لهم. يمكنهم إعطاء درجة من عشرة لكل مما يأتي:

- مراعاة المعايير الأخلاقية.
- مستدام بيئيًا.
- جودة المنتج.

ملخّص

الصيد المستدام حتى الغلة المستدامة القصوى، أمرًا ضروريًا للحفاظ على مخزونات الأسماك وتجنّب خطر استنفادها في المستقبل.

يُعدّ تاريخ صيد سمك القد *Gadus morhuna* في بحر الشمال مثالًا على كيفية سوء إدارة مورد الأسماك المستدام سابقًا، وكيف تمكنت الرقابة الأكثر شدة من استعادة مخزونات الأسماك التي تضررت.

تؤثر تكنولوجيا الصيد الحديثة على كل من الجماعات الأحيائية للأسماك والمواطن البيئية. استخدام السونار يمكّن العاملين في الصيد من العثور على أسراب الأسماك واستهدافها بكفاءة. ما يشكل ضغطًا على مخزونات الأسماك لأنه يسهل العثور على أسراب الأسماك وفي وقت قياسي. لقد زاد حجم شباك التحويط الكيسية، ما يسمح بصيد أعداد أكبر من الأسماك وزيادة حالات المصيد العرَضي. أما صيد الأسماك بشباك الجر القاعي فيضرّ بالنظم البيئية لقاع البحر ويشكل نسبة مئوية عالية من المصيد العرَضي. يمكن للسفن المصنعية استغلال مناطق المحيط البعيدة عن اليابسة، وصيد أعداد اكبر بكثير من الأسماك في رحلة واحدة. يشتمل الصيد بالخيط الطويل على مخاطر عالية من الصيد الجائر والمصيد العرَضي.

من أجل استغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام يجب جمع المعلومات عن معدلات التجنيد في الجماعات الأحيائية للأسماك، ومعدلات النمو، ومعدلات النفوق الطبيعية، ومعدلات النفوق بالصيد، وسن النضج الإنجابي، والخصوبة، واعتماد الأنواع المستهدفة من الأسماك على المواطن البيئية. ستساعد هذه المعلومات العلماء على التنبؤ بمخزونات الأسماك المحتملة، وتساعد الحكومات في تحديد حصص صيد آمنة تضمن حماية الجماعات الأحيائية للأسماك، بما يتيح لها فرصة التعويض والتجدد في المستقبل.

الاستراتيجيات الرئيسية المستخدمة لضمان الاستغلال المستدام لمصايد الأسماك هي:

- التقييد بحسب الموسم.
- التقييد بحسب الحصص.
- التقييد بحسب الترخيص.
- تقييد الموقع، بما في ذلك المناطق البحرية المحمية (MPAs) مثل مناطق الحظر التام للصيد ومناطق الملاذ.
- تقييد الطريقة بما في ذلك الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك، والقيود على الصيد بالخيط الطويل، والاستخدام الإلزامي لصنارة الصيد.
- تقييد طول الكائنات الحية المسموح بصيدها والاحتفاظ بها.
- تقييد كثافة الصيد، بما في ذلك القيود على عدد القوارب وحجم القارب والمحرك وكمية معدات الصيد (على سبيل المثال، الحد الأقصى لحجم الشبكة والحد الأقصى لعدد المصايد) وعدد الأيام التي سيقضيها القارب في الصيد.
- المراقبة، بما في ذلك الدوريات الجوية والبحرية، والتتبع عبر الأقمار الصناعية وتفتيش المصيد، ومعدّات الصيد، واستخدام بيانات المصيد لكل وحدة جهد (CPUE).
- تطبيق القوانين أو اللوائح، بما في ذلك حظر الصيد وفرض الغرامات ومصادرة القوارب والمعدّات والسجن.
- أدوات موجّهة للمستهلك، بما في ذلك وضع العلامات التجارية وحملات التوعية العامة.

كل هذه الاستراتيجيات لها مزايا وعيوب بيئية واجتماعية واقتصادية. بعضها أكثر فاعلية من غيرها. وقد يكون تنفيذ بعض الاستراتيجيات أسهل أو أصعب من غيرها. وقد يكون لها أيضًا تأثيرات على الأنواع غير المستهدفة.

قد تؤدي القيود المفروضة على الصيد إلى انخفاض كثافة الصيد، وقلة عدد القوارب، وزيادة البطالة، وانخفاض الدخل في المدى القصير. أما في المدى الطويل فقد تؤدي إلى صيد مستدام، وتوفير فرص العمل والدخل في المستقبل.

قد يعني الصيد غير المقيد استمرار الصيد بكثافة عالية، واستمرار التوظيف وعدم انخفاض الدخل في المدى القصير. أما في المدى الطويل، فسوف تنهار مخزونات الأسماك، وسيكون هناك خسارة كاملة لصناعة الصيد وبطالة جماعية وفقدان الدخل.

تتضمن تربية أسماك الكوفر الأبيض طرائق مكثفة وشبه مكثفة. تشمل الخطوات: إعداد مخزون التكاثر، وضع البيض والفقس في ظل ظروف خاضعة للرقابة، ونقل صغار الأسماك إلى خزانات الحضانة، ثم نقلها لتنمو في خزانات مفتوحة في البحر قبل الحصاد.

وتتضمن تربية بلح البحر تثبيت الزريعة على الحبال، ثم نموها إلى بلح البحر، ومن ثم الحصاد.

وتشمل تربية الروبيان في الماء استخدام خزانات داخلية للبيوض واليرقات ثم نقلها إلى البرك لتنمو قبل الحصاد. وقد تكون تربية الروبيان موسعة أو شبه مكثفة أو مكثفة.

ملخّص

يعتمد نجاح مشاريع تربية الأحياء المائية على توافر المخزون، وتوافر المياه النظيفة، وتوافر العلف، وكفاءة استخدام العلف، وتوافر اليد العاملة، وإدارة الأمراض، وتوافر الموقع، والطلب في السوق، والوصول إلى السوق، وعائدات الاستثمار.

قد يكون لتربية الأحياء المائية تأثيرات بيئية، بما في ذلك، تدمير المواطن البيئية، والإفراط في استغلال مخزون العلف، والتلوث، وهروب الكائنات الحية المستزرعة، وإدخال الأنواع الغازية، وانتشار الأمراض، والتنافس على الموارد، والحد من استغلال المخزونات المحلية. وقد تشمل التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية الإيجابية زيادة فرص العمل والدخل وتوافر الغذاء. ومع ذلك، قد توجد أيضًا تأثيرات سلبية على تجارة الصيد المحلية، واحتمال حدوث البطالة، وزيادة ظهور مشكلات محلية، وممارسات غير مستدامة.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أيّ مما يأتي يُعدّ **الأنسب** من طرائق تكنولوجيا صيد الأسماك، حتى قبل فرض قيود تنظيمية صارمة؟

أ. شباك الجر القاعي.

ب. الصيد بالصنارة.

ج. الصيد بشباك التحويط الكيسية.

د. السونار لتحديد مواقع أسراب الأسماك. **[1]**

٢ ما دور المناطق البحرية المحمية في مصايد الأسماك المستدامة؟

أ. تحظر جميع أنواع الصيد بشكل دائم.

ب. تسمح بالصيد لأغراض ترفيهية فقط.

ج. تشجع استخدام تقنيات الصيد الفعالة.

د. تحد من النشاط البشري في مناطق صيد معيّنة. **[1]**

٣ كيف تساعد تربية الأحياء المائية في تلبية الطلب العالمي على الغذاء؟

أ. من خلال خفض سعر المياه العذبة.

ب. من خلال استبدال الأسماك التي تعيش في المياه الطبيعية بالكامل.

ج. من خلال زيادة التنوع البيولوجي في المحيطات الطبيعية.

د. من خلال إنتاج كميات كبيرة من المأكولات البحرية بشكل مستدام. **[1]**

تابع

٤ يعرّف المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) على أنه إجمالي الصيد في سنة واحدة مقسومًا على جهد الصيد. ويستخدم غالبًا كأداة لتحديد مدى سلامة مخزونات الأسماك.

تمّ قياس جهد الصيد بعدد أيام القوارب، وهو مجموع عدد الأيام التي سيقضيها القارب في الصيد.

يوضح الجدول (٦-١١) التغيرات في (CPUE) لنوعَين من أسماك بحر الشمال، سمك القد Cod والبلوق Pollock، على مدى 10 سنوات.

السنة	CPUE / tonnes boat-day^{-1}	
	سمك القد	سمك البلوق
2000	55	64
2001	32	62
2002	25	54
2003	12	49
2004	8	45
2005	9	24
2006	15	21
2007	18	15
2008	22	14
2009	25	12

الجدول ٦-١١

أ. ١. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضح التغيرات في (CPUE) لكل من سمك القد وسمك البلوق على مدى فترة 10 سنوات. **[5]**

٢. احسب النسبة المئوية للتغير في (CPUE) لسمك القد بين عامَي 2000 م و 2004 م. **[2]**

٣. قارن التغيرات في (CPUE) لكِلا النوعَين من الأسماك. **[3]**

ب. فُرضت قيود على جهود صيد سمك القد في سنة 2005 م في محاولة للحفاظ على المخزونات. قيّم الاستنتاج القائل: أدّت القيود على الصيد إلى تحسين صحة الجماعات الأحيائية لسمك القد والبلوق في بحر الشمال. **[4]**

[المجموع: 14]

تابع

٥ إذا كانت مخزونات الأسماك مهددة، فغالبًا ما تُفرض القيود للمساعدة في حماية الجماعات الأحيائية للأسماك.

أ. ١. اذكر **ثلاثة** أنواع من القيود التي يمكن استخدامها للحفاظ على الجماعات الأحيائية للأسماك. **[3]**

٢. اشرح التأثيرات الاجتماعية قصيرة المدى وطويلة المدى لقيود الصيد على منطقة ساحلية يُعدّ فيها الصيد صناعة رئيسية. **[4]**

ب. فُرضت قيود على صيد محار الإسقلوب (Scallops) في سنة 2003 م في منطقة ساحلية في أستراليا في محاولة لحماية الجماعة الأحيائية. وتضمنت القيود تقليل عدد القوارب التي يمكنها الصيد وخفضًا في عدد الإسقلوب الذي يمكن لكل قارب حصاده.

يوضح الجدول (٦-١٢) التأثير على متوسط الأرباح السنوية الناتجة من صيد محار الإسقلوب لكل قارب.

السنة	متوسط الربح السنوي لكل قارب في السنة/ دولار أمريكي US$ boat^{-1} year^{-1}
2001	2753
2002	2264
2003	2937
2004	2878
2005	3126
2006	3249
2007	3252

الجدول ٦-١٢

١. صِف تأثير القيود على الأرباح الناتجة من صيد محار الإسقلوب. **[2]**

٢. اقترح واشرح أسباب تأثير القيود على متوسط الأرباح السنوية الناتجة لكل قارب. **[4]**

[المجموع: 13]

٦ تختلف طرائق الصيد في التأثيرات على المواطن البيئية والكائنات الحية الأخرى غير المستهدفة.

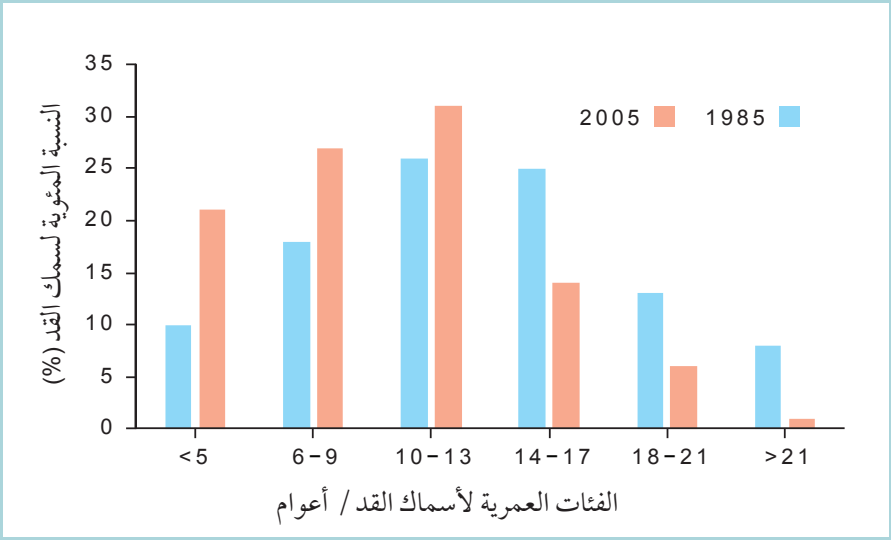
أ. ١. صف التأثيرات السلبية لشباك الجر القاعي. **[3]**

٢. اشرح سبب الاعتماد على الصيد بالصنارة في كثير من الأحيان، بدل شباك التحويط الكيسية. **[3]**

تابع

في محاولة لاستقصاء تأثيرات الصيد على الفئات العمرية للجماعة الأحيائية لسمك القد، جمع العلماء عيّنات من الأسماك في عامَي 1985 م و 2005 م، وحُددت النسبة المئوية للأسماك في الفئات العمرية المختلفة في كلا العامَين.

جمع العلماء عيّنات من سمك القد للفترة الزمنية نفسها وباستخدام المعدات نفسها كل عام. يوضح الشكل (٦-٢٢) والجدول (٦-١٣) النتائج.



الشكل ٦-٢٢ تمثيل بياني يوضح النسبة المئوية لسمك القد في الفئات العمرية المختلفة في عامَي 1985 و 2005 م.

العام	العدد الإجمالي للأسماك التي جُمعت عيّنات منها
1985	2524
2005	1414

الجدول ٦-١٣ أعداد عيّنات الأسماك في عامَي 1985 و 2005 م.

ب. ١. احسب الفرق في أعداد عيّنات الأسماك في الفئة العمرية (13 – 10) سنة بين عامَي 1985 و 2005 م. **[3]**

٢. صِف ثلاثة اختلافات في أعداد أسماك القد بين عامَي 1985 و 2005 م. **[3]**

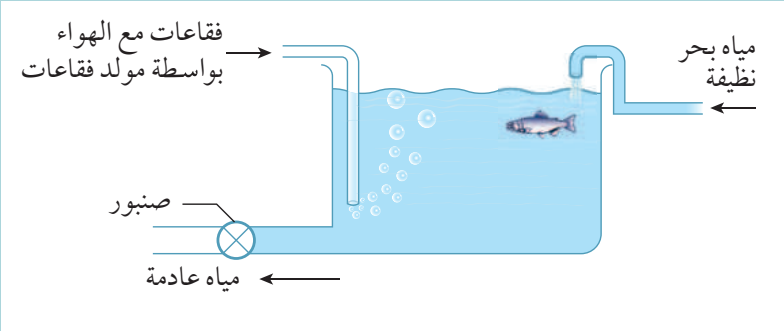
٣. أوصى العلماء بضرورة فرض مجموعة قيود على الصيد. وكانت إحدى التوصيات أنه يجب زيادة أدنى حجم لفتحات شباك الصيد. اشرح كيف يمكن أن تؤدي زيادة أدنى حجم لفتحات شبكة الصيد في تحسين صحة الجماعة الأحيائية. **[2]**

[المجموع: 14]

تابع

٧ أ. صِف الاختلافات بين تربية الأحياء المائية الموسعة والمكثفة. [3]

ب. يوضح الشكل (٦-٢٣) نظامًا مغلقًا لتربية الأحياء المائية يُستخدم في تربية سمك الهامور.



الشكل ٦-٢٣

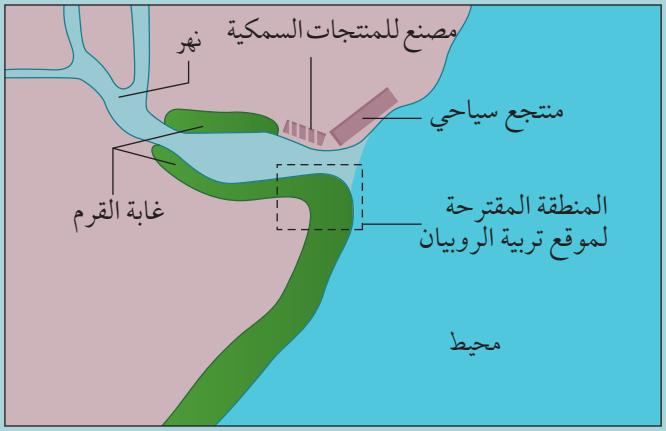
١. اقترح كيف يفيد مولّد الفقاعات سمك الهامور. [2]

٢. اشرح سبب ضخ المياه النظيفة عبر الخزانات. [2]

٣. اقترح واشرح التأثيرات على البيئة التي يمكن أن تحدث إذا أُزيل المرشح الذي تمر عبره المياه العادمة. [5]

[المجموع: 12]

٨ يوضح الشكل (٦-٢٤) خريطة لساحل حيث اقترح إقامة منشأة جديدة لتربية الروبيان المكثفة.



الشكل ٦-٢٤

أ. اقترح واشرح العواقب السلبية لتطوير مشروع تربية الأحياء المائية. [6]

ب. اقترح واشرح ما يجب على الشركة عمله لتقليل التأثيرات السلبية على المجتمع المحلي. [6]

تابع

ج. سمك التونة ذو الزعانف الزرقاء نوع من الأسماك آكلة اللحوم التي تُنتج غالبًا عن طريق تربية الأحياء المائية. اشرح سبب اعتبار تربية الأنواع الكبيرة من الحيوانات آكلة اللحوم أقل استدامة من الأنواع آكلة الأعشاب مثل سمك الشبوط (Carp). **[3]**

[المجموع: 15]

٩ **أ.** لخص مراحل تربية بلح البحر. **[4]**

ب. اشرح العوامل التي يجب على الحكومة أو المحافظات مراعاتها قبل الموافقة على تطوير مشروع تربية الأحياء المائية المستدام لسمك الكوفر الأبيض. **[9]**

[المجموع: 13]

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
أشرح الحاجة إلى الاستغلال المستدام لمصايد الأسماك، مع الإشارة إلى صيد سمك القد *Gadus morhua* في بحر الشمال.				١-٦
أصف طرائق تكنولوجيا الصيد الحديثة وتأثيراتها على المواطن البيئية والجماعات الأحيائية، بما في ذلك الجماعات الأحيائية للأنواع غير المستهدفة، مقتصرًا على: • السونار • شباك التحويط الكيسية • شباك الجر القاعي • السفن المصنعية • الصيد بالخيط الطويل.				١-٦
أصف المعلومات الضرورية لاستغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام مقتصرًا على: • التجنيد إلى الجماعة الأحيائية، والذي يعتمد على مجموعة من العوامل وهي: – الخصوبة – سن النضج الإنجابي – النمو – الاعتماد على المواطن البيئية • النفوق في الجماعة الأحيائية والتي تشمل: – النفوق الطبيعي – نفوق المصيد.				١-٦
ألخص الاستراتيجيات الرئيسية المستخدمة لضمان استغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام، بما في ذلك: • التقييد بحسب الموسم • التقييد بحسب الحصص • التقييد بحسب الترخيص • تقييد الموقع، بما في ذلك المناطق البحرية المحمية (MPAs) مثل مناطق الحظر التام للصيد ومناطق الملاذ • تقييد الطريقة، بما في ذلك الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك، والقيود على الصيد بالخيط الطويل، والاستخدام الإلزامي لصنارة الصيد				٢-٦

قائمة تقييم ذاتي (تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
• تقييد طول الكائنات الحية المسموح بصيدها والاحتفاظ بها • تقييد كثافة الصيد، بما في ذلك القيود على عدد القوارب وحجم القارب والمحرك وكمية معدّات الصيد (على سبيل المثال، أقصى حجم للشبكة، وأقصى عدد للمصايد) وعدد الأيام التي سيقضيها القارب في الصيد • المراقبة، بما في ذلك الدوريات الجوية والبحرية، والتتبع عبر الأقمار الصناعية، وتفتيش المصيد ومعدّات الصيد، واستخدام بيانات المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) • تطبيق القوانين أو اللوائح، بما في ذلك حظر الصيد، وفرض الغرامات، ومصادرة القوارب والمعدّات والسجن • أدوات موجهة للمستهلك، بما في ذلك وضع العلامات التجارية وحملات التوعية العامة.				٢-٦
أناقش مزايا الاستراتيجيات المستخدمة وعيوبها لضمان استغلال مصايد الأسماك بشكل مستدام.				٢-٦
ألخص التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية طويلة المدى وقصيرة المدى للصيد المقيد والصيد غير المقيد.				٢-٦
ألخص طرائق تربية الأحياء المائية لسمك الكوفر الأبيض (*Sparus aurata*) وبلح البحر والروبيان.				٣-٦
أشرح متطلبات نجاح مشاريع تربية الأحياء المائية على المدى الطويل، مقتصرًا على توافر المخزون، وتوافر المياه النظيفة، وتوافر الأعلاف، وكفاءة استخدام الأعلاف، وتوافر القوى العاملة، وإدارة الأمراض، وتوافر الموقع، والطلب في السوق، والوصول إلى السوق، وعائدات الاستثمار.				٣-٦

قائمة تقييم ذاتي (تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أناقش التأثيرات الرئيسية لتربية الأحياء المائية، والبيئية مقتصرًا على: • التأثيرات البيئية بما في ذلك: – تدمير المواطن البيئية – الإفراط في استغلال مخزون العلف – التلوث – هروب الكائنات الحية المستزرعة ما يؤدي إلى إدخال أنواع غازية إلى مواطن جديدة – انتشار الأمراض – التنافس على الموارد – الحد من استغلال المخزونات المحلية • التأثيرات الاجتماعية، والاقتصادية.				٣-٦

الوحدة السابعة

التأثيرات البشرية على النظم البيئية البحرية

Human Impacts on Marine Ecosystems

أهداف التعلّم

٧-١ يشرح تأثيرات الأنشطة البشرية الآتية على جودة المياه البحرية، والمواطن البيئية، والكائنات الحية، والشبكات الغذائية:

- صناعة النفط
- الزراعة
- منشآت الطاقة المتجددة
- التخلص من مياه الصرف الصحي
- التخلص من النفايات
- محطات تحلية المياه.

٧-٢ يشرح التراكم الحيوي والتضخم الحيوي للسموم على طول السلسلة الغذائية، بما في ذلك الزئبق الناتج من احتراق الوقود الأحفوري وثلاثي بوتيل القصدير (TBT) في الطلاء المضاد للحشف.

٧-٣ يعرّف الميكروبلاستيك بأنه جسيمات بلاستيكية يبلغ قطرها أقل من 5 mm ويذكر أن له فئتَين رئيسيتين: الميكروبلاستيك الأولي والميكروبلاستيك الثانوي.

٧-٤ يصف أن معظم البلاستيك لا يتحلل بيولوجيًا ولكن يمكن تفكيكه لتكوين قطع من الميكروبلاستيك الثانوي، ويتأثر معدل هذه العملية بمجموعة من العوامل بما في ذلك: الأشعة فوق البنفسجية، وفعل الأمواج، والرياح، وتركيز الأكسجين، ودرجة الحرارة.

٧-٥ يصف تأثيرات الماكروبلاستيك والميكروبلاستيك على النظام البيئي البحري، بما في ذلك:

- امتصاص وانتقال الميكروبلاستيك على طول السلسلة الغذائية، بما في ذلك المخاطر التي تهدد الإنسان
- امتصاص المركّبات السامة بواسطة البلاستيك، وما يترتّب على ذلك من مخاطر عند استهلاكها من قبل الكائنات الحية، بما في ذلك الإنسان
- ابتلاع الماكروبلاستيك بواسطة الكائنات الحية البحرية
- التشابك (على سبيل المثال، شباك الصيد الشبحية).

٧-٦ يناقش استراتيجيات الحد من إطلاق البلاستيك في النظام البيئي البحري.

٧-٧ يشرح العلاقات بين ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وثاني أكسيد الكربون المذاب وحموضة المحيطات، ويصف كيف تساعد المحيطات في الحد من زيادة تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

٧-٨ يصف كيفية تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء لتكوين أيونات الهيدروجين وأيونات كربونات الهيدروجين، وتأثير ذلك على (pH) وتوافر أيونات الكربونات.

٧-٩ يصف تأثير (pH) وتوافر أيونات الكربونات على المرجانيات والكائنات ذات الأصداف الصلبة.

٧-١٠ يفسّر البيانات التي تظهر تأثير (pH) على فقدان كتلة أصداف الرخويات الفارغة.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١. تُعد المواد البلاستيكية تهديدًا كبيرًا للبيئة البحرية. اكتب قائمة، في غضون خمس دقائق، بأكبر عدد ممكن من المنتجات البلاستيكية التي تصادفها في حياتك اليومية والتي يمكن أن تنتهي في المحيطات. قارن قائمتك بقوائم زملائك.

٢. حدّد العمليات التي تقلّل أو تزيد من مستوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ناقش كيف يمكن للنشاط البشري أن يؤثر على هذه العمليات، وتأثيراتها على مستويات ثاني أكسيد الكربون في المحيطات.

العلوم البيئية ضمن سياقها

البلاستيك في أعماق المحيط

في عام 2019م، نزل المستثمر والمستكشف الأمريكي فيكتور فيسكوفو Victor Vescovo إلى أعماق خندق ماريانا في المحيط الهادي، وهو أعمق جزء من المحيط تمكّن البشر من الوصول إليه. كان فيسكوفو ثالث شخص فقط يقوم بذلك، وقد سجّل رقمًا قياسيًّا لأعمق غوص بشري في المحيط، بعمقٍ يبلغ 10 928 m تحت سطح البحر.

خلال أربع ساعات من الاستكشاف، شاهد فيسكوفو وفريقه أنواعًا جديدة من القشريات، وتشكيلات صخرية زاهية الألوان، غير أن ما كان مثيرًا للقلق هو العثور على أكياس بلاستيكية وأغلفة الحلوى.

تؤكد هذه الاكتشافات أن النفايات البلاستيكية وصلت إلى أعمق أجزاء المحيط، ما يعزز الأدلة المتزايدة على أن الأنشطة البشرية تؤثر على النظم البيئية في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك الأماكن التي لا نعيش فيها (الصورة ٧-١). وقد أظهرت دراسة حديثة استندت إلى صور ومقاطع فيديو من الغوص المأهول (يقوم بها غوّاصون) وغير المأهول (باستخدام المركبات أو الروبوتات) أن 89% من جميع النفايات البلاستيكية التي تم العثور عليها في أعماق البحار كانت من البلاستيك المستخدم لمرة واحدة، مثل الأكياس البلاستيكية وقارورات المياه البلاستيكية. وقد كشفت الصور أن من بين كل المواد البلاستيكية 17% منها أظهرت تفاعلًا مع شكل من أشكال الكائنات البحرية، مثل التشابك. وأظهرت دراسة أخرى أن بعض مناطق خندق ماريانا تحتوي على مستويات أعلى من مستويات التلوث الإجمالي مقارنة ببعض الأنهار الأكثر تلوثًا في الصين، ومن المحتمل أن يعود ذلك إلى المواد الكيميائية المنبعثة من تحلّل البلاستيك في الماء ببطء. وفي عام 2022م، كشفت دراسة أُجريت على عيّنات مياه تم جمعها على طول المحيط الهادي الشرقي وأرخبيل غالاباغوس أن 100% من 240 عيّنة تحوي 16 نوعًا مختلفًا من الأسماك والحبار والروبيان جميعها أنواع صالحة للاستهلاك البشري - احتوت على ميكروبلاستيك Microplastics.

ومع مرور الأنهار بالعديد من البلدان وتحرّك التلوّث بفعل تيارات محيطية لمسافات تصل إلى آلاف الكيلومترات بعيدًا من مصدره، فإن هذه المشكلة تتطلب تعاونًا دوليًا، لكن الإجراءات الفردية قد يكون لها تأثير كبير أيضًا. إن اختيار البلاستيك القابل لإعادة الاستخدام بدلًا من البلاستيك المستخدم لمرة واحدة، وشراء المنتجات غير المغلفة، وإعادة تدوير البلاستيك حيثما أمكن، أو اختيار مواد بديلة قد يساعد في تقليل كمية النفايات البلاستيكية.

الصورة ٧-١ نفايات بلاستيكية تم تصويرها في قاع البحر الأبيض المتوسط، قبالة سواحل إسبانيا.

(تابع)

إضافة إلى أن المبادرات المحلية، مثل تنظيف الشواطئ، قد تكون وسيلة فعّالة لمنع انجراف البلاستيك إلى البحر أو حتى جمع النفايات أثناء الغوص لتقليل تأثيرات تفككه (الصورة ٧-٢).

أسئلة للمناقشة

١. بأي الطرائق يمكن أن تتفاعل الكائنات الحية البحرية مع المواد البلاستيكية؟

٢. لماذا يُعدّ الحفاظ على النظم البيئية البحرية أمرًا مهمًا؟

الصورة ٧-٢ غواص يلتقط النفايات الموجودة في البحر بالقرب من جزيرة بورنيو Borneo.

٧-١ التأثيرات البيئية للأنشطة البشرية

تؤثر الأنشطة البشرية المختلفة على جودة المياه البحرية، والمواطن البيئية، والكائنات الحية، والشبكات الغذائية. في هذه الوحدة ستناقش، الأنشطة البشرية وتأثيراتها، وما يمكن فعله للحد من هذه التأثيرات.

صناعة النفط

النفط هو المصدر الرئيسي للوقود المستخدم في السفن والسيارات والشاحنات والطائرات حول العالم. وهو خليط من عدة مركّبات مختلفة، بما في ذلك البنزين، والديزل، والكيروسين، والبيتومين Bitumen (القار). تكوّن النفط منذ ملايين السنين نتيجة للتحلل اللاهوائي لبقايا الكائنات الحية البحرية مثل العوالق النباتية والعوالق الحيوانية. ومع مرور الزمن، دُفنت هذه البقايا تحت طبقات من الرواسب وتعرضت للحرارة والضغط، ما أدى إلى تحولها إلى النفط الخام. وعلى الرغم من أن النفط الخام ناتج من تحلل بقايا كائنات حية، فإن العديد من المواد الكيميائية الموجودة فيه سامة. يمكن بعد ذلك تكرير النفط الخام إلى أشكال مختلفة من الزيوت، مثل البترول.

عمليات الاستكشاف والحفر والنقل واستخدام النفط تتسبب بالعديد من المشكلات البيئية.

الحفر الاستكشافي وإنشاء المنصات النفطية البحرية

لتحديد احتياطيات النفط، تقوم سفن المسح برسم خرائط لقاع البحر عن طريق إطلاق نبضات صوتية انفجارية عالية الشدَّة. وقد أفادت التقارير بأن الضوضاء الناتجة من هذه المسوحات تقتل بيض الأسماك ويرقاتها، كما أنها تُلحق الضرر بآليات استشعار الاهتزازات لدى الأسماك. تؤدي هذه الأضرار إلى تقليل قدرة الأسماك على الهروب من المفترسات، وغالبًا ما تصبح غير قادرة على العثور على شركاء للتزاوج. كذلك، تتأثر الحيتان وأسماك أخرى، إذ إنها تنحرف عن مسارات هجرتها الطبيعية.

يؤدي الحفر في قاع البحر إلى إطلاق سموم مثل البنزين والزنك والزرنيخ في المياه. يمكن للكائنات الحية أن تمتص هذه السموم فتدخل السلسلة الغذائية. وقد تسدّ الرواسب المتحركة خياشيم اللافقاريات والأسماك، ما يؤدي إلى اختناقها. وقد تحجب الرواسب الضوء عن المياه، ما يقلل من إنتاجية العوالق النباتية. ومن المحتمل أن يتعرض الموطن البيئي الهش لقاع البحر لأضرار، ما يؤدي إلى نزوح الكائنات الحية من موطنها البيئي ونفوقها.

انسكاب النفط

يمكن أن تنتج الانسكابات النفطية Oil spills عن تسرب من ناقلات النفط أو مواقع الحفر، وقد يكون الانسكاب النفطي حدثًا كبيرًا ومفاجئًا، مثل كارثة ديب ووتر هورايزون Deepwater Horizon عام 2010م، والتي نتجت من انفجار منصة حفر oil rig في خليج المكسيك. تؤدي هذه الانسكابات المفاجئة إلى إطلاق كميات هائلة من النفط في البحر، والتي تنتشر بسرعة إلى خط السواحل (الصورة ٧-٣). كما أن الانسكاب المستمر من مواقع الحفر أو الناقلات يمثل مشكلة، إذ يؤدي إلى تدفق متواصل للنفط في البحر.

قد تدمر انسكابات النفط أنظمة بيئية كاملة في المحيطات وعلى خط السواحل. وقد تستغرق عمليات التنظيف سنوات عديدة، وهي مكلفة جدًا، كما أن لها تأثيرات بيئية قد تعادل الأضرار الناجمة عن الانسكابات النفطية نفسها. ومنذ بدء نقل النفط في القرن العشرين، حدثت عدة انسكابات نفطية، ويُقدر أن عمليات الحفر وحدها تتسبب سنويًا بانسكاب أكثر من 880 ألف جالون من النفط إلى المياه.

لانسكابات النفط البحرية مجموعة من التأثيرات، وسيُناقش فيما يأتي بعضٌ منها.

الصورة ٧-٣ عمّال الإغاثة يجرفون الرمال الملوثة بالنفط داخل أكياس بلاستيكية في منتزه جراند آيل ستيت، لويزيانا، الولايات المتحدة الأمريكية، **5** يونيو **2010** م.

سمّيّة النفط

يحتوي النفط على العديد من المواد الكيميائية السامة التي تشكل خطرًا كبيرًا عند ابتلاعها من قبل الكائنات الحية البحرية. فعلى سبيل المثال، بعد حادثة انفجار ديب ووتر هورايزون Deepwater Horizon عام 2010م، تعرضت العديد من الكائنات الحية البحرية للتسمم، بما في ذلك الدلافين، والسلاحف، وسمك التونة ذات الزعنفة الزرقاء، وطيور البحر. وقد وُجد أن الدلافين قد تعرضت لأضرار جسيمة في الرئتَين، كما حدثت طفرات في يرقات الأسماك.

الضرر الجسدي للكائنات الحية

عندما تصعد الحيتان والدلافين إلى السطح للتنفس، قد يغطي النفط فتحات التنفُّس Blowholes ويدخل إلى الرئتَين، ما يؤدي إلى تلف الأنسجة أو الاختناق. وقد يصل النفط إلى عيون الحيوانات ما يسبب الإضرار بالإبصار. وعندما يصل النفط إلى المياه الساحلية، فإنه قد يعيق السلاحف الصغيرة واليافعة من الصعود إلى سطح الماء للتنفس. أما الأسماك، ولا سيما الأسماك السطحية مثل التونة ذات الزعنفة الزرقاء، فقد تبتلع النفط عبر أفواهها، ما يؤدي إلى تلف خياشيمها ويؤثر على التنفس.

تصبح طيور البحر، مثل البجع، مغطاة بالنفط عندما تغوص في المياه الملوثة أثناء البحث عن الطعام (الصورة ٧-٤).

الصورة ٧-٤ طيور البجع مغطاة بالنفط بعد حادثة ديب ووتر هورايزون.

وبمجرد أن تُغطّى الطيور بالنفط، فإنها تصبح غير قادرة على الطيران، ما يجعل التغذّي أو الهروب من المفترسات أمرًا مستحيلًا. كما تفقد هذه الطيور قدرتها الطبيعية على الطفو وعزل أجسامها عن البرد، ما يعرضها للموت إما بالغرق أو بانخفاض درجة حرارة أجسامها. عندما يصل النفط إلى الشواطئ، فأنه يُغطي الأعشاش والبيض، ما يؤدي غالبًا إلى موت الفراخ، عن طريق الاختناق ويتسبب بتخلي الطيور البالغة عن مناطق التعشيش. كما تُظهر بعض الطيور التي تتعرض للنفط تغيُّرات هرمونية تُخِل بعملية التكاثر.

أما الكائنات الحية الثديية البحرية ذات الفراء، مثل ثعالب البحر والفقمات، فإنها غالبًا ما تُغمر بالنفط، ما يؤدي إلى فقدان الفراء لخصائصه العازلة، ونتيجة لذلك قد تموت هذه الحيوانات بسبب انخفاض درجة حرارة الجسم.

تأثيرات على الشبكات الغذائية والإنتاجية

يقلّل النفط الذي يطفو على سطح الماء من اختراق الضوء، ما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية العوالق النباتية. وبسبب تأثيره السام، يتسبب النفط أيضًا بقتل الكائنات الحية في مختلف المستويات الغذائية، ما يؤدي إلى اختلال التوازن في السلاسل والشبكات الغذائية.

الإضرار بالأنظمة البيئية الساحلية

تدفع التيارات المائية انسكابات النفط إلى خط السواحل والمناطق الشاطئية، ما يؤدي إلى تغطية كثيفة من النفط على الرمال والصخور. ويتسبب ذلك بتسميم واختناق الكائنات الحية الساحلية، بما في ذلك غابات القرم، عبر سد أسطح التنفس وتقليل امتصاص الماء ويُعدّ فقدان أشجار القرم ضررًا بالغًا على النظم البيئية، إذ تعمل جذورها على تثبيت التربة ومنع تعرية السواحل. كما توفر مناطق تعشيش للعديد من الطيور، وتُعدّ المياه حول جذورها موطنًا لحضانة العديد من الأنواع البحرية. إن الكائنات الحية التي تعيش على الشواطئ الصخرية، مثل سرطانات البحر وشقائق النعمان، والأعشاب البحرية ستفقد من هذا النظام البيئي من خلال التأثيرات السامة للنفط، والاختناق، وفقدان المواطن البيئية.

تحوّل الشمس والرياح النفط إلى مادة صلبة تشبه الإسفلت، والتي تتفكك في النهاية ويتم جرفها بعيدًا. على الشواطئ الرملية، يمكن أن يتسرب النفط إلى الطبقات السفلى من الرمال، ما يؤدي إلى تلويث يستمر لسنوات. ويُحتمل أن تُدمر مواقع تعشيش الطيور والسلاحف، ما يتسبب بفقدان العديد من مواسم التكاثر. وإذا تزامن انسكاب النفط مع فقس بيض السلاحف، فقد يتم فقدان جيل كامل منها. وبالتالي يستغرق تعافي الشبكات الغذائية سنوات عديدة، وفي بعض الحالات يكون ذلك مستحيلًا بسبب تعرية الركيزة، ما يؤدي إلى فقدان المواطن البيئية الطبيعية.

الأضرار الناجمة عن تنظيف انسكابات النفط

لا يذوب النفط في الماء، بل يتجمع على شكل طبقة زيتية على سطحه. تعمل الحركة الطبيعية للبحر على تكوين مستحلب النفط من خلال تفتيت النفط إلى قُطيرات أصغر، والتي تغرق بعد ذلك عبر عمود الماء إلى قاع البحر أو تنتشر لمسافات أبعد. بعض الطرائق، مثل استخدام الحواجز العائمة Booms لجمع النفط السطحي، لا تؤثر على البيئة. بينما تتسبب العديد من الطرائق الأخرى في عواقب بيئية مثل:

- الحرق الخاضع للسيطرة: يتم حرق النفط السطحي باستخدام مواد مسرّعة للاشتعال. ويمكن تنفيذ هذه الطريقة فقط في ظروف جوية هادئة، لكنها تؤدي إلى انبعاث كميات كبيرة من الدخان وتلوث الهواء، بما في ذلك غاز ثاني أكسيد الكبريت، الذي يسبّب المطر الحمضي.
- استخدام المشتّتات الكيميائية: تُرشّ المشتّتات Dispersants على النفط للمساعدة في تفكيكه إلى قطيرات أصغر، ما يسهّل تبعثرها في الماء. ويسهم ذلك في الحد من تلويث السواحل بالنفط ولكنه لا يزيله.

بعض المشتّتات سامة للعوالق البحرية وغيرها من الكائنات الحية البحرية. تقترح الأدلة الحديثة إمكانية انتقال المشتّتات عبر السلاسل الغذائية، متراكمًا في أجسام المفترسات العليا، مثل الدلافين والطيور. وقد تعرّض العديد من الدلافين للتسمم بهذه الطريقة بعد كارثة ديب وتر هورايزون، كما أفادت تقارير بانخفاض الكتلة الحيوية للعوالق في خليج المكسيك. تتسبب المشتتات الكيميائية بغرق النفط إلى قاع البحر، ويستمر وجوده مدة زمنية طويلة بسبب درجات الحرارة المنخفضة، ويطلق السموم في المياه ببطء. تُركز الكائنات الحية المائية التي تتغذى بالترشيح، مثل بلح البحر والمحار هذه المشتتات في أجسامها أثناء جمعها للمواد العضوية الميتة.

المناطق الميتة منخفضة الأكسجين

عندما يغرق النفط إلى قاع البحر، تعمل البكتيريا على تحليله واستخدامه كمصدر للطاقة. يحتوي خليج المكسيك على العديد من الميكروبات التي تستهلك التسرب الطبيعي للنفط من الصخور. وبعد كارثة ديب ووتر هورايزون، ظهر أن هذه البكتيريا كانت تُشكّل واحدة من العمليات الرئيسية التي ساعدت في تفكك النفط وإزالته فيما يعرف بالمعالجة الحيوية. بالمقابل، عند إطلاق كميات كبيرة من النفط، تزداد أعداد هذه البكتيريا بشكل ملحوظ، ويؤدي معدل تنفسها المرتفع إلى إزالة الأكسجين في النظام البيئي. ينجم عن ذلك مناطق ميتة، حيث تصبح مستويات الأكسجين منخفضة جدًا، ما يجعل من الصعب على معظم الكائنات الحية البقاء حية. وتقترح الأبحاث الحديثة أن تركيز الأكسجين في بعض مناطق خليج المكسيك انخفض بشكل حاد بعد الكارثة.

التأثيرات غير المباشرة لصناعة النفط

عند حرق النفط، ينتج العديد من الغازات الضارة، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت. يُعدّ ثاني أكسيد الكربون من غازات الدفيئة التي تسهم في الاحترار العالمي وتَحمُّض المحيطات.

أما ثاني أكسيد الكبريت، فيذوب في مياه الأمطار ليُنتج حمض الكبريتيك، والذي يسقط بعد ذلك على اليابسة والبحر على شكل ترسيب حمضي رطب. فعلى اليابسة، يؤدي المطر الحمضي إلى إزالة الغابات وفقدان الأسماك من البحيرات العذبة. أما في البحار، فإن الكميات الكبيرة من المطر الحمضي يمكن أن تخفّض الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه البحر، ما يؤثر على وظائف الكائنات الحية البحرية، مثل الشعاب المرجانية والمحار ذي الصدفتَين.

عامل متأثر بصناعة النفط	تأثيرات التلويث بالنفط
جودة المياه	• تلوث المياه بالسموم المنبعثة من عمليات الحفر مثل المعادن الثقيلة (على سبيل المثال: الزئبق والزرنيخ). • تكوّن مستحلب النفط في عمود الماء. • فقدان الأكسجين من الماء (تكون مناطق ميتة). • تغطية سطح الماء بالنفط ما يقلّل من اختراق الضوء وذوبان الأكسجين. • تأثير النفط على التوتر السطحي للماء. • وجود العديد من الهيدروكربونات السامة. • وجود مشتتات كيميائية مذابة وسامة. • زيادة التحمض نتيجة المطر الحمضي وثاني أكسيد الكربون. • ارتفاع نسبة التعكر ما يقلّل اختراق الضوء.

الموطن البيئي	• الضرر المادي لقاع البحر بسبب الاستكشاف والحفر. • تغطية الشواطئ والمناطق الساحلية بالنفط. • فقدان الشعاب المرجانية ومواقع التعشيش. • فقدان غابات القرم، ما يؤدي إلى تعرية السواحل وفقدان مواقع الحضانة.
الكائنات الحية	• انخفاض في التنوع البيولوجي. • فقدان العوالق النباتية. • فقدان جميع الأنواع في جميع المستويات الغذائية بسبب ابتلاع النفط السام، والاختناق، وفقدان العزل الحراري، والتأثير على مواسم التكاثر.
الشبكات الغذائية	• اضطراب الشبكات الغذائية على جميع المستويات. • فقدان المنتجات يقلّل من الطاقة المتوافرة. • فقدان المفترسات العليا يؤدي إلى زيادة بعض الفرائس. • زيادة نمو البكتيريا المحلّلة.

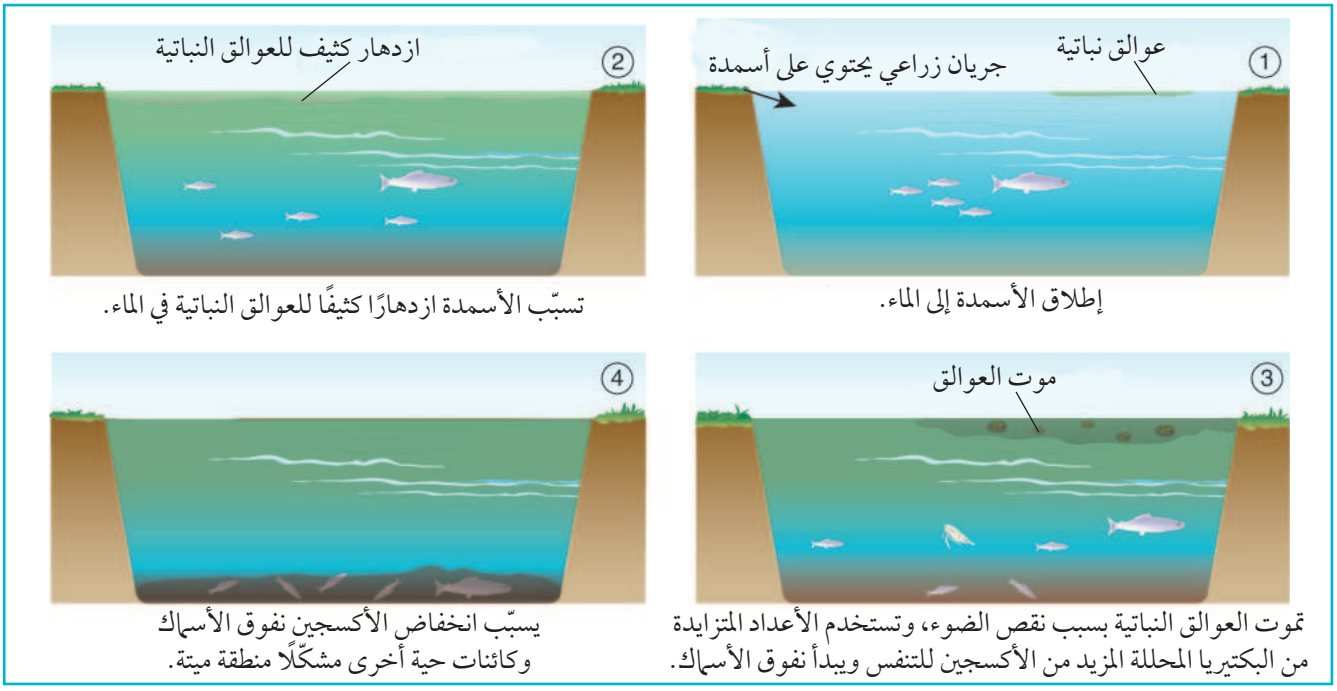
الجدول ٧-١ تأثيرات صناعة النفط على النظم البيئية البحرية.

يوضّح الجدول (٧-١) تأثيرات صناعة النفط على النظم البيئية البحرية.

الزراعة

استخدام الأسمدة في الحقول القريبة من المناطق الساحلية والأنهار قد يسبب ازدهار العوالق النباتية في البحر. وقد يؤدي ذلك، على سبيل المثال، إلى نشوء مناطق ميتة في البحر، حيث يكون الأكسجين منخفضًا جدًا، ولا توجد حياة تقريبًا. تُعرف هذه العملية باسم الإثراء الغذائي، وتتضمن عدة مراحل (الشكل ٧-١).

- لزيادة إنتاجية المحاصيل إلى أقصى حد، غالبًا ما يضيف المزارعون الأسمدة غير العضوية إلى حقولهم. يمكن أن ترشح هذه الأسمدة إلى المياه الجوفية، أو تصل إلى الأنهار المجاورة عن طريق الجريان السطحي الزراعي.



الشكل ٧-١ مراحل الإثراء الغذائي في مسطح مائي.

- تكتسب الأنهار المعرضة للتلوث مع مرور الوقت تراكيز عالية من الأيونات المعدنية، والتي تُنقل إلى المصبّات والبحار. تُعزز هذه الأيونات المعدنية النمو المفرط للعوالق النباتية (ازدهار الطحالب).
- ينجم عن النمو المفرط للطحالب جماعة أحيائية تتنافس على الضوء، ما يتسبب بموت العديد من العوالق النباتية وغرقها إلى قاع البحر.
- تعمل البكتيريا المحلّلة على تحطيم العوالق النباتية الميتة، ما يؤدي إلى زيادة معدل تنفسها وبالتالي انخفاض تركيز الأكسجين في الماء.
- يؤدي التركيز المنخفض للأكسجين إلى موت الكائنات الحية الهوائية بالاختناق.

إضافة إلى ذلك، فإن فقدان المواد العضوية، مثل براز الحيوانات أو المواد النباتية الميتة، في الأنهار والبحار، يوفّر أيضًا غذاء للبكتيريا المحلّلة، وقد تؤدي أيضًا إلى استنفاد الأكسجين. ويُحتمل أن تكون المناطق الميتة كارثية على الكائنات الحية البحرية الثابتة مثل بلح البحر والمحار، إضافة إلى تأثيرها على اقتصاد المجتمعات الساحلية التي تعتمد على هذه الكائنات الحية.

إضافة إلى الأسمدة والنفايات العضوية الميتة، تتسرب إلى مياه البحر أيضًا مبيدات الآفات (مبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات) من الزراعة. ويمكن لهذه المواد أن تسمّم الكائنات الحية البحرية، وقد يتزايد تركيزها على طول السلاسل الغذائية، ما يؤدي إلى قتل الحيوانات المفترسة العليا.

لقد أُجري استقصاء حديث لدراسة تأثير الزراعة على ازدهار الطحالب في خليج كاليفورنيا. وتبيّن أن وادي ياكي Yaqui Valley، في المكسيك تبلغ مساحته 225 000 هكتار، ويطبق فيه الزراعة المكثّفة؛ يُسمّد ويُروى بأكمله، ما يؤدي إلى جريانٍ فائض للأسمدة إلى الأنهار، ومن ثم إلى خليج كاليفورنيا. وعند تحليل صور الأقمار الصناعية لمياه الخليج بين عامَي 1998م و 2002م، وُجد أنه في كل عام، كانت هناك أربع فترات يتم خلالها إضافة الأسمدة لمحاصيل القمح، وفي كل مرة كان يحدث ازدهار طحالب يصل إلى 570 km^2 في خليج كاليفورنيا بعد أيام قليلة من إضافة الأسمدة.

يلخص الجدول (٧-٢) تأثير الزراعة على النظم البيئية البحرية.

عامل متأثر بالزراعة	تأثيرات الزراعة
جودة المياه	• زيادة في الرواسب الناتجة من الجريان السطحي. • زيادة في الأيونات المعدنية مثل النترات والفوسفات من الأسمدة. • انخفاض نسبة الأكسجين في الماء بسبب تحلّل الفضلات العضوية والنباتات الميتة. • زيادة ازدهار الطحالب. • زيادة محتَملة لمبيدات الآفات الذائبة. • زيادة التعكر بسبب الرواسب وازدهار الطحالب ما يؤدي إلى تقليل اختراق الضوء.
الموطن البيئي	• قد تطفو كميات كبيرة من الطحالب على الشواطئ. • قد تتراكم مواد عضوية ميتة في قاع البحر.
الكائنات الحية	• انخفاض التنوع البيولوجي بسبّب انخفاض تركيز الأكسجين. • فقدان العديد من الأنواع، خصوصًا تلك التي تتطلب تراكيز أعلى من الأكسجين في الماء. • نفوق بعض الأنواع بسبب تسرّب مبيدات الآفات إلى الماء. • تسمّم بعض الأنواع بسبب سموم الطحالب.
الشبكات الغذائية	• اضطراب الشبكات الغذائية على عدة مستويات. • فقدان أنواع الأسماك المفترسة السطحية بسبب انخفاض الأكسجين. • نمو مفرط للعوالق النباتية يؤدي إلى ازدهار الطحالب.

الجدول ٧-٢ تأثير الزراعة على النظم البيئية البحرية.

دراسة حالة موسعة: ازدهار الطحالب البحرية والمد الأحمر

ازدهار الطحالب هو نمو سريع ومكثّف للعوالق النباتية، وهو حدث شائع في بحار ومحيطات العالم. بعض هذه الازدهارات تكون كبيرة جدًا بحيث يمكن رؤيتها من الفضاء. وقد وُجد أن هناك عدة أسباب تؤدي إلى حدوثها؛ بعضها طبيعي وموسمي، بينما يرتبط بعضها الآخر بالتدخلات البشرية.

على وجه الخصوص، قد يؤدي الجريان السطحي الناتج من الممارسات الزراعية إلى النمو السريع للعوالق النباتية نتيجة تلقيها مغذّيات إضافية.

ازدهار الطحلب الضار (HAB) Harmful algal bloom يحدث تأثيرًا سلبيًا على الكائنات الحية الأخرى، وغالبًا ما يكون بسبب إنتاج السموم. وتُسبب هذه الظاهرة تأثيرات ضارة للعديد من الأنواع، لا سيما الحيوانات البحرية الثديية والسلاحف والطيور البحرية والأسماك المفترسة. فعلى سبيل المثال، في ربيع عام 2004م، نَفَق ما لا يقل عن 107 من الدلافين قارورية الأنف Bottlenose dolphins قبالة سواحل فلوريدا بعد تناولها أسماك المنهيدن Menhaden الملوثة بتركيز عالٍ من سُمّ طحلبي يُسمّى بريفيتوكسين Brevetoxin، والذي تنتجه نوع من الطحالب الدوارة تسمى كارينيا بريفيس *Karenia brevis* المسؤولة غالبًا عن المد الأحمر في خليج المكسيك. كما تم الإبلاغ عن نفوق خراف البحر بسبب تناولها أعشاب بحرية ملوثة بالسم ذاته.

ومن الأمثلة على التأثيرات السلبية الشائعة لـ (HAB):

- إنتاج السموم التي تصيب الأعصاب وتؤدي إلى نفوق الأسماك والطيور البحرية والسلاحف والحيوانات البحرية الثديية.
- إصابة البشر بالمرض أو الوفاة نتيجة تناول المأكولات البحرية الملوثة بسموم الطحالب (الجدول ٧-٣).
- اختناق الكائنات الحية ذات الخياشيم بسبب انسدادها بالطحالب.
- موت الكائنات الحية نتيجة فقدان الأكسجين بعد تحلل الطحالب الميتة.

الحالة	الأعراض في البشر	السموم	الكائنات المتأثرة	بعض الطحالب المسبّبة
تسمم المحار المسبب لفقدان الذاكرة Amnesic Shellfish Poisoning	تقلصات في البطن وإسهال، أعراض عصبية تشمل الشعور بالدوار، فقدان الذاكرة قصيرة المدى، صعوبة في التنفس، وغيبوبة	حمض الدوموبك Domoic acid	الإسقلوب، بلح البحر، وبعض أنواع سرطانات البحر الصالحة للأكل	نيتزشيا بنجينس الكاذب *Pseudo- nitzschia pungens*
تسمم الأسماك المدارية Ciguatera fish poisoning	إسهال، قيء، ألم في البطن، آلام عضلية، الشعور بالدوار، تعرق، خدر ووخز في الفم والأصابع، شلل، وموت	سيغواتوكسين Ciguatoxin، مايتوتوكسين Maitotoxin	الهامور، السمك الأحمر، البركودا، الماكريل	الغامبيرديسكوس السام *Gambierdiscus toxicus*
تسمم المحار المسبب للإسهال Diarrhetic Shellfish Poisoning	الإسهال، الغثيان، القيء، تقلصات البطن، والقشعريرة، نادرًا ما يكون قاتلًا	حمض الأوكاديك Okadaic acid	المحار، بلح البحر، الإسقلوب	أنواع الدينوفايسيس *Dinophysis spp.*

تابع)

الحالة	الأعراض في البشر	السموم	الكائنات المتأثرة	بعض الطحالب المسبّبة
تسمم المحار السام للأعصاب Neurotoxic Shellfish Poisoning	الإسهال، الشعور بدوار، الآلام، صعوبات في التنفس	بريفتوكسينات (brevetoxins)	المحار، خراف البحر، الدلافين، أُسود البحر	كارينيا بريفيس *Karenia brevis*
تسمم المحار المسبب للشلل Paralytic Shellfish Poisoning	الوخز، الخدر، النعاس، الحمى، الطفح الجلدي، اختلال التوازن	ساكسيتوكسينات (saxitoxins)	المحار، السلمون، الحيتان، المنهيدن، ثعالب البحر، الطيور البحرية	أنواع الألكسندريوم *Alexandrium spp.*
تسمم البكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacterial poisoning	الطفح الجلدي، الحساسية، أمراض الكبد، تأثيرات على الجهاز العصبي، احتمال ارتباطه بالأمراض التنكسية العصبية	السيانوتوكسينات (بما في ذلك BMAA)	الأسماك المفترسة، الطيور، ثعالب الماء	أنواع اللينغبيا *Lyngbya spp.*

الجدول ٧-٣ بعض تأثيرات سموم الطحالب.

غالبًا ما يشهد خليج «مين Maine» ازدهارًا لنوع من الطحالب المجهرية يسمى الكسندريوم فنديسي *Alexandrium fundyense*، والتي تنتج السُمّ العصبي ساكسيتوكسين Saxitoxin المسؤول عن تسمم المحار المسبب للشلل. وهناك أيضًا الازدهار الموسمي لطحالب نيتزشيا الكاذب *Pseudo-nitzschia*، وهي نوع من الدياتومات التي تُنتج حمض الدوموبك Domoic acid المسؤول عن تسمم بالمحار العصبي المسبب لفقدان الذاكرة، على طول ساحل المحيط الهادي في كاليفورنيا. وقد تم تسجيل عدة حالات ازدهار للبكتيريا الخضراء المزرقّة، بالإضافة إلى حالات تسمم للحيوانات والبشر الذين استهلكوا المحار الذي تراكمت فيه سموم البكتيريا الخضراء المزرقّة. ومن هذه السموم (BMAA)، (وهو حمض أميني معدّل)، يُعدّ سُمًا عصبيًا قويًا، ويتم حاليًا إجراء أبحاث لتحديد ما إذا كان له دور بيئي في بعض حالات التنكس العصبي (تدهور الخلايا العصبية) لدى البشر مثل مرضي باركنسون والزهايمر. وبسبب تأثيراتها السلبية على الاقتصاد والصحة، يخضع (HABs) للمراقبة الدقيقة من قِبل منظمات مثل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA).

تستخدم (NOAA) الظروف الجوية والتغيرات الموسمية المعروفة بالإضافة إلى أحداث التلوث البشري المعروفة للتنبؤ بحدوث ازدهار الطحالب، وذلك لاتخاذ تدابير وقائية، مثل حظر صيد المحار. كما تجري أبحاث عن كيفية منع ازدهار الطحالب الضار وإزالتها بسرعة. في خليج المكسيك، يستخدم نظام التنبؤ بازدهار الطحلب الضار (HAB) التابع لـ(NOAA) صور الأقمار الصناعية، ومعلومات عن حالة المياه التي تجمعها العوّامات الجوية، وملاحظات من العاملين الميدانيين لرسم خرائط انتشار الطحالب والتنبؤ بكيفية وزمن انتشارها.

أسباب (HAB)

قد ينتج (HAB) عن أحداث طبيعية مثل التدفق المفاجئ للمغذيات نتيجة تغير في التيارات البحرية أو درجات حرارة المياه. وقد تم الإبلاغ عن (HAB) في خليج المكسيك منذ زمن المستكشفين الأوائل، ما يقترح أنها ظاهرة طبيعية. يكون نمو الطحالب البحرية عادة محدودًا بتوافر النترات والفوسفات. (HAB) الطبيعية غالبًا ما يمكن التنبؤ بها من خلال التيارات. كما أن عوامل أخرى مثل الغبار الغني بالحديد المتدفق من الصحارى الشاسعة مثل الصحراء الكبرى،

(تابع)

يُعتقَد أنها تؤدي دورًا في ازدهار الطحالب الضار. وقد ارتبطت بعض حالات ازدهار الطحالب على سواحل المحيط الهادي بظواهر طبيعية لتقلبات مناخية واسعة النطاق مثل ظاهرة إلنينو. ويُقترح أن تلوث الماء الساحلي الناتج من الجريان السطحي الزراعي من الأنهار، وارتفاع درجات حرارة ماء البحر من العوامل المحتملة التي تساهم في حدوث (HAB).

حدوث (HAB) الموسمية نتيجة لارتفاع المياه الساحلية هي نتيجة طبيعية لحركة بعض المحيطات في أجزاء معيّنة من العالم، مع ذلك، فإنها ترتبط بزيادة إطلاق المغذيات نتيجة للتدخل البشري.

ومن الأمثلة على (HAB):

- الطحالب المجهرية لينغولوديني‌وم بوليي‌دروم *Lingulodinium polyedrum* تنتج بشكل طبيعي عروضًا رائعة من التلألؤ الحيوي في المياه الساحلية الدافئة، وقد شوهدت في جنوب كاليفورنيا بانتظام منذ عام 1901م على الأقل.
- في عام 1972م، حدث مد أحمر في نيو إنجلاند بسبب الطحالب السامة الكسندريوم تامارينسي *Alexandrium tamarense*.
- كان أكبر ازدهار للطحالب تم تسجيله هو ازدهار البكتيريا الخضراء المزرقة في نهر دارلينج عام 1991م في أستراليا، حيث أصاب أكثر من 1000 km من نهري دارلينج و باروون.
- في مايو عام 2005م، أدى ازدهار الطحالب إلى إيقاف مؤقت لصيد المحار في مين وماساتشوستس، ما تسبب بخسائر مالية فادحة وأثّر أيضًا على قطاع السياحة.
- في عام 2009م، شهدت بريتاني، فرنسا ازدهارًا متكررًا للطحالب بسبب الكميات الكبيرة من الأسمدة التي دخلت البحر نتيجة التربية المكثّفة للحيوانات، ما أدى إلى انبعاث غازات قاتلة تسببت بحالة واحدة من فقدان الوعي بين البشر ووفاة ثلاثة حيوانات.
- في عام 2010م، حدث ازدهار رئيسي للعوالق النباتية في المحيط الأطلسي الشمالي وذلك بسبب إطلاق الحديد من الرماد الناتج من انفجار بركاني في آيسلندا.
- في عام 2013 م، تمّت إزالة ما يزيد على 19 000 طن من طحالب خس البحر Sea lettuce من الشواطئ المحيطة بـ كينغداو Qingdao في الصين. وقد كان هذا الازدهار بحجم ولاية كونيتيكت الأمريكية، وانتهى بتكبد تكاليف تنظيفه التي بلغت أكثر من 100 مليون دولار، بالإضافة إلى الخسائر الناجمة عن نقص الأكسجين الذي أدى إلى اختناق الأسماك وموتها.
- في عام 2014 م، الميكروب البحري ميريونيكتا روبرا *Myrionecta rubra* تسبب بحدوث (HAB) على الساحل الجنوبي الشرقي للبرازيل.
- في عام 2014م، سبّبت الطحالب الخضراء المزرقة ازدهارًا في الحوض الغربي لبحيرة إيري، ما سمّم نظام المياه في توليدو، أوهايو.
- في عام 2016م، حدث (HAB) في فلوريدا، ما أدى إلى إغلاق عدة شواطئ.
- في أكتوبر 2017م، حدث مد أحمر واسع النطاق سببه طحلب كارينيا بريفس *Karenia brevis* حول جنوب غرب فلوريدا. ولم يُعلن عن انخفاض مستويات هذا النوع من الطحالب المجهرية إلى المستويات الطبيعية للمحيط إلا في فبراير 2019م. وقد عُثر على خراف البحر والدلافين النافقة على الشواطئ، والتي يُعتقد أنها تسممت بالطحالب، وقد جرفتها المياه إلى الشاطئ في أوقات مختلفة.

أسئلة

١. اشرح كيف أدى ازدهار الطحلب كارينيا بريفيس إلى موت الدلافين وخراف البحر في فلوريدا.

٢. اقترح كيف يمكن أن يؤدي (HAB) إلى انخفاض الأكسجين في المياه، ما يتسبب بموت الأسماك.

٣. اشرح سبب حظر الوكالات الحكومية غالبًا صيد الرخويات والقشريات عند رصد ازدهار الطحالب.

٤. اشرح كيف يمكن أن تؤدي الممارسات الزراعية إلى (HAB) في البيئات البحرية.

٥. باستخدام معرفتك بالعوامل المحددة لعملية التمثيل الضوئي، اشرح كيف يمكن أن يؤدي ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة تكرار حدوث (HAB).

منشآت الطاقة المتجددة

اُعتمد على الوقود الأحفوري لأكثر من قرن. ويؤدي احتراقه على نطاق واسع إلى تلوث كبير، وقد يكون أحد أسباب الاحترار العالمي. ومع تزايد الوعي بالمخاطر البيئية الناتجة من حرق الوقود الأحفوري، تكثفت الجهود للبحث عن مصادر طاقة نظيفة ومتجددة. توفر البيئة البحرية عدة خيارات، من أبرزها ذلك توربينات الرياح، وأجهزة توليد الطاقة من الأمواج، وتوربينات المد والجزر.

توربينات الرياح

تم إنشاء العديد من مزارع الرياح Wind farms، في المناطق الساحلية لتوليد الكهرباء (الصورة ٧-٥). تُوفّر توربينات الرياح Wind turbines طريقة نظيفة ومتجددة لإنتاج الكهرباء، ونظرًا إلى أن الرياح تكون في العادة شديدة فوق سطح البحر، فإن وضع التوربينات هناك يزيد من احتمالية توليد الكهرباء على مدار العام. ومع ذلك، فإن لهذه التوربينات بعض المخاطر على البيئة البحرية؛ إذ يتطلب إنشاؤها الحفر في قاع البحر وتثبيتها باستخدام الخرسانة، ما قد يؤدي إلى إلحاق الضرر بالكائنات القاعية مثل الشعاب المرجانية والإسفنج، أو فقدانها لمواطنها البيئية. وقد يؤثر فقدان هذه الكائنات على الشبكات الغذائية المعقدة. إضافة إلى ذلك، قد تتسرب مواد كيميائية سامة من المعدن أو الخرسانة إلى المياه، ما قد يؤدي إلى دخولها في السلاسل الغذائية.

من المرجّح أن يتمثّل الخطر الرئيسي الناجم عن توربينات الرياح في تأثيرها على الطيور؛ إذ تزداد احتمالية تصادمها بالتوربينات أثناء الطيران، وقد تغيّر الطيور مسارات هجرتها أو أنماط طيرانها لتجنّب مزارع الرياح الكبيرة. تُصدر توربينات الرياح أيضًا ضوضاء تحت الماء بسبب الاهتزازات الناتجة منها، ما قد يؤثر على سلوك الثدييات البحرية مثل الحيتان والدلافين، التي تتمتع بحاسة سمع حساسة.

أجهزة توليد الطاقة من الأمواج

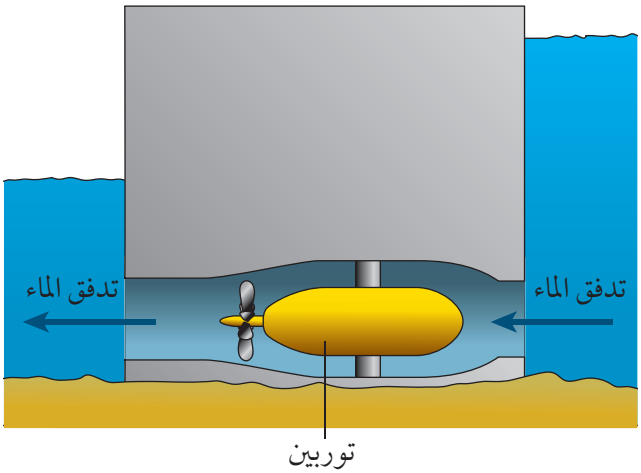
يمكن استخدام منصات كبيرة عائمة ومتحركة لتوليد الكهرباء من الحركة المستمرة للأمواج (الصورة ٧-٦). فعندما تتحرك الأمواج، تتحرك المنصات صعودًا وهبوطًا، وتُستخدم هذه الحركة لتوليد الكهرباء. وكما هي الحال مع توربينات الرياح، يُعدّ هذا الأسلوب عمومًا نظيفًا ومتجددًا ولا يُطلِق ملوثات في البيئة. يتمثّل التهديد الرئيسي للكائنات البحرية في خطر الاصطدام بهذه المنصات، خصوصًا بالنسبة إلى الثدييات البحرية. وقد تستخدمها الفقمات كمنصات للخروج من الماء، كما قد تبني الطيور أعشاشها عليها. واقترحت بعض الدراسات في السويد أن هذه المنصات قد تعمل كأجهزة لتجميع الأسماك، ما يشجع الأسماك الصغيرة على العيش تحتها، وهذا قد يجذب المفترسات الأكبر، ما يؤدي إلى اضطراب الشبكات الغذائية القائمة في البيئة البحرية.

الصورة ٧-٥ مزرعة رياح ساحلية.

الصورة ٧-٦ أجهزة توليد الطاقة من الأمواج عائمة على سطح البحر.

سدود المد والجزر والتوربينات

هناك عدة طرائق يمكن استخدامها للاستفادة من طاقة المد والجزر، وجميعها تعمل على تحويل طاقة المدّ والجزر إلى طاقة كهربائية. تحتوي جميعها على توربينات تدور استجابةً لحركة مياه المد والجزر الداخلة والخارجة في المناطق الساحلية أو مصبات الأنهار (الشكل ٧-٢).



الشكل ٧-٢ مولد كهرباء يعتمد على طاقة المد والجزر. يتحرك الماء محاذيًا للتوربين مع تيار المد والجزر.

تعتمد العديد من هذه الأنظمة، مثل محطة لارانسي La Rance في فرنسا، على بناء سد خرساني لتوليد الكهرباء (الصورة ٧-٧). قد يكون لبناء السدود العديد من التأثيرات السلبية على البيئة البحرية، إذ من المحتمل أن تفقد بعض الأنواع مواطنها البيئية، كما يمكن أن تتغيّر نسبة ملوحة المياه إذا كان السد قريبًا من مصبّ نهر. وقد تتأثر الثدييات البحرية مثل الفقمات التي تعيش غالبًا في مصبات الأنهار سلبيًا بشكلٍ خاص. نظرًا إلى انخفاض حركة المياه الكلية حول السد، يقل تعكر المياه، ما يسمح بدخول مزيد من الضوء إلى المياه، وهذا يؤدي إلى ازدهار الطحالب، ما يؤثر على توازن الكائنات الحية داخل الشبكات الغذائية. كما أن إنشاء السدود عبر مصبات الأنهار قد يؤدي إلى تراكم الرواسب خلف هذه السدود.

في الآونة الأخيرة، تم إجراء المزيد من الأبحاث على توربينات المد والجزر التي لا تتطلب سدودًا، وبالتالي لا تتسبب بالعديد من التأثيرات السلبية المرتبطة بها.

حواجز المد والجزر السلكية والتوربينات العائمة الصغيرة لا تسد مصبات الأنهار أو المياه الساحلية، وهي مصممة للسماح بتدفق الرواسب عبرها.

ومع ذلك، يتمثل التأثير السلبي الرئيسي لها في إمكانية التسبب بأضرار جسدية للأسماك أو الثدييات البحرية التي تحاول السباحة عبر التوربينات. وللحد من هذا التأثير، تحتوي الإصدارات الحديثة من هذه التوربينات على أغطية واقية حولها لمنع دخول الأسماك، بالإضافة إلى مستشعرات توقف التوربينات عند اكتشاف وجود كائن حي من الثدييات في المنطقة. يوضح الجدول (٧-٤) تأثيرات منشآت الطاقة المتجددة على النظم البيئية البحرية.

الصورة ٧-٧ سد المد والجزر لمحطة لارانسي في فرنسا.

عامل متأثر بمنشآت الطاقة المتجددة	تأثيرات منشآت الطاقة المتجددة
جودة المياه	• قد يؤدي تركيب توربينات الرياح إلى إثارة الرواسب. • قد تتسرب مواد كيميائية من الخرسانة المستخدمة في تركيب توربينات الرياح. • قد تتسبب سدود المد والجزر بتراكم الرواسب حول المصبات. • قد تؤدي سدود المد والجزر إلى تقليل تعكر مياه البحر. • قد تؤثر سدود المد والجزر حول المصبات على ملوحة مياه الأنهار و/أو مياه البحر.

عامل متأثر بمنشآت الطاقة المتجددة	تأثيرات منشآت الطاقة المتجددة
الموطن البيئي	• قد تُلحق توربينات الرياح الضرر بقاع البحر. • قد تمنع سدود المد والجزر الأنواع المهاجرة من العودة إلى الأنهار. • قد تؤثر سدود المد والجزر على المواطن البيئية للكائنات الحية الثديية البحرية وتدمرها مثل الفقمات. • قد تؤدي سدود المد والجزر إلى تراكم الطمي في المصبات.
الكائنات الحية	• قد تصطدم الطيور بتوربينات الرياح. • قد تؤثر توربينات الرياح على أنماط هجرة بعض الأنواع. • قد تؤثر سدود المد والجزر على هجرة الأنواع وتدمر مواطن بعض الكائنات الحية مثل الفقمات. • قد تؤدي سدود المد والجزر إلى ازدهار الطحالب. • قد تتسبب أجهزة توليد الطاقة من الأمواج بإلحاق الضرر بالكائنات الحية الثديية البحرية بسبب الاصطدام.
الشبكات الغذائية	• قد يؤدي فقدان الطيور والكائنات الحية الثديية الكبيرة إلى زيادة في أعداد الفرائس. • قد تعمل أجهزة توليد الطاقة من الأمواج كأجهزة تجميع للأسماك. • قد تؤدي سدود المد والجزر إلى فقدان الحيوانات المفترسة مثل الفقمات في مصبات الأنهار.

الجدول ٧-٤ تأثيرات منشآت الطاقة المتجددة على النظم البيئية البحرية.

التخلص من مياه الصرف الصحي

مياه الصرف الصحي Sewage هي المياه التي تحمل المواد الملوثة والنفايات بما في ذلك الفضلات البشرية. ويتم عادةً تصريفها عن طريق التمديدات الصحية وشبكة من المجاري تحت الأرض. في معظم الدول المتقدمة، يتم ضخّ مياه الصرف الصحي إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي، حيث يتم معالجتها عن طريق إزالة السموم والمواد العضوية قبل تصريفها في البحيرات والأنهار والبحار. وبالمقابل، في العديد من البلدان لا تتم تنقية المياه أو أو تُنقى بقدر ضئيل، قبل إعادة إطلاقها في المسطحات المائية الطبيعية.

الصرف الصحي المنزلي Domestic sewage هو المياه العادمة الناتجة من المنازل السكنية، والتي تحتوي على الفضلات البشرية، ومياه ومخلفات الغسيل. وقد تشمل أيضًا مياه الصرف الصحي الناتجة من المؤسسات الكبيرة مثل المستشفيات والمدارس إذا كانت مشابهة لمياه الصرف الصحي المنزلية. وعادةً ما يتم تصريفها عبر أنابيب الصرف الصحي تحت الأرض.

مصطلحات علمية

مياه الصرف الصحي Sewage: النفايات السائلة والصُّلبة، مثل المياه العادمة.

وللجريان السطحي تأثير مباشر في مياه الصرف الصحي، حيث تجري مياه الأمطار فوق سطح الأرض، وتلتقط الجسيمات العالقة وتذيب الأيونات المعدنية أثناء تدفقها. وقد تحمل هذه المياه رواسب وأيونات معدنية مثل النترات والفوسفات إلى نظام الصرف الصحي.

أما المياه العادمة الصناعية فهي النفايات السائلة الناتجة من المصانع، والتي تُصرف في أنظمة الصرف الصحي، رغم أنها من الناحية التقنية لا تُعرّف بأنها مياه صرف صحي. تلتزم الشركات بعدم إطلاق النفايات الخطرة مباشرةً، وعليها التأكد من معالجة المياه قبل تصريفها. قد تحتوي المياه العادمة الصناعية على مواد مثل المنظفات، والمعادن الثقيلة، ومبيدات الآفات، ما يشكل خطرًا على الكائنات الحية.

تشكّل مياه الصرف الصحي غير المعالَجة عدة مخاطر على البيئة البحرية بسبب محتواها (الجدول ٧-٥).

ويشكّل البراز والفضلات العضوية الأخرى، مصدرًا غذائيًّا للبكتيريا المحلّلة. وإذا تم تصريف كميات كبيرة منها في المياه، فإنها تؤدي إلى تأثير مشابه للجريان السطحي الزراعي، ما يتسبب بزيادة أعداد البكتيريا في المياه. تقوم هذه البكتيريا بعملية التنفس بسرعة، ما يقلل من مستويات الأكسجين في المياه، ويؤدي ذلك إلى موت الكائنات الأخرى اختناقًا.

إذا كانت مياه الصرف الصحي تحتوي فقط على فضلات عضوية، فقد يكون من الممكن استخدامها كسماد. إلا أنها قد تحتوي على مواد كيميائية مثل المنظفات والأسمدة والسموم. وتحتوي المنظفات غالبًا على الفوسفات، الذي يمكن أن يعزز عملية الإثراء الغذائي، الذي ارتبط بازدهار الطحالب. كما تحتوي المنظفات على مواد كيميائية تُعرف باسم المواد الفعالة على السطح Surfactants، والتي تقلل من التوتر السطحي للماء. تُعدّ هذه المواد سامة للحياة المائية، ويستمر وجودها في البيئة طويلًا، وقد وُجد أنها تُفكِّك الطبقة المخاطية الواقية التي تغطي الأسماك، ما يجعلها عرضة للإصابة بالطفيليات والبكتيريا. قد تمر العقاقير الطبية التي يتناولها البشر عبر نظام الصرف الصحي؛ إذ إنها تطرح مع البول وتؤثر على الكائنات البحرية. فعلى سبيل المثال، قد تتسبب الهرمونات الستيرويدية الناتجة من حبوب منع الحمل باختلال نسبة الذكور إلى الإناث في الأسماك بالقرب من أنابيب مياه الصرف الصحي، على الرغم من أن هذا البحث لا يزال بحاجة إلى مزيد من الاستقصاء.

قد تحتوي مياه الصرف الصحي غير المعالجة على مسبّبات أمراض مثل الفيروسات التي تؤثر على الكائنات البحرية، وخصوصًا الكائنات الحية الثديية. فعلى سبيل المثال، في عام 2015م، نفق عدد كبير من الفقمات الرمادية الصغيرة قبالة ساحل ويلز بسبب إصابتها ببكتيريا الكامبيلوباكتر Campylobacter، التي تسبب التهاب المعدة والأمعاء لدى البشر. وقد كانت الفقمات المصابة تعاني أعراضًا مشابهة للأعراض التي تصيب البشر، ويُعتقد أن العدوى انتقلت إليها من مياه الصرف الصحي.

عامل متأثر بمياه الصرف الصحي	تأثيرات مياه الصرف الصحي
جودة المياه	• زيادة الرواسب ما يقلّل من اختراق الضوء. • زيادة في المنظفات والسموم في مياه الصرف الصحي. • زيادة السموم الناتجة من مياه الجريان السطحي. • انخفاض تراكيز الأكسجين بسبب التحلل. • تغير تراكيز الأيونات المعدنية. • وجود ميكروبات ضارة.
الموطن البيئي	• تستقر الرواسب على قاع البحر.
الكائنات الحية	• انخفاض التنوع البيولوجي. • فقدان العديد من الأنواع بسبب انخفاض تركيز الأكسجين، خصوصًا الكائنات الحية التي تتطلب تركيز أكسجين أعلى. • فقدان الأنواع بسبب الإصابة بالميكروبات الضارة.
الشبكات الغذائية	• اضطراب على عدة مستويات بسبب السموم والمنظفات. • فقدان الحيوانات المفترسة بسبب العدوى.

الجدول ٧-٥ تأثيرات مياه الصرف الصحي على النظم البيئية البحرية.

دراسة حالة ٧-١: تصريف مياه الصرف الصحي لمدينة نيويورك في شمال غرب المحيط الأطلسي

حتى عام 1992م كانت مياه الصرف الصحي في نيوجيرسي ونيويورك تُجمع، ثم تُترك الأجزاء الصلبة لتترسب في خزانات. بعد ذلك، يتم تحميل الحمأة شبه الصُّلبة على سفن مخصصة لنقلها، والتي تبحر إلى مواقع في شمال غرب المحيط الأطلسي وتقوم بإلقائها في البحر. وقد كان أحد هذه المواقع يقع على بعد 106 أميال في البحر وعلى عمق 2500 m، ويُقدّر أنه قد تم التخلص من نحو 42 مليون طن من الحمأة الرطبة غير المعالجة في هذا الموقع بين عامَي 1986 و 1992م.

أُجري مسح لقاع البحر في الموقع في أواخر الثمانينيات. ووُجد أن تركيز الأكسجين في المياه المحيطة بالموقع كان منخفضًا جدًا، كما تم العثور على تراكيز عالية من المعادن السامة مثل الكادميوم والزئبق، إلى جانب المركبات العضوية في الرواسب. وقد تم تحليل قنافذ البحر وخيار البحر في المنطقة للكشف عن تراكيز النظائر المشعّة للكربون والهيدروجين والكبريت، وهي عناصر نادرة جدًا في البيئة البحرية ولكنها توجد في براز الإنسان. وقد أظهرت النتائج احتواء هذه الكائنات على تراكيز عالية من هذه النظائر، ما يشير إلى أن المواد المتسرّبة من مياه الصرف الصحي كانت تدخل في السلاسل الغذائية. كما تم العثور على آثار لنوع من البكتيريا التي قد تكون ضارة ومسببة للتسمم الغذائي في الرواسب.

خلال الفترة الزمنية التي كان يتم فيها إلقاء مياه الصرف الصحي حدثت عدة حالات ازدهار للطحالب في البحر حول مدينة نيويورك. كما تم تسجيل حالات تسمم غذائي لأشخاص سبحوا في البحر أو ارتادوا الشواطئ، وتم العثور على نفايات مثل الحُقن المستعملة منجرفة على الشواطئ. وبعض مناطق الأسماك الصدفية ماتت بسبب التلوث ونقص الأكسجين، في حين أُغلقت مناطق أخرى كثيرة لصيد الأسماك بسبب المخاوف من وجود مسببات الأمراض. كما أُغلقت الشواطئ لعدة أيام سنويًا بسبب وجود الميكروبات الضارة.

توقفت عمليات التخلص من مياه الصرف الصحي في عام 1992م، وبعد ذلك بدأت التغيرات السريعة بالظهور في قاع البحر عند موقع إلقاء مياه الصرف الصحي. فقد ارتفع تركيز الأكسجين، وظهرت أنواع من الكائنات الحية التي تتطلب تراكيز أكسجين أعلى. وتحسنت جودة المياه حول نيويورك، وازداد عدد أنواع الأسماك وازداد التنوع البيولوجي. لا تزال ظاهرة ازدهار الطحالب تحدث، ولكن الشواطئ أصبحت أنظف ونادرًا ما تُغلق، وأصبحت أكثر أمانًا للسبّاحين. كما استفادت مصايد الأسماك من ارتفاع المصيد وانخفاض وتيرة إغلاق مصايد المحار Oyster beds.

أسئلة

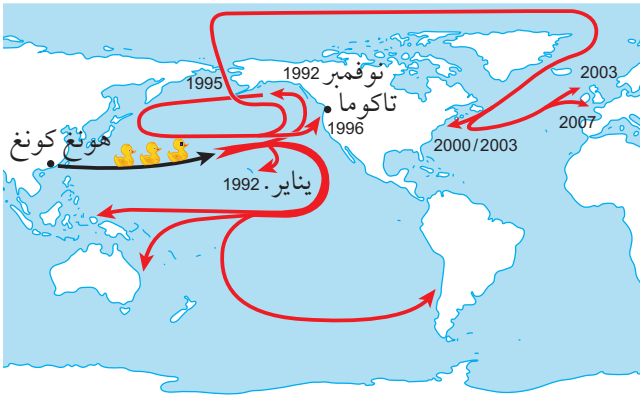
١. اشرح سبب انخفاض تركيز الأكسجين في قاع الموقع الذي تُلقى فيه مياه الصرف الصحي.

٢. اشرح كيف تُظهر آثار النظائر المشعة أن المواد التي تحويها مياه الصرف الصحي كانت تدخل السلسلة الغذائية.

٣. اقترح لماذا يُعدّ الزئبق في حمأة الصرف الصحي مشكلة لمصايد الأسماك.

التخلص من النفايات

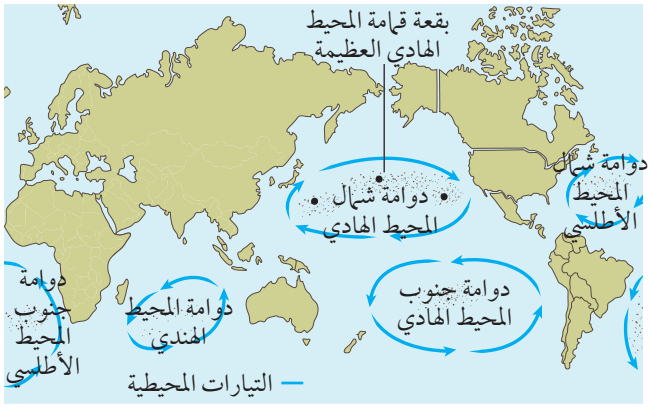
النفايات البحرية هي مواد مُهملة أو مخلفات يتم التخلص منها بإلقائها في البيئة البحرية من المناطق الساحلية والسفن. تشمل الأمثلة الشائعة على هذه النفايات مخلفات مرتادي الشواطئ، ومخلفات الصرف الصحي، وحُطام الشحن البحري، ومخلفات الصيد مثل الخيوط والشباك القديمة. وتشير التقديرات إلى أن أكثر من 10 000 حاوية تُفقد كل عام من السفن أثناء العواصف، ومن أبرز هذه الحوادث ما وقع عام 1992م عندما فُقدت شحنة ألعاب الأطفال من البط المطاطي الأصفر أثناء نقلها من هونغ كونغ. وقد تم العثور على البط المطاطي في أماكن مختلفة حول العالم وأصبحت تُعرف باسم «العوامات الصديقة» (friendly floatees). وقد ساعدت تحركاتها في الكشف عن مسارات التيارات المحيطية العالمية (الشكل ٧-٣).



الشكل ٧-٣ تيارات المحيط موضحة عن طريق حركة شحنة مفقودة من البط المطاطي.

يُعدّ البلاستيك المكوّن الرئيسي لمعظم القمامة الموجودة في المحيطات، وهو غير قابل للتحلل البيولوجي وقد يستمر وجوده لآلاف السنين.

إن التعرض لأشعة الشمس والحركة المستمرة للأمواج يؤديان إلى تكسير البلاستيك إلى جسيمات دقيقة تطفو على سطح مياه البحر. وتنقل التيارات المحيطية هذه الجسيمات الدقيقة وتُراكمها على شكل «بقع القمامة Garbage patches». بقعة قمامة المحيط الهادي العظيمة Great Pacific Garbage Patch هي تجمع للحطام البحري في شمال المحيط الهادي، التي تتكوّن بفعل التيارات المحيطية (الشكل ٧-٤). هناك أيضًا قطع أكبر من الحطام، إذ شوهدت شاشات كمبيوتر قديمة طافية على سطح البحر. وتُقدر نسبة الحطام في بقعة القمامة هذه والتي مصدرها الأنشطة البرية في أمريكا الشمالية وآسيا بنحو 80%، بينما تأتي النسبة المتبقية 20% من عمليات الشحن البحري، ومعظمها شباك صيد مُهمَلة، والتي تُعدّ خطرة بشكل خاص على الحياة الطبيعية في المحيطات. يستغرق وصول النفايات من أمريكا الشمالية إلى بقعة قمامة المحيط الهادي العظيمة ست سنوات تقريبًا، في حين تستغرق القمامة القادمة من اليابان نحو سنة واحدة. وتقع معظم بقع القمامة البحرية الأخرى في مركز الدوامات المحيطية.



الشكل ٧-٤ موقع الدوامات المحيطية الخمس حيث تراكمت النفايات.

للنفايات العديد من التأثيرات السلبية المحتملة على البيئة البحرية. فالطيور البحرية، والسلاحف، والكائنات الحية الثديية، والأسماك يمكن أن تعلق في شباك الصيد القديمة، والخيوط، والأجسام الأخرى، ما يؤدي إلى غرقها، أو زيادة تعرضها للافتراس، أو الموت جوعًا. وقد تسبب النفايات أضرارًا جسميّة للكائنات البحرية، إما بقتلها مباشرة أو جرحها، ما قد يؤدي إلى العدوى أو العجز.

تستهلك العديد من الكائنات الحية التي تعيش في البحر النفايات عن طريق الخطأ، إذ قد تبدو مشابهة لفريستها الطبيعية. قد تعلق قطع البلاستيك في الجهاز الهضمي للكائنات البحرية، مسبّبة سدّ مسار الغذاء، ويؤدي ذلك إلى الموت بسبب الجوع أو العدوى (الصورة ٧-٨).

الصورة ٧-٨ جسم طائر القطرس يُظهر نفايات ابتلعها.

تشبه الجسيمات البلاستيكية الصغيرة العالقة في المياه العوالق الحيوانية، التي تتناولها الكائنات البحرية ثم تنتقل هذه الجسيمات عبر السلسلة الغذائية. وغالبًا ما تخطئ سلاحف البحر ذات الرؤوس الضخمة Loggerhead sea turtles، في التمييز بين الأكياس البلاستيكية وقناديل البحر، بينما قد يخطئ طائر القطرس Albatross في التمييز بين حبيبات راتنج البلاستيك وبيوض السمك، فيطعم صغاره هذه المواد الضارة.

العديد من المواد البلاستيكية تمتص السموم من الماء، والتي يمكن أن تبتلعها الكائنات البحرية بعد ذلك. وستتم مناقشة هذا التأثير، إلى جانب تأثيرات أخرى للبلاستيك، لاحقًا في هذه الوحدة.

يؤدي وجود جسيمات بلاستيكية دقيقة في الماء إلى تقليل اختراق ضوء الشمس له، ما يقلّل من معدل عملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها العوالق النباتية، وبالتالي يقلّل من الإنتاجية الأولية. وإذا انخفضت الكتلة الحيوية للمنتجات مثل العوالق النباتية، فستكون الطاقة التي تدخل الشبكة الغذائية أقل. يلخص الجدول (٧-٦) تأثيرات النفايات على النظم البيئية البحرية.

عامل متأثر بالنفايات	تأثيرات النفايات
جودة الماء	زيادة في الجسيمات البلاستيكية الدقيقة المعلقة ما يسبب تعكر الماء.
الموطن البيئي	• النفايات مثل البلاستيك تلحق الضرر بالمواطن البيئية. • النفايات والجسيمات الدقيقة تسد المواطن المائية السطحية.
الكائنات الحية	• فقدان الأسماك، والكائنات الحية الثديية البحرية، والطيور والسلاحف بسبب الأضرار الجسدية الناجمة عن النفايات مثل الشباك والابتلاع. • انخفاض أعداد العوالق النباتية بسبب انخفاض اختراق الضوء الذي تسببه الجسيمات الدقيقة.
الشبكات الغذائية	• فقدان المفترسات بسبب الأضرار الجسدية الناتجة من النفايات وابتلاعها.

الجدول ٧-٦ تأثيرات النفايات على النُظم البيئية البحرية.

محطات تحلية المياه

أدت الزيادة السريعة في عدد السكان على مدى المئة عام الماضية إلى زيادة الطلب على المياه العذبة، بخاصة في القطاع الزراعي الذي يحتاج إلى كميات كبيرة من المياه العذبة، إضافة إلى أن ارتفاع معايير المعيشة التي يسعى إليها الناس يتطلب توفير المياه العذبة لاستخدامها في مرافق مثل ملاعب كرة القدم والغولف وأحواض السباحة. وفي العديد من مناطق العالم، لا يمكن لمصادر المياه الطبيعية وحدها تلبية هذا الطلب المتزايد، ما أدى إلى زيادة أعداد محطات تحلية المياه التي يتم إنشاؤها لاستخلاص المياه العذبة من مياه البحر.

قد تتسبب **محطات تحلية المياه Desalination plants** بعدة مشكلات للنظم البيئية البحرية (الجدول ٧-٧).

وترتبط معظم هذه المشكلات بالمياه المصرّفة Effluent التي يتم طرحها إلى البحر. هناك نوعان رئيسيان من محطات تحلية المياه: محطات التقطير Distillation التي تعمل على غلي مياه البحر وجمع المياه العذبة عن طريق التكثيف، ومحطات الأسموزية العكسية Reverse osmosis التي تعمل على ضخ المياه تحت ضغط عالٍ عبر أغشية خاصة لإزالة الملح. يؤدي كلا النوعين إلى إنتاج ملوثات متشابهة تؤثر على جودة المياه.

مصطلحات علمية

محطات تحلية المياه Desalination plants: منشآت صناعية تعمل على إزالة الأملاح من مياه البحر لإنتاج المياه العذبة.

المياه عالية الملوحة

تطلق محطات التحلية محلولًا ملحيًا عالي التركيز عائدًا (brine) إلى البحر. ويكون المحلول الملحي الناتج من محطات التقطير ساخنًا جدًا أيضًا. ونظرًا إلى كثافته العالية، فإنه يغوص إلى الأعماق، ما يؤدي إلى زيادة ملوحة المياه في تلك المناطق. غالبًا ما تؤدي الملوحة المرتفعة إلى موت الكائنات الحية المتوافقة أسموزيًا نتيجة فقدان الماء عبر الخاصية الأسموزية، كما قد تعجز العديد من الكائنات الحية المنظمة للأسموزية عن البقاء على قيد الحياة في مثل هذه الظروف. عندما ترتفع درجة حرارة المياه، قد يؤدي ذلك إلى نفوق الكائنات الحية بسبب الإجهاد الحراري المفرط، أو إلى تغيّر في معدلات تنفّسها ووظائفها الحيوية. كما أن زيادة الملوحة وارتفاع درجات الحرارة تؤديان إلى تقليل إنتاجية العوالق النباتية، ما يقلل من الطاقة المتوافرة في الشبكات الغذائية. بالإضافة إلى ذلك، فإن ارتفاع درجات الحرارة يقلل من ذوبانية الأكسجين، ما يتسبب باختناق الكائنات الحية. ويمكن للملوحة العالية أن تؤثر على تيارات المياه، إذ إنها تغير منحدرات التركيز الملحي الطبيعية.

التلوث الناجم عن النفايات الكيميائية

يُضاف الكلور إلى المياه في محطات تحلية المياه لمنع نمو الطحالب داخل الآلات. وقد يكون الكلور المتبقي في المياه المصرّفة Effluent water شديد السمّية للكائنات البحرية. وكما هو معروف عن المعادن الثقيلة مثل النحاس والحديد والنيكل والكروم أنها تتسرب من المعدات إلى المياه العادمة. لذا غالبًا ما تستقر وتتراكم هذه المعادن في الرواسب في قاع البحر، حيث تمتصها الكائنات التي تتغذى بالترشيح، ثم تنتقل عبر السلاسل الغذائية، ما يؤدي إلى تراكمها في أنسجة أجسام المفترسات العليا.

يتم تنظيف محطات تحلية المياه كل (3-6) أشهر باستخدام محاليل تنظيف قوية وسامة، وغالبًا ما تكون حمضية أو قاعدية. وعند إطلاق هذه المحاليل في البيئة البحرية، يمكن أن تسمّم الكائنات البحرية وتُغير (pH) للمياه، ما يؤثر على العمليات الفسيولوجية لهذه الكائنات.

حركة الرواسب

تصريف المياه من محطات تحلية المياه بضغط عالٍ قد يتسبب بإثارة قاع البحر. وهذا يؤدي إلى زحزحة الرواسب، ما يقلل من اختراق الضوء اللازم للمنتِجات، وإلحاق الضرر بخياشيم الأسماك واللافقاريات.

المخاطر المباشرة على الكائنات الحية

بالإضافة إلى مشكلة تلوث المياه، هناك خطر مباشر يتمثّل في دخول الكائنات الحية البحرية إلى محطات تحلية المياه مع مياه البحر. ولمنع حدوث ذلك يتم وضع مرشحات على أنابيب التدفُّق لمنع دخول الأسماك والأنواع الأخرى، ولكن الكائنات الحية الصغيرة، بما في ذلك يرقات العوالق، ستظل تنجذب نحو الداخل بسهولة. ولتقليل فقدان العوالق واليرقات، يُفضل استخدام المياه العميقة فقط أو استخدام الآبار الشاطئية beach wells كما هو الحال في محطة تحلية المياه في ولاية صور بسلطنة عُمان. كما أن جمع المياه في أثناء مواسم التفريخ، قد يؤدي إلى إزالة البيض واليرقات من عمود الماء، ما يقلل من عدد أفراد الجماعات الأحيائية لبعض الأنواع.

عامل متأثر بمحطات تحلية المياه	تأثيرات محطات تحلية المياه
جودة الماء	• زيادة ملوحة المياه بسبب تصريف الأملاح في المياه. • رمي مواد تنظيف سامة في المياه. • تسرب الأيونات المعدنية الثقيلة السامة الناتجة من التعرية. • الأحماض والقواعد الناتجة من عمليات تنظيف المعدات . • المنظفات التي تُطلقها سوائل التنظيف. • زيادة الرواسب في المياه بسبب ضخ المياه العادمة. • انخفاض محتوى الأكسجين في الماء. • ارتفاع درجة حرارة المياه. • تغير في منحدر تركيز الملوحة بسبب زيادة كثافة المياه المالحة.
الموطن البيئي	• الضرر المادي لقاع البحر بسبب تصريف المياه. • فقدان العوالق النباتية بسبب ارتفاع الملوحة ودرجة الحرارة. • إثارة الرواسب.
الكائنات الحية	• انخفاض التنوع البيولوجي. • فقدان العديد من الأنواع، خصوصًا الكائنات الثابتة المتوافقة أسموزيًا مثل المحار بسبب ارتفاع الملوحة والسموم والحرارة. • فقدان الكائنات الصغيرة والبيض في محطة تحلية المياه.
الشبكات الغذائية	• اضطراب الشبكات الغذائية على مستويات مختلفة. • فقدان المنتِجات بسبب تغيرات الملوحة. • فقدان العديد من الكائنات الثابتة مثل الرخويات ما يقلل الغذاء للحيوانات المفترسة الأعلى في السلسلة الغذائية. • فقدان يرقات العوالق وبيض الكائنات البحرية تقلل عدد أفراد الجماعات الأحيائية.

الجدول ٧-٧ تأثيرات محطات تحلية المياه على النُظم البيئية البحرية.

التراكم الحيوي والتضخم الحيوي للسموم

تعلمت في الصف الحادي عشر كيف تنتقل الطاقة على طول السلاسل الغذائية. وبالمثل، فإن السموم التي يتم تناولها في المستويات الغذائية الدنيا في السلسلة الغذائية غالبًا ما تنتقل من كائن حي إلى آخر، وفي النهاية تصل إلى المفترسات العليا. يتم إطلاق المعادن الثقيلة السامة الناتجة من مجموعة متنوعة من الأنشطة البشرية في المحيطات. ويتم إطلاق الزئبق من احتراق الوقود الأحفوري. كما يُطلق القصدير على شكل مركب يسمى **ثلاثي بوتيل القصدير (TBT)** في الطلاء المضاد للحشف البيولوجي.

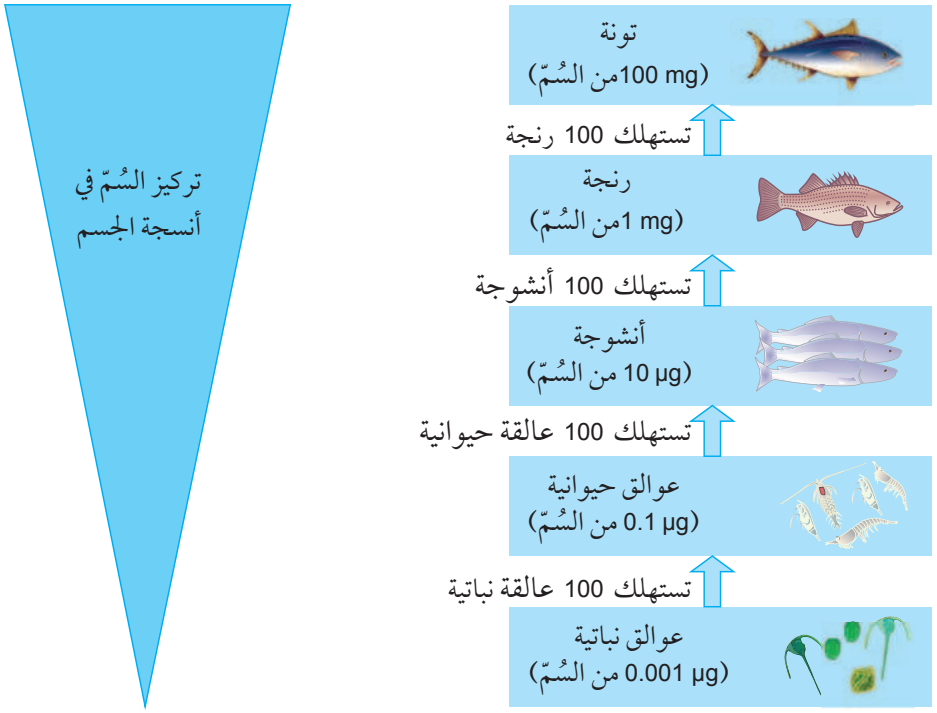
عندما تبتلع الكائنات الحية السموم التي لا يمكن إخراجها من أجسامها، فإنها تتراكم كلما تناولت المزيد منها؛ وتُعرف هذه العملية بـ **التراكم الحيوي Bioaccumulation**. ومع انتقال السموم على طول السلسلة الغذائية، تزداد تراكيزها في أجسام الكائنات الحية مع كل مستوى غذائي؛ تُعرف هذه العملية بـ **التضخم الحيوي Biomagnification**.

مصطلحات علمية

ثلاثي بوتيل القصدير (TBT): مركب من الكربون والقصدير يُستخدم في الطلاء المضاد للحشف البيولوجي على السفن والهياكل البحرية.

التراكم الحيوي Bioaccumulation: تراكم المواد، مثل مبيدات الآفات أو المواد الكيميائية الأخرى، داخل الكائن الحي.

التضخم الحيوي Biomagnification: زيادة تركيز مادة معيّنة، مثل مادة كيميائية سامة، داخل أنسجة الكائنات الحية عند المستويات الغذائية العليا في سلسلة غذائية.



الشكل ٧-٥ عملية التضخم الحيوي لسُمّ ما على طول سلسلة غذائية بحرية.

السموم التي لا تتحلل أو لا يتم طرحها من جسم الكائن الحي تتفاعل وتتضخم حيويًا في السلاسل الغذائية، وقد تصل إلى مستويات خطرة في الكائنات الحية المفترسة العليا.

يوضح الشكل (٧-٥) سلسلة غذائية بحرية بسيطة. إذا التقطت عالقة نباتية واحدة 0.001 µg من سُمّ ما، وتستهلك كل عالقة حيوانية واحدة 100 عالقة نباتية، فإن كل عالقة حيوانية تحصل على 100 جرعة من السُمّ، أي ما يعادل 0.1 µg (100 x 0.001 µg) من السُمّ لكل واحدة. كل سمكة أنشوجة تستهلك 100 عالقة حيوانية، فتحصل على 10 µg من السُمّ (100 × 0.1 µg). وكل سمكة رنجة تأكل 100 سمكة أنشوجة، فتحصل على 1 mg من السُمّ. وتتغذى كل سمكة تونة على 100 سمكة رنجة، فتحصل على 100 mg من السُمّ.

غالبًا ما تكون الكائنات الأكثر تأثرًا بالسُموم هي المفترسات العليا، ولا تؤثر هذه المشكلة على الكائنات البحرية فقط؛ إذ إن العديد من الأنواع البحرية تُحصد للاستهلاك البشري، مثل التونة وأسماك القرش، وقد تحتوي على تراكيز عالية من السُموم مثل الزئبق.

الزئبق

في (1950s)، بدأت الحيوانات في مدينة ميناماتا Minamata الساحلية الواقعة في جزيرة كيوشو Kyushu Island باليابان بإظهار سلسلة من السلوكيات الغريبة. فقدت القطط توازنها وظهرت عليها رعشات عصبية وتشنجات ومواء حاد، في حين كانت الطيور تسقط فجأة من السماء أو من على الأشجار دون سبب واضح. وفي الوقت ذاته، كان الأطباء يعالجون حالات بشرية تعاني رعشات، ونوبات صرع، وأعراضًا عصبية أخرى. وبعد الاستقصاء، تبيّن أن شركة «شيسو الصناعية Chisso Corporation» كانت تطلق في البحر نفايات صناعية تحتوي على معادن ثقيلة، بما في ذلك الزئبق، والذي تحول إلى ميثيل الزئبق Methylmercury، وهو شكل أكثر سمّية من الزئبق وقد تضخم حيويًّا في السلسلة الغذائية البحرية، وكان البشر والحيوانات قد استهلكوا أطعمة بحرية تحتوي على ميثيل الزئبق.

يتوافر ميثيل الزئبق بتراكيز منخفضة جدًا في مياه البحر، إلا أن الطحالب تمتصه في بداية السلسلة الغذائية. ولا يتم إفرازه، بل يبقى في أجسام الكائنات الحية،

الشكل ٧-٦ انتقال ميثيل الزئبق إلى الرخويات والقشريات والإنسان.

تحديدًا في الكبد والأنسجة الدهنية والعضلات، وينتقل على طول السلسلة الغذائية، ما يؤدي إلى زيادة تركيزه عند كل مستوى غذائي (الشكل ٧-٦). تحتوي العديد من الأسماك والرخويات والقشريات على ميثيل الزئبق في أجسامها، والأنواع التي تعيش لفترات طويلة والمفترسات العليا – مثل التونة، والقرش، وسمك أبو سيف، وسمك المارلين – لديها أعلى التراكيز من ميثيل الزئبق. يُعدّ ميثيل الزئبق سمًا عصبيًا، وقد تسبّب بالأعراض التي ظهرت على الحيوانات والبشر في ميناماتا.

تشير إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) إلى أن خطر التسمم بالزئبق نتيجة تناول الأسماك والرخويات والقشريات لا يُشكل مصدر قلق صحي لمعظم الناس. ومع ذلك، فإن بعض المأكولات البحرية تحتوي على تراكيز من الزئبق قد تضر بالجنين أو الأطفال الصغار بسبب صغر أحجام أجسامهم.

تنصح (FDA) الأطفال الصغار، والنساء الحوامل، والنساء في سن الإنجاب بتناول حصتين إلى ثلاث حصص أسبوعيًا من الأسماك أو الرخويات والقشريات. تشمل الخيارات الجيدة من هذه المأكولات: السلمون، والروبيان، والبولوك، والتونة الخفيفة، والبلطي، وسمك السلور، وسمك القد. وأما الأسماك التي يُفضل تجنبها فتشمل سمك القرميد (من خليج المكسيك)، وسمك القرش، وسمك أبو السيف، والماكريل الملكي. ويُنصح بتناول التونة البيضاء مرة واحدة فقط في الأسبوع.

يدخل الزئبق إلى المحيطات من ثلاثة مصادر رئيسية:

- 30% من الصناعات البشرية، وبشكل رئيسي من احتراق الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط، وتعدين الذهب.
- 60% من الأراضي المغمورة بمياه الفيضانات وحرائق الغابات، والتي غالبًا ما تكون نتيجة الأنشطة البشرية أو تفاقمت بسبب تغير المناخ.
- 10% من المصادر الطبيعية، مثل النشاط البركاني وترشّح الزئبق من الصخور.

تُبذل جهود دولية للحد من انبعاثات الزئبق في البيئة البحرية، فقد بدأت دول مثل اليابان والولايات المتحدة بتنظيم الصناعات منذ سبعينيات القرن الماضي. وللحد من الانبعاثات على مستوى العالم، يتطلب الأمر تعاونًا دوليًا، وفي 19 يناير 2013 م، وافقت 140 دولة على «اتفاقية ميناماتا بشأن الزئبق»، والتي تمثل التزامًا عالميًا بحماية صحة الإنسان والبيئة من مخاطر الزئبق. استغرقت الاتفاقية أربع سنوات من الاجتماعات والمفاوضات قبل التوقيع عليها، لكنها تمثّل أملًا لمستقبل أكثر أمانًا. وفي عام 2020 م انضمت سلطنة عمان إلى هذه الاتفاقية.

ثلاثي بوتيل القصدير (TBT)

عند وضع أي هيكل مادي في البحر لمدة زمنية طويلة، تتثبت الكائنات الحية به وتبدأ في تشكيل مجتمع أحيائي. يُطلق على هذا التثبت اسم الحشف البيولوجي. وتتثبت مجموعة واسعة من الكائنات الحية، مثل البرنقيلات، والرخويات، والديدان الأنبوبية، والأعشاب البحرية، والإسفنج وغيرها بالسفن مسببة حشفًا بيولوجيًا (الصورة ٧-٩). يؤدي هذا إلى زيادة وزن السفن ما يزيد من مقاومة المياه لحركتها، وبالتالي يزيد من استهلاك الوقود، وتُقدّر تكلفة هذا الاستهلاك الزائد بنحو مليار دولار أمريكي سنويًا لقطاع الشحن العالمي. كما تؤدي زيادة استهلاك الوقود إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، الأمر الذي يُسهم في الاحترار العالمي والأمطار الحمضية.

طُورت (TBT) كمادة مضادة للحشف في (1950s). وقد تمّت إضافة هذه المادة إلى الطلاء المستخدم على هيكل السفن وتراكيبها الأخرى. وعلى الرغم من الفاعلية الكبيرة لهذه المادة، إلا أنها تتسرب من الطلاء إلى المياه. وبمجرد دخولها المياه، فإنها تتثبت بالرواسب العالقة ثم تغرق إلى قاع البحر، حيث يمكن أن يستمر وجودها لمدة تصل إلى 30 عامًا.

الصورة ٧-٩ الحشف البيولوجي لهيكل سفينة يتكون من مجموعة متنوعة من الكائنات الحية البحرية.

تُعدّ مادة (TBT) سامة بدرجة عالية للعديد من الكائنات الحية البحرية، حتى عند تراكيز منخفضة جدًا. وبالإضافة إلى أنها تستهدف الأنواع المسببة للحشف البيولوجي، فإن لها تأثيرات واسعة النطاق على كائنات حية بحرية أخرى بسبب التراكم الحيوي. تدخل هذه المادة السلاسل الغذائية عند المستويات الغذائية الدنيا مثل البرنقيلات والرخويات، ثم تنتقل على طول السلسلة الغذائية، ويزداد تركيز مادة (TBT) في أجسام الكائنات عند الانتقال إلى مستوى غذائي أعلى، ما يؤدي في النهاية إلى تسميم المفترسات العليا مثل التونة والدلافين وثعالب البحر.

تتضمن التأثيرات المحدَّدَة لمادة (TBT) ما يأتي:

- تغيرات في تطور اللافقاريات، مثل التشوهات في المحار، وذكورة Masculinisation حلزون الكلب البحري Dog Whelk، ما يؤدي إلى انخفاض عدد الإناث الخصبة وبالتالي انخفاض أعداد الجماعة الأحيائية.
- ضعف الاستجابة المناعية؛ فعلى سبيل المثال تم تسجيل تراكيز مرتفعة من (TBT) في أكباد المفترسات العليا مثل التونة، وثعالب البحر، والدلافين، ما أدى، بحسب التقارير، إلى موتها من العدوى نتيجة لضعف الاستجابة المناعية.

ونظرًا إلى تأثيراتها البيئية الضارة، فقد بُذلت جهود دولية لحظر استخدام (TBT). الاتفاقية الدولية للتحكم بأنظمة مضادات الحشف هي معاهدة تابعة للمنظمة البحرية الدولية (IMO) التي تحظر استخدام (TBT) من قبل جميع الدول الموقعة عليها. وبحلول عام 2018 م، كانت 81 دولة، تمثّل أكثر من 94% من حركة الشحن العالمي، قد وقعت على المعاهدة -بما في ذلك سلطنة عمان- لكن لا تزال هناك تقارير عن الاستخدام غير القانوني لمادة (TBT) في العديد من الدول، ما يجعل مراقبة الحظر أمرًا صعبًا.

أسئلة

١ اشرح **ثلاث** طرائق يمكن أن تتضرر بها الحيوانات مباشرة بسبب انسكابات النفط.

٢ استخدم المصطلحات الآتية لإكمال الجمل:

المعالجة الحيوية، البكتيريا، المشتتات، قطيرات، التنفس، درجة الحرارة

إحدى الطرائق لحماية الساحل من انسكابات النفط هي رش _____ .

يؤدي ذلك إلى تفكك النفط إلى _____ أصغر وغرقها إلى قاع البحر.

بمجرد أن تغرق، تبدأ _____ بتفكيك النفط.

تكون _____ عند قاع البحر منخفضة، ما يؤدي إلى بطء معدل _____

هذا يعني أنه قد يستغرق سنوات عديدة لتتم إزالة النفط عن طريق هذه العملية التي تُعرف باسم _____

٣ اكتب قائمة بالأنشطة البشرية التي يمكن أن تسبب:

أ. انخفاض نسبة الأكسجين في الماء.

ب. تزايد تركيز السموم على طول السلاسل الغذائية.

ج. زيادة تعكر المياه.

٤ اقترح **إجراءَين** يمكن اتخاذهما للحد من تأثيرات التلوث الناتج من:

أ. الزراعة.

ب. مياه الصرف الصحي.

ج. النفايات.

٥ اشرح سبب نصح النساء الحوامل بعدم تناول الأسماك المفترسة الكبيرة مثل سمك أبو سيف.

٦ لخص سبب استخدام ثلاثي بوتيل القصدير (TBT) على السفن واشرح سبب وجود حملات لحظره.

٢-٧ البلاستيك في المحيط

يُعدّ البلاستيك أحد أكبر التهديدات التي تواجه البيئة البحرية. إذ يتم إنتاج أكثر من 300 مليون طن من البلاستيك سنويًا، ويُقدر أن أكثر من 10 ملايين طن منه ينتهي في المحيطات. فقد وُجد أنه يشكّل أكثر من 80% من النفايات الموجودة في البحار. فمن أين يأتي البلاستيك؟

تحمل الرياح البلاستيك من مرادم النفايات، أو يجرفه الماء إلى البحر أثناء العواصف، أو يُلقى عمدًا من المنشآت الصناعية، أو يتم التخلص منه بطريقة غير قانونية في المياه مباشرة. يشكّل البلاستيك مجموعة من المخاطر البيئية على الكائنات الحية البحرية؛ إذ يمكن أن تتشابك الأنواع البحرية مع قطع **الماكروبلاستيك Macroplastics**، ما يؤدي إلى غرقها أو موتها جوعًا أو إصابتها بجروح خطرة. غالبًا ما يتم ابتلاع الماكروبلاستيك فيؤدي إلى الوفاة بسبب انسداد داخلي أو التسمم بسبب السموم التي يحتويها. وقد اكتُشِف حديثًا أن البلاستيك يتفكك في المحيطات إلى **الميكروبلاستيك Microplastics** الذي يدخل السلاسل الغذائية، وقد يؤدي ذلك إلى تسميم البشر أيضًا. وتم العثور على بقايا ميكروبلاستيك في أطعمتنا، وفي المياه المعبأة في عبوات بلاستيكية.

الميكروبلاستيك

الميكروبلاستيك قطع صغيرة من البلاستيك توجد في مياه المحيط، ويبلغ قطرها أقل من 5 mm. ويُصنَّف الميكروبلاستيك إلى نوعَين: **الميكروبلاستيك الأولي Primary Microplastics** و**الميكروبلاستيك الثانوي Secondary Microplastics**.

مصطلحات علمية

الماكروبلاستيك: Macroplastics: قطع بلاستيكية كبيرة يبلغ قطرها أكبر من 5 mm.

الميكروبلاستيك Microplastics: جسيمات بلاستيكية يبلغ قطرها أقل من 5 mm

الميكروبلاستيك الأولي Primary Microplastics: الميكروبلاستيك الذي يتم إطلاقه مباشرة في الماء، مثل الحبيبات الموجودة في مستحضرات التجميل.

الميكروبلاستيك الثانوي Secondary Microplastics: الميكروبلاستيك الناتج من تفكُّك القطع البلاستيكية الكبيرة.

الميكروبلاستيك الأولي

الميكروبلاستيك الأولي هو قطع صغيرة جدًا من البلاستيك يبلغ قطرها أقل من 5 mm عند إطلاقها في المحيط. وعادةً ما تأتي هذه من الملابس أو مكونات مستحضرات التجميل مثل بعض أنواع مرطبات البشرة.

يتم إطلاق الميكروبلاستيك الأولي مباشرة في البحر. وغالبًا ما يُضاف إلى مستحضرات التجميل وسوائل التنظيف كمقشّرات، ولهذا السبب تدخل إلى المياه عبر المصارف. ومن أشكاله حبيبات النوردل Nurdles وهي حبيبات بلاستيكية صغيرة جدًّا تُستخدم كمواد خام لصنع المنتجات البلاستيكية المختلفة. ويُعد النوردل الشكل الذي يُنقل به البلاستيك حول العالم قبل معالجته، ويتم إطلاق الكثير منها عن طريق الخطأ إلى الأنهار والبحار من خلال أنابيب الصرف أو الانسكابات (الصورة ٧-١٠).

الميكروبلاستيك الثانوي

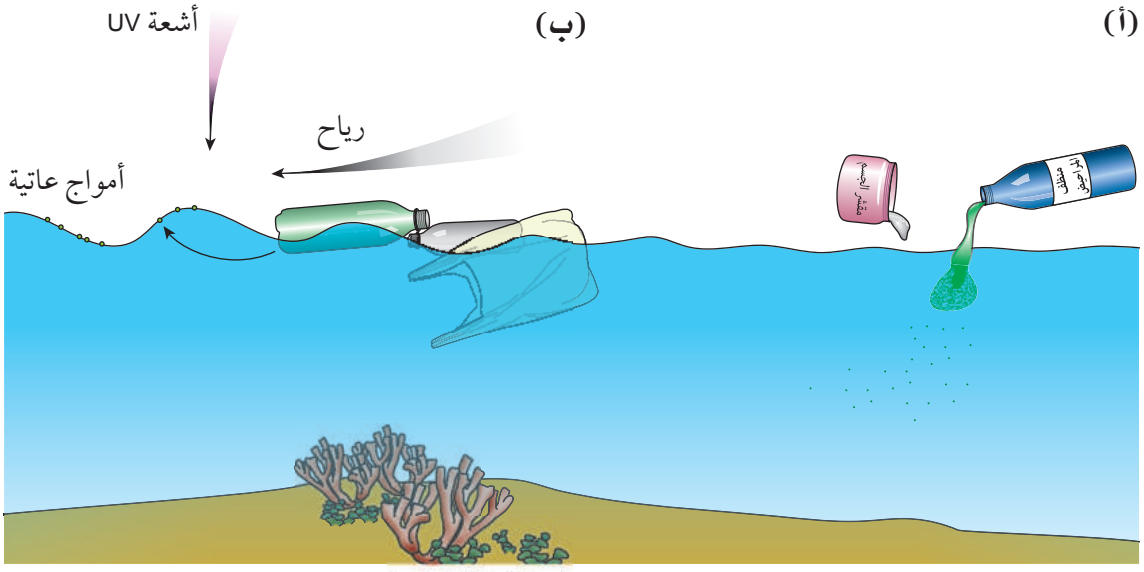
الميكروبلاستيك الثانوي هو قطع صغيرة جدًا من البلاستيك ناتجة من تفكك قطع أكبر من البلاستيك المهمل، مثل الأكياس البلاستيكية أو عبوات المشروبات.

هناك عدة عوامل تؤثر على سرعة تفكك البلاستيك إلى ميكروبلاستيك، وتشمل هذه العوامل الأشعة فوق البنفسجية (UV)، وفعل الأمواج والرياح، وتركيز

الصورة ٧-١٠ النوردل البلاستيكية موجودة على الشاطئ.

الأكسجين، ودرجة الحرارة. الأشعة فوق البنفسجية (UV) من الشمس تؤثر على المواد الكيميائية التي في البلاستيك، فيتفكك البلاستيك بسهولة إلى قطع أصغر. يُعرف تأثير الضوء على البلاستيك باسم التحلل الضوئي photo-degradation.

تعمل حركة الأمواج العاتية وسرعة الرياح العالية على زيادة معدل التجوية الفيزيائية للبلاستيك. لم يتم البحث بشكل كاف حول الأدلة المتعلقة بتأثير درجة الحرارة وتركيز الأكسجين، ولكن يُعتقد أن الدرجات العالية من الحرارة والتراكيز المرتفعة من الأكسجين تزيد من معدل التفكك (الشكل ٧-٧).



الشكل ٧-٧ رسم تخطيطي يلخص إطلاق الميكروبلاستيك (أ) الأولي (ب) الثانوي.

بشكل عام، يتفكك البلاستيك بسرعة أكبر في المياه السطحية للمحيطات الاستوائية، حيث تكون مضاءة جيدًا، وعاصفة، ودافئة. أما البلاستيك الذي يغوص إلى الأعماق الباردة والبيئات الخالية من الأكسجين Anoxic، فإنه يتفكك ببطء شديد.

تأثيرات البلاستيك على البيئة البحرية

ناقشنا سابقًا في هذه الوحدة، أنه قد يكون للنفايات البلاستيكية العديد من التأثيرات السلبية على البيئة البحرية. فيما يأتي بعض هذه التأثيرات:

امتصاص وانتقال الميكروبلاستيك في السلاسل الغذائية

تم تعريف الميكروبلاستيك بأنه قطع بلاستيكية صغيرة جدًا يبلغ قطرها أقل من 5mm. قد تتفكك الميكروبلاستيك إلى قطع أصغر تسمى النانوبلاستيك Nanoplastics التي تطفو على سطح المحيط ويمكن أن تبتلعها العوالق الحيوانية أثناء تغذيتها أو أن تعلق في خياشيمها. يمر بعض البلاستيك عبر العوالق ويتم التخلص منه في البراز، ولكن بعضه يتراكم داخل أجسامها. ينتقل البلاستيك بعد ذلك على طول السلاسل الغذائية، ويخضع للتراكم الحيوي والتضخم الحيوي، ما يؤدي إلى تراكم كميات كبيرة من البلاستيك في أجسام المفترسات العليا. نظرًا إلى أننا نحصد بعض أنواع الأسماك التي في قمة السلاسل الغذائية، فهناك خطر كبير من وصول الميكروبلاستيك إلينا. يمكن للنانوبلاستيك أن يعبر الحاجز الدموي الدماغي، وأن ينتقل عبر الأحشاء، بل وحتى المشيمة (قد يؤثر على الأجنة). في عام 2018م، كشفت دراسة عن وجود الميكروبلاستيك في براز ثمانية أشخاص، وعلى الرغم من صغر حجم العيّنة وعدم وضوح مصدر البلاستيك، فإن النتائج تشير إلى احتمال تعرض البشر للخطر. لا يقتصر إلقاء كميات كبيرة من البلاستيك في البيئة البحرية على تلويث المحيطات فحسب، بل يُلحق الضرر بنا نحن أيضًا.

امتصاص المركبات السامة بواسطة البلاستيك والمخاطر التي تهدد الكائنات الحية، بما في ذلك البشر

توجد العديد من المركبات السامة المحتملة في مياه البحر، وقد أُطلِق العديد منها نتيجة الأنشطة البشرية. العديد من هذه المركبات كارهة للماء غير قطبية، ما يجعلها تلتصق بالميكروبلاستيك التي بدورها تمتص وتُركِّز السموم. وعند استهلاك الكائنات البحرية للميكروبلاستيك، فإنها تستهلك أيضًا المركبات السامة المرتبطة بها. تشمل بعض هذه المركبات السامة ما يأتي:

- ثنائي الفينيل متعدد الكلور Polychlorinated (PCBs) biphenyls: قد يؤثر على القدرة الإنجابية، والهرمونات، والجهاز المناعي لدى الكائنات الحية.
- بيسفينول Bisphenol A (BPA) A: قد يؤثر على نشاط الغدة الدرقية ويقلل من إنتاج الحيوانات المنوية.

يُراكم البلاستيك مزيجًا من السموم، والتي يمكن أن يتزايد تركيزها على طول السلاسل الغذائية وتصل في النهاية إلى البشر. وقد تم اكتشاف العديد من هذه المركبات، والتي يُعرف أن لها تأثيرات سلبية على الصحة.

ابتلاع الماكروبلاستيك بواسطة الكائنات الحية البحرية

قد تتعرض الكائنات الحية البحرية للضرر إذا استهلكت قطعًا كبيرة من النفايات البلاستيكية. إذ يمكن أن تسبب هذه القطع انسدادًا في الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي. غالبًا ما تخطئ الطيور البحرية؛ فتظن قطع البلاستيك طعامًا، وتقوم أحيانًا بإطعامها لصغارها، ما يشكل خطرًا على حياتها. تُظهر الصورة (٧-٨) بقايا طائر القطرس الذي ابتلع كميات كبيرة من النفايات البلاستيكية.

السلاحف تحديدًا معرضة للأذى نتيجة تناول البلاستيك، بخاصة الأكياس البلاستيكية، حيث تخطئ في التعرف عليها وتعتقد أنها قناديل البحر.

في عام 2017م، تم العثور على حوت منقار البط Sick goose-beaked whale على أحد شواطئ النرويج وهو في حالة مرضية خطرة. فقد كان الحيوان مريضًا جدًا لدرجة الاضطرار إلى إنهاء حياته رأفة به. وعند تشريحه، اكتشف العلماء وجود 30 كيسًا بلاستيكيًا كانت تسد قناته الهضمية.

تَشَابُك الكائنات البحرية

قد تُسبب نفايات الماكروبلاستيك أضرارًا جسدية للكائنات البحرية؛ إذ يمكن أن تعلق الأسماك، والسلاحف، والطيور، والثدييات البحرية في الحبال والشباك المصنوعة من النايلون التي تُسمى **شباك الصيد الشبحية Ghost fishing nets** التي تُلقى من سفن الصيد (الصورة ٧-١١). إذا لم تستطع هذه الكائنات التحرك، فقد تتعرض للاختناق أو الغرق أو الموت جوعًا. حتى وإن تمكنت من الهرب، فإنها غالبًا ما تُصاب بجروح خطرة تجعلها فريسة سهلة للمفترسات أو قد تموت بسبب العدوى. ويُعتقد أن ما يصل إلى نصف مليون من الكائنات الحية الثديية البحرية تموت سنويًا بسبب شباك الصيد الشبحية.

مصطلحات علمية

شباك الصيد الشبحية Ghost fishing nets: معدات الصيد التي فُقدت من القوارب ولكنها لا تزال تحتجز وتقتل الكائنات البحرية.

الصورة ٧-١١ سلحفاة متشابكة في شبكة من نايلون.

الحد من إطلاق البلاستيك

هناك عدة استراتيجيات يمكن اتخاذها لمحاولة منع المزيد من الأضرار أو لتقليل الضرر الذي تسبب به الإنسان. يمكن تنفيذ هذه الاستراتيجيات على مستويات مختلفة من المجتمع:

الاتفاقيات بين الحكومات

تجتمع الدول لعقد اتفاقيات تهدف إلى تقليل إطلاق البلاستيك في البيئة. ونظرًا إلى أن المحيطات تحدها العديد من الدول المختلفة، فإن التعاون الدولي أمر ضروري؛ فالبلاستيك الذي تُلقيه دولة واحدة في المحيط قد يمتد أثره ليصل إلى جميع الدول المجاورة.

سياسات الحكومات الوطنية

يمكن للحكومات الوطنية تنفيذ إجراءات مثل حظر استخدام الأكياس البلاستيكية، وفرض ضرائب على الأكياس والعبوات البلاستيكية، وتشجيع استخدام البلاستيك القابل للتحلل البيولوجي، وتحسين خدمات جمع النفايات، وتوفير مرافق إعادة التدوير، وزيادة عدد حاويات النفايات، في المناطق الساحلية، وتطبيق القوانين التي تمنع إلقاء البلاستيك في البيئة. يمكن تقديم حوافز ضريبية للشركات التي تقلل من استخدام العبوات البلاستيكية والأكواب والأكياس البلاستيكية التي تستخدم لمرة واحدة. وضمن رؤية عُمان 2040م، قامت هيئة البيئة في سلطنة عمان بتنفيذ حظر وطني على استخدام الأكياس البلاستيكية التي تستخدم لمرة واحدة.

المستهلكون الأفراد والمجموعات المحلية

البشر، كمستهلكين، يستطيعون إحداث فرق كبير؛ إذ يمكنهم التقليل من استخدام البلاستيك وذلك باتخاذ عدة إجراءات مثل عدم استخدام أكواب المشروبات البلاستيكية التي تستخدم لمرة واحدة، وماصّات الشرب البلاستيكية، والتغليف المفرط، وإعادة استخدام أكياس التسوق، والتأكد من عدم وصول النفايات إلى البحر.

تجتمع المجموعات المحلية (الفرق التطوعية) المعنية بالحفاظ على البيئة البحرية لجمع النفايات من الشواطئ وزيادة الوعي عن طريق عقد الاجتماعات والندوات العامة. فعلى سبيل المثال، إذا توقف مليون شخص عن استخدام ماصة بلاستيكية واحدة في الأسبوع، فسيؤدي ذلك إلى تقليل عدد ماصّات الشرب البلاستيكية الملقاة إلى 52 مليون ماصّة شرب سنويًا.

أسئلة

٧ لخص الفروقات بين الميكروبلاستيك الأولي، والميكروبلاستيك الثانوي، والماكروبلاستيك.

٨ اشرح لماذا يُعدّ استهلاك العوالق البحرية للميكروبلاستيك خطرًا على الإنسان؟

مشروع: رفع الوعي العام بشأن التهديدات التي تواجه محيطاتنا

صمم سلسلة من ملصقات المعلومات والمنشورات لرفع الوعي العام حول التهديد الذي يشكله البلاستيك على البيئة البحرية.

يجب أن تكون الملصقات والمنشورات جاذبة، ومعلوماتية أيضًا. وأن تكون قادرة على شرح القضايا لأفراد من العامة الذين ليس لديهم خلفية علمية.

التفكير في المشروع

يمكن لمجموعة من الطلبة عرض ملصقاتهم ومنشوراتهم في الصف ودعوة الحضور لمشاهدتها. بعد ذلك، يمكن للمشاهدين تقييم كل عرض من حيث جودة المعلومات، والعرض التقديمي، والوضوح.

٣-٧ تحمّض المحيطات

في الوحدة الرابعة: إدارة تغير المناخ، تم استقصاء ظاهرة الاحتباس الحراري وتأثيرها على الحياة في كوكب الأرض. وتعلمت أن احتراق الوقود الأحفوري يسبّب زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى الاحتباس الحراري المُعَزَّز. إن ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد يؤثر في درجة حموضة المحيطات، وهو ما قد يترتب عليه عواقب خطرة محتملة على البيئة البحرية.

دورة الكربون والمحيط

يُعدّ ثاني أكسيد الكربون غازًا قابلًا للذوبان بدرجة كبيرة، إذ يذوب في مياه المحيطات وينتقل بين المحيطات والغلاف الجوي عن طريق الانتشار. يوجد في المحيطات ما يقرب من 50 ضعف كمية ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالغلاف الجوي للأرض، وبالتالي تعمل المحيطات كمصرف لثاني أكسيد الكربون. إذا زاد إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، يتم امتصاص الجزء الأكبر منه بواسطة مياه المحيط. وعندما ينتشر ثاني أكسيد الكربون في الماء، فإنه ينتج حمضًا ضعيفًا يسمى حمض الكربونيك (H_2CO_3). ويتفكك حمض الكربونيك إلى أيونات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-) وأيونات الهيدروجين (H^+)، ما يجعل المحلول حامضيًا.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

تعتمد العديد من الكائنات البحرية في بناء هياكلها على كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، إذ يتكوّن الهيكل الصلب للشعاب المرجانية وأصداف كثير من الرخويات من هذه المادة. تأخذ هذه الأنواع أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) وأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) من الماء وتدمجها لتكوين كربونات الكالسيوم الصلبة.

إذا كان الماء يحتوي على تركيز عالٍ من أيونات الهيدروجين (H^+)، وأصبح بذلك أكثر حمضية، فإن أيونات الهيدروجين تتفاعل مع أيونات الكربونات لتكوين المزيد من أيونات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-).

$$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$$

$$CO_3^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-$$

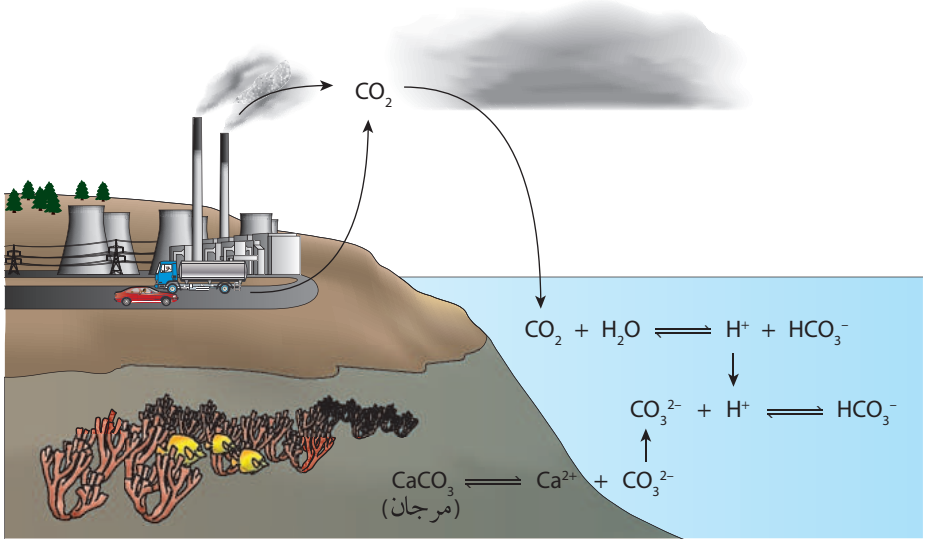
احتراق الوقود الأحفوري وتحمّض المحيطات

تشير التقديرات إلى أن حموضة المحيطات قد زادت بنحو 25% منذ بداية الثورة الصناعية، إذ انخفض (pH) من (8.2) إلى مستواه الحالي (8.1). تمتص المحيطات نحو 20 مليون طن يوميًا من ثاني أكسيد الكربون الناتج من الأنشطة البشرية، وهو ما يمثل نحو ثلث إجمالي ثاني أكسيد الكربون المنتَج.

على الرغم من أن المحيطات يمكنها أن تنظّم ثاني أكسيد الكربون الفائض الذي ننتجه، ما يمنع تراكمه في الغلاف الجوي، إلا أن لهذا الأمر تبعات، أبرزها:

- زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تؤدي إلى زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون التي تدخل المحيطات، ما يزيد من تركيز حمض الكربونيك.
- يؤدي ذلك إلى انخفاض (pH) بسبب زيادة أيونات الهيدروجين.
- تتفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات الكربونات، ما يؤدي إلى إنتاج المزيد من أيونات الكربونات الهيدروجينية.
- يقل تركيز أيونات الكربونات في الماء.
- ينخفض تركيز أيونات الكربونات المتوافرة للكائنات البحرية لبناء هياكلها.
- يتم تحرير أيونات الكربونات من كربونات الكالسيوم الموجودة في الشعاب المرجانية والأصداف إلى الماء، ما يضعف الهياكل الموجودة.

تبقى تراكيز الأيونات المختلفة في حالة اتزان، فإذا تغير تركيز أحدها، يتأثر اتزان جميع الأيونات الأخرى. إن زيادة تراكيز ثاني أكسيد الكربون في المحيطات تؤدي إلى تحمّض المحيطات، فتقل كمية أيونات الكربونات المتاحة للمرجان لبناء شعابها، وللرخويات لتشكيل أصدافها. إن كربونات الكالسيوم الموجودة في الشعاب المرجانية والأصداف تتحلل في الماء، فتضعف هياكلها. يوضّح الشكل (٧-٨) كيف يذوب ثاني أكسيد الكربون في مياه المحيط ويؤثر على ترسيب أيونات الكالسيوم.



الشكل ٧-٨ تأثيرات زيادة CO_2 وتحمّض المحيط على المرجان.

مهارة استقصاء عملي ٧-١: استقصاء تأثير انخفاض (pH) على كتلة صدفة الرخويات

مقدمة

إذا استمرت تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الارتفاع، فسوف يذوب المزيد من ثاني أكسيد الكربون في المحيطات. قد يؤدي ذلك إلى زيادة حموضة المحيطات، والتي يمكن أن تضرّ بالشعاب المرجانية وأصداف الرخويات. في هذا الاستقصاء سيتم نمذجة تأثير قيم (pH) على كتلة أصداف الرخويات.

المواد والأدوات

ستحتاج إلى:

- ميزان إلكتروني.
- مخبار مدرّج سعته 100 mL
- كؤوس زجاجية سعة كل منها 250 mL
- 4 أصداف رخويات (مثل الحلزون، بلح البحر، كوكل Cockle، المحار).
- 250 mL ماء مقطر.
- 250 mL حمض الأسيتيك بتركيز $0.1\ mol\ L^{-1}$ (يمكن استخدام الخل).
- 250 mL حمض الهيدروكلوريك بتركيز $0.1\ mol\ L^{-1}$
- 250 mL حمض الكربونيك بتركيز $0.1\ mol\ L^{-1}$ (يمكن تحضيره عن طريق نفخ هواء الزفير عبر ماصّة شرب في الماء – استخدم ورق الكاشف العالمي للتحقق من وصول قيمة (pH) إلى ما بين (4 و 5)).
- ورق الكاشف العالمي.

احتياطات الأمان والسلامة

ارتدِ واقيَ العينَين عند التعامل مع الأحماض. إذا لامس الحمض الجلد، فاغسله بالماء.

التمهيد

أ. اشرح السبب في أن الحموضة تؤدي إلى فقدان كتلة الصدفة؟

ب. اذكر المتغير المستقل والمتغير التابع.

ج. اذكر المتغيرات الضابطة التي يجب التحكم فيها.

الطريقة

١. سمّ أربع كؤوس: ماء، حمض الهيدروكلوريك، حمض الأسيتيك، وحمض الكربونيك.

٢. قس كتلة أربع أصداف وسجل قياسها في (الجدول ٧-٨).

٣. ضع صدفة واحدة في كل كأس وغطها بالمحلول المناسب.

٤. استخدم ورق الكاشف العالمي لتحديد (pH) لكل محلول. سجل كل قيمة (pH) في الجدول.

٥. اترك الكؤوس لمدة 24 ساعة.

٦. أخرج كل صدفة باستخدام ملقط، جففها بمناديل ورقية، ثم أعد قياس كتلتها. سجّل الكتلة في الجدول. أعد الأصداف إلى المحاليل المناسبة.

٧. كرر الخطوة ٦ بعد سبعة أيام.

المحلول	(pH)	كتلة الأصداف/g			النسبة المئوية للتغير (%)	
		الابتدائية	بعد 24 ساعة	بعد 7 أيام	بعد 24 ساعة	بعد 7 أيام
الماء						
حمض الهيدروكلوريك						
حمض الأسيتيك						
حمض الكربونيك						

الجدول ٧-٨ جدول النتائج لتوضيح تأثير الحمض على كتلة أصداف الرخويات.

(تابع)

التحليل والاستنتاج والتقويم

د. استخدم المعادلة الآتية لحساب النسبة المئوية للتغير في كتلة الأصداف بعد 24 ساعة و 7 أيام:

$$\text{النسبة المئوية للتغير} = \frac{(\text{الكتلة النهائية} - \text{الكتلة الابتدائية})}{\text{الكتلة الابتدائية}} \times 100\%$$

سجّل إجاباتك في الجدول ٧-٨.

هـ. ارسم تمثيلًا بيانيًا بالأعمدة يُظهر النسبة المئوية للتغير في كتلة الأصداف بعد 24 ساعة و7 أيام. لاحظ أن بعض النتائج قد تُظهر تغيرًا إيجابيًا في النسبة المئوية، في حين قد تُظهر أخرى تغيرًا سلبيًا. فكّر جيدًا في كيفية عرض ذلك.

و. صف تأثير المحاليل المختلفة على النسبة المئوية للتغير في كتلة الأصداف.

ز. اشرح تأثير الأحماض المختلفة على النسبة المئوية للتغير في كتلة الأصداف.

ح. اشرح سبب حساب النسبة المئوية للتغير في الكتلة عوضًا من حساب التغير في الكتلة ببساطة.

ط. اقترح كيفية تعديل الاستقصاء لتحديد أقصى معدل لانخفاض كتلة أصداف الرخويات. ستحتاج إلى شرح كيفية تحليل نتائجك.

ي. أعطِ متغيرًا واحدًا لم يتم التحكم فيه، ووضّح كيف يمكن أن يؤثر على النتائج.

أسئلة

٩ اشرح لماذا ينخفض (pH) مياه المحيط عندما يذوب فيها المزيد من ثاني أكسيد الكربون.

ملخّص

تؤثر صناعة النفط على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- إدخال الملوثات والسموم إلى المياه، مثل المعادن الثقيلة، والهيدروكربونات، والمشتتات السامة، ومستحلب النفط، ما يؤثر على جودة المياه وخصائصها.
- إلحاق أضرار بالمواطن البيئية نتيجة الاستكشاف، والحفر، والانسكاب النفطي.
- التسبب بانخفاض التنوع البيولوجي بسبب ابتلاع النفط السام، والاختناق، وفقدان العزل الحراري، والتأثير على مواسم التكاثر.
- إحداث اضطراب في الشبكات الغذائية عن طريق فقدان المنتِجات، وفقدان المفترسات العليا، والنمو المفرط للبكتيريا المحللة.

تؤثر الزراعة على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- زيادة الرواسب والأيونات المعدنية مثل النترات والفوسفات الناتجة من الجريان السطحي، بالإضافة إلى مبيدات الآفات والتعكر.
- زيادة ازدهار الطحالب ما يؤدي إلى انخفاض تركيز الأكسجين وتقليل اختراق الضوء.
- التسبب بانخفاض التنوع البيولوجي بسبب نقص الأكسجين، وتأثير مبيدات الآفات، وسموم الطحالب.
- إحداث اضطراب في الشبكات الغذائية نتيجة فقدان التنوع البيولوجي.

تؤثر منشآت الطاقة المتجددة على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- توربينات الرياح تؤدي إلى زيادة التعكر أو تسرب المواد الكيميائية.
- سدود المد والجزر تسبب انخفاض التعكر، وزيادة الترسيب، وتغيرات في الملوحة.
- توربينات الرياح وسدود المد والجزر قد تلحق الضرر بقاع البحر والمواطن البيئية الأخرى.
- سدود المد والجزر قد تمنع الأنواع المهاجرة من العودة إلى الأنهار.
- تصادم الطيور والثدييات البحرية مع توربينات الرياح أو أجهزة توليد الطاقة من الأمواج.
- توربينات الرياح وسدود المد والجزر قد تؤثر على أنماط هجرة بعض الأنواع.
- سدود المد والجزر قد تؤدي إلى ازدهار الطحالب.
- فقدان الطيور والثدييات البحرية الكبيرة قد يؤدي إلى زيادة أعداد الفرائس.
- أجهزة توليد الطاقة من الأمواج قد تعمل كأجهزة لجذب الأسماك.
- سدود المد والجزر قد تؤدي إلى فقدان المفترسات مثل الفقمات في مصبات الأنهار.

يؤثر تصريف مياه الصرف الصحي على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- زيادة الرواسب، والمنظفات، والسموم، والميكروبات الضارة، وتغير تركيز الأيونات المعدنية.
- تحلل المواد العضوية الذي يؤدي إلى انخفاض تركيز الأكسجين.
- تراجع التنوع البيولوجي نتيجة نقص تركيز الأكسجين والعدوى بالميكروبات الضارة.
- اضطراب الشبكات الغذائية على عدة مستويات بسبب السموم والمنظفات والعدوى.

يؤثر التخلص من النفايات على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- زيادة في الجسيمات الدقيقة للبلاستيك المعلقة ما يؤدي إلى تعكر المياه.
- النفايات، مثل البلاستيك، تُدّمر المواطن البيئية وتسد المواطن المائية السطحية.
- فقدان الأسماك، والثدييات البحرية، والطيور والسلاحف بسبب الأضرار الجسدية الناجمة عن النفايات مثل الشباك والابتلاع.
- انخفاض أعداد العوالق النباتية بسبب تقليل اختراق الضوء الناجم عن الجسيمات الدقيقة.
- فقدان المفترسات نتيجة الأضرار الجسدية الناتجة من النفايات وابتلاعها.

تؤثر محطات تحلية المياه على النظم البيئية البحرية عن طريق:

- إطلاق كميات كبيرة من الملح، ومواد تنظيف سامة، وأيونات معدنية ثقيلة سامة، وأحماض وقواعد، ومنظفات كيميائية، ورواسب في المياه.
- إلحاق أضرار بقاع البحر، وفقدان العوالق النباتية نتيجة ارتفاع الملوحة ودرجة الحرارة، بالإضافة إلى إثارة الرواسب.
- انخفاض التنوع البيولوجي، خصوصًا في الكائنات الحية المتوافقة أسموزيًا الثابتة والكائنات الأصغر.
- اضطراب الشبكات الغذائية بسبب التغير في الملوحة، وفقدان العديد من الكائنات المتوافقة أسموزيًا، وفقدان يرقات وبيض العوالق البحرية.

التراكم الحيوي للسموم داخل أفراد الكائنات الحية والتضخم الحيوي على طول السلاسل الغذائية يؤثر على المفترسات العليا. يتضمن ذلك الزئبق الناتج من احتراق الوقود الأحفوري، والمعادن الثقيلة مثل (TBT) الموجود في طلاء الحشف.

الميكروبلاستيك هي جسيمات بلاستيكية يقل قطرها عن 5 mm، وتنقسم إلى فئتَين رئيسيتَين: الميكروبلاستيك الأولي، والميكروبلاستيك الثانوي.

معظم البلاستيك لا يتحلل بيولوجيًا، لكنه يمكن أن يتفكك ليُشكّل قطع ميكروبلاستيكية ثانوية عن طريق تأثير الأشعة فوق البنفسجية، وفعل الأمواج، والرياح، وتركيز الأكسجين، والحرارة، ومن المرجح أن تؤدي المياه الأكثر دفئًا إلى تسريع هذه العملية، في حين أن البلاستيك الذي يغرق إلى الأعماق الباردة والتي تخلو من الأكسجين يُحتمل أن يتحلل بشكل أبطأ.

يحدث امتصاص الميكروبلاستيك عندما تبتلع العوالق الحيوانية البلاستيك أو يعلق في خياشيمها. ثم يتم نقل الميكروبلاستيك على طول السلسلة الغذائية. كما يتم استهلاك المركبات السامة المرتبطة بالبلاستيك، ما يؤدي إلى تراكمها حيويًا والتسبب بتاثيرات صحية سلبية، مثل التأثير على القدرة الإنجابية.

يمكن أيضًا أن تبتلع الكائنات البحرية الماكروبلاستيك، ما يؤدي إلى حدوث انسدادات في أجسامها والموت (على سبيل المثال، شباك الصيد الشبحية).

استراتيجيات للحد من إطلاق الماكروبلاستيك والميكروبلاستيك في النظام البيئي البحري تشمل ما يأتي: الاتفاقيات الدولية بين الحكومات، والسياسات الحكومية الوطنية مثل حظر استخدام الأكياس البلاستيكية، والإجراءات الفردية والمحلية، مثل اختيار تقليل التغليف وجمع القمامة.

مع زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، يزداد ثاني أكسيد الكربون المذاب في المياه.

تعمل المحيطات كمنظم ومصارف لامتصاص الفائض من ثاني أكسيد الكربون الناتج من النشاط البشري، إذ يذوب ثاني أكسيد الكربون بسهولة في الماء.

يتفاعل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مع الماء لتكوين حمض الكربونيك (H_2CO_3) ويتفكك حمض الكربونيك إلى أيونات الهيدروجين (H^+) وكربونات الهيدروجين (HCO_3^-) ، ما يؤدي إلى ارتفاع تركيز أيونات الهيدروجين وانخفاض (pH) لمياه البحر.

تتفاعل أيونات الهيدروجين (H^+) مع أيونات الكربونات (CO_3^{2-})، في الماء، ما يقلل من توافر أيونات الكربونات.

تبني المرجانيات والكائنات ذات الأصداف الصلبة هياكل أو أصداف من كربونات الكالسيوم باستخدام أيونات الكالسيوم وأيونات الكربونات (CO_3^{2-}).

يؤدي انخفاض تركيز أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) إلى التأثير على قدرتها على بناء هذه الهياكل أو الأصداف. كما أن الهياكل والأصداف الموجودة تفقد أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) إلى البيئة المحيطة، ما يؤدي إلى إضعافها.

يؤدي انخفاض (pH) في المحيط إلى تراجع في كتلة الأصداف الفارغة لدى الرخويات، وتؤدي الحمضية العالية إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين (H^+)، التي تتفاعل مع أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) لتكوين أيونات الكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-). ونتيجة لذلك، يتفكك المزيد من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) أيونات الكالسيوم والكربونات، ما يؤدي إلى تحلّل الهياكل الكلسية للكائنات البحرية.

أسئلة نهاية الوحدة

١ كيف تؤثر الزراعة على البيئات البحرية؟

أ. انخفاض معدلات الترسيب

ب. تقليل ازدهار الطحالب الضار

ج. إدخال المغذيات ما يؤدي إلى الإثراء الغذائي

د. زيادة التنوع البيولوجي في المناطق الساحلية. [1]

٢ أي مما يأتي يُعدّ تأثيرًا للبلاستيك على البيئة البحرية؟

أ. يزيد الميكروبلاستيك من توافر المغذيات للأسماك

ب. تستهلك العوالق الميكروبلاستيك، فينتقل على طول السلسلة الغذائية

ج. يعمل الميكروبلاستيك على تحسين التكاثر للكائنات البحرية

د. يدخل الماكروبلاستيك في الشبكات الغذائية، فيغذي الكائنات البحرية الأكبر حجمًا. [1]

٣ ما التأثير الأولي لانخفاض توافر أيونات الكربونات في مياه المحيط؟

أ. تقليل حموضة المحيطات

ب. تحسين تكوين الأصداف في الرخويات

ج. تعزيز عملية التمثيل الضوئي في العوالق

د. تعيق بناء هياكل كربونات الكالسيوم للمرجان. [1]

٤ تم تحليل تركيز الزئبق الموجود في أنسجة الجسم لأنواع مختلفة من الأسماك البحرية، ثم مقارنة التراكيز مع متوسط المستوى الغذائي للأسماك. يأخذ متوسط المستوى الغذائي في الاعتبار الأنواع المختلفة من الطعام الذي تتغذى عليه الأسماك. النتائج موضحة في الجدول (٧-٩).

النوع	متوسط تركيز الزئبق ppm/	الانحراف المعياري	متوسط المستوى الغذائي
سمك أبو سيف	0.995	0.870	4.5
سمك التونة الجاحظ	0.689	0.341	4.5
الهامور	0.448	0.278	4.2
سمك مسنن باتاغوني	0.253	0.303	4.3
الهلبوت	0.241	0.157	3.8
كواحة	0.181	0.139	4.5
التونة الوثابة	0.144	0.119	3.8
الشيم الكلبي	0.081	0.050	3.1
السردين	0.013	0.015	2.7
المحار	0.012	0.035	*

* يصعب تحديد المستوى الغذائي للمحار لأنه يتغذى بالترشيح على البقايا العضوية الميتة.

الجدول ٧-٩

(تابع)

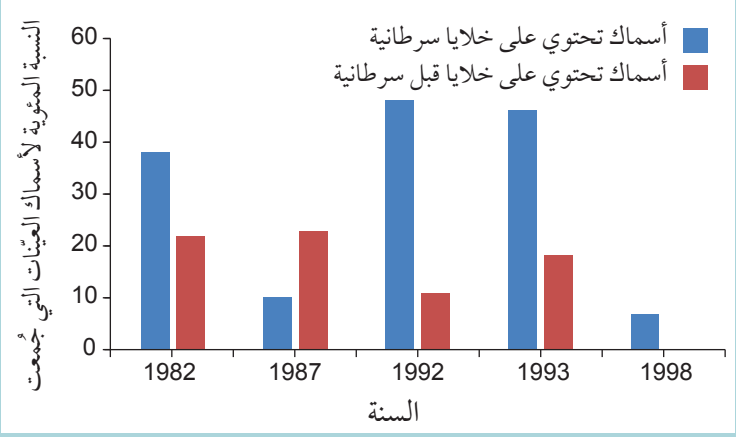
أ. صف كيف يتغير تركيز الزئبق مع زيادة متوسط المستوى الغذائي. **[2]**

ب. قدّم شرحًا للاختلافات في تراكيز الزئبق بين الأنواع المختلفة من الأسماك. **[4]**

ج. اقترح واشرح الأسباب التي تجعل بعض أنواع الأسماك يكون لها انحرافات معيارية أكبر من غيرها. **[3]**

[المجموع: 9]

٥ تدخل أحيانًا النفايات الصناعية إلى الأنهار وتحملها إلى مصبات الأنهار والبحر. قد تشمل هذه النفايات معادن ثقيلة مثل الزئبق. يستخدم التجريف Dredging أحيانًا لإزالة النفايات الضارة من الرواسب في قاع مصبات الأنهار، لكنه يتسبب بحدوث اضطراب أولي في المياه. يوضح الشكل (٧-٩) تأثير تجريف الرواسب الملوثة من قاع مصب النهر على معدل الإصابة بالسرطانات في الأسماك. تم أخذ عيّنات من الأسماك للبحث عن خلايا سرطانية وخلايا قبل سرطانية. لقد كان مصب النهر يستقبل نفايات صناعية من أحد المصانع، وقد تم إغلاق المنشأة الصناعية في عام 1983م، ثم تم تجريف النهر بين عامَي 1989م و 1990م.



الشكل ٧-٩

أ. ١. في عام 1992م، جمعت عيّنات من 84 سمكة. احسب عدد الأسماك التي تم العثور عليها مصابة بسرطان الكبد. **[2]**

٢. صف التغير في عدد الأسماك التي تحتوي على خلايا سرطانية والأسماك التي تحتوي على خلايا قبل سرطانية بمرور الوقت. **[5]**

٣. اقترح تفسيرًا للتغيرات التي طرأت على الأسماك التي تحتوي على خلايا سرطانية والأسماك التي تحتوي على خلايا قبل سرطانية. **[4]**

ب. ناقش التأثيرات المحتملة الأخرى للتخلص من النفايات وتجريف قاع مصب النهر على الحياة البحرية فيه. **[4]**

[المجموع: 15]

(تابع)

٦ أُجري استقصاء لدراسة تأثير محطة تحلية المياه الواقعة على ساحل البحر الأبيض المتوسط على تنوع أنواع اللافقاريات. تم جمع عيّنات عشوائية من الأنواع بالقرب من مخرج مياه محطة تحلية المياه، وكذلك بطريقة مشابهة من منطقة ضابطة مماثلة على طول الساحل في يوم واحد. سُجّل عدد كل نوع تم العثور عليه، إلى جانب عدة عوامل غير حيوية. النتائج موضحة في الجدولَين (٧–١٠) و (٧–١١).

النوع	عدد أفراد الحيوانات في كل موقع	
	محطة تحلية المياه	المنطقة الضابطة
الأَسِيدِيّا	5	27
الزبيدي الأصفر	7	24
نجم البحر الهش الشائع	4	5
سرطان الصخور	15	8
النجمة الريشية	2	17
قنفذ البحر الشائع	15	7
قنفذ البحر الأرجواني	0	16

الجدول ٧–١٠

العامل غير الحيوي	ماء محطة التحلية	ماء المنطقة الضابطة
pH	6.7	7.2
متوسط درجة الحرارة لعمق 10 m °C	16	12
تركيز الأكسجين /mgL^{-1}	6	9
اختراق الضوء	منخفض	مرتفع
الملوحة (%)	4.0	3.4

الجدول ٧–١١

أ. ١. اشرح: لماذا يتم جمع عيّنات من الحيوانات اللافقارية بشكل عشوائي؟ **[1]**

٢. اشرح الغرض من المنطقة الضابطة. **[1]**

٣. اقترح سبب وجود المنطقة الضابطة في مكان أبعد على الساحل بدلًا من أن تكون أبعد في البحر. **[1]**

ب. ١. صف التأثيرات العامة لمحطة تحلية المياه على الأنواع اللافقارية. **[3]**

٢. احسب النسبة المئوية للفرق في عدد سرطانات الصخور في المياه المحيطة بمحطة تحلية المياه مقارنة بالمنطقة الضابطة. **[2]**

٣. اقترح واشرح أسباب تأثير محطة تحلية المياه على العوامل غير الحيوية. **[3]**

٤. اقترح واشرح أسباب الاختلاف في أعداد الأنواع الموجودة في المياه المحيطة بمحطة تحلية المياه مقارنة بالمنطقة الضابطة. **[3]**

[المجموع: 14]

(تابع)

٧ عُثِر على النفايات الناتجة من الأنشطة البشرية في جميع أنحاء المحيط. يوضح الجدول (٧-١٢) نتائج مسح في منطقة دراسة، وقد أُدرجت أنواع النفايات الصناعية المكتشفة وعدد الأفراد من كل مجموعة بحرية في بيئتها الطبيعية والتي كانت متضررة منها على مدى عام واحد.

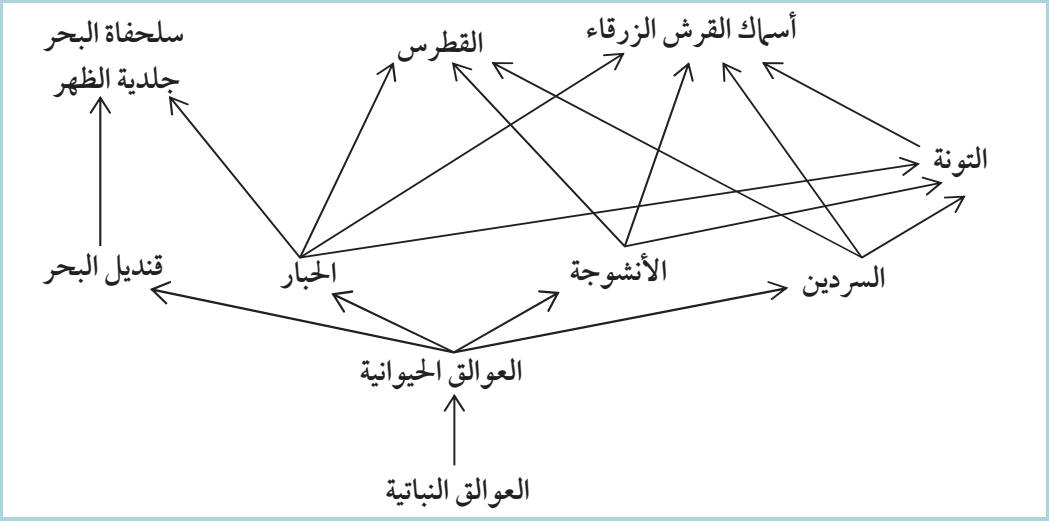
	نوع النفايات البحرية					
المجموعة البحرية في البيئة الطبيعية	عبوات بلاستيكية	علب معدنية	حطام الصيد	أكياس بلاستيكية	حبال أو خيوط	نفايات أخرى
الطيور	3	1	103	19	11	3
الأسماك	2	1	57	12	7	1
اللافقاريات	3	3	26	7	12	0
الثدييات	0	0	13	6	5	2
الزواحف	0	0	18	2	5	1

الجدول ٧-١٢

أ. حدد المجموعة البحرية التي لديها أكبر عدد من الأفراد المتضررة بالنفايات البحرية المضمّنة في الجدول (٧-١٢). [1]

ب. احسب النسبة المئوية لجميع الأسماك في الجدول (٧-١٢) المتأثرة بالأكياس البلاستيكية. [1]

يوضح الشكل (٧-١٠) جزءًا من شبكة غذائية في المحيط.



الشكل ٧-١٠

ج. يمكن للطيور البحرية مثل القطرس أن تخطئ في التعرف على البلاستيك العائم ظنًا منها أنها فرائسها. اشرح تأثير انخفاض أعداد القطرس على الشبكة الغذائية الموضحة في الشكل (٧-١٠). [4]

د. قد يدخل الميكروبلاستيك أيضًا إلى الشبكة الغذائية:

١. عرّف الميكروبلاستيك. [1]

٢. اشرح التأثير الذي يمكن أن يسببه الميكروبلاستيك على الشبكات الغذائية البحرية مثل تلك الموجودة في الشكل (٧-١٠). [5]

[المجموع: 12]

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
أشرح تأثيرات الأنشطة البشرية الآتية على جودة المياه البحرية، والمواطن البيئية، والكائنات الحية، والشبكات الغذائية: • صناعة النفط • الزراعة • منشآت الطاقة المتجددة • التخلص من مياه الصرف الصحي • التخلص من النفايات • محطات تحلية المياه.				١-٧
أشرح التراكم الحيوي والتضخم الحيوي للسموم على طول السلسلة الغذائية، بما في ذلك الزئبق الناتج من احتراق الوقود الأحفوري وثلاثي بوتيل القصدير (TBT) في الطلاء المضاد للحشف.				١-٧
أعرّف الميكروبلاستيك بأنه جسيمات بلاستيكية يبلغ قطرها أقل من 5 mm وأذكر أن له فئتَين رئيسيتين: الميكروبلاستيك الأولي والميكروبلاستيك الثانوي.				٢-٧
أصف أن معظم البلاستيك لا يتحلل بيولوجيًا ولكن يمكن تفكيكه لتكوين قطع من الميكروبلاستيك الثانوي، ويتأثر معدل هذه العملية بمجموعة من العوامل بما في ذلك: الأشعة فوق البنفسجية، وفعل الأمواج، والرياح، وتركيز الأكسجين، ودرجة الحرارة.				٢-٧
أصف تأثيرات الماكروبلاستيك والميكروبلاستيك على النظام البيئي البحري، بما في ذلك: • امتصاص وانتقال الميكروبلاستيك على طول السلسلة الغذائية، بما في ذلك المخاطر التي تهدد الإنسان • امتصاص المركّبات السامة بواسطة البلاستيك، وما يترتّب على ذلك من مخاطر عند استهلاكها من قبل الكائنات الحية، بما في ذلك الإنسان • ابتلاع الماكروبلاستيك بواسطة الكائنات الحية البحرية • التشابك (على سبيل المثال، شباك الصيد الشبحية).				٢-٧

(تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أناقش استراتيجيات الحد من إطلاق البلاستيك في النظام البيئي البحري.				٢-٧
أشرح العلاقات بين ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وثاني أكسيد الكربون المذاب وحموضة في المحيطات، وأصف كيف تساعد المحيطات في الحد من زيادة تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.				٣-٧
أصف كيفية تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء لتكوين أيونات الهيدروجين وأيونات كربونات الهيدروجين، وتأثير ذلك على (pH) وتوافر أيونات الكربونات.				٣-٧
أصف تأثير (pH) وتوافر أيونات الكربونات على المرجانيات والكائنات ذات الأصداف الصلبة.				٣-٧
أفسّر البيانات التي تظهر تأثير (pH) على فقدان كتلة أصداف الرخويات الفارغة.				٣-٧

الوحدة الثامنة

الحفاظ على التنوع البيولوجي والنظم البيئية

Conservation of Biodiversity and Ecosystems

أهداف التعلّم

٨-١ يشرح أن التنوع البيولوجي يمكن أن يكون على ثلاثة مستويات مختلفة:

- تنوع الأنواع (وفرة وثراء الأنواع في مكان معيّن)
- التنوع الجيني (التباين في أشكال الجينات (الأليلات) داخل النوع الواحد)
- التنوع البيئي (التباين في النظم البيئية أو المواطن البيئية على المستوى الإقليمي والعالمي).

٨-٢ يعرّف مصطلحَي الأنواع المحلية والأنواع الغازية.

٨-٣ يشرح تأثيرات الأنواع الغازية على التنوع البيولوجي.

٨-٤ يصف ويشرح فوائد الحفاظ على التنوع البيولوجي متضمنًا:

- الأمن الغذائي
- النمو الاقتصادي والحد من الفقر
- مكافحة تغير المناخ
- الموارد الطبية
- التنوع الجيني
- الموارد وتشمل الغذاء، والخشب، والألياف، والزيوت، والمياه النظيفة، والوقود
- الأمن البيئي
- القيمة الثقافية والترفيهية.

٨-٥ يناقش أهمية الشعاب المرجانية، بما في ذلك التنوع البيولوجي، وحماية السواحل، ومصدر الغذاء والأدوية، والترفيه والسياحة.

٨-٦ يصف أسباب تعرية الشعاب المرجانية، بما في ذلك التعرية البيولوجية، وتغير (pH)، وتغير درجة الحرارة، والأضرار المادية والرواسب، وتأثيرات تعرية الشعاب المرجانية.

٨-٧ يناقش مزايا وعيوب استخدام الشعاب الاصطناعية.

٨-٨ يناقش أهمية غابات القرم، بما في ذلك مصدر الغذاء، والخشب، ومصدر الوقود، والتنوع البيولوجي، وحماية السواحل، ومنع الفيضانات، وتنقية المياه، والسياحة البيئية، ومخازن الكربون الأزرق.

٨-٩ يصف التهديدات التي تتعرض لها غابات القرم، بما في ذلك تغيّر درجة الحرارة بفعل تغير المناخ والحصاد الجائر، والأضرار الناجمة عن العواصف، والتغير في استخدام الأراضي الساحلية.

٨-١٠ يشرح أنه بسبب اتساع نطاق العديد من النظم البيئية البحرية، فإن التعاون الدولي والتشريعات ضروريان، إلا أن تحقيق ذلك لا يكون ممكنًا دائمًا (على سبيل المثال، عدم انضمام جميع الدول إلى قرار الحظر الصادر عن اللجنة الدولية لصيد الحيتان (IWC) أو اتفاقية التجارة الدولية في الأنواع المهددة بالانقراض (CITES))، وتأثيرات ذلك في الحفاظ على النظم البيئية البحرية.

قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة

١ صف الأسباب الرئيسية للاختلافات في التنوع البيولوجي بين الصحارى الحارة والغابات الاستوائية المطيرة.

٢ ناقش طرائق حماية التنوع البيولوجي مع أمثلة على جهود الحفاظ عليه التي تعرفها.

العلوم البيئية ضمن سياقها

الحفاظ على الأنواع النادرة أو غير المعتادة

تُعدّ الأنواع النادرة وغير المعتادة مختلفة جسميًا وجينيًا عن الأنواع الأخرى التي تتشارك معها في النظم البيئية نفسها. ما يعني أنها تؤدي دورًا فريدًا في خدمات النظام البيئي. كما أنها توفر نوعًا من التأمين لمستقبل كوكب يتأقلم مع تغير المناخ.

بالإضافة إلى قدرتها على البقاء، توفر الأنواع النادرة وغير المعتادة فوائد أخرى. فقد وجد العلماء أن بعض الأنواع تسهم في نظمها البيئية، وتساعد في دعم حياة الإنسان بعدة وسائل. على سبيل المثال:

- سلحفاة كانتور العملاقة Cantor's giant ذات القشرة الناعمة تعيش في الأنهار الهندية، وتحقق التوازن في النظام البيئي. لكن النظام البيئي للنهر سينهار إذا انقرضت هذه السلحفاة. يعتمد الناس في الهند على هذه الأنهار للحصول على الغذاء والماء، لذا سيكون لفقد السلحفاة تأثير مباشر على حياة السكان.
- للعديد من الأنواع فوائد طبية محتملة. على سبيل المثال، يحتوي نبات البنفسج الوردي *Catharanthus roseus* في مدغشقر على مواد كيميائية تستخدم في علاج السرطان.

وبالإضافة إلى فائدتها للبشر، تؤدي العديد من الأنواع دورًا مهمًا في خدمات النظام البيئي الذي تعيش فيه، فقد تكون مكونًا أساسيًا في سلسلتها الغذائية، أو قد تساعد في استقرار أو تجديد المواطن البيئية للنظام البيئي.

قد تكون بعض الأنواع نادرة أو مهددة بسبب الاستغلال المفرط (الصيد والبيع)، أو تدمير مواطنها البيئية. وقد يكون لبعض الأنواع نطاق محدود، وتعتمد على ظروف محددة جدًا لموطنها البيئي، مثل الآغوتا Agouta الوارد في الشكل ٨-١، والذي يُعدّ من الأنواع ذات الأولوية Priority species. تعني حماية هذه الأنواع حماية العديد من الأنواع الأخرى التي تشاركها موطنها البيئي.

الشكل ٨-١ يعد الآغوتا *Solenodon paradoxus* مثالًا على نوع غير اعتيادي.

أسئلة للمناقشة

١. كيف تساعد حماية الأنواع ذات الأولوية في حماية الأنواع الأخرى؟

٢. هل يحدث فرقاً إذا انقرض نوع واحد فقط؟ اشرح إجابتك.

٣. «التدابير الحالية لحماية الأنواع النادرة وغير المعتادة فعالة». ما مدى موافقتك على هذه العبارة؟ ناقش رأيك في مجموعة.

٨-١ إدارة التنوع البيولوجي

يصف **التنوع البيولوجي** Biodiversity درجة تنوع الكائنات الحية والنظم البيئية على كوكب الأرض. وتتميز البحار والمحيطات العالمية بمستوى مرتفع جدًا من التنوع البيولوجي، الذي يكون على ثلاثة مستويات: **تنوع الأنواع** Species diversity و**التنوع الجيني** Genetic diversity و**التنوع البيئي** Ecological diversity. تتضافر هذه المستويات لتوضيح مدى تعقيد الحياة على كوكب الأرض، وتُعدّ خطوة أساسية لفهم أهمية الحفاظ على التنوع البيولوجي في جميع النظم البيئية.

مصطلحات علمية

التنوع البيولوجي Biodiversity: مقياس لتنوع الأنواع والتنوع الجيني والتنوع البيئي للأنواع المختلفة.

تنوع الأنواع Species diversity: وفرة وثراء الأنواع في مكان معيّن.

التنوع الجيني Genetic diversity: تنوع أشكال الجينات (الأليلات) داخل النوع الواحد.

التنوع البيئي Ecological diversity: التنوع في النظم البيئية أو المواطن البيئية على المستوى الإقليمي أو العالمي.

أنواع التنوع البيولوجي

تنوع الأنواع

يُعدّ تنوع الأنواع مقياسًا يجمع بين وفرة الأنواع وثرائها في مكان وزمان محدَّدين. وتشير وفرة الأنواع Species abundance إلى عدد الأفراد من كل نوع والتوزيع المتكافئ لها Evenness of distribution، في حين يقيس ثراء الأنواع Species richness عدد الأنواع المختلفة في منطقة معينة.

تُوفّر الشعاب المرجانية العديد من الأطر البيئية Ecological niches التي تستغلها طائفة واسعة من الكائنات الحية، ما يجعلها من أغنى مناطق العالم من حيث التنوع البيولوجي (الصورة ٨-١). في المقابل، تحتوي مواطن أخرى مثل الشواطئ الرملية على عدد أقل بكثير من الأنواع.

الصورة ٨-١ سمكة النهاش ذات البقع السوداء *Lutjanuse ehrenbergii* تسبح فوق الشعاب المرجانية مع مرجان سوط البحر الأحمر *Ellisella sp.* والمرجان الجلدي Alcyoniidae. تعيش العديد من الأنواع في هذه الشعاب المرجانية، في محمية جزر الديمانيات الطبيعية في سلطنة عُمان.

التنوع الجيني

تُحمل الجينات على الأحماض النووية (DNA أو RNA) وهي تمثل الشيفرة الجينية التي تُوجّه جميع العمليات الحيوية في الكائنات الحية على كوكب الأرض. الأشكال المختلفة من الجين نفسه تسمى الأليلات Alleles، وهي المسؤولة عن التشابه والاختلاف بين الأنواع. على سبيل المثال، يوجد عدة جينات للون العيون عند الإنسان، ويتضمن كل جين أليلات مختلفة، وتحدّد الأليلات المختلفة لون عيون الفرد. التنوع الجيني يصف تنوع أشكال أليلات الجينات داخل النوع، إذ يحتوي كل نوع على عدد محدّد من الجينات، ويمتلك الأفراد داخل النوع الواحد تركيب خاص من الأليلات الجينية. الجماعة الأحيائية هي جميع أفراد النوع الواحد في منطقة واحدة وفي وقت واحد، ولكل جماعة أحيائية تكرار أليل جيني مختلف. يمكن تقييم التنوع الجيني داخل النوع عن طريق معرفة تكرار الأليل Allele frequency لكل جين. ومن المهم فهم التنوع الجيني للجماعات الأحيائية المختلفة في النوع، إذ يمكن أن يكون نطاق الأليلات أصغر في بعضها نتيجة حدوث تزاوج داخلي. وقد يؤدي انخفاض عدد الأليلات إلى

انخفاض قدرة الجماعات الأحيائية على التأقلم عند حدوث تغيرات في البيئة (الصورة ٨-٢).

الصورة ٨-٢ الفهد الجنوبي *Acinonyx jubatus* في كينيا. التنوع الجيني لدى الفهود منخفض جدًا، ما يعرض أعدادها للخطر.

التنوع البيئي

التنوع البيئي هو تنوع النظم البيئية أو المواطن البيئية على المستوى الإقليمي أو العالمي في وقت واحد. النظام البيئي هو مجتمع الكائنات الحية Biota وتفاعلها مع العناصر غير الحية في بيئتها المحيطة. ويمكن أن يغطي النظام البيئي مساحة كبيرة، مثل الحاجز المرجاني العظيم، أو أن يكون صغيرًا مثل فوهة حرارية مائية.

ومع ذلك، فإن قياس التنوع البيئي صعب لأن كل نظام بيئي على كوكب الأرض يتداخل مع النظم البيئية المحيطة به.

الأنواع المحلية والأنواع الغازية

الأنواع المحلية Native species هي الأنواع التي نشأت في نظام بيئي أو منطقة محدّدة وتأقلمت للعيش في تلك المنطقة. و**الأنواع الغازية Invasive species** هي الأنواع التي يمكنها التفوق على الأنواع الأخرى في المنطقة التي غزتها. تسبب الأنواع الغازية تغييرات في توازن النظام البيئي الذي تغزوه؛ وقد تكون الأنواع الغازية محلية أو غير محلية (نوع نشأ في مكان آخر غير نظامه البيئي الحالي).

أدخلت ضفادع القصب Cane toads إلى أستراليا بهدف مكافحة الآفات في حقول قصب السكر (الصورة ٨-٣)، وهي تتغذى على أي شيء تقريبًا إذا كان حجمه مناسبًا، ولا توجد في أستراليا أي حيوانات مفترسة طبيعية لها. تضع ضفادع القصب 30 000 بيضة تقريبًا، في حين تنتج الضفادع الخضراء الشجرية المحلية (الصورة ٨-٤) ما بين 1000 و 2000 بيضة. ولا يقتصر الأمر على قدرة ضفدع القصب على افتراس الضفدع الأخضر الشجري المحلي، بل إن غزارة بيوضه تمنحه تفوقًا عدديًا يمكّنه من منافسة الأنواع الأصلية بشدة.

مصطلحات علمية

النوع المحلي Native species: نوع نشأ في نظام بيئي أو منطقة محددة وتأقلم للعيش في تلك المنطقة.

النوع الغازي Invasive species: نوع أدخل إلى نظام بيئي، أو نوع محلي يتفوق على الأنواع الأخرى، ما يسبب حدوث تغيرات في اتزان النظام البيئي.

الصورة ٨-٣ ضفدع القصب نوع غازي في أستراليا.

الصورة ٨-٤ الضفدع الأخضر الشجري الأسترالي المنشأ (Litoria caerulea)

تلحق الأنواع الغازية الضرر بالحياة البرية المحلية بطرائق متعددة. فعندما يدخل نوع غازي إلى نظام بيئي جديد، فربما لا يواجه أي مفترسات طبيعية أو عوامل تحدّ من انتشاره، ما يسمح له بالتكاثر والانتشار بسرعة. وربما لا تتوافر للحياة البرية المحلية آليات للدفاع عن نفسها ضد النوع الغازي، فيسهل عليه منافستها. وتشكل الأنواع الغازية تهديدًا مباشرًا لأعداد الأنواع المحلية من خلال حملها لمسببات الأمراض، والافتراس والتطفل، والتسمم، والتفوق في المنافسة، لأنها تعيق نمو النباتات المحلية بشكل فعّال. ويمكن للأنواع الغازية بشكل غير مباشر تغيير الشبكة الغذائية داخل النظام البيئي لأنها تحل محل مصادر الغذاء المحلية؛ قد تقوم الأنواع الغازية بالرعي الجائر في منطقة ما، ما يزيد من تعرية التربة ويقلل من الأراضي الزراعية. وقد تزيد أيضًا من خطر حرائق الغابات نتيجة لتغير نوع الغطاء النباتي ونطاقه. (الجدول ٨-١).

يؤدي فقدان فلورا **Flora** المحلية إلى انخفاض التنوع البيولوجي في المنطقة. وذلك لاحتواء الغطاء النباتي المحلي على البذور والأزهار والثمار والمواطن البيئية التي تأقلمت معها فونا **Fauna** المحلية للبقاء على قيد الحياة. ولا تمتلك الأنواع الغازية من الفلورا الخصائص نفسها التي تمتلكها الأنواع المحلية، فالكائنات الحية التي تعتمد عليها قد تختفي من المنطقة.

مصطلحات علمية

*فلورا **Flora**: نباتات منطقة أو أقليم أو بيئة معيّنة.

*فونا **Fauna**: الحياة الحيوانية المميزة لمنطقة أو أقليم أو بيئة.

إن العديد من الأنشطة البشرية الاقتصادية والتجارية والترفيهية والزراعية تعتمد على النظم البيئية المحلية الصحية. تتسبب الأنواع الغازية بتدهور النظم البيئية المحلية، وبالتالي قد تكون ضارة بصحة الإنسان والاقتصاديات المحلية. ويقدر أن تكلفة تأثير الأنواع الغازية على مستوى العالم تبلغ مليارت الدولارات سنويًا.

الأنواع الغازية			
التأثيرات المحتملة على الأنواع المحلية			
الرعي الجائر	الافتراس	التطفل	التسمم
المنافسة	زيادة خطر الحرائق	نقل الأمراض	تثبيط النمو
التأثيرات المحتملة للأنواع المحلية			
بيئية		اجتماعي اقتصادي	
تعرية التربة		خسارة الأراضي الزراعية بسبب الأنواع الغازية	
الاستهلاك المفرط للمياه		انخفاض الوصول إلى المياه	
انخفاض التنوع البيولوجي		الإضرار بالبنية التحتية بفعل الأنواع الغازية بشكل مباشر أو من خلال تآكل التربة	
تدهور المواطن البيئية		تقليص الفرص السياحية	

الجدول ٨-١ بعض التأثيرات البيئية والاجتماعية والاقتصادية المحتملة للأنواع الغازية.

تنتشر الأنواع الغازية بشكل رئيسي عن طريق الأنشطة البشرية، سواء كانت متعمدة أو غير متعمدة (الصورة ٨-٥). ومن الأمثلة على نشاط بشري متعمد، أشجار الخشب اللين سريعة النمو من أستراليا والأمريكيتَين (مثل أشجار الصمغ الأزرق والصنوبر) التي زرعت في أفريقيا لتوفير الخشب. أصبحت هذه الأشجار أنواعًا غازية وتفوّقت على النباتات المحلية. ومن الأمثلة على نشاط بشري غير متعمد، عندما تحمل السفن على متنها القوارض، وتنشرها عن غير قصد في أماكن جديدة. لقد حدث ذلك في جزر غالاباغوس في (1700s) و (1800s)، حيث أدخل الجرذ الأسود من غير قصد إلى العديد من الجزر عن طريق سفن صيد الحيتان، فأكلت الجرذان بيض السلاحف وأدى إلى انخفاض أعدادها. وفي سنة 2012 م قُضي تمامًا على الجرذان لإصلاح الضرر الذي سببته الأنواع الغازية.

الصورة ٨- ٥ لافتة تطلب إلى المتنزهين حماية المنطقة من الأنواع الغازية بتنظيف أحذيتهم قبل مغادرة الممشى.

قد تصبح الأنواع المحلية أنواعًا غازية عندما تتفوق على الأنواع الأخرى في النظام البيئي؛ ومن أمثلة ذلك حدوث الإثراء الغذائي في مسطح مائي (الصورة ٨-٦). تزدهر الطحالب الخضراء المزرقة في المنطقة، ما يسبب الضرر للأنواع المحلية الأخرى في النظام البيئي.

الصورة ٨- ٦ مجرى مائي مع ازدهار الطحالب الكثيف، دليل على حدوث الإثراء الغذائي في الماء.

فوائد الحفاظ على التنوع البيولوجي

يشمل الحفاظ على التنوع البيولوجي حماية وحفظ تنوع الأنواع والنظم البيئية والمواطن البيئية والتنوع الجيني في منطقة محددة أو على مستوى العالم.

تشمل فوائد الحفاظ على التنوع البيولوجي على سبيل المثال لا الحصر ما يأتي:

- **الأمن الغذائي:** يعتمد على الموارد الطبيعية كأساس لإنتاج الغذاء. فالحفاظ على التنوع البيولوجي يحمي النباتات والحيوانات والميكروبات والموارد الجينية التي تدعم خصوبة التربة، وتساعد في إعادة تدوير المغذيات، والسيطرة على الآفات والأمراض، ومنع تعرية التربة، وتلقيح المحاصيل الزراعية.
- **النمو الاقتصادي والحد من الفقر:** يعيش كثير من الفقراء في المناطق الريفية، ويعتمدون على الموارد الطبيعية في معيشتهم. توفر الغابات الأخشاب والمنتجات غير الخشبية (الفاكهة والأدوية والحيوانات)، في حين تتيح المياه العذبة والمناطق البحرية إمكانية صيد الأسماك. وغالبًا ما تكون ندرة الموارد الطبيعية أو سوء إدارتها سببًا للصراع، ما يرجّح زيادة حدة الفقر وعدم الاستقرار السياسي.

- **مكافحة تغير المناخ:** يمكن تقليل كمية ثاني أكسيد الكربون المنطلقة إلى الغلاف الجوي عن طريق الحفاظ على المناطق الحرجية أو الأخرى المغطاة بالنباتات. وبالحفاظ على أشجار القرم والنظم البيئية الساحلية يمكن التخفيف من تأثيرات العواصف المتزايدة والفيضانات فيها.

- **الموارد الطبية:** تتصف العديد من النباتات بخصائص طبية (الصورة ٨-٧)، فيستخدمها السكان المحليون لعلاج الأمراض. ويعتمد تطوير الأدوية الصيدلانية أيضًا على الخصائص التي توفرها النباتات. حماية التنوع البيولوجي النباتي يضمن استمرار إنتاج الأدوية التي يحتاج إليها الإنسان.

الصورة ٨- ٧ أعشاب طبية شائعة مجففة للاستخدام. يُستخدم بعضها في صناعة الأدوية الصيدلانية، في حين يعتقد أن بعضها الآخر له خصائص طبية طبيعية.

- **التنوع الجيني:** كلما ازداد عدد الجينات وتنوّعها، ازدادت قدرة النوع على التأقلم مع التغيرات البيئية، وينخفض احتمال تعرضه للانقراض. ومن الأمثلة على تغيرات البيئة، زيادة أو نقص الهطول، وارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة. لذا تُعدّ حماية التنوع الجيني أساسًا للحفاظ عليه واستعادته، إذ تضمن قدرة الكائنات الحية على البقاء.

- **الموارد:** العديد من السلع مثل الغذاء والخشب والألياف والزيوت والمياه النظيفة والوقود يمكن الحصول عليها من الطبيعة. حماية التنوع البيولوجي يضمن استخدام هذه السلع بشكل مستدام وتوفيرها للأجيال القادمة.

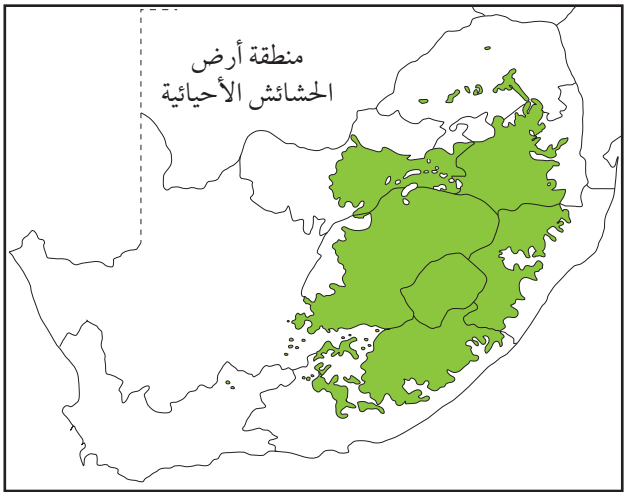
- **الأمن البيئي:** يضمن التنوع البيولوجي استقرار النظام البيئي ويحافظ على اتزانه، وترتبط الحيوانات والنباتات في الشبكات الغذائية بعضها ببعض من خلال السلاسل الغذائية. لذا يؤدي فقد نوع أو أكثر من النظام البيئي إلى تدهوره، وفي النهاية إلى هشاشة هذا النظام وفشله.

- **القيمة الثقافية والترفيهية** (الصورة ٨-٨): يعكس التنوع البيولوجي قيمًا دينية واجتماعية وثقافية متعدّدة، إذ ترتبط به مناسبات واحتفالات كثيرة. ففي مواسم الأعياد والأفراح تُقام الأضاحي والولائم، ويُستعان بأنواع معيّنة من الحيوانات لتلبية هذه الطقوس والممارسات. ومن منظور ترفيهي، يُسهم التنوع البيولوجي في زيادة المناظر الطبيعية الخلابة، ما يشجع أيضًا على السياحة وإنشاء أماكن للسياحة البيئية. كما توفر الشواطئ والممرات المائية المنظمة فرصًا للأنشطة في الهواء الطلق وتدعم الاقتصاد المحلي من خلال الترفيه والسياحة.

الصورة ٨- ٨ حماية التنوع البيولوجي في مواقع كهذا الموقع في سويسرا تحمي أيضًا القيمة الترفيهية والثقافية للمنطقة.

دراسة حالة ٨-١: الحفاظ على التنوع البيولوجي في أراضي الحشائش

غالبًا ما تقع مسؤولية الحفاظ على التنوع البيولوجي، على المحميات الطبيعية ومحميات الصيد الرسمية. ومع ذلك، تتزايد الفرص المتاحة للشركات الخاصة لتغيير ممارساتها، واستثناء النظم البيئية الحساسة أو المهددة بالانقراض من أجل حماية التنوع البيولوجي. يؤدي تنوع المناخ والتضاريس الطبيعية إلى ظهور مناطق نباتية واسعة في جنوب أفريقيا. ونتيجة لذلك، تتصف البلاد بواحدة من أعلى نطاقات التنوع البيولوجي في العالم. تتركز المنطقة الأحيائية لأراضي الحشائش في جنوب أفريقيا بشكل رئيسي في الهضبة الوسطى المرتفعة، والمناطق الداخلية من كوازولو ناتال، ومنطقة الكاب الشرقية على طول الجانب الشرقي من جنوب أفريقيا (الشكل ٨-٢ والصورة ٨-٩).



الشكل ٨- ٢ توزيع أراضي الحشائش في جنوب أفريقيا.

تتكون أراضي الحشائش بشكل رئيسي من سهول منبسطة، قريبة من مستوى سطح البحر وقد يصل ارتفاعها إلى 2850 m. وهي تقع ضمن منطقة هطول أمطار صيفية، ويتراوح متوسط هطول الأمطار فيها بين 450 mm و 1900 mm سنويًا.

تسود أراضي الحشائش طبقة واحدة من الأعشاب، ويتفاوت الغطاء النباتي فيها تبعًا للمناخ وكثافة الرعي. وبشكل عام، لا تنمو الأشجار في هذه المنطقة الحيوية، غير أن الأبصال Bulbs شائعة فيها. وتُعد المراعي النظام السائد بسبب تأثير الصقيع والحرائق والرعي الكثيف، الذي يعيق نمو الأشجار. تتصف هذه

الصورة ٨- ٩ أرض الحشائش في جنوب أفريقيا.

المنطقة الأحيائية بتنوع بيولوجي مرتفع جدًا، مع وجود عدد من الأنواع النادرة أو المهددة بالانقراض. ومع ذلك، يهدد التوسع الحضري والرعي الجائر وإنتاج الأخشاب وجودها.

جبل جلبوع ومشروع موندي فورستري للحفاظ على أراضي الحشائش

اتخذت شركة الأخشاب في جنوب أفريقيا موندي فورستري (Mondi Forestry) خطوات للحفاظ على التنوع البيولوجي في ناتال؛ موندي هي شركة متعددة الجنسيات تختص بصناعة التغليف والورق وتعمل في أكثر من 30 بلدًا في العالم.

تزرع الشركة أشجارًا سريعة النمو مثل أشجار الصنوبر. ثم يتم حصاد أخشاب هذه الأشجار وتُعالج لصنع الورق. وغالبًا ما تُزرع هذه الغابات في جنوب أفريقيا في مناطق أراضي الحشائش، ما يؤدي إلى فقدان الغطاء النباتي الطبيعي وانخفاض التنوع البيولوجي. يوجد في الشركة فريق برنامج أراضي الحشائش، يعمل على اتخاذ الإجراءات التي تحمي أراضي الحشائش الموجودة على الأراضي التي تملكها الشركة، والتي لم تتأثر بعد بأنشطة التحريج، كما يعمل على تحديد وتطبيق أفضل الأساليب للحفاظ على أراضي الحشائش.

تقع محمية جبل جلبوع الطبيعية ضمن أراضٍ مخصصة للغابات Forestry estate، حيث تزرع أنواع غير محلية للحصول على الأخشاب. وقد كانت أول غابة يتم إعلانها كمحمية طبيعية خاصة في ناتال باستخدام آلية الإشراف

على التنوع البيولوجي البيئي. لقد استغرق إنشاء محمية أراضي الحشائش ثلاث سنوات، وكانت الخطوة الأولى إجراء تقييم بيئي لتحديد أفضل طريقة لتطوير العمل المستقبلي.

تتصف المراعي بثراء تنوعها البيولوجي، حيث تدعم مجموعة واسعة من أنواع الأعشاب والشجيرات، إضافة إلى الحيوانات الثديية صغيرة أو متوسطة الحجم والطيور ومجموعة واسعة من الحشرات. أراضي الحشائش في محمية جبل جلبوع الطبيعية هي أراضي الحشائش لحزام الضباب في ميدلاند Midland Mist-belt Grasslands وهي أيضًا موطن لأنواع مهددة بالانقراض مثل طائر الكركي ذي اللحية Wattled crane. وقرد سامانغو Samango monkey وظبي أوريبي Oribi antelope (الصورة ٨-١٠). ومن خلال حماية المواطن البيئية يتم توفير ملاذ آمن لهذه الأنواع أيضًا.

لا تحمي محمية جبل جلبوع أراضي الحشائش الحساسة فقط، بل يوجد فيها أيضًا ثلاثة مصادر مياه من أهم نظم الأنهار في ناتال، مع ما يرتبط بها من أراضٍ رطبة من الخث (Peat) تعمل كنظام لتنقية المياه وتساعد في الحد من الفيضانات. تشمل المحمية 238 هكتارًا من أراضي الحشائش المهددة بشدة بالانقراض، لذا، يحمي هذا الموقع التنوع البيولوجي خارجه، حيث تكون منابع النظم البيئية للأنهار الطولية محمية أيضًا. ويضمن ذلك مياهًا عذبة نظيفة في المجاري العليا للأنهار الثلاثة.

تُعدّ أراضي الحشائش من أكثر الأقاليم الأحيائية المهددة في العالم، إذ يتم التعامل معها على أنها أراضٍ غير ضرورية. لم يبقَ في جنوب أفريقيا سوى أجزاء صغيرة من المراعي السليمة، إحداها محمية جبل جلبوع. يغطي قطاع الغابات في جنوب أفريقيا أكثر من 4000 km^2 من الأراضي غير المزروعة في الإقليم الأحيائي للمراعي، بما يوفر إمكانية لمزيد من الحفاظ على التنوع البيولوجي.

يستخدم فريق برنامج موندي للمراعي المعرفة التي تم اكتسابها من خلال إنشاء هذه المحمية لتطوير أدوات لمساعدة مالكي الأراضي على تحديد نقاط التنوع البيولوجي الساخنة، وكيفية إدارة أراضي الحشائش في مواجهة حرائق الغابات. وقد حدّد الفريق حاليًا 37 منطقة مراعٍ رئيسية تتطلب الحفاظ عليها.

الصورة ٨-١٠ ظبي أوريبي يقف على العشب الطويل في محمية عشبية في جنوب أفريقيا.

تشمل فوائد إنشاء محمية لأراضي الحشائش ما يأتي:

- تُعدّ المحميات جزرًا لحفظ التنوع البيولوجي. ويمكن استخدامها لإعادة إنشاء مناطق عشبية أخرى بعد بلوغ طاقتها الاستيعابية. على سبيل المثال، إذا ازدادت أعداد الجماعة الأحيائية لظباء أوريبي بشكل كبير جدًا، في محمية واحدة، يمكن نقلها إلى محمية عشبية أخرى ضمن نطاقها الطبيعي.
- يمكن خفض ضريبة تكلفة الأرض لإنشاء محمية طبيعية خاصة ضمن ملكية غابات على مدى 10 سنوات.
- توفر المحميات الفرصة لطلبة المدارس وفرق الإدارة والموظفين لإجراء الدراسات العلمية أو التثقيف.

أسئلة دراسة حالة

١. ما الذي يمكن لشركة موندي عمله لزيادة حماية أراضي الحشائش بما يتجاوز مشاريعها الخاصة؟

٢. ما المحددات المحتملة التي تواجه الشركات الأخرى الراغبة في تنفيذ مشاريع مماثلة؟

٣. اشرح الفوائد البيئية من وجود منابع ثلاثة أنهار محلية في محمية جبل جلبوع.

أسئلة

١. بالإشارة إلى سرطان البحر الطيني في النظام البيئي لأشجار القرم، عرّف المصطلحات الآتية:
   أ. وفرة الأنواع
   ب. ثراء الأنواع
   ج. التنوع الجيني
٢. اشرح الفرق بين الأنواع المحلية والأنواع الغازية.
٣. اشرح كيف يمكن أن تصبح الأنواع المحلية أنواعًا غازية.
٤. برأيك، ما السبب الأهم لحماية التنوع البيولوجي؟ برر إجابتك.

٨-٢ الحفاظ على النظم البيئية البحرية

تُعد النظم البيئية البحرية ضرورية لعدة أسباب، من ضمنها التنوع البيولوجي الكبير الذي تدعمه. يبدأ الحفاظ على هذه النظم بإدراك الأهمية البيئية والاجتماعية والاقتصادية لها، بما يبرر الحاجة إلى بذل جهود لدراسة وحماية هذه المواطن البيئية الهشة. إضافة إلى ذلك ، فإن الترابط بين محيطات العالم والتأثير العالمي لتغير المناخ الناتج من الأنشطة البشرية، يعني أن هناك ضرورة للتعاون الدولي في مواجهة التهديدات التي تتعرض لها النظم البيئية البحرية.

أهمية الشعاب المرجانية

في الوحدة الخامسة، درست النظام البيئي للشعاب المرجانية. وللشعاب المرجانية أدوار مهمة عديدة، سواء للبيئة بشكل عام، أو كمورد للبشر.

التنوع البيولوجي

تؤدي الشعاب المرجانية، كباقي المحيط، العديد من خدمات النظام البيئي الرئيسية المهمة لكوكب الأرض، ولعل الحفاظ على التنوع البيولوجي من أهم هذه الخدمات. تنافس الشعاب المرجانية الغابات الاستوائية المطيرة من حيث توفير المواطن البيئية للأنواع المختلفة، ما يزيد من تنوعها البيولوجي. والشعاب المرجانية موطن لأكثر من 25% من الكائنات البحرية على الرغم من أنها لا تغطي سوى أقل من 1% من قاع المحيط. وتؤدي الشعاب المرجانية خدمات بيئية أخرى من خلال تنوعها البيولوجي، مثل حماية السواحل، وتوفير الغذاء، وتوفير الأدوية، والترفيه عن طريق السياحة.

حماية السواحل

لا تقتصر فائدة الشعاب المرجانية على التنوع البيولوجي في المحيط فقط، بل هي مفيدة أيضًا للمواطن البيئية الساحلية. تمتص الشعاب المرجانية، في المتوسط 97% من طاقة الأمواج المتدفقة إلى الشاطئ. كما ينخفض ارتفاع الأمواج بمتوسط 84%. لهذه الانخفاضات في طاقة الأمواج وارتفاعها تأثيرات مهمة على خط الساحل؛ فمن خلال تقليل طاقة الأمواج المتدفقة، تتمكن الشعاب المرجانية من حماية خط الساحل من التعرية الناجمة عن الأمواج العاتية. منع تعرية خط الساحل وخفض ارتفاع الأمواج يساعد على حماية الممتلكات والبنية التحتية الشاطئية من الأضرار التي قد تسببها العواصف، أو من الانجراف إلى البحر نتيجة التعرية. كما تستفيد النظم البيئية الموجودة على طول خط الساحل مثل أشجار القرم من انخفاض تأثير الأمواج، وتشكل حاضنات للكائنات الحية البحرية.

مصادر الغذاء

توفر الكائنات الحية التي تعيش في المواطن البيئية للشعاب المرجانية مصدرًا غذائيًا لملايين الناس في العالم. وتشير التقديرات إلى أن أكثر من ستة ملايين صياد في 100 دولة تقريبًا يصيدون الأسماك والرخويات والقشريات من الشعاب المرجانية. وعلى الرغم من أن الاعتماد على الشعاب المرجانية في الغذاء يبلغ ذروته في المناطق الساحلية، إلا أن الطلب العالمي على الأسماك يعتمد أيضًا على أسماك الشعاب المرجانية. قطاع صيد الأسماك في الشعاب المرجانية يُدر 6.8 مليار دولار أمريكي سنويًا على مستوى العالم.

الأدوية

مع توجّه شركات الأدوية إلى الطبيعة بوصفها مصدرًا للإلهام، تزداد أهمية المرجانيات وغيرها من الحيوانات الثابتة. ولأن المرجانيات وشقائق النعمان هي حيوانات ثابتة، فإنها تمتلك طرائق كيميائية لمنع افتراسها. ويعتقد العلماء أن هذه المواد الكيميائية قد تحتوي على مركبات لعلاج بعض الأمراض الشائعة مثل السرطان والتهاب المفاصل والزهايمر.

الترفيه والسياحة

تتصف الشعاب المرجانية والكائنات الحية التي تعيش هناك بجمالها الفائق، وهي توجد في مناطق استوائية هادئة. لذا يسافر الناس من جميع أنحاء العالم لمشاهدة الشعاب المرجانية بأنفسهم. تشير التقديرات إلى أن الشعاب المرجانية تدرّ أكثر من 35 مليار دولار أمريكي من خلال السياحة سنويًا، يأتي هذا المال من خلال وظائف في قطاعات الضيافة وخدمات الطعام وركوب القوارب والغوص وغيرها الكثير. كما تنفق الدول الأموال لتحسين بنيتها التحتية لجعل السياح أكثر سعادة، ما يُسهم بدوره في تحسين حياة سكانها على مدار السنة.

تعرية الشعاب المرجانية

يمكن للشعاب المرجانية الصحية، عندما تتوافر فيها جميع العوامل غير الحيوية المناسبة، أن تراكم ما بين (3-15 m) من كربونات الكالسيوم كل 1000 سنة. إن أكبر أنواع المرجان الصلب هي الأبطأ نموًا، وتضيف غالبًا ما بين (5-25 mm) سنويًا فقط من كربونات الكالسيوم. في المقابل المرجان الأسرع نموًا، مثل مرجان قرن الغزال، فيمكن أن يضيف ما يصل إلى 20 cm سنويًا إلى فروعه. ووفقًا للتقديرات الجيولوجية الحديثة، يتراوح سِن معظم نظم الشعاب المرجانية الحديثة بين 5000 و10 000 سنة. وهذا المعدل البطيء لنمو المرجان الصحي هو أحد الأسباب التي تجعل **تعرية الشعاب المرجانية** **Reef erosion** ضارًا جدًا.

أسباب تعرية الشعاب المرجانية

عندما تبدأ الشعاب المرجانية بفقدان كميات من كربونات الكالسيوم سنويًا أكثر مما تراكمه، فإنها تتعرض لعملية التعرية. توجد أسباب عديدة لتعرية الشعاب المرجانية، منها حيوية ومنها غير حيوية. الأسباب الحيوية لتعرية الشعاب المرجانية، والتي تسمّى **التعرية البيولوجية** **Bioerosion**، تشمل افتراس حيوان المرجان من قبل كائنات حية مثل أسماك الببغاء وأسماك الفراشة ونجم البحر المكلل بالأشواك. أما الأسباب غير الحيوية فتشمل تغيّر pH وتغير درجة الحرارة والأضرار المادية وتوافر الرواسب.

مصطلحات علمية

تعرية الشعاب المرجانية **Reef erosion**: عندما يفقد المرجان من هيكله المكون من كربونات الكالسيوم سنويًا أكثر مما يكتسبه.

التعرية البيولوجية **Bioerosion**: تعرية الشعاب المرجانية الناتج من الكائنات الحية.

التعرية البيولوجية

أسماك الببغاء وأسماك الفراشة هي مفترسات للبوليبات المرجانية الموجودة بين الشعاب المرجانية. أسماك الفراشة Butterfly fish تميل إلى أن تكون متخصصة للتغذي على أنواع قليلة فقط من البوليبات، أما أسماك الببغاء فهي من الحيوانات الراعية Grazers التي تتغذى على البوليبات للوصول إلى الحييونات الصفراء التي تعيش فيها. تستخدم أسماك الببغاء أسنانها الشبيهة بالمنقار لقضم أجزاء من الصخور أو الشعاب المرجانية ثم تبتلعها كاملة. وتهضم أجسامها المواد العضوية (الحييونات الصفراء) الموجودة داخل البوليبات المرجانية، ثم تطلق كربونات الكالسيوم غير القابلة للهضم كبراز. تؤدي هذه العملية إلى فقد كربونات الكالسيوم الموجودة على الشعاب المرجانية، ما يسبب تعريتها.

شكّل نجم البحر المكلل بالأشواك تهديدًا خطرًا للمرجان في المحيطَين الهندي والهادئ على مدار الخمسين عامًا الماضية. وقد شهدت هذه الحيوانات المفترسة للمرجان ازدهارات متكررة في جماعتها الأحيائية، وقد تكون السبب الرئيسي لموت المرجان في الحاجز المرجاني العظيم. هناك عدة فرضيات حول أسباب تفشي نجم البحر المكلل بالأشواك، لكن السبب الأرجح هو جريان المياه الغنية بالمغذيات نتيجة الاستخدام المفرط للأسمدة، بالإضافة إلى القضاء على الحيوانات المفترسة بسبب الصيد الجائر. تسبب هذه المغذيات، وبخاصة النيتروجين والفسفور، ازدهار العوالق التي تزدهر عليها يرقات نجم البحر المكلل بالأشواك. وفي غياب الأسماك المفترسة التي تضبط الجماعات الأحيائية لليرقات، تتحول اليرقات إلى نجم بحر بالغ وتلتهم الشعاب المرجانية.

تغير (pH)

من أجل نمو صحي للشعاب المرجانية يجب أن يكون المحيط قلويًا قليلًا مع (pH) تتراوح بين (8.1 و 8.5). تشكل المياه ذات مستويات (pH) المنخفضة إجهادًا على المرجان وتسبب ابيضاضه. وهذا أمر يثير القلق، حيث كان هناك انخفاض في متوسط (pH) في محيطات العالم من 8.2 إلى 8.1 على مدار (150-200) عام الماضية. وعلى الرغم من أن هذا الانخفاض يبدو طفيفًا، إلا أن العلماء يعتقدون أن عملية تحمض المحيطات جارية. يعزو بعض العلماء هذه العملية إلى زيادة (CO_2) في الغلاف الجوي، فمع دخول مستويات أعلى من (CO_2) إلى المحيطات عن طريق الذوبان، تنتج مستويات أعلى من حمض الكربونيك (H_2CO_3)، ما يخفض (pH) الكلي للمحيطات. ويؤثر ذلك بشكل كبير وغير طبيعي على الشعاب المرجانية التي تستخدم كربونات الكالسيوم في بناء هياكلها. يمنع تحمض المحيطات المرجانيات من امتصاص الكثير من كربونات الكالسيوم الذي تحتاج إليه لبناء هياكلها، ما يثبط نمو الشعاب المرجانية ويؤدي إلى فقدان هياكلها.

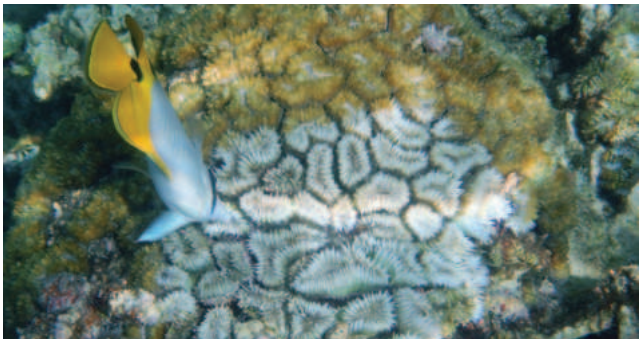
تغير درجة الحرارة

أظهرت نتائج العديد من الدراسات ارتباط بين معدل تغير المناخ وارتفاع مستويات (CO_2) في الغلاف الجوي نتيجة استخدام الوقود الأحفوري. لتغير المناخ تأثيران رئيسيان على النظم البيئية للمحيطات: ارتفاع درجات حرارة سطح البحر وانخفاض مستويات (pH)، والذي تمّت مناقشته مسبقًا.

يحدث **ابيضاض المرجان** **Coral bleaching** عندما يتعرض المرجان الصلب لإجهاد بيئي، وبخاصة ارتفاع درجة حرارة الماء وانخفاض مستويات (pH). يدفع هذا الإجهاد البوليبات المرجانية إلى طرد الحييونات الصفراء التكافلية من أنسجتها. وحيث إن الحييونات الصفراء تحتوي على جميع الصبغات التي تكسب البوليبات المرجانية لونها، يصبح هيكل كربونات الكالسيوم الأبيض الناصع للشعاب المرجانية مرئيًا. هذا التغيّر في اللون من الأصفر والبنّي إلى الأبيض يسمى الابيضاض، كما هو موضّح في الصورة (٨-١١). عندما تتعرض الشعاب المرجانية لظاهرة الابيضاض، فإنها لا تضيف كربونات الكالسيوم إلى هياكلها الصلبة، وبالتالي يتوقف نمو الشعاب. وإذا استمرت حالة الابيضاض لفترة طويلة، فإن الشعاب المرجانية ستموت نتيجة نقص المغذيات وسوء جودة المياه. وقد وقعت عدة أحداث ابيضاض جماعي في مختلف أنحاء العالم منذ منتصف التسعينيات.

مصطلحات علمية

ابيضاض المرجان **Coral bleaching**: تبييض المرجان الناتج من فقدان الحييونات الصفراء.



الصورة ٨- ١١ تتغذى سمكة الفراشة ذات الزعانف السوداء *Chaetodon falcula* على المرجان ذي الابيضاض الجزئي في كافو أتول في جمهورية المالديف، المحيط الهندي.

الأضرار المادية

قد يكون الضرر المادي الذي يصيب الشعاب المرجانية واسع النطاق أثناء فترة الجزر. يحتاج المرجان إلى البقاء في المناطق تحت المد والجزر، وأي تعرض للهواء قد يكون خطرًا. أثناء المد والجزر الربيعي، قد يؤدي أدنى مستويات المد والجزر إلى تعرّض الشعاب المرجانية للهواء، ما يسبب جفاف Desiccation المرجان أو ارتفاع درجة حرارتها بشكل كبير. عندما تموت البوليبات المرجانية، يمكن أن تحل محلها الطحالب أو تتعرى ببطء بفعل الأمواج.

يمكن للأعاصير المدارية والتايفونات والعواصف الاستوائية أن تسبب أيضًا أضرارًا مادية جسيمة. يحدث الضرر عادة عندما يتكسر المرجان بفعل الأمواج عالية الطاقة والشائعة أثناء الأعاصير المدارية، أو عندما يتعرض المرجان للخدش بسبب الرواسب الكاشطة التي تدور في المياه المتدفقة بشكل غير معتاد. توضح الصورة (٨-١٢) الضرر الذي أصاب الشعاب المرجانية في بالم بيتش Palm Beach، فلوريدا، الولايات المتحدة الأمريكية بعد أعاصير عام 2004 م.

يمكن للمرجان التعافي من أضرار الأعاصير. ويتأثر الزمن اللازم للتعافي بعدة عوامل منها:

- كمية الشظايا المرجانية المتبقية بعد العاصفة
- الرواسب التي أثارها الاضطراب المائي
- نمو الطحالب التي تتنافس على أسطح التثبيت داخل الشعاب المرجانية
- الجريان السطحي الذي يمكن أن يجلب السموم، ويخفض ملوحة المياه، ويزيد من المغذيات، ما يحفز ازدهار الطحالب.

على سبيل المثال، دمّر إعصار هاتي Hurricane Hattie امتدادًا بطول 43km من الحاجز المرجاني مقابل سواحل هندوراس البريطانية عام 1961 م. وقد قدّر في ذلك الوقت أن 80% من الحاجز المرجاني في مدينة بليز Belize قد تضرر نتيجة هذه العاصفة. وعلى الرغم من أن الشعاب المرجانية قد تعافت منذ ذلك الحين، إلا أن العلماء في ذلك الوقت كانوا يعتقدون أن النظام البيئي سيحتاج ما بين 25 و 100 سنة لإصلاح نفسه.

الإنسان هو مصدر آخر للأضرار المادية. فقد يدوس السياح على المرجان أو يكسرون أجزاء منها لأخذها معهم كتذكار، أو بغرض بيعها أو تحويلها إلى مجوهرات. وقد تدمر القوارب الشعاب المرجانية بسبب القيادة فوق الشعاب الضحلة أو جرّ مراسيها عبرها؛ على سبيل المثال، دمرت سفينة سياحية واحدة 3150 km^2 من الشعاب المرجانية في جزر فيجي Fiji في عام 2006 م.

الصورة ٨- ١٢ بدأت الشعاب المرجانية في بالم بيتش، فلوريدا، الولايات المتحدة الأمريكية بالتعافي بعد الأضرار المادية الجسيمة التي سببتها أعاصير عام 2004 م.

الرواسب

تُسبب الكميات الفائضة من الرواسب الصغيرة، مثل الطمي، تعكر المياه. ويقلل هذا التعكر من اختراق الضوء ويمنع حدوث التمثيل الضوئي في الحييونات الصفراء. كما يحتمل أن تستقر الرواسب في الماء فوق البوليبات المرجانية. تستخدم البوليبات كميات صغيرة من المخاط الذي يغطي أجسامها للتحرك ودفع الرواسب. ومع ذلك، يمكن أن تتراكم الرواسب بكميات كبيرة بعد إعصار عادي أو إعصار مداري، ما يسبب اختناق المرجان.

تأثيرات تعرية الشعاب المرجانية

المناطق الساحلية القريبة من الشعاب المرجانية التي تعاني مشكلة تعرية الشعاب تتعرض لمخاطر اقتصادية أكبر من المناطق التي تتمتع بشعاب مرجانية صحية. تساعد الشعاب المرجانية الصحية على حماية خط السواحل من خلال تقليل حركة الأمواج والتعرية، كما يوفر مناطق محمية لرسو القوارب وتثبيت الكائنات الحية الثابتة على ركائزها. وتكون الممتلكات الساحلية والشواطئ أكثر عرضة للتأثيرات المدمرة للأمواج، خصوصًا أثناء الأعاصير المدارية. إن فقدان الشواطئ والأضرار الأكبر الناتجة من العواصف قد تكلف المجتمعات البشرية ملايين الدولارات. وقد تضطر المناطق التي تفتقر إلى شعاب مرجانية صحية إلى بناء حواجز أمواج مكلفة لإيجاد مياه أكثر هدوءًا بالقرب من خط السواحل. إن انخفاض التعرية، وحماية الشواطئ، وانخفاض كلفة حواجز الأمواج والإصلاحات، يعني أن المناطق ذات الشعاب المرجانية الصحية تمتاز بميزة اقتصادية كبيرة مقارنة بالمناطق التي تفتقر إليها. يؤدي تعرية الشعاب المرجانية أيضًا إلى خسائر مالية نتيجة انخفاض السياحة وتضرر قطاع صيد الأسماك. وسيقل الغذاء المتاح للسكان المحليين، مع احتمال فقدان الأدوية المستقبلية.

الشعاب الاصطناعية

ارتفاع الكلفة الاقتصادية لحماية الشعاب المرجانية وإصلاح أضرارها هو أحد الأسباب التي تدفع العديد من المجتمعات إلى إنشاء **شعاب اصطناعية** **Artificial reefs** قبالة سواحلها. بالإضافة إلى زيادة التنوع البيولوجي والاستقرار البيئي، توفر الشعاب الاصطناعية العديد من الفوائد الأخرى التي تتمتع بها الشعاب المرجانية الصحية.

الشعاب الاصطناعية هي تراكيب من صنع الإنسان مصممة لإعادة إنشاء نظام بيئي مرجاني. وهي توضع عادة في مناطق لا تحتوي على ركيزة مناسبة لتثبيت اليرقات. استُخدمت مواد مختلفة لإنشاء الشعاب الاصطناعية، بما في ذلك الخرسانة غير السامة المصممة خصيصًا لها، والأكياس الممتلئة بالرمل، والكتل الحجرية، وحتى السفن الغارقة. وقد أُغرقت سفينة (USCG) دوان Duane، وهي سفينة بحث وإنقاذ تابعة لخفر السواحل الأمريكي (USCG) من عام 1936 إلى 1985م، عمدًا مقابل جزر فلوريدا كيز في نوفمبر 1987 م بهدف إنشاء شعاب اصطناعية. الصورة (٨-١٣) صورة حالية لمقدمة السفينة وهي مغطاة بالمرجان والإسفنج. أجري للسفينة قبل إغراقها إصلاحات شاملة لضمان عدم تسرب أي سموم (مثل الطلاءات أو الزيوت) منها إلى البيئة البحرية. وقد أصبحت دوان منذ إغراقها موقع غطس شهير لمشاهدة أسماك الشعاب، وأضيفت إلى السجل الوطني الأمريكي للأماكن التاريخية.

الصورة ٨- ١٣ مقدمة سفينة USCG دوان التي أغرقت عمدًا بهدف إنشاء شعاب اصطناعية.

مصطلحات علمية

شعاب اصطناعية Artificial reef: تركيب تحت الماء يبنيه الإنسان لمحاكاة خصائص الشعاب الطبيعية.

توفر الشعاب الاصطناعية بنية مادية تتيح للمرجان والإسفنج والطحالب الإستيطان عليها. فعند تثبت هذه الكائنات الحية الثابتة، تنجذب إليها أنواع عديدة من الأسماك وتبدأ بالاستيطان في المنطقة. وبشكل عام، تُصمم الهياكل المعدة لتصبح شعابًا، مثل كرات الشعاب الموضحة في الصورة (٨-١٤)، بحيث تحتوي على فراغات وأماكن اختباء مدمجة في التصميم لمحاكاة شكل وبنية الشعاب المرجانية الطبيعية بشكل أفضل. ويفترض بعد عدة سنوات أن يكون من المستحيل القول إن هذه الشعاب كانت سابقًا بناءً اصطناعيًا.

الصورة ٨- ١٤ كرات الشعاب مع المرجان المغروس فيها وُضعت على قاع البحر الناعم لتشكيل شعاب اصطناعية في جزر المالديف.

وقد نفّذت البحرية السُّلطانية العُمانية في المياه المطلة على محافظة مسندم عملية إغراق لإحدى سفنها بعد خروجها من الخدمة، وذلك بهدف استخدامها لأغراض سياحية والاستفادة من حطامها في تكوين الشعب المرجانية والأحياء البحرية، إلى جانب الأهمية العلمية لإجراء البحوث والدراسات البحرية من قبل علماء الأحياء البحرية.

من المؤسف أن بعض مشروعات إنشاء الشعاب الاصطناعية لم تحقق النتائج المرجوّة، بل أدّت في بعض الحالات إلى أضرار بيئية في المنطقة. فقد يؤدي استخدام مواد مثل الإطارات القديمة أو المركبات غير المنظفة جيدًا إلى تسرب مواد سامة إلى البيئة. في بعض الحالات، قد تساعد إضافة شعاب اصطناعية جديدة إلى منطقة ما على انتشار الأنواع الغازية، مثل المرجان البرتقالي الكأسي، فتتمدد إلى مناطق جديدة. أحد أهداف منشآت الشعاب الاصطناعية، مثل متحف كانكون تحت الماء، هو تقليل ضغوط السياح البيئية على الشعاب المرجانية الطبيعية. ومع ذلك، غالبًا ما تزيد الشعاب الاصطناعية المثيرة للاهتمام من عدد السياح في المنطقة، فيؤدي بالتالي إلى زيادة الضغط على كلا النظامَين الطبيعي والاصطناعي.

أهمية غابات القرم

توفر غابات القرم الصحية العديد من الفوائد الاقتصادية للإنسان، إذ اعتمدت مجتمعات الجزر على هذه البيئات لقرون في صيد الأسماك والكائنات البحرية الأخرى كمصدر للغذاء، بالإضافة إلى جمع الأخشاب لاستخدامها في بناء المنازل والبنية التحتية، أو للحرق كوقود. وبما أن أشجار القرم تشكل نوعًا أساسيًا، كما درست في الوحدة الخامسة، فهي المسؤولة عن جزء كبير من التنوع البيولوجي في هذه المناطق. فأشجار القرم هي أداة طبيعية للوقاية من الفيضانات، إذ توفر حماية للسواحل من التعرية والعواصف من خلال إبطاء حركة المياه. وهي تعمل كأسفنجة لاحتواء مياه الفيضانات، وكنظام لتنقية المياه. وتأتي هذه الفوائد المجانية من وجود نظام بيئي صحي لأشجار القرم، لكنها تكلف البلدان الجزرية مبالغ ضخمة لإعادة إحياء هذه الأشجار في حال فقدانها. ويقدر العلماء قيمة خدمات النظام البيئي التي تقدمها أشجار القرم بنحو 200 000 دولار أمريكي لكل هكتار سنويًا.

ومن الفوائد الإضافية لوجود غابة قرم صحية، هي السياحة البيئية. فكما هي الحال في الشعاب المرجانية، يرغب الناس في مشاهدة التنوع البيولوجي بين أشجار القرم. فالغابات جميلة، ويسهل وصول السياح إليها، وبخاصة الذين لا يستطيعون ممارسة رياضة الغوص. ويمكن للسياح الاستمتاع أيضًا بمشاهدة غابات القرم

عن طريق الغطس السطحي وركوب القوارب ذات القاع الزجاجي ورحلات المشي في الغابات. يجلب استقطاب السياح إلى هذه المواقع الجديدة المزيد من المال لهذه البلدان الجزرية، بما يفيد السكان المحليين من خلال توفير فرص العمل وتحسين البنية التحتية.

كما يمكن أن تمثل غابات القرم مخازنَ للكربون الأزرق blue carbon stores، حيث تمتص ثاني أكسيد الكربون أكثر مما تطلقه. تجمع غابات القرم ثاني أكسيد الكربون داخل أنسجتها، وبخاصة جذورها، ما يعني أنها تحتجز الكربون مؤقتًا بفاعلية خارج الغلاف الجوي. وقد يكون الحفاظ على أشجار القرم وإعادة تشجيرها، وتحريجها خطوة مهمة للتخفيف من أسوأ تأثيرات تغير المناخ.

التهديدات التي تواجه غابات القرم

على الرغم من الفوائد العديدة لغابات القرم، إلا أنها تعرضت للاستغلال والانتهاك على مدى أجيال. يقدّر الباحثون أن 35% من غابات القرم في العالم دمرت بين عامي 1980 و2000م. وتتعرض غابات القرم لتهديدات عالمية بسبب تغير درجات الحرارة والحصاد الجائر للأشجار والأضرار الناجمة عن العواصف والتغير في استخدام الأراضي الساحلية.

تغير درجات الحرارة بفعل تغير المناخ

مع تغيرات المناخ، من الممكن أن تتأثر غابات القرم بطرائق متعددة؛ فارتفاع درجات الحرارة، سواء في الغلاف الجوي أو في المياه، يؤدي إلى زيادة الإنتاجية. ومع ذلك، يرجح أن تؤدي إلى تغير أنماط الهطول المحلية وتغير تيارات المحيط وزيادة عدد العواصف وشدتها وارتفاع مستوى سطح البحر. تؤثر هذه العوامل على ملوحة السواحل حيث تعيش أشجار القرم، فيزيد من التعرية. ويؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر إلى غمر الجذور الدعامية لأشجار القرم بالمياه لفترات أطول مما تأقلمت عليه، فيتسبب بغرق الأشجار.

الحصاد الجائر لأشجار القرم

استخدم الناس أشجار القرم كحطب للوقود ولصناعة الأخشاب على مدى قرون. عندما كان الناس يأخذون ما يحتاجون إليه فقط لخدمة عائلاتهم، كانت هذه ممارسة مستدامة لم تسبب أي ضرر شامل للغابات. لكن في الآونة الأخيرة، ازداد أعداد سكان هذه المناطق، وتوسعت استخدامات أشجار القرم التي تحصد لتشمل إنتاج الفحم ورقائق الخشب واللب اللازم لإنتاج الورق، فأصبح الطلب على خشب القرم غير مستدام ويهدد استمرارية هذه الغابات (الصورة ٨-١٥).

الصورة ٨- ١٥ إزالة غابات القرم في جنوب شرق آسيا.

أضرار ناجمة عن العواصف

تحمل العواصف معها رياحًا وأمواجًا قوية. يمكن للأمواج والرياح تدمير مساحات شاسعة من غابات القرم على امتداد الساحل، ما يتطلب سنوات للتعافي. ويزداد الضرر سوءًا عندما لا تكون حالة الشعاب المرجانية المحلية جيدة، نظرًا إلى عدم وجود حاجز أمواج يخفف من تأثير أمواج العاصفة. يمكن أن تسحب الأمواج الأقوى الرواسب من الجذور الدعامية لأشجار القرم، وتجرف المغذيات الأساسية اللازمة لتعافي الغابة.

التغير في استخدام الأراضي الساحلية

اعتقدت العديد من البلدان والحكومات المحلية أن بإمكانها جني المزيد من المال من خلال قطع أشجار القرم وإنشاء بُنًى تحتية جديدة، مثل المنتجعات

السياحية أو مزارع الروبيان. ويعتقد بعضهم أن أشجار القرم غير منتجة وذات رائحة كريهة. ومع ذلك، ومع بدء تعرية الشواطئ وفقدان الأراضي في هذه البلدان الجزرية، بدأت الكثير من الحكومات تعيد النظر في سياساتها السابقة، وتشرع في إعادة زراعة أشجار القرم التي أزالتها سابقًا.

دور التعاون الدولي

إذا أردنا إصلاح الأضرار التي لحقت بالنظم البيئية والتنوع البيولوجي والحد من المزيد من الأضرار، علينا التفكير في طرق للحفاظ على الأنواع ومواطنها البيئية. غالبًا ما يكون الحفاظ على البيئة سهلًا من الناحية النظرية، لكنه صعب عمليًا. يتطلب نجاح مشاريع الحفاظ على البيئة دراسة متأنية ودعمًا من السكان المحليين، ويجب أن تتضمن المشاريع التي يمكن أن تؤثر على الاقتصاد المحلي والوطني حماية وظائف الناس وتوفير فرص تحسين مستوى معيشتهم.

التشريعات

العديد من أنواع الكائنات الحية مدرجة كأنواع محمية. وقد وضعت تشريعات للحفاظ عليها (الصورة ٨-١٦). قد تتضمن التشريعات حظر الصيد، والإمساك بالكائنات الحية البرية، ومنع الاتجار بها، فضلًا عن حماية مناطق وجود هذه الكائنات. غالباً ما يتم إصدار قوانين محلية من قِبل الولايات داخل الدول أو من قِبل الحكومات الوطنية. وقد تُقام منتزهات وطنية تُحفظ داخلها المواطن البيئية والأنواع الحية. ومع ذلك، لا يكفي في بعض الأحيان أن تكون الحماية محلية، فالعديد من الأنواع لا تبقى ضمن منطقة واحدة؛ على سبيل المثال، تهاجر الطيور والحيتان غالبًا عبر حدود بلدان متعددة، ويجري صيد بعض الأنواع لتباع لبلدان أخرى، لذا يتطلب الحفاظ على الأنواع تعاونًا دوليًا. تُعدّ **اتفاقية التجارة الدولية في الأنواع المهددة بالانقراض** (سايتس CITES) **Convention on International Trade in Endangered Species** اتفاقية دولية بين الحكومات لضمان عدم تعريض الأنواع في البيئة الطبيعية (البرية) للمخاطر. فالتجار يستغلون العديد من تلك الحيوانات والنبات لاستخدامها كغذاء وملابس وأدوية وحتى كهدايا تذكارية سياحية؛ لذلك توفر اتفاقية (CITES) الحماية لأكثر من 35 000 نوع من الحيوانات والنباتات. الأنواع المُدرجة في اتفاقية (CITES) تُسجَّل في ثلاثة ملاحق:

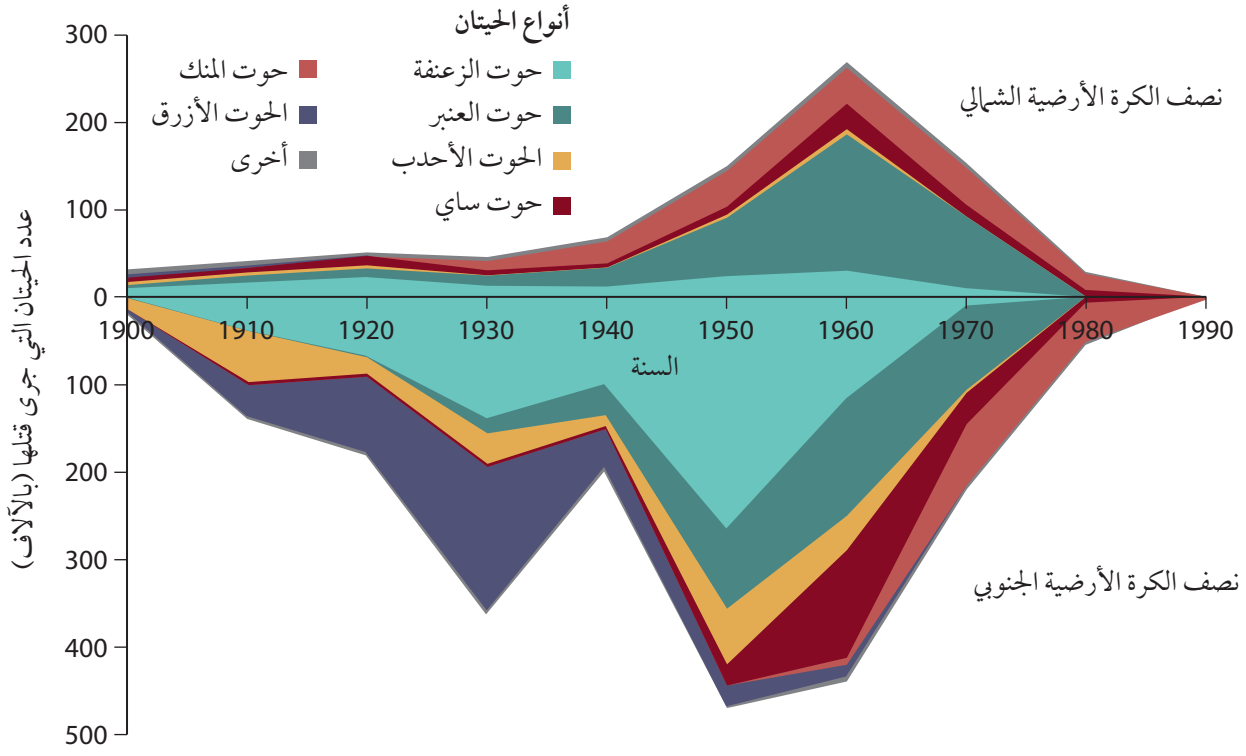
الملحق الأول: الكائنات المهددة بالانقراض، يحظر الاتجار بها إلا في ظروف استثنائية. توضح الصورة (٨-١٦) سلحفاة منقار الصقر Hawksbill turtle، والتي جرت حمايتها سنة 2018 م.

الملحق الثاني: الكائنات غير المهددة بالانقراض الوشيك، إلا أنها قد تتعرض للمخاطر في المستقبل، ذلك تخضع تجارتها لتنظيم صارم.

الملحق الثالث: الكائنات المحمية في دولة واحدة على الأقل، وقد طلبت تلك الدولة المساعدة في ضبط على الاتجار بها. تخضع التجارة لرقابة مشددة.

كما تأسست **اللجنة الدولية لصيد الحيتان (IWC) International Whaling Commission** سنة 1946 م «لتوفير الحفاظ المستدام لمخزونات الحيتان، بحيث يمكن تحقيق التنمية المنظمة لصناعة صيد الحيتان». وهي هيئة متعددة الجنسيات ضمت في سنة 2019 م ممثلين عن 89 دولة.

الصورة ٨- ١٦ سلحفاة منقار الصقر، وهي من الأنواع المحمية بموجب الاتفاقية الدولية لتجارة الأنواع المهددة بالانقراض (CITES).



الشكل ٨- ٣ عدد الحيتان التي قتلت خلال القرن العشرين.

مصطلحات علمية

اتفاقية التجارة الدولية في الأنواع المهددة بالانقراض (CITES) Convention on International Trade in Endangered Species: اتفاقية دولية بين الحكومات لضمان أن التجارة الدولية بعيّنات الحيوانات والنباتات البرية لا تهدد بقاء الأنواع.

اللجنة الدولية لصيد الحيتان (IWC) International Whaling Commission: الهيئة العالمية المسؤولة عن صيد الحيتان والحفاظ عليه وتضم 89 بلدًا عضوًا.

تجري (IWC) أبحاثًا على الحيتان والدلافين لتحديد مدى صحة جماعاتها الأحيائية، وتضع تدابير حماية مناسبة لضمان بقائها. فرضت (IWC) في سنة 1982 م حظرًا مؤقتًا لصيد الحيتان نتيجة لانخفاض أعدادها (الشكل ٨-٣) والآراء المعارضة لصيد الحيتان في المجتمع. يمنع هذا الحظر ممارسة أي نشاط يتعلق بصيد الحيتان لأغراض تجارية. وقد أقر الحظر بأغلبية الأصوات، مع اعتراض بعض البلدان مثل اليابان والاتحاد السوفياتي والنرويج. وعلى الرغم من حظر صيد الحيتان التجاري، لا تزال اليابان تصيد بعض أنواع الحيتان بموجب تصريح صيد الحيتان الخاص الصادر عن (IWC) والذي يفترض أن يكون الصيد لأغراض البحث العلمي. تواصل النرويج وآيسلندا صيد الحيتان تجاريًا، إما باعتراضهما على الحظر أو بتحفظهما عليه. وتضع كل منهما حصصًا خاصة بها لكميات المصيد، لكن يجب عليها تقديمها إلى (IWC). كما تمارس أربعة بلدان صيد الحيتان كمصدر رزق للسكان المحليين وهي الدانمارك وروسيا وجزر غرينادين والولايات المتحدة. ويقتصر هذا الصيد على أعداد محدودة من الحيتان، ولا يتم لأغراض تجارية أو بهدف تحقيق أقصى قدر من الأرباح أو المصيد.

التعاون الدولي

لا يمكن حل معظم القضايا الكبرى التي تواجه البيئة البحرية من خلال إجراءات بلد واحد. فالبلاستيك الذي يطلقه بلد واحد في المحيط سيؤثر على الكائنات الحية في جميع أنحاء المحيط. كما يؤثر فائض ثاني أكسيد الكربون الذي تنتجه البلدان الصناعية على درجة حرارة الأرض بأكملها، ويسبب تغير المناخ في كل مكان. للحفاظ حقًا على البيئة البحرية، هناك حاجة إلى توجه منسق تشارك فيه جميع البلدان. فمنظمات مثل الأمم المتحدة هي منظمات حكومية دولية تهدف إلى تنسيق جهود جميع بلدان العالم لدعم البيئة البحرية. ومع ذلك، تكمن المشكلة في أن معظم الاتفاقيات طوعية وتتطلب من البلدان العمل معًا. بحلول سنة 2019 م كانت 183 دولة قد وافقت على اتفاقية (CITES)، وكان عدد أعضاء (IWC) 89 عضوًا. ومع ذلك، لا تشمل اتفاقية (CITES) البلدان التي لم توقّع عليها. من الناحية النظرية، ينطبق حظر صيد الحيتان الذي فرضته (IWC) على أعضاء اللجنة البالغ عددهم 89 عضوًا في (IWC). ويكون امتثال البلدان التي أبرمت اتفاقيات دولية طوعيًا أيضًا. على سبيل المثال، لا تزال اليابان تمارس صيد الحيتان بإشراف علمي، بينما تواصل النرويج وآيسلندا بعض الصيد. لضمان نجاح جهود الحفاظ على البيئة، لا بد من إبرام اتفاقيات دولية، إلا أن فاعليتها تعتمد على مدى التزام الدول بمواءمة سياساتها وإجراءاتها مع ما تنص عليه تلك الاتفاقيات.

أسئلة

٥ اذكر **ثلاثة** عوامل رئيسية تؤدي إلى تعرية الشعاب المرجانية، ثم صِف كل عامل.

٦ اشرح دور الشعاب الاصطناعية في الحفاظ على الخط الساحلي.

٧ اشرح كيف تبطئ غابات القرم من تغير المناخ.

٨ لخص أدوار:

أ. اتفاقية (CITES)

ب. اتفاقية (IWC)

ملخّص

يحدث التنوع البيولوجي على ثلاثة مستويات مختلفة:

- التنوع الجيني – التباين في جينات النوع
- تنوع الأنواع – عدد الأنواع ووفرتها النسبية
- التنوع البيئي – التباين في النظم البيئية على المستويَين الإقليمي والعالمي.

الأنواع المحلية هي تلك الأنواع التي نشأت في نظام بيئي أو منطقة محددة، وتأقلمت مع العيش في تلك المنطقة. أما الأنواع الغازية، فنوع أدخل إلى نظام بيئي، أو نوع محلي يتفوق على الأنواع الأخرى، ما يسبب حدوث تغيرات في اتزان النظام البيئي. ويرجع ذلك إلى عدم وجود مفترسات أو ضوابط طبيعية لها في المنطقة الجديدة.

تشمل فوائد الحفاظ على التنوع البيولوجي ما يأتي:

- الأمن الغذائي
- النمو الاقتصادي والحد من الفقر
- مكافحة تغير المناخ
- الموارد الطبية
- التنوع الجيني
- الموارد وتشمل الغذاء، والخشب، والألياف، والزيوت، والمياه النظيفة، والوقود
- الأمن البيئي
- القيمة الثقافية والترفيهية.

يمكن أن تحقق الشعاب المرجانية فوائد بيئية واجتماعية واقتصادية، بما في ذلك السياحة البيئية، كموطن لمصادر الغذاء، وحماية السواحل، والأدوية، والتنوع البيولوجي.

تشمل أسباب تعرية الشعاب المرجانية ما يأتي:

- التعرية البيولوجية
- تغير (pH)
- تغير درجة الحرارة
- الضرر المادي
- الرواسب

قد يؤثر تعرية الشعاب المرجانية على حماية السواحل، والسياحة البيئية، وقطاع الصيد، والتنوع البيولوجي.

توفر الشعاب الاصطناعية ركيزة لاستيطان المرجان والإسفنج والطحالب، ما يزيد من التنوع الجيني في المنطقة مع بدء أنواع أخرى في استيطانها. ومع ذلك، قد تؤدي المواد غير المناسبة إلى تسرب السموم إلى الماء. يمكن للشعاب الاصطناعية أن تجذب الناس بعيدًا عن الشعاب المرجانية الطبيعية، وبالتالي توفر الحماية لها، لكنها قد تزيد أيضًا من عدد زوار المنطقة، ما يضغط على كلا النظامَين.

توفر غابات القرم العديد من الفوائد، من بينها مصدر الغذاء، والخشب، ومصدر الوقود، والتنوع البيولوجي، وحماية السواحل، والحدّ من الفيضانات، وتنقية المياه، وتعزيز السياحة البيئية، إضافةً إلى دورها كمخازن للكربون الأزرق.

(تابع)

تشمل التهديدات التي تواجه غابات القرم ما يأتي:

- تغير درجات الحرارة
- الحصاد الجائر
- أضرار ناجمة عن العواصف
- التغير في استخدام الأراضي الساحلية.

نظرًا إلى ترابط النظم البيئية البحرية عالميًا، فإن التعاون والتشريع الدوليَين ضروريان. ومع ذلك، فإن عدم انضمام جميع الدول للاتفاقيات الدولية مثل IWC أو CITES يهدد جهود الحفاظ على النظم البيئية البحرية. كلما زاد عدد البلدان المشاركة في الحفاظ على النظم البيئية البحرية كانت النتائج أفضل للجميع.

أسئلة نهاية الوحدة

١ أي مما يأتي **لا** يشكل تهديدًا رئيسيًا لغابات القرم؟

أ. الحصاد الجائر.

ب. أضرار ناجمة عن العواصف.

ج. زيادة مستويات الملوحة.

د. تغير استخدام الأراضي الساحلية. **[1]**

٢ أي مما يأتي يُعدّ تأثيرًا سلبيًا محتملًا للأنواع الغازية في النظام البيئي؟

أ. زيادة التنوع الجيني داخل الأنواع المحلية.

ب. التفوق على الأنواع المحلية في المنافسة على الموارد.

ج. تعزيز الأمن الغذائي من خلال إدخال محاصيل جديدة.

د. استقرار النظم البيئية من خلال سد الفجوات البيئية. **[1]**

٣ لماذا يُعدّ التعاون الدولي ضروريًا للحفاظ على النظم البيئية البحرية؟

أ. تقليل العبء المالي للأبحاث.

ب. استبعاد جميع أشكال التفاعل البشري مع المحيط.

ج. التعامل مع النطاق الواسع للنظم البيئية البحرية التي تتجاوز الحدود الوطنية.

د. ضمان استفادة البلدان (HICs) أو (LICs) من استغلال البيئة البحرية بشكل متساوٍ. **[1]**

٤ جُمعت عيّنات من شاطئَين صخريَّين (أ) و (ب) باستخدام مربعات قياسية. أظهرت مقاطع المسح من الشاطئ الصخري (أ) 320 محارة و335 حلزونًا بحريًا و 345 برنقيلًا. وأظهرت مقاطع المسح من الشاطئ الصخري (ب) 20 محارة و 39 حلزونًا بحريًا و 941 برنقيلًا.

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

ب. تنبأ أي شاطئ صخري يتصف بأكبر قدر من التنوع البيولوجي. **[3]**

(تابع)

ج. لحساب مؤشر سيمبسون (D) للتنوع البيولوجي للشاطئ الصخري (أ) تستخدم الصيغة:

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

حيث:

المجموع (الإجمالي) = Σ

عدد أفراد كل نوع مختلف = n

العدد الإجمالي لأفراد جميع الأنواع = N

يبيّن **الجدول ٨-٢** بعض خطوات الحساب.

الكائنات الحية	العدد n	$\frac{n}{N}$	$\left(\frac{n}{N}\right)^2$
محار	320	0.320	0.102
حلزون بحري	335	0.335	0.112
برنقيل	345	0.345	0.119
المجموع	N =		$\Sigma \left(\frac{n}{N}\right)^2$ = 0.333

الجدول ٨-٢

باستخدام المعلومات من الجدول (٨-٢) احسب للشاطئ الصخري (أ):

١. قيمة N.

٢. مؤشر سيمبسون (D) للتنوع البيولوجي. **[2]**

د. مؤشر سيمبسون للتنوع البيولوجي للشاطئ الصخري (ب) هو 0.113

برّر أي شاطئ صخري يحتوي على التنوع البيولوجي الأقل. **[1]**

هـ. توجد قرية صغيرة ومزرعة بالقرب من الشاطئ الصخري (ب). اقترح سببًا قد يكون له تأثير على التنوع البيولوجي للشاطئ الصخري (ب). **[1]**

[المجموع: 8]

مصطلحات علمية

برّر Justify: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

(تابع)

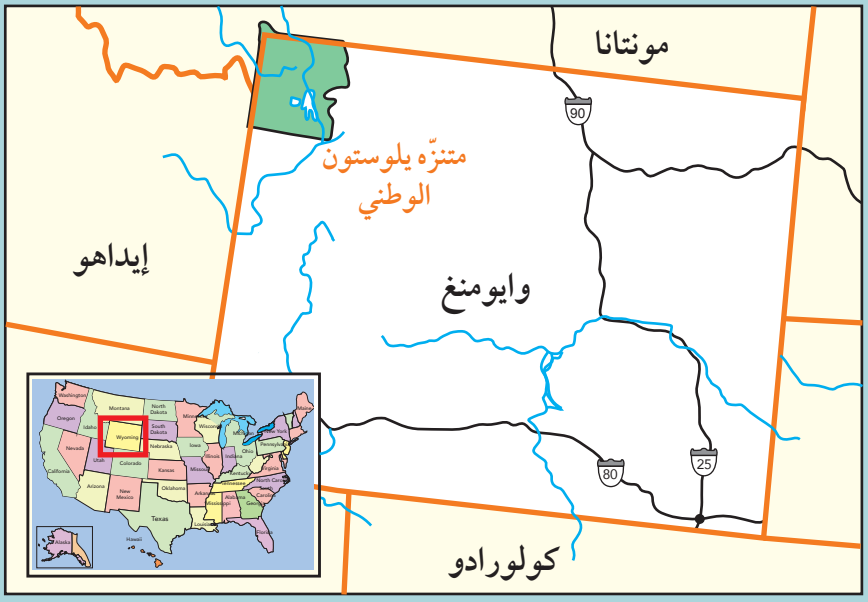
٥ **أ.** حدّد **ثلاثة** أسباب تجعل الشعاب الاصطناعية مفيدة للشواطئ. **[3]**

ب. لتحديد أفضل موقع للشعاب الاصطناعية يجب على المطورين مراعاة بعض العوامل غير الحيوية.
اشرح العوامل الأكثر أهمية عند تحديد موقع الشعاب المرجانية لضمان نمو صحي. **[6]**

ج. تُبنى معظم الشعاب الاصطناعية حاليًا من مادة إسمنتية متعادلة (pH). اشرح سبب تفضيل العلماء هذه المادة على إطارات الشاحنات القديمة والطائرات والسفن المهجورة. **[4]**

[المجموع: 13]

٦ يوضح **الشكل** ٨-٤ متنزّه يلوستون الوطني (وايومنغ Wyoming)، أحد أكبر وأشهر المتنزهات الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية. وهو محمية للغلاف الحيوي، والذي يغطي مساحة $8991\ km^2$، وتحيط به غابات وطنية من جميع الجهات. يقع المتنزه في منطقة نشطة بركانيًا وزلزاليًا. منذ سنة 1950 م ارتفع متوسط درجات الحرارة بمقدار 2.3°C، وفقد ربع تساقط الثلوج السنوي، ومن المتوقع أن ينخفض تساقط الثلوج أكثر في المستقبل.



الشكل ٨-٤

(تابع)

أ. اقترح تأثيرات ارتفاع درجات الحرارة على إمدادات المياه وأنواع الكائنات الحية في متنزّه يلوستون الوطني. **[4]**

ب. اشرح كيف يستفيد التنوع البيولوجي في متنزّه وطني مثل يلوستون من منظمات مثل (CITES). **[2]**

ج. صف تأثير نوع من الأسماك الغازية على التنوع البيولوجي للنظم البيئية المائية في متنزّه يلوستون الوطني. **[3]**

د. يُقاس التنوع البيولوجي في متنزّه يلوستون الوطني على مستوى الأنواع. اذكر مثالًا على مستوى آخر يُمكن قياس التنوع البيولوجي على أساسه. **[1]**

[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
أشرح أن التنوع البيولوجي يمكن أن يكون على ثلاثة مستويات مختلفة: • تنوع الأنواع (وفرة وثراء الأنواع في مكان معيّن) • التنوع الجيني (التباين في أشكال الجينات (الأليلات) داخل النوع الواحد) • التنوع البيئي (التباين في النظم البيئية أو المواطن البيئية على المستوى الإقليمي والعالمي).				٨-١
أعرّف مصطلحَي الأنواع المحلية والأنواع الغازية.				٨-١
أشرح تأثيرات الأنواع الغازية على التنوع البيولوجي.				٨-١
أصف وأشرح فوائد الحفاظ على التنوع البيولوجي متضمنًا: • الأمن الغذائي • النمو الاقتصادي والحد من الفقر • مكافحة تغير المناخ • الموارد الطبية • التنوع الجيني • الموارد وتشمل الغذاء، والخشب، والألياف، والزيوت، والمياه النظيفة، والوقود • الأمن البيئي • القيمة الثقافية والترفيهية.				٨-١
أناقش أهمية الشعاب المرجانية، بما في ذلك التنوع البيولوجي، وحماية السواحل، ومصدر الغذاء والأدوية، والترفيه والسياحة.				٨-٢

(تابع)

أستطيع أن	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أقترب من تحقيق الهدف	واثق من الاستمرار	أراجع الموضوع
أصف أسباب تعرية الشعاب المرجانية، بما في ذلك التعرية البيولوجية، وتغير (pH)، وتغير درجة الحرارة، والأضرار المادية والرواسب، وتأثيرات تعرية الشعاب المرجانية.				٢-٨
أناقش مزايا وعيوب استخدام الشعاب الاصطناعية.				٢-٨
أناقش أهمية غابات القرم، بما في ذلك مصدر الغذاء، والخشب، ومصدر الوقود، والتنوع البيولوجي، وحماية السواحل، ومنع الفيضانات، وتنقية المياه، والسياحة البيئية، ومخازن الكربون الأزرق.				٢-٨
أصف التهديدات التي تتعرض لها غابات القرم، بما في ذلك تغيّر درجة الحرارة بفعل تغير المناخ والحصاد الجائر، والأضرار الناجمة عن العواصف، والتغير في استخدام الأراضي الساحلية.				٢-٨
أشرح أنه بسبب اتساع نطاق العديد من النظم البيئية البحرية، فإن التعاون الدولي والتشريعات ضروريان، إلا أن تحقيق ذلك لا يكون ممكنًا دائمًا (على سبيل المثال، عدم انضمام جميع الدول إلى قرار الحظر الصادر عن اللجنة الدولية لصيد الحيتان (IWC) أو اتفاقية التجارة الدولية في الأنواع المهددة بالانقراض (CITES))، وتأثيرات ذلك في الحفاظ على النظم البيئية البحرية.				٢-٨

مصطلحات

الأفعال الإجرائية

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

ارسم Sketch: أنشئ رسمًا تخطيطيًا بسيطًا يوضح الملامح الرئيسية.

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.

برّر Justify: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

تنبأ Predict: اقترح ما قد يحدث بناءً على المعلومات المتاحة.

حدّد Identify: سمِّ، اختر، تعرّف.

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

عرّف Define: اذكر المعنى الدقيق.

علّق Comment: أعطِ رأيًا مستنيرًا.

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

قدّم Give: استخرج إجابة من مصدر معيّن أو من الذاكرة.

قوّم Assess: أصدر حكمًا مفيدًا أو مستنيرًا.

قيّم Evaluate: قيّم شيئًا ما، أي احكم على جودته، أهميته، كميته، أو قيمته.

لخص Summarize: اختر وقدم النقاط الرئيسية بدون تفصيل.

ناقش Discuss: اكتب بعمق حول الموضوع بطريقة بنائية منظمة.

المصطلحات

ابيضاض المرجان Coral bleaching: تبييض المرجان الناتج من فقدان الحييونات الصفراء. (ص ١٧٧)

اتفاقية التجارة الدولية في الأنواع المهددة بالانقراض (CITES) Convention on International Trade in Endangered Species: اتفاقية دولية بين الحكومات لضمان أن التجارة الدولية بعيّنات الحيوانات والنباتات البرية لا تهدد بقاء الأنواع. (ص ١٨٣)

احتجاز الكربون Carbon sequestration: تخزين طويل الأمد للكربون للتخفيف من الاحترار العالمي وتجنب تغير المناخ. (ص ٢٩)

أراضي الحشائش Grasslands: منطقة أحيائية تتميز بسهول عشبية وأشجار قليلة، توجد في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، وأشهرها السافانا Savanna. (ص ٢٠)

***ازدهار الطحالب الضار Harmful algal bloom (HAB)**: عندما يؤدي الفائض من المغذيات إلى زيادة نمو العوالق البحرية التي تطلق سمومًا في الماء. (ص ٣٠)

الأسماك السطحية Pelagic fish: الأسماك التي تعيش في المنطقة السطحية من البحر وهي المنطقة العليا من مياه المحيط أو البحر المفتوح. (ص ٦٥)

الإطار البيئي Niche: الدور الذي تؤديه الأنواع في المجتمع البيئي؛ وهو وصف لعلاقة النوع مع جميع العوامل الحيوية وغير الحيوية في بيئته. (ص ٣٨)

***الأمطار الحَمْلِيَّة Convectional rainfall**: نوع من الهطول يحدث عندما تُسخِّن طاقة الشمس سطح الأرض، ما يؤدي إلى تبخّر الماء وتحوّله إلى بخار، ثم يتكاثف هذا البخار ليشكّل السُّحُب على ارتفاعات أعلى. (ص ٢٥)

البروباجولات Propagules: هي تراكيب تكاثرية تنفصل عن النبات الأم وتكون قادرة على النمو لتصبح فردًا جديدًا. (ص ٤٧)

***بشري المنشأ Anthropogenic**: تغير ناتج من النشاط البشري. (ص ٢٨)

البوليبات Polyps: الطور الثابت (غير المتحرك) من دورة حياة اللاسعات، تشبه الكأس. (ص ٣٢)

التجنيد Recruitment: دخول كائنات حية جديدة في جماعة أحيائية. وبالنسبة إلى الأسماك، غالبًا ما يشير هذا المصطلح إلى المرحلة التي تصل فيها السمكة إلى سِن يمكن فيه صيدها بالشباك. (ص ٦٩)

***تخصيب المحيط Ocean fertilisation**: إلقاء الحديد أو غيره من المغذيات في المحيط في المناطق ذات الإنتاجية المنخفضة لتعزيز نمو العوالق النباتية. (ص ٢٩)

التراكم الحيوي Bioaccumulation: تراكم المواد، مثل مبيدات الآفات أو المواد الكيميائية الأخرى، داخل الكائن الحي. (ص ١٤٥)

التربة الصقيعية Permafrost: مناطق من الأرض تبقى متجمدة بشكل دائم. (ص ٢٥)

تربية الأحياء المائية Aquaculture: العناية بالحيوانات والنباتات المائية وتنميتها لاستهلاك البشر ولاستخدامهم. (ص ٦١)

تربية الأحياء المائية المكثفة Intensive aquaculture: العناية بالحيوانات أو النباتات المائية وتنميتها باستخدام طرائق مكثفة مثل كثافات تخزين عالية وتغذية صناعية لتحقيق أقصى قدر من الإنتاج. (ص ٩٥)

تربية الأحياء المائية الموسعة Extensive aquaculture: العناية بالحيوانات أو النباتات المائية وتنميتها باستخدام تكنولوجيا محدودة وكثافات تخزين منخفضة دون استخدام تغذية صناعية. (ص ٩٥)

التضخم الحيوي Biomagnification: زيادة تركيز مادة معيّنة، مثل مادة كيميائية سامة، داخل أنسجة الكائنات الحية عند المستويات الغذائية العليا في سلسلة غذائية. (ص ١٤٥)

التعرية البيولوجية Bioerosion: تعرية الشعاب المرجانية الناتج من الكائنات الحية. (ص ١٧٦)

تعرية الشعاب المرجانية Reef erosion: عندما يفقد المرجان من هيكله المكون من كربونات الكالسيوم سنويًا أكثر مما يكتسبه. (ص ١٧٦)

التقسيم المناطقي Zonation: توزيع النباتات أو الحيوانات في مناطق محددة داخل النظام البيئي بناءً على عامل غير حيوي معيّن، مثل الجفاف، أو عامل حيوي مثل التنافس. (ص ٤٠)

التكاثر الولودي Viviparous reproduction: هي استراتيجية تكاثرية في بعض النباتات، إذ تنمو البذرة لتصبح نباتًا صغيرًا بينما لا تزال متصلة بالنبات الأم. (ص ٤٨)

التلألؤ الحيوي Bioluminescence: الانبعاث الكيميائي الحيوي للضوء بواسطة الكائنات الحية. (ص ١٩)

التندرا Tundra: منطقة أحيائية تقع في أقصى شمال آسيا وألاسكا، وتتميز بشتاء طويل بارد ومظلم، وصيف قصير بارد. يحد التجمد الدائم للتربة نمو النباتات، ما يجعلها تقتصر على الشجيرات القصيرة والحشائش. (ص ٢٠)

تنوع الأنواع Species diversity: وفرة وثراء الأنواع في مكان معيّن. (ص ١٦٨)

التنوع البيئي Ecological diversity: التنوع في النظم البيئية أو المواطن البيئية على المستوى الإقليمي أو العالمي. (ص ١٦٨)

التنوع البيولوجي Biodiversity: مقياس لتنوع الأنواع والتنوع الجيني والتنوع البيئي للأنواع المختلفة. (ص ١٦٨)

التنوع الجيني Genetic diversity: تنوع أشكال الجينات (الأليلات) داخل النوع الواحد. (ص ١٦٨)

تروكوفور Trochophore: هي مرحلة يرقية أولى في دورة حياة العديد من الرخويات مثل المحار العملاق والمحار؛ تتحرك بالأهداب وتعيش كعوالق في الماء. (ص ٩٧)

***الثغور Stomata**: فتحات في ورقة النبات أو ساقه، يشكل كل منها شقًا يسمح بحركة الغازات داخل وخارج الفراغات بين الخلايا؛ توجد بشكل رئيسي على السطح السفلي للأوراق. (ص ٢٥)

ثلاثي بوتيل القصدير (TBT): مركب من الكربون والقصدير يُستخدم في الطلاء المضاد للحشف البيولوجي على السفن والهياكل البحرية. (ص ١٤٥)

الثيكا Theca: جدران كأس المرجان. (ص ٣٢)

الجفاف Desiccation: عملية إزالة الرطوبة؛ أو حالة الجفاف التام. (ص ٤٠)

الحد الأدنى لحجم فتحات الشباك Minimum mesh sizes: أصغر حجم مسموح به للفتحات في شبكات الصيد. (ص ٧٤)

الحييونات الصفراء Zooxanthellae: سوطيات دوارة ذاتية التغذية ضوئية، تعيش في علاقة تكافلية داخل أنسجة العديد من اللافقاريات. (ص ٣٢)

خدمات النظام البيئي Ecosystem services: الفوائد التي يحصل عليها البشر من النُظم البيئية، بما في ذلك الغذاء، وتنظيم الفيضانات، والتحكم في المناخ، وتنقية المياه. (ص ٢٧)

الخصوبة Fecundity: معدل تكاثر الكائنات الحية. وغالبًا ما يُعدّ معدل إنتاج البيض مقياسًا للخصوبة في الأسماك. (ص ٦٩)

***الخلايا اللاسعة Cnidocytes**: خلايا لاذعة تُبطّن لوامس اللاسعات. (ص ٣١)

دورة الحياة Life cycle: المراحل المختلفة التي تمر بها الأنواع خلال حياتها. (ص ٦١)

ركيزة مساميّة Porous substrate: ركيزة تحتوي على ثقوب تسمح بمرور الهواء والماء. (ص ٤٣)

الزريعة Fry: الطور المبكر والصغير للعديد من الأسماك بما في ذلك سمك الكوفر الأبيض. تكون اليرقات قد امتصت كيس المح اليرقي بالكامل، وبدأت تتغذى بشكل مستقل. (ص ٩٦)

زريعة بلح البحر Spats: طور ما بعد اليرقة، يستقر ويتثبت بالركيزة، وهو من الرخويات ثنائية المصراع. (ص ٩٧)

السونار SONAR (sound navigation and ranging): تقنية تستخدم للكشف عن الأجسام تحت الماء من خلال انعكاس الموجات الصوتية. (ص ٦٤)

شباك الجر القاعي Bottom trawling: طريقة صيد تسحب شبكة على طول قاع البحر. تحافظ الألواح الخشبية في مقدمة الشبكة على بقائها مفتوحة وتثير قاع البحر، ما يتسبب بحدوث أضرار. (ص ٦٦)

شباك الصيد الشبحية Ghost fishing nets: معدات الصيد التي فُقدت من القوارب ولكنها لا تزال تحتجز وتقتل الكائنات البحرية. (ص ١٥٢)

شبكة التحويط الكيسية Purse seine: شبكة كيسية تستخدم لصيد أسراب الأسماك وهي مزودة بمجموعة من الحبال التي تستخدم لإغلاقها واحتجاز الأسماك قبل سحبها إلى متن قارب الصيد. (ص ٦٥)

شعاب اصطناعية Artificial reef: تركيب تحت الماء يبنيه الإنسان لمحاكاة خصائص الشعاب الطبيعية. (ص ١٧٩)

الصحاري Deserts: منطقة أحيائية تشمل أراضٍ قاحلة وقاسية حيث يقل معدل الهطول السنوي عن 250 mm، وينخفض التنوع البيولوجي فيها. (ص ٢٠)

الصفيحة القاعدية Basal plate: الجزء السفلي من كأس المرجان، يفصل البوليب عن الركيزة. (ص ٣٢)

الصيد القاعي Demersal fishing: صيد الأسماك في المنطقة الموجودة مباشرة فوق قاع البحر. (ص ٦٧)

الصيد المستدام Sustainable fishing: الصيد للوصول إلى الغلة المستدامة القصوى حتى لا تكون مخزونات الأسماك في المستقبل مهددة بخطر النضوب. (ص ٦٢)

العَديسَة Lenticel: مسام صغير مرتفع في جذور شجرة القرم يسمح بتبادل الغازات بين الغلاف الجوي والأنسجة الداخلية. (ص ٤٨)

الغابات Forests: منطقة أحيائية تهيمن عليها الأشجار، حيث تغطي مظلة الأشجار ما لا يقل عن 10 % من مساحة الغابة. (ص ٢٠)

الغلة المستدامة القصوى Maximum sustainable yield (MSY): أقصى كمية يمكن صيدها دون تقليل أعداد الجماعات الأحيائية المستقبلية. (ص ٦٢)

***فلورا Flora**: نباتات منطقة أو أقليم أو بيئة معيّنة. (ص ١٧٠)

الفم Mouth: الفتحة التي تؤدي إلى المعدة. (ص ٣٢)

***فونا Fauna**: الحياة الحيوانية المميزة لمنطقة أو أقليم أو بيئة. (ص ١٧٠)

فيليجر Veliger: هي مرحلة يرقية ثانية في دورة حياة العديد من الرخويات، تتطور من يرقة التروكوفور، وتتصف بوجود عضو يسمى الفيليوم: تركيب غشائي يستخدم للتغذية والحركة بالإضافة إلى وجود صدفة. (ص ٩٧)

الكأس Calyx: الكأس الحجري الذي يعيش فيه بوليب المرجان. (ص ٣٢)

الكيس الخيطي اللاسع Nematocyst: عضية شبيهة بالرمح داخل الخلية اللاسعة، تحتوي على سُمّ يتم حقنه في الفريسة. (ص ٣٢)

اللجنة الدولية لصيد الحيتان (IWC) International Whaling Commission: الهيئة العالمية المسؤولة عن صيد الحيتان والحفاظ عليه وتضم 89 بلدًا عضوًا. (ص ١٨٣)

اللاسعات Cnidaria: شعبة من الحيوانات البحرية تلتقط الغذاء باستخدام خلايا لاسعة. (ص ٣١)

اللوامس Tentacles: أطراف متحركة في البوليبات المرجانية تُستخدم لالتقاط الفرائس وإبعاد المفترسات، تبطنها خلايا لاسعة. (ص ٣٢)

الماكروبلاستيك Macroplastics: قطع بلاستيكية كبيرة يبلغ قطرها أكبر من 5 mm. (ص ١٤٩)

محطات تحلية المياه Desalination plants: منشآت صناعية تعمل على إزالة الأملاح من مياه البحر لإنتاج المياه العذبة. (ص ١٤٣)

المحيط العالمي World Ocean: اندماج جميع المحيطات الرئيسية في مسطح مائي واحد كبير ومترابط يحيط بقارات العالم. (ص ٢٦)

***المدى الحراري اليومي Diurnal temperature range**: التغير بين درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة التي تحدث في اليوم نفسه (مثل التغييرات بين درجات الحرارة ليلًا ونهارًا). (ص ٢٥)

المرجان الصلب Hard coral: مرجان حجري صلب قادر على بناء الشعاب وله علاقة تكافلية مع الحيوانات الصفراء. (ص ٣١)

المرجان اللين Soft coral: مرجان لا يبني الشعاب ويفتقر إلى التكلس. (ص ٣١)

المصيد العرَضي Bycatch: هي الأنواع التي تُصطاد خلال صيد الأسماك، وهي أنواع غير مستهدفة كالسلاحف والدلافين. (ص ٦٥)

المصيد لكل وحدة جهد (CPUE) Catch per unit effort: مقياس لوفرة الأسماك يحسب من قسمة إجمالي المصيد على جهد الصيد. (ص ٨٠)

معدل النفوق Mortality rate: هو معدل الموت. يشمل النفوق الطبيعي وهو معدل الموت الناتج من أسباب طبيعية، ونفوق المصيد وهو معدل الموت الناتج من الصيد. (ص ٧٠)

معدل النمو Growth rate: سرعة نمو الجماعة الأحيائية للأسماك من حيث عدد الأسماك أو طول السمكة الواحدة. (ص ١٠١)

المعدة Stomach: عضو الهضم، يحتوي على أنسجة تفرز الإنزيمات الهاضمة. (ص ٣٢)

المناطق البحرية المحمية Marine protected areas (MPAs): مناطق من المحيط أو الساحل فُرِضَت فيها قيود على الأنشطة، وقد تختلف مستويات القيود، فقد يكون بعضها مناطق محظورة لا يسمح فيها بالصيد، وقد تسمح مناطق أخرى ببعض الصيد، وقد تحظر بعض المناطق دخول الأشخاص غير المصرح لهم، بينما يمكن أن تسمح مناطق أخرى بدخول مقيد وفق شروط معيّنة. (ص ٧٤)

منطقة الرذاذ Splash zone: الجزء من الشاطئ الصخري الذي يقع فوق أعلى مد ويتلقى المياه من رذاذ الأمواج. (ص ٤٠)

المنطقة الشاطئية Littoral zone: المنطقة من خط الساحل التي تتعرض لتأثير الأمواج؛ وتُعدّ موطنًا بيئيًا للكائنات الحية على الساحل. (ص ٤٠)

منطقة المد والجزر Intertidal zone: المنطقة المعروفة باسم الشاطئ البحري، والتي تتكشف عند الجزر وتكون مغمورة بالماء أثناء المد. (ص ٤٠)

مياه الصرف الصحي Sewage: النفايات السائلة والصُّلبة، مثل المياه العادمة. (ص ١٣٩)

المياه قليلة الملوحة Brackish water: ماء ذو ملوحة منخفضة (أقل من ملوحة مياه البحر وأعلى من المياه العذبة)، يوجد غالبًا في المصبات حيث تختلط المياه العذبة بمياه البحر. (ص ٣٥)

الميكروبلاستيك Microplastics: جسيمات بلاستيكية يبلغ قطرها أقل من 5 mm (ص ١٤٩)

الميكروبلاستيك الأولي Primary Microplastics:
الميكروبلاستيك الذي يتم إطلاقه مباشرة في الماء، مثل الحبيبات الموجودة في مستحضرات التجميل. (ص ١٤٩)

الميكروبلاستيك الثانوي Secondary Microplastics:
الميكروبلاستيك الناتج من تفكُّك القطع البلاستيكية الكبيرة. (ص ١٤٩)

النضج الإنجابي Reproductive maturity: الوقت الذي يكون فيه الكائن الحي قادرًا على التكاثر الجنسي. (ص ٦٩)

النفاذية Permeability: مدى جودة تدفق الماء عبر الركيزة. (ص ٤٦)

النوع الغازي Invasive species: نوع أدخل إلى نظام بيئي، أو نوع محلي يتفوق على الأنواع الأخرى، ما يسبب حدوث تغيرات في اتزان النظام البيئي. (ص ١٦٩)

النوع المحلي Native species: نوع نشأ في نظام بيئي أو منطقة محددة وتأقلم للعيش في تلك المنطقة. (ص ١٦٩)

الهندسة الجيولوجية Geoengineering: تدخل متعمد في العمليات البيئية التي تؤثر على المناخ بهدف التقليل من تأثيرات تغير المناخ. (ص ٢٨)

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.

Sergiy Glushchenko/GI; Connect Images/Alexander Semenov/GI; Hillary Kladke/GI; Johner Images/GI; Patmeierphotography.com/GI; Anders Blomqvist/GI; Anton Petrus/GI; Bruce Yuanyue Bi/GI; Georgette Douwma/GI; Stephen Frink/GI; Giordano Cipriani/GI; F1online digitale Bildagentur GmbH/Alamy Stock Photo; Brandi Mueller/GI; Visuals Unlimited, Inc./David Fleetham/GI; Secret Sea Visions/GI; Andreas Altenburger/GI; Philippe ROYER/GI; Apomares/GI; Jeannine Nelepovitz/GI; Ricardo Lima/GI; Gerard Puigmal/GI; Design Pics Inc/Alamy Stock Photo; Eschenfelder/GI; Undersea Vehicles Program/UNCW; WaterFrame/Alamy Stock Photo; Lekove/Shutterstock; Eye Ubiquitous/GI; Angel Fitor/SPL; Oman Ministry of Education x2; Boris Horvat/GI; Oman Ministry of Education; Trieu Tuan/Shutterstock; National Geographic Image Collection/Alamy Stock Photo; Mint Images - Frans Lanting/GI; Paul McCormick/GI; Angel Fitor/SPL; Scubazoo/SPL; Matthew D White/GI; Saul Loeb/GI; Holger Leue/GI; Andrew Aitchison/GI; Ashley Cooper/GI; Rosanne Tackaberry/Alamy Stock Photo; Jonathan Eastland/GI; Education Images/GI; SeaTops/GI; Victor Vichev/GI; duncan1890/GI; Norbert Probst/GI; Eric Lafforgue/Art in All of Us/GI; Jason Edwards/GI; Photos by Shmelly/GI; EyeWolf/GI; David Pardoe/GI; Ivstiv/GI; Travelpix Ltd/GI; O. Alamany & E. Vicens/GI; Gallo Images-Anthony Bannister/GI; Federica Grassi/GI; Michael Patrick O'Neill/SPL; Stephen Frink/GI; Scubazoo/SPL; Cyril Ruoso/GI; Antonio Camacho/GI

Key:

GI = Getty Images

SPL = Science Photo Library

رقم الإيداع: 2025/10241

الغرير للطباعة والنشر : 0097143312317

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 الثاني عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب التجارب العملية والأنشطة
- دليل المعلّم

ISBN 978-99992-1-371-4

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS