العلوم الحياتية

الصف الحادي عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

د. محمد حسين بريك

عطاف عايش الهباهبة

ختام خليل سالم

روناهي "محمد صالح" الكردي (منسقًا)

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقـم (2021/5)، تاريخ 2021/12/7 م، وقـرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2021/175)، تاريـخ 2021/12/21 م، بـدءًا من العام الـدراسي 2021 / 2022 م.

© Harper Collins Publishers Limited 2021.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 205 - 3

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/6/3435)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

العلـوم الحياتيـة، الصـف الحـادي عشـر، الفـرع العلمـي: كتـاب الطالـب، الفصـل الثانـي/ المركـز الوطنـي لتطويـر المناهـج.- عمـان: المركـز، 2021

(124) ص.

ر.إ.: 2021/6/3435

الواصفات: / **العلوم الحياتية**/ / **المناهج**/ / **التعليم الثانوي**/

يتحمل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1442 هـ / 2021 م

قائمة المحتويات

المقدمة 5

الوحدة الخامسة: التكنولوجيا الحيوية

Biotechnology 7

الدرس 1: الجينوم البشري والهندسة الوراثية

Human Genome and Genetic Engineering 10

الدرس 2: التكنولوجيا الحيوية وصحة الإنسان

Biotechnology and Human Health 30

مراجعة الوحدة 38

الوحدة السادسة: عمليات حيوية في النبات

Biological Processes in Plant 41

الدرس 1: النقل في النبات

Transport in Plant 44

الدرس 2: التكاثر في النباتات البذرية

Reproduction in Seed Plants 55

الدرس 3: الاستجابة في النبات

Response in Plant 67

مراجعة الوحدة 79

الوحدة السابعة: الأنظمة البيئية

Ecosystems 81

الدرس 1: البيئة والغلاف الحيوي

Environment and Biosphere 84

الدرس 2: الأنظمة البيئية البحرية

Marine Ecosystems 97

الدرس 3: الأنظمة البيئية للمياه العذبة ومصبات الأنهار

Freshwater Ecosystems and Estuaries 107

مراجعة الوحدة 116

مسرد المصطلحات 119

قائمة المراجع 123

المواقع الإلكترونية 124

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون مُعينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

يُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وَفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين.

جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا لمضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المُتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتَزٍّ -في الوقت نفسه- بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر له فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتألَّف الكتاب من ثلاث وحدات، يَتَّسِمُ محتواها بالتنوع في أساليب العرض، هي: التكنولوجيا الحيوية، وعمليات حيوية في النبات، والأنظمة البيئية. يضم الكتاب أيضًا العديد من الرسوم، والصور، والأشكال التوضيحية، والأنشطة، والتجارب العملية التي تُنمّي مهارات العمل المخبري، وتساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم، مثل: الملاحظة العلمية، والاستقصاء، ووضع الفرضيات، وتحليل البيانات، والاستنتاج القائم على التجربة العلمية المضبوطة، وصولًا إلى المعرفة التي تُعِين الطلبة على فهم ظواهر الحياة من حولنا.

روعي في تأليف الكتاب التركيز على مهارات التواصل مع الآخرين، ولا سيَّما احترام الرأي والرأي الآخر، وتحفيز الطلبة على البحث في مصادر المعرفة المختلفة؛ فلغة الكتاب تُشجِّع الطالب أنْ يتفاعل مع المادة العلمية، وتحثُّه على بذل مزيد من البحث والاستقصاء. وقد تضمَّن الكتاب أسئلة متنوعة تراعي الفروق الفردية، وتُنمّي لدى الطلبة مهارات التفكير وحَلِّ المشكلات.

أُلحِقَ بالكتاب كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة، إضافةً إلى أنشطة إثرائية، وأسئلة مثيرة للتفكير.

ونحن إذ نُقدِّمُ الطبعة الأولى (التجريبية) من هذا الكتاب، فإنّا نأمل أنْ يُسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطالب، وتنمية اتجاهـات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرلديه، فضلًا عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بملاحظات المعلِّمين.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة 5

التكنولوجيا الحيوية

Biotechnology

قال تعالى:

﴿ وَقُلِ ٱلۡحَمۡدُ لِلَّهِ سَيُرِيكُمۡ ءَايَٰتِهِۦ فَتَعۡرِفُونَهَاۚ وَمَا رَبُّكَ بِغَٰفِلٍ عَمَّا تَعۡمَلُونَ ﴿٩٣﴾ ﴾ (سورة النَّمل، الآية 93).

أتأمَّل الصورة

أسهم تطوُّر أدوات البيولوجيا الجزيئية الحديثة، واستخدام قواعد البيانات الحاسوبية في تعرُّف تسلسل نيوكليوتيدات الجينوم البشري. فما علاقة ذلك بتقدُّم علم الأمراض والصيدلة؟

الفكرة العامة:

تُسهِم علوم البيولوجيا الجزيئية والأدوات المخبرية والحواسيب في تطوير المُنتَجات التي تساعد على تحسين حياة الإنسان.

الدرس الأول: الجينوم البشري والهندسة الوراثية.

الفكرة الرئيسة: يُسهِم تعرُّف تسلسل نيوكليوتيدات الجينوم البشري وتطوُّر الهندسة الوراثية في تشخيص الاختلالات الوراثية، وإنتاج مواد تؤدي دورًا في المحافظة على صحة الإنسان.

الدرس الثاني: التكنولوجيا الحيوية وصحة الإنسان.

الفكرة الرئيسة: أدّى تطوُّر المعرفة العلمية على المستوى الجزيئي للخلية إلى إيجاد حلول لمشكلات صحية.

حَلُّ لغز الجريمة

تُعَدُّ بصمة DNA من التطبيقات المهمة في التحقيقات الجنائية التي تُسهِم في التوصُّل إلى الجناة، وذلك بالمقارنة بين بصمة DNA لكل شخص من المُشتبَه بهم في جريمة مُعيَّنة، وبصمة DNA لعيِّنات أُخِذت من مسرح الجريمة.

المواد والأدوات:

صور مُكبَّرة للرموز التجارية Barcodes المطبوعة على 6 مُنتَجات مختلفة.

ملحوظة: يعمل الطلبة في هذه التجربة ضمن مجموعات رباعية أو خماسية.

خطوات العمل:

1. أضع 5 رموز تجارية في صندوق، ثم أُصوِّر الرمز التجاري السادس صورتين، ثم أحتفظ بإحداهما جانبًا، وأضع الأُخرى في الصندوق.
2. **أُجرِّب:** أسحب الرموز التجارية تباعًا من الصندوق، مُلاحِظًا الخطوط التي عليها، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
3. **أُقارِن** الرموز التجارية بالرمز الذي احتفظْتُ به جانبًا، ثم أُحدِّد الرمز التجاري المُطابِق له.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج:** إذا مثَّل الرمز التجاري الجانبي بصمة DNA لعيِّنة من مسرح جريمة، ومثَّل كل رمز من الرموز التجارية في الصندوق بصمة DNA لمُشتبَه به في الجريمة، فمَنِ الجاني من الأشخاص المُشتبَه بهم؟
2. **أتواصل:** أُناقِش زملائي في النتيجة التي توصَّلْتُ إليها.

الجينوم البشري والهندسة الوراثية
Human Genome and Genetic Engineering

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يُسهِم تعرُّف تسلسل نيوكليوتيدات الجينوم البشري وتطوُّر الهندسة الوراثية في تشخيص الاختلالات الوراثية، وإنتاج مواد تؤدي دورًا في المحافظة على صحة الإنسان.

نتاجات التعلُّم:

- أُوضِّح دور الجينوم البشري في تشخيص الاختلالات الجينية.
- أستقصي أثر هندسة الجينات في إنتاج مواد علاجية.

المفاهيم والمصطلحات:

الجينوم البشري Human Genome

الحمض النووي الرايبوزي Ribonucleic Acid (RNA)

الكائن الحي المُعدَّل جينيًّا Genetically Modified Organism

مُعاد التركيب DNA

Recombinant DNA

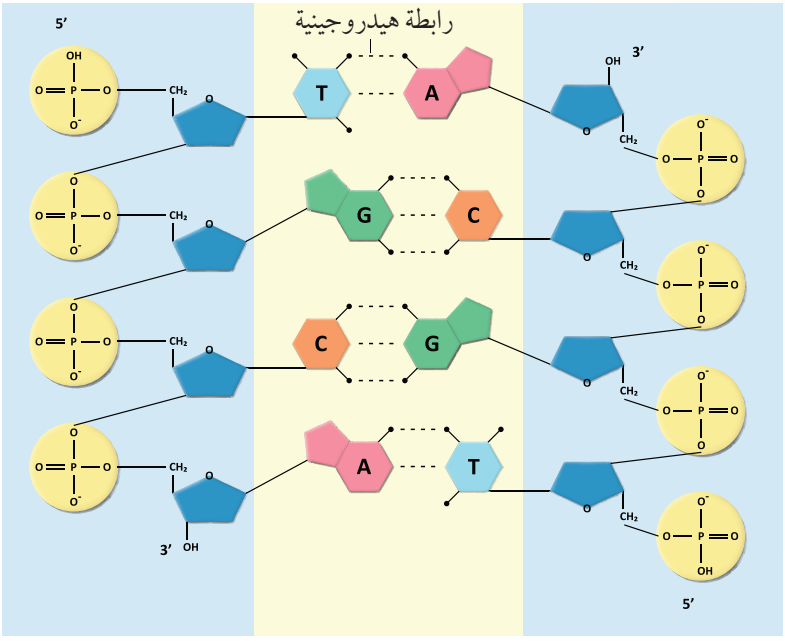
إنزيمات القطع المُحدَّد Restriction Enzymes

الحموض النووية Nucleic Acids

تحتوي نواة الخلية الحية على المادة الوراثية التي تُحدِّد صفات الكائنات الحية.

الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسجين Deoxyribonucleic Acid (DNA)

درسْتُ سابقًا أنَّ الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسجين (DNA) يحمل المعلومات الوراثية اللازمة لبناء البروتينات، وأنَّه يتركَّب من سلسلتين لولبيتين من النيوكليوتيدات ترتبطان معًا بروابط هيدروجينية، وأنَّ كل نيوكليوتيد يتكوَّن من سُكَّر رايبوزي منقوص الأكسجين، ومجموعة فوسفات، وإحدى القواعد النيتروجينية الأربع الآتية: الأدينين Adenine، والغوانين Guanine، والسايتوسين Cytosine، والثايمين Thymine، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): تركيب جزيء DNA.

ترتبط القاعدة النيتروجينية الأدينين (A) مع الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين، في حين ترتبط السايتوسين (C) مع الغوانين (G) بثلاث روابط هيدروجينية.

أمّا مجموعة الفوسفات فتربط جزيء السُّكَّر بالآخر الذي يليه في السلسلة الواحدة من جزيء DNA. وتختلف نهايتا كل سلسلة من السلسلتين إحداهما عن الأُخرى؛ إذ تنتهي إحدى السلسلتين بمجموعة فوسفات مُرتبِطة بذَرَّة الكربون رقم (5) في جزيء السُّكَّر، ويُرمَز إلى هذه النهاية بالرمز (5′)، في حين تنتهي السلسلة الأُخرى بمجموعة هيدروكسيل مُرتبِطة بذَرَّة الكربون رقم (3) من جزيء السُّكَّر، ويُرمَز إلى هذه النهاية بالرمز (3′)، أنظر الشكل (2).

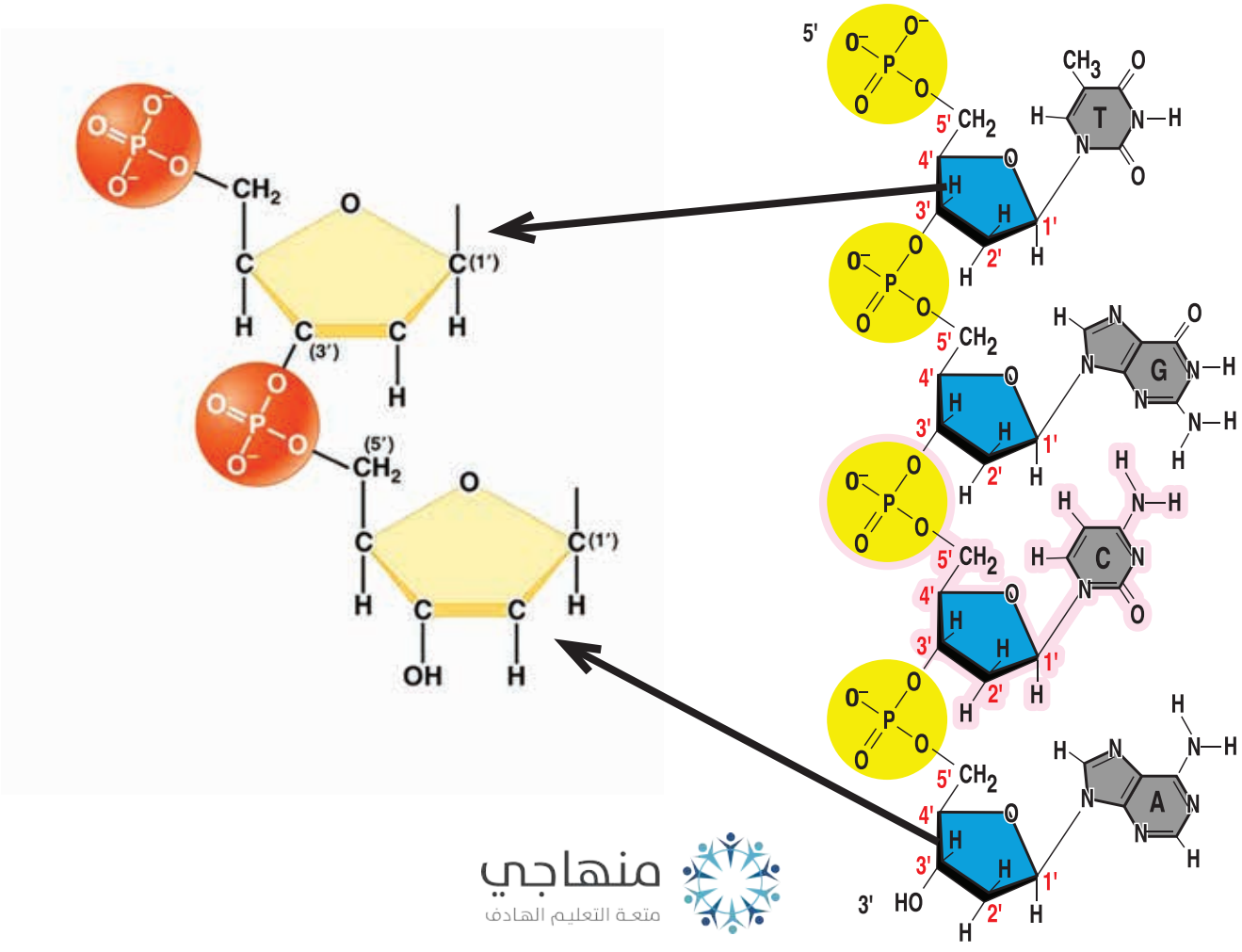
أتحقَّق: أكتب تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة DNA المُكمِّلة للسلسلة الآتية:

AACAGCTTG

ثم أَصِف تركيب جزيء DNA.

الشكل (2): سلسلة DNA.

أُحدِّد على الشكل نهايتي سلسلة DNA.



نشاط

استخلاص DNA من خلايا باطن الخد

المواد والأدوات: ماء، ملح طعام NaCl، 3 كؤوس زجاجية، أنبوبا اختبار (سعة كلٍّ منهما 30 mL)، سائل غسيل الصحون، عصا زجاجية، حامل أنابيب، مخبار مُدرَّج (500 mL)، كحول إيثيلي مُبرَّد نسبة تركيزه 96%.

خطوات العمل:

1. **أُجرِّب:** أُحضِّر في إحدى الكؤوس الفارغة محلولًا بإضافة ملعقة صغيرة من سائل غسيل الصحون إلى 3 ملاعق صغيرة من الماء.
2. **أُجرِّب:** أُحضِّر في كأس ثانية محلولًا ملحيًّا بإضافة ملعقتين صغيرتين من ملح الطعام إلى 250 mL من الماء.
3. أتمضمض جيدًّا بـ 10 mL من المحلول الملحي، ثم أضعه في الكأس الثالثة.
4. **أتنبَّأ** بمحتويات الكأس الثالثة، ثم أُدوِّن إجابتي.
5. أنقل محتويات الكأس إلى أنبوب اختبار يحوي 5 mL من محلول سائل غسيل الصحون.
6. **أُجرِّب:** أُحرِّك الأنبوب نحو اليمين واليسار بلطف، ثم أُضيف 5 mL من الكحول ببطء، مراعيًا انسياب الكحول على الجدار الداخلي للأنبوب.
7. **أُلاحِظ:** أترك الأنبوب على حامل الأنابيب دقائق معدودة، مُلاحِظًا الناتج الذي تكوَّن بين طبقتي الكحول ومحلول سائل غسيل الصحون، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
8. **أُجرِّب:** ألتقط الناتج باستخدام العصا الزجاجية، ثم أضعه في أنبوب اختبار.
9. **أتوقَّع** مُكوِّنات الناتج.

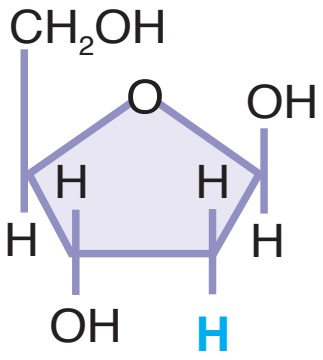
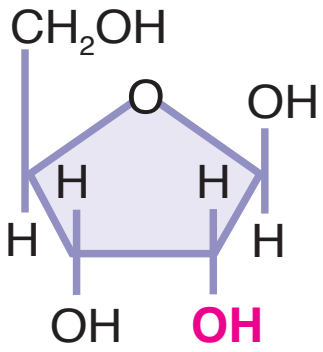
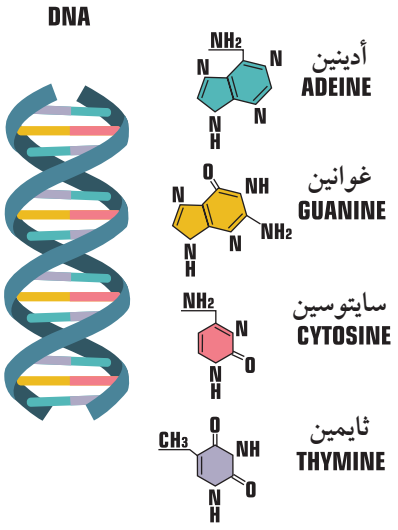
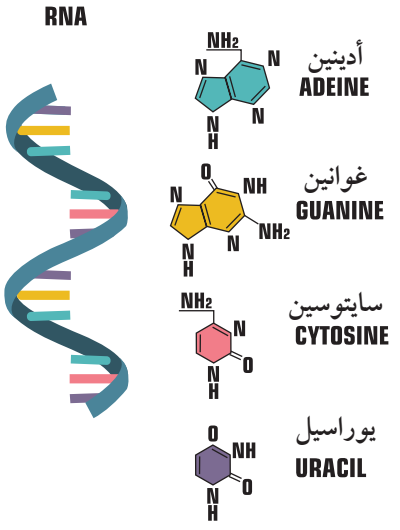
التحليل والاستنتاج:

1. أربط بين تركيب الغشاء البلازمي واستخدام محلول سائل غسيل الصحون.
2. **أتوقَّع:** ماذا يحدث إذا حرَّكْتُ الأنبوب حركة سريعة؟
3. **أُفسِّر:** ما مصدر جزيء DNA الموجود في الناتج؟
4. **أتنبَّأ** بنتيجة التجربة إذا استُخدِمت خلايا دم حمراء.

الحمض النووي الرايبوزي Ribonucleic Acid (RNA)

يؤدي هذا الحمض دورًا مهمًّا في عملية تصنيع البروتينات؛ وهي مواد كيميائية تتكوَّن من حموض أمينية مُرتبِطة بروابط كيميائية تُسمّى الروابط الببتيدية. وهو يختلف عن الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسجين (DNA) في أوجه عِدَّة، أنظر الجدول (1).

الجدول (1): مقارنة بين DNA و RNA.

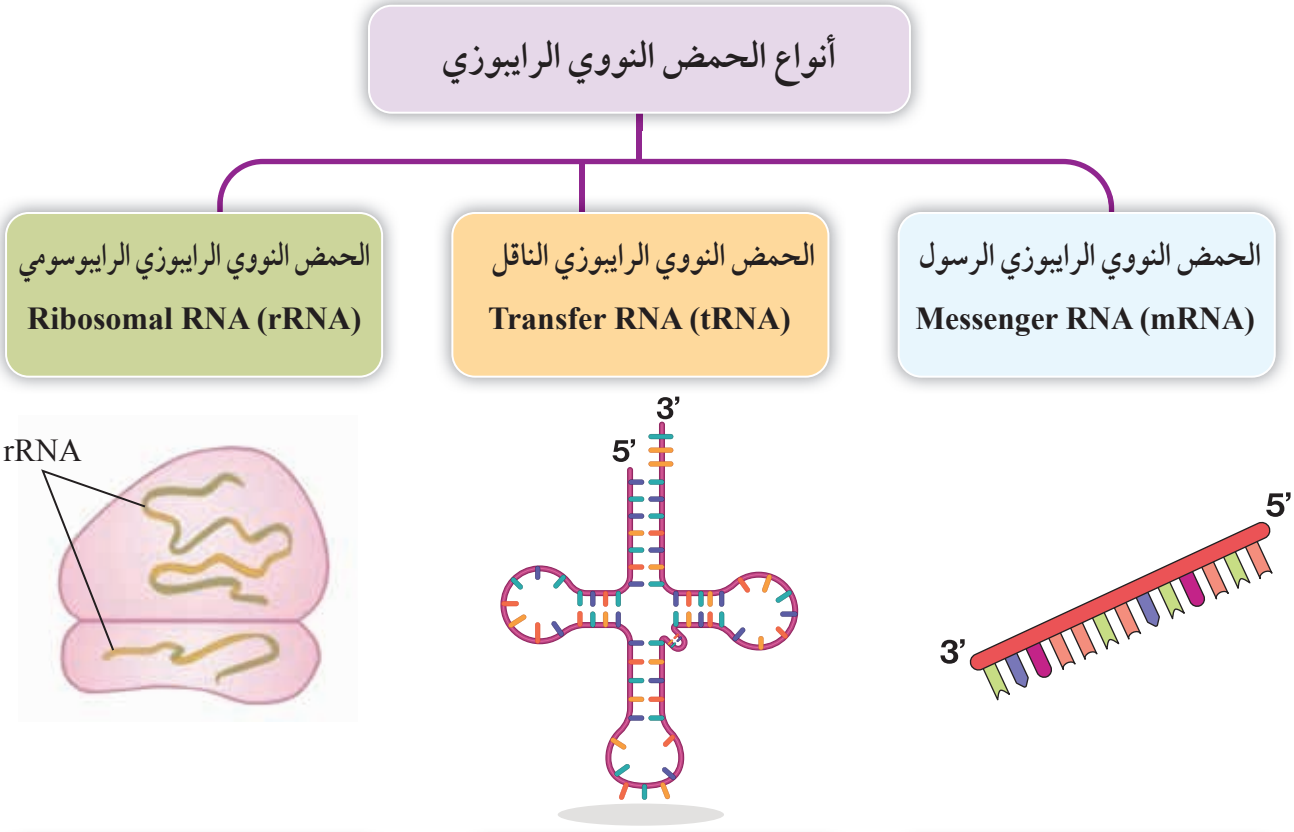
وجه المقارنة	DNA	RNA
تركيب السُّكَّر الرايبوزي في كلٍّ منهما	 السُّكَّر الرايبوزي المنقوص الأكسجين	 السُّكَّر الرايبوزي
القواعد النيتروجينية المُكوِّنة لكلٍّ منهما		

✓ **أتحقَّق:** أُقارِن بين تركيب DNA وتركيب RNA.

ملحوظة: الصيغ الكيميائية للاطِّلاع فقط.

أنواع الحمض النووي الرايبوزي Types of Ribonucleic Acid

للحمض النووي الرايبوزي أنواع عِدَّة، يؤدي كلٌّ منها دورًا مختلفًا في عملية تصنيع البروتين التي تحدث في السيتوسول، وتحديدًا في الرايبوسومات، أنظر المُخطَّط الآتي.



✓ **أتحقَّق:** ما أنواع RNA؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة DNA المُراد نسخها.

ACCATCGGCATGACGAC

نسخ

UGGUA؟؟؟؟ ؟؟؟؟G؟؟ G

تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة mRNA الناتجة من عملية النسخ.

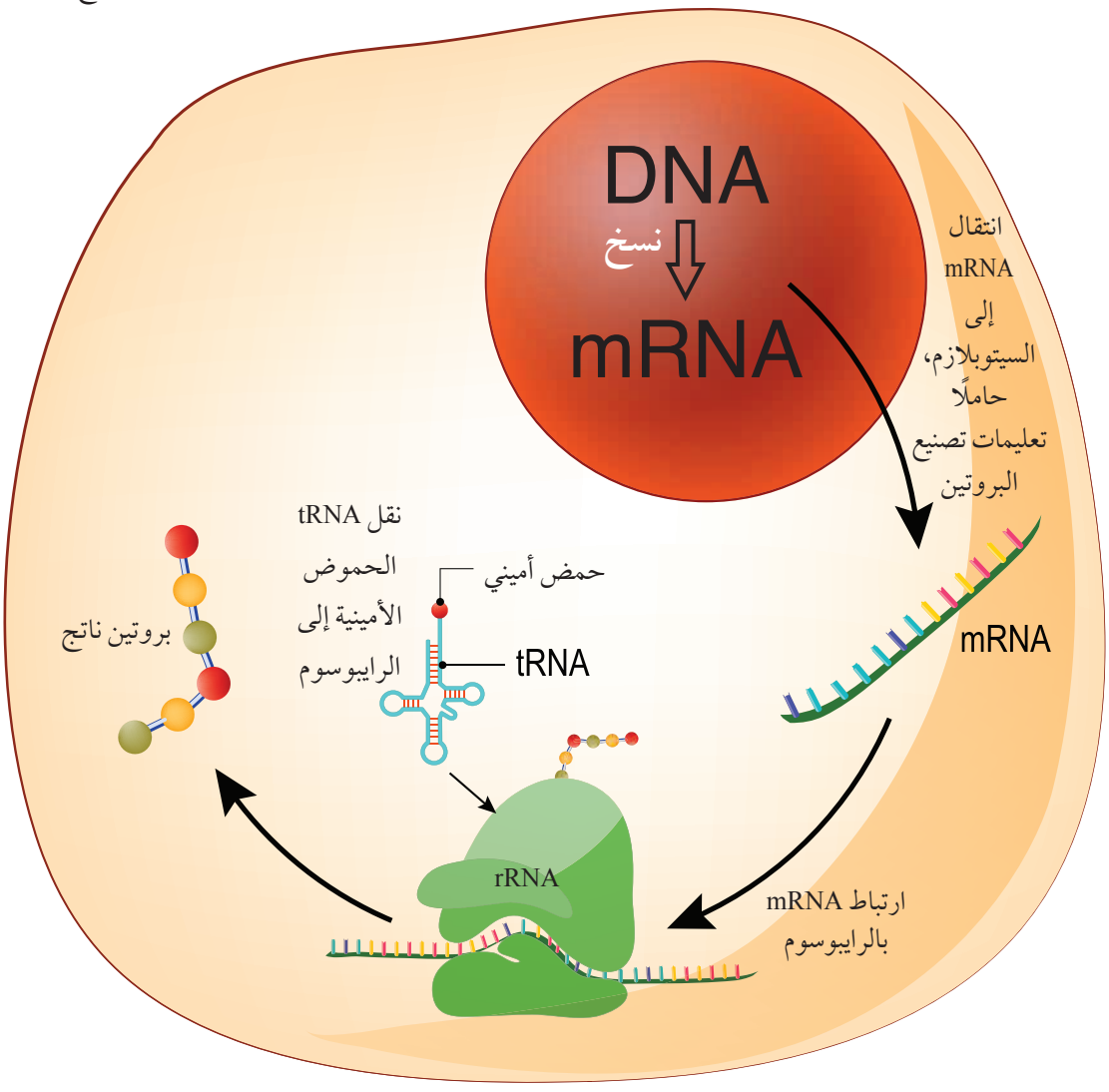
الشكل (3): عملية النسخ.

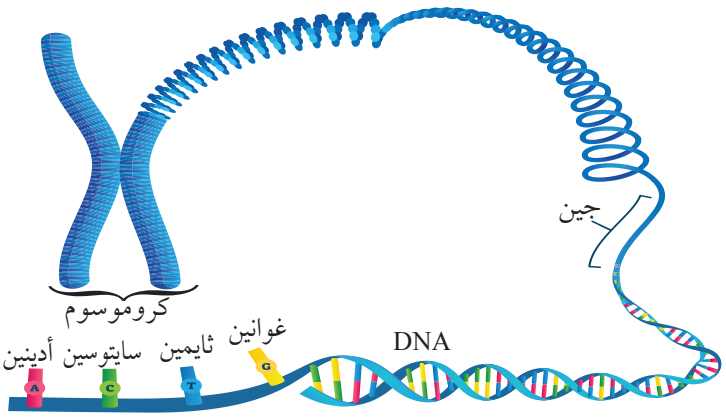
أكتب رمز النيوكليوتيد المناسب مكان كل علامة استفهام في سلسلة mRNA الناتجة من عملية النسخ.

يُبيِّن الشكل (4) مراحل تصنيع البروتينات بصورة مختصرة، وسأتعرَّف لاحقًا مراحل تكوينها مُفصَّلةً.

الشكل (4): مراحل تصنيع البروتين.

أُحدِّد الحموض النووية التي لها دور في تصنيع البروتين.





الشكل (5): الجين في المادة الوراثية.

الجين Gene

يُمثِّل الجين وحدة المعلومات الوراثية، وهو جزء من DNA يحتوي على تسلسل مُحدَّد من النيوكليوتيدات، أنظر الشكل (5). تختلف الكروموسومات في ما بينها من حيث عدد الجينات؛ فقد يحمل بعضها آلاف الجينات، في حين يحمل بعضُ آخرُ جيناتٍ يقل عددها عن ألفٍ.

للجينات أسماء خاصة يُعبَّر عنها برموز مختصرة. فمثلًا، يوجد جين على الكروموسوم رقم (7) يُسمّى Cystic Fibrosis Transmembrane conductance Regulator CFTR، وهو مسؤول عن تنظيم انتقال الأيونات (مثل أيونات الكلوريد) في الأغشية البلازمية للخلايا الطلائية المُنتِجة للمخاط، والعَرَق، والدموع، والإنزيمات الهاضمة. يساعد نقل أيونات الكلوريد على ضبط حركة الماء في الأنسجة، ويؤدي حدوث طفرة في هذا الجين إلى خلل في القنوات الناقلة لأيونات الكلوريد؛ ما يُسبِّب الإصابة بمرض التليُّف الكيسي Cystic Fibrosis، أنظر الشكل (6) الذي يُبيِّن موقع هذا الجين على الكروموسوم رقم (7)، وبعض أعراض التليُّف الكيسي.

أتحقَّق:

ما المقصود بالجين؟

الشكل (6): موقع جين CFTR على الكروموسوم رقم (7) وبعض أعراض التليُّف الكيسي.

- **أيُّ** أجزاء الجسم يتأثَّر بحدوث طفرة في الجين CFTR؟
- **ما** أعراض التليُّف الكيسي في كلٍّ من هذه الأجزاء؟

الجينوم البشري Human Genome

يُبيِّن الجينوم جميع التعليمات الوراثية اللازمة لبناء الجسم وأداء وظائفه، أنظر الشكل (7)؛ فهو يُشبِه المُخطَّطات الهندسية التي يرسمها المهندسون قبل الشروع في عملية بناء المباني، وتحمل في طيّاتها التعليمات اللازمة عن مواقع الغُرف، وتمديدات المياه والكهرباء، وغير ذلك من لوازم البناء.

بدأ مشروع الجينوم البشري عام 1990م بتضافر جهود بعض المؤسسات ومراكز الأبحاث في دول عِدَّة، وأُعلِن عن انتهاء المشروع عام 2003م.

استنتج العلماء تشابه تركيب DNA في الأشخاص بما نسبته 99.9% تقريبًا، واحتواء الجينوم البشري ما يزيد على 3 مليارات من أزواج القواعد النيتروجينية، أنظر الشكل الذي يُمثِّل النيوكليوتيدات في جزء من الجينوم البشري.

يُذكَر أنَّ العلماء توصَّلوا إلى معرفة التسلسل الكامل للنيوكليوتيدات في **الجينوم البشري Human Genome.**

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بالجينوم البشري؟

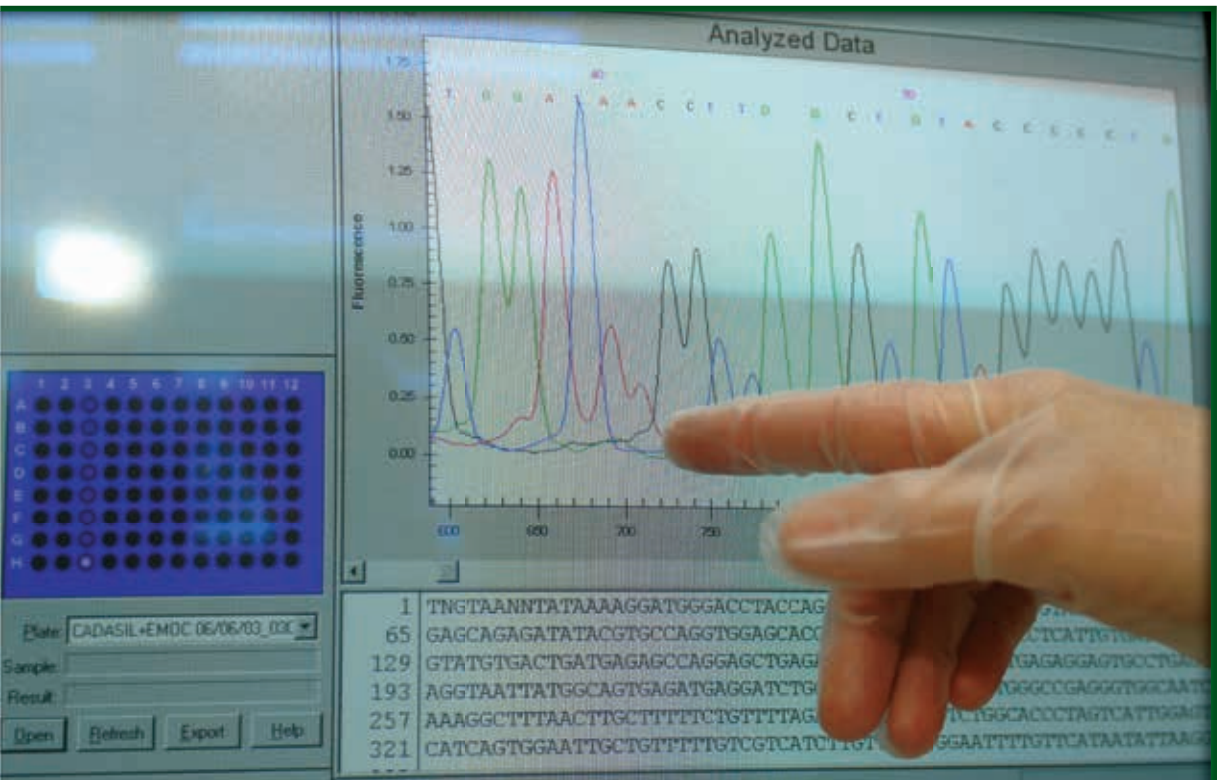
أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن دور مركز الحسين للسرطان في مجال العلاج الخلوي وفحوص الجينوم، ثم أُناقِش زملائي/ زميلاتي في ما توصَّلْتُ إليه.

الشكل (7): النيوكليوتيدات في جزء من الجينوم البشري.

الشكل (8): جهاز قراءة تسلسل النيوكليوتيدات.

حرص العلماء على تفعيل دور التكنولوجيا في تطوير مشروع الجينوم البشري، فاستخدموا صبغات خاصة في صبغ النيوكليوتيدات؛ ليسهل تتبُّعها، وكذلك استخدموا أجهزة خاصة لقراءة تسلسل النيوكليوتيدات، أنظر الشكل (8)، وحواسيب لتجميع النتائج وتحليلها، وصولًا إلى تعرُّف تسلسل النيوكليوتيدات في DNA، أنظر الشكل (9).

أتحقَّق: ما المواد والأدوات التي أسهمت في معرفة تسلسل النيوكليوتيدات في الجينوم البشري؟

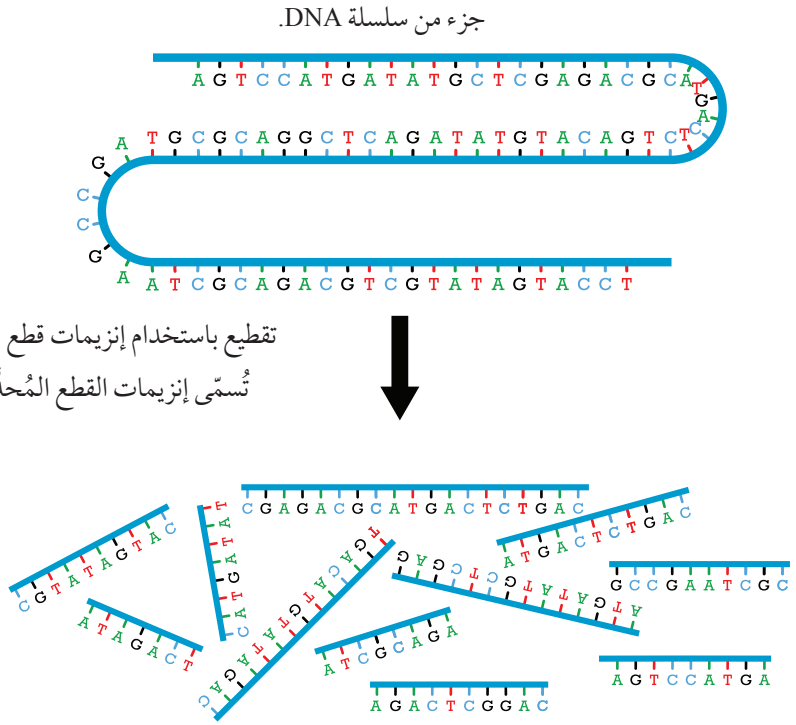


الشكل (9): شاشة حاسوب تعرض تحليلًا للبيانات التي يُتوصَّل بها إلى معرفة تسلسل النيوكليوتيدات في DNA.

استخدم العلماء أكثر من طريقة لتعرُّف تسلسل النيوكليوتيدات في الجينوم البشري، أنظر الشكل (10) الذي يُبيِّن إحداها.

الشكل (10): مُلخَّص لإحدى طرائق تحديد تسلسل النيوكليوتيدات في DNA.

أُدوِّن تسلسل النيوكليوتيدات في مناطق التداخل.



أتحقَّق: **أُحلِّل:** تُمثِّل الآتية نتائج تسلسل ثلاث قطع من DNA اعتمادًا على مناطق التداخل، ما تسلسل النيوكليوتيدات الصحيح في الجينوم؟

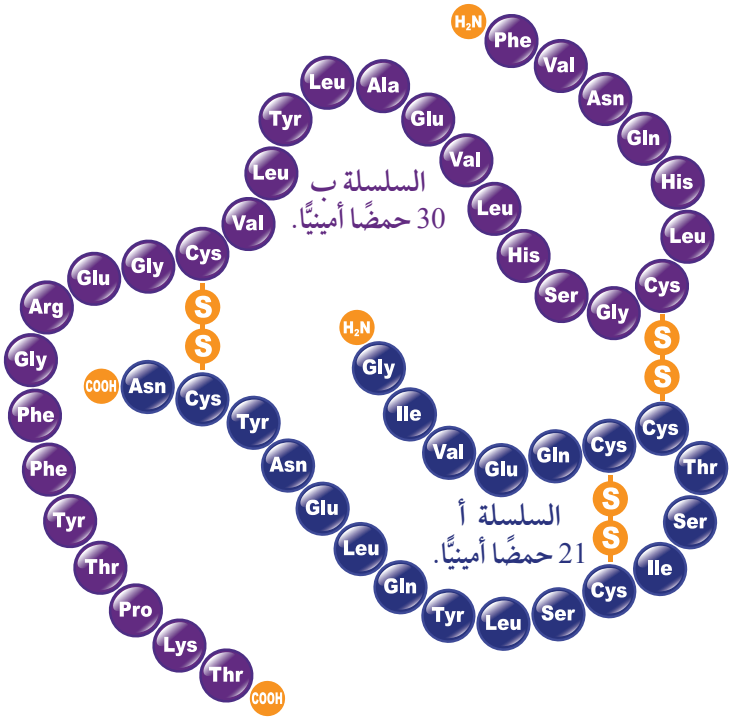
TGCGCAGA　　ATTTGC　　AGAGACCTAAG

هندسة الجينات Genetic Engineering

أطلق العلماء العِنان لمُخيِّلتهم، وأخذوا يستشرفون المستقبل بعدما توصَّلوا إلى أنَّ مـادة الوراثـة DNA هي المسؤول الرئيس عن الصفات الوراثية للكائن الحي؛ إذ قادهم ذلك إلى التفكير في إمكانيـة نقل جين من كائن حي إلى آخر، واستمرار الجين في أداء وظيفته؛ ما يُمكِّن الكائن الحي الآخر من تكوين بروتينات جديدة لم يسبق أنْ كوَّنها قبل عمليـة النقل، ومن هنا نشأت فكرة هندسة الجينات.

يُطلَق على الكائن الحي الذي نُقِل إليه الجين اسم **الكائن الحي المُعدَّل جينيًّا Genetically Modified Organism**، ويُطلَق على DNA الذي تغيَّر تركيبـه اسـم **DNA مُعاد التركيب Recombinant DNA**. ومن تطبيقات هندسة الجينات تعديل البكتيريا المعروفة باسم ***Escherichia coli*** جينيًّا؛ لتكتسب صفة تكوين هرمون الإنسولين البشري الذي يتألَّف من سلسلتين من الحموض الأمينية، أنظر الشكل (11)، ويُعَدُّ أول هرمون أُنتِج اعتمادًا على هندسة الجينات.

✓ **أتحقَّق:** كيف يتأكَّد العلماء أنَّ الجين المنقول من كائن حي إلى آخر مستمر في أداء وظيفته؟



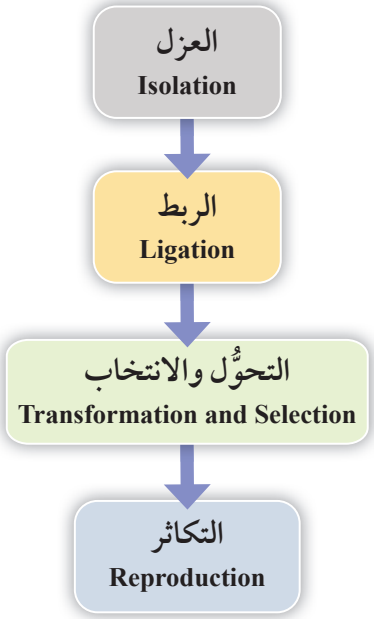
الشكل (11): هرمون الإنسولين.

أُحـدِّد عـدد الحمـوض الأمينيـة فـي سلسـلتي عديـد الببتيـد فـي هرمـون الإنسـولين.

خطوات هندسة الجينات Genetic Engineering Steps

يُمكِن تلخيص خطوات هندسة الجينات كما في المُخطَّط المجاور.

خطوات هندسة الجينات



العزل Isolation

تتمثَّل هذه الخطوة في عزل الجين المرغوب الموجود على أحد كروموسومات كائن حي عن الجينات الأُخرى. وقد استخدم العلماء ثلاث طرائق للعزل، هي: إنزيمات القطع المُحدَّد، وتصنيع سلسلة عديد النيوكليوتيد، والنسخ العكسي.

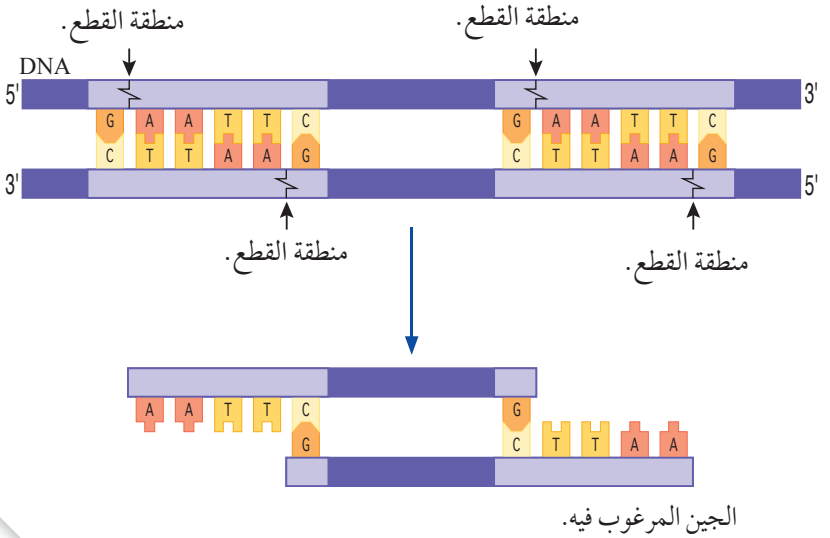
- **إنزيمات القطع المُحدَّد Restriction Enzymes:** تُسمّى الإنزيمات التي تقطع الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسجين في مناطق مُحدَّدة؛ للحصول على الجين المطلوب **إنزيمات القطع المُحدَّد Restriction Enzymes**، أنظر الشكل (12). ولهذه الإنزيمات أنواع عِدَّة.

- **تصنيع سلسلة عديد النيوكليوتيد Synthesis of a Polynucleotide Chain:**

يُمكِن تصنيع سلسلة عديد النيوكليوتيد المسؤولة عن تصنيع بروتين مُعيَّن باستخدام أدوات خاصة إذا كان تسلسل الحموض الأمينية في هذا البروتين معلومًا.

✓ **أتحقَّق:** ما طرائق عزل الجين المسؤول عن صفة مرغوبة؟

الشكل (12): قطع DNA لعزل الجين المرغوب باستخدام إنزيم قطع مُحدَّد.



الجين المرغوب فيه.

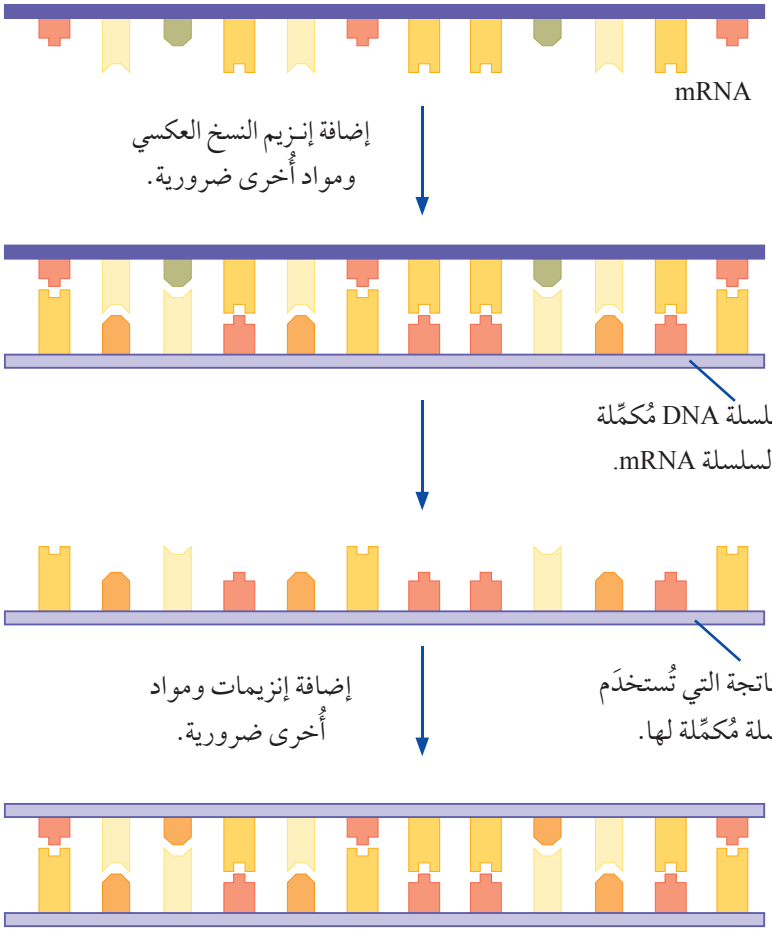
أفكِّر: أيُّ الخلايا يُمكِن استخدامها في استخراج الجين المسؤول عن تكوين الهرمون المانع لإدرار البول، والميوسين؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أمثلة على إنزيمات القطع المحدد، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن المواد اللازمة لعملية النسخ العكسي، ثم أكتب تقريرًا عنها، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

- **النسخ العكسي Reverse Transcription:** عملية تتضمَّن إنتاج نسخة DNA مُكمِّلة لسلسلة حمض نووي رايبوزي mRNA باستخدام إنزيم النسخ العكسي Reverse Transcriptase، ويُطلَق على سلسلة DNA الناتجة اسم سلسلة DNA المُكمِّلة Complementary DNA (cDNA). يُستخدَم في هذه العملية حمض نووي رايبوزي mRNA من خلايا نشيطة في تصنيع بروتين مُعيَّن. فمثلًا، يُستخلَص mRNA من خلايا بيتا في جزر لانجرهانز في البنكرياس، وهي الخلايا المسؤولة عن تصنيع الإنسولين البشري، أنظر الشكل (13) الذي يُبيِّن طريقة النسخ العكسي.

أتحقَّق: أَصِف طريقة النسخ العكسي لعزل الجين المرغوب فيه.



الشكل (13): النسخ العكسي لعزل الجين المرغوب فيه.

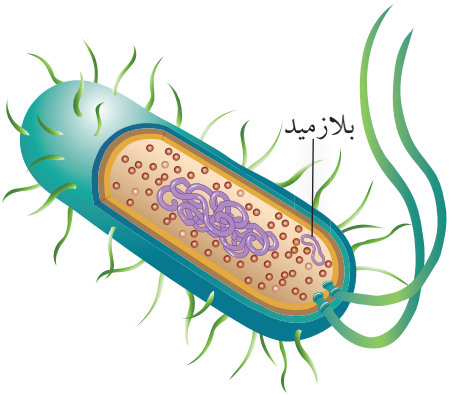
أُقارِن بين تسلسل النيوكليوتيدات في mRNA، وتسلسلها في سلسلة DNA المُكمِّلة لنسخة القالب.

الربط Ligation

يُستخدَم في هذه الخطوة إنزيم الربط DNA Ligase لربط الجين المعزول بناقل جينات ينقل الجين المعزول إلى الخلية الحية المُستهدَفة من التعديل الجيني مثل البكتيريا.

مـن النواقـل المُسـتخدَمة فـي هندسـة الجينـات DNA حلقي يُسـمّى البلازميـد ، أنظـر الشـكل (14).

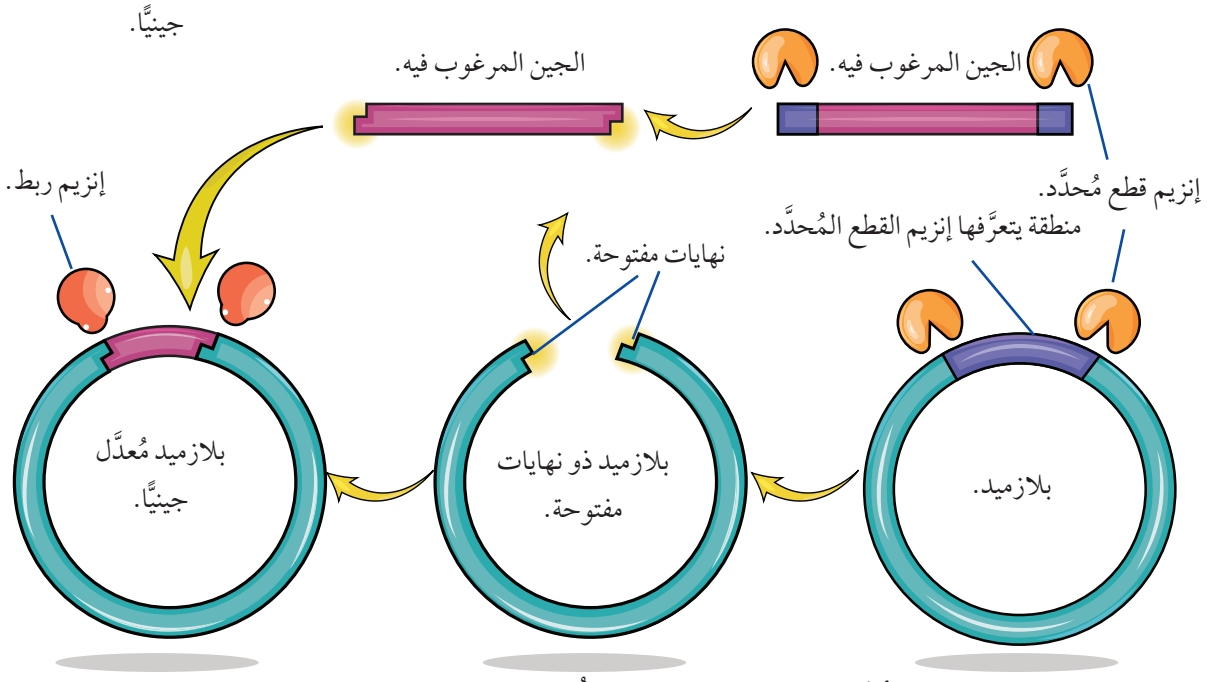
لتعرُّف خطوات إنتاج البلازميد المُعدَّل جينيًّا، أنظر الشكل (15).



الشكل (14): البلازميد في البكتيريا.

أتحقَّق: ما وظيفة إنزيم الربط في هندسة الجينات؟

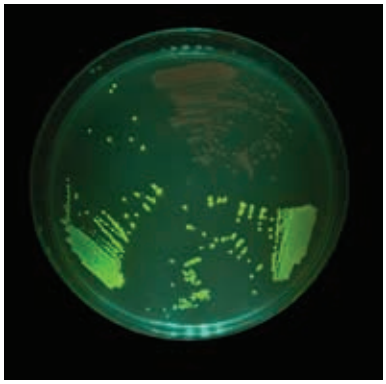
الشكل (15): تعديل البلازميد جينيًّا.



يُفتَح البلازميد في منطقة التعرُّف باستخدام نفس إنزيم قطع DNA المُحدَّد الذي استُخدِم في عزل الجين المرغوب فيه؛ لكي تتطابق النهايات المفتوحة في هذه المنطقة من البلازميد مع نهايات الجين المرغوب الناتج من عملية القطع.

يضاف إنزيم الربط DNA Ligase لربط النهايات المفتوحة في البلازميد، ونهايات الجين المرغوب فيه.

الشكل (16): قنديل البحر.



الشكل (17): طبق بتري يحوي بكتيريا مُعدَّلة جينيًّا.

التحوُّل والانتخاب Transformation and Selection

يُعَدُّ إدخال البلازميد المُعدَّل جينيًّا في الخلية البكتيرية المُستهدَفة من التعديل الجيني عملية تحوُّل؛ إذ تتحوَّل الخلايا البكتيرية التي يَدخلها البلازميد إلى خلايا مُعدَّلة جينيًّا، ولكنَّ البلازميد لا يدخل الخلايا البكتيرية جميعها.

يُطلَق على عملية تعرُّف الخلايا التي دخلها البلازميد اسم الانتخاب، ويستخدم العلماء لذلك طرائق عِدَّة، منها: إضافة جين آخر يُسمّى الجين العلامة Marker gene، ومن أمثلته جين Green Fluorescent Protein (GFP) الموجود في نوع من قناديل البحر يُعرَف باسم ***Aequorea victoria***، أنظر الشكل (16).

يُمكِن انتخاب الخلايا التي استقبلت البلازميد المُعدَّل جينيًّا الذي يحوي GFP بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية، وهو ما يؤدي إلى توهُّج هذه الخلايا باللون الأخضر؛ ما يدل على دخول البلازميد فيها، أنظر الشكل (17).

✓ **أتحقَّق:** ما الفرق بين التحوُّل والانتخاب؟

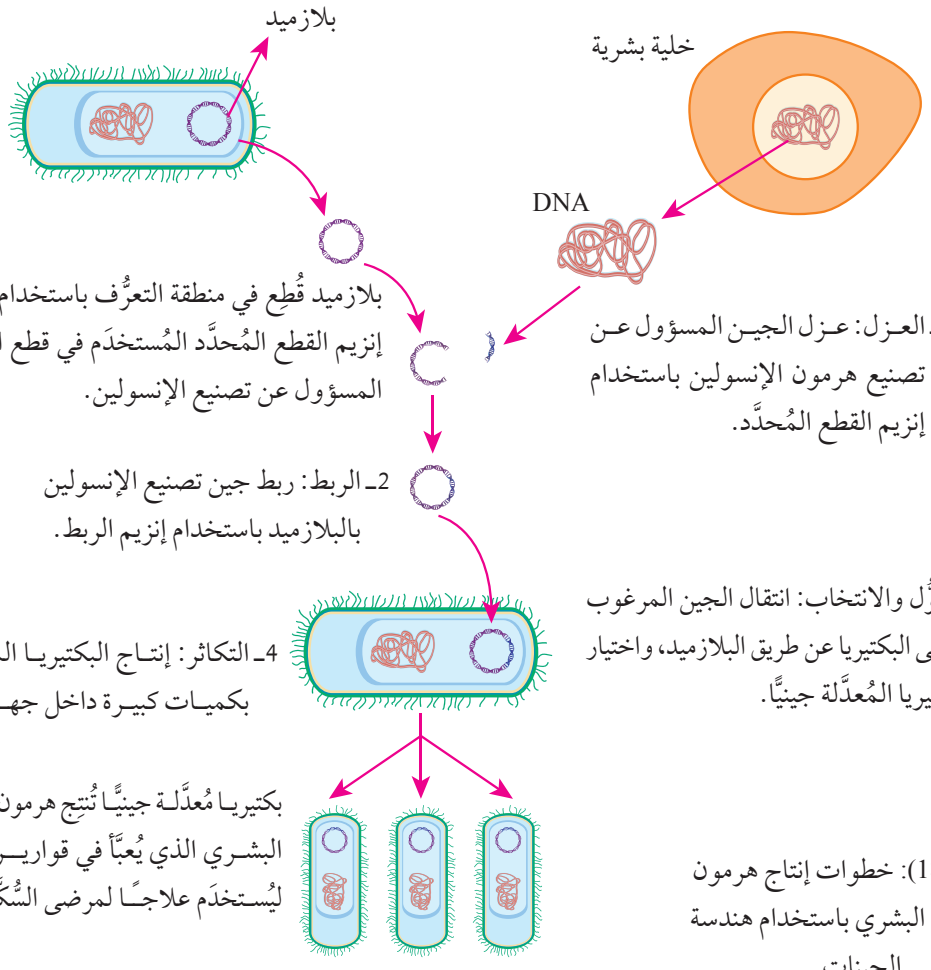
منهاجي
متعة التعليم الهادف

التكاثر Reproduction

تُحفَّز الخلايا المُعدَّلة جينيًّا إلى الانقسام؛ لكي تزداد أعدادها، وتبدأ إنتاج البروتين الذي تعذَّر عليها إنتاجه قبل عملية التعديل الجيني. بعد ذلك يُستخلَص هذا البروتين الذي تُستخدَم بعض أنواعه علاجًا للأفراد غير القادرين على إنتاجه، أنظر الشكل (18) الذي يُبيِّن خطوات هندسة الجينات لإنتاج هرمون الإنسولين البشري، ثم أنظر الجدول (2) الذي يحوي أمثلة على مواد أُنتِجت باستخدام البكتيريا المُعدَّلة جينيًّا.

الجدول (2): مواد علاجية أُنتِجت باستخدام هندسة الجينات.

المادة المُنتَجة / دواعي الاستخدام	عامل التخثُّر الثامن Factor VIII	الإريثروبوتين Erythropoietin	هرمون النمو Growth Hormone
	علاج نوع من أنواع مرض نزف الدم.	علاج الأنيميا.	علاج القزمة.



الشكل (18): خطوات إنتاج هرمون الإنسولين البشري باستخدام هندسة الجينات.

أتتبَّع خطوات إنتاج الإنسولين البشري.

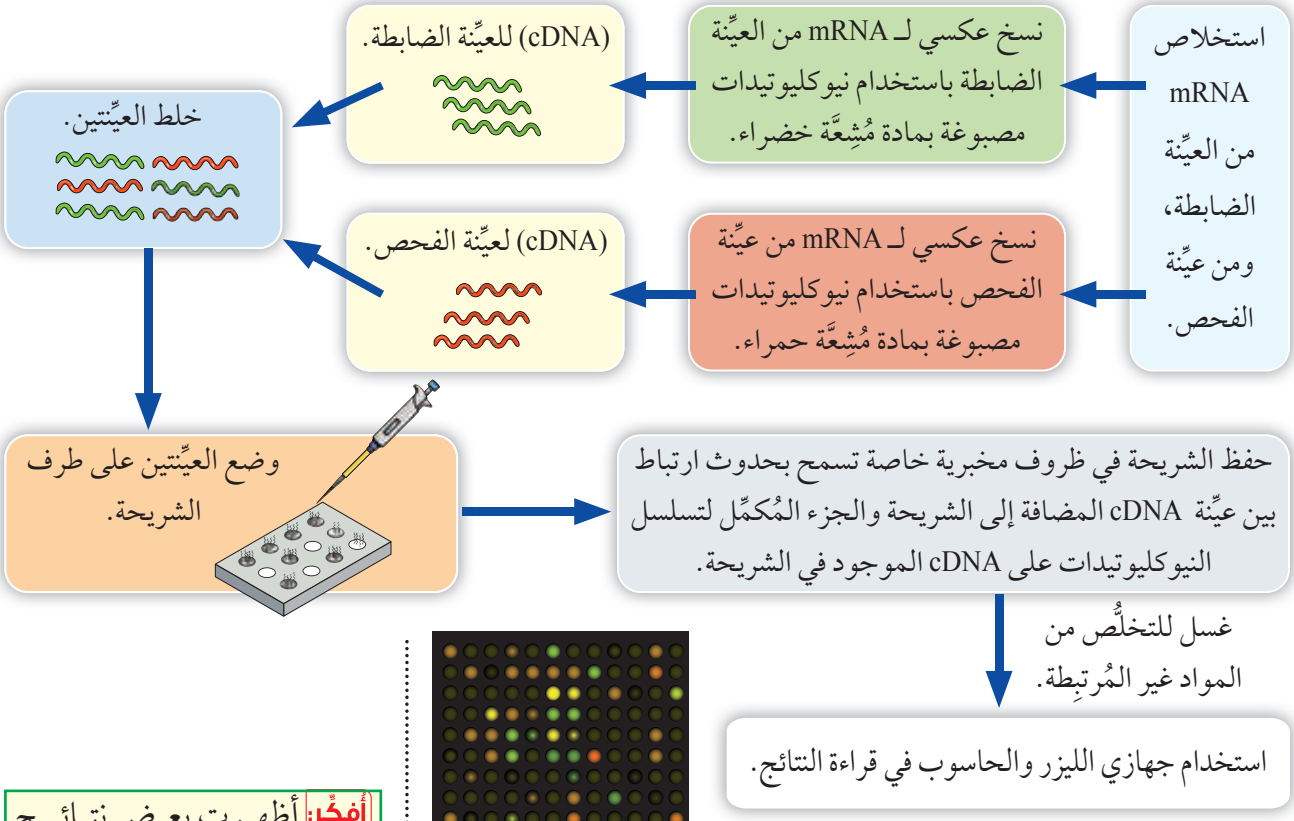
مصفوفة DNA الدقيقة DNA Microarray

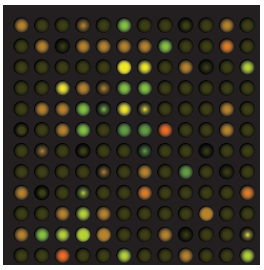
تُمثِّل هذه المصفوفة أداةً تُستخدَم في مجالات عِدَّة، منها: مقارنة التعبير الجيني في الخلايا. والتعبير الجيني هو عملية تحدث عندما تستخدم الخلية التعليمات المحمولة في جزيء DNA لتصنيع بروتينات مُعيَّنة، وينقل هذه التعليمات جزيء mRNA. تفيد المقارنة في تقصّي بعض الاختلالات الوراثية، والأمراض الناتجة منها، مثل بعض أنواع السرطان التي تُعْزى إلى أسباب وراثية، أنظر الشكل (19).

تُستخدَم في هذه التكنولوجيا رقاقات خاصة من السيليكون أو الزجاج، تحوي ثقوبًا كثيرةً يصل عددها إلى عشرات الآلاف، ويلتصق داخل كل ثقب منها سلاسل أحادية قصيرة من DNA مُكمِّلة لجزء من جين مُحدَّد. ونظرًا إلى وجود عدد كبير من الثقوب في الشريحة الواحدة؛ فإنَّه يُمكِن الكشف عن التعبير الجيني لعدد كبير من الجينات في الوقت نفسه.

الشكل (19): نمذجة نمو الخلايا السرطانية.

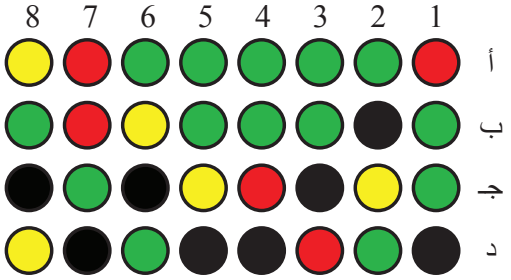
لتعرُّف خطوات استخدام مصفوفة DNA الدقيقة في مقارنة التعبير الجيني للخلايا، أنظر المُخطَّط الآتي:





أتحقَّق: يُمثِّل الشكل بعض نتائج مصفوفة DNA الدقيقة. أُحدِّد أرقام الثقوب التي تدل على إصابة صاحب العيِّنة بورم سرطاني.

اللون في الحفرة	دلالة النتيجة
أخضر	تعبير جيني في الخلايا الطبيعية فقط.
أحمر	تعبير جيني في الخلايا السرطانية فقط.
أصفر	تعبير جيني في كلتا الخليتين بالتساوي.
أسود	عدم التعبير الجيني في أيٍّ من العيِّنتين.

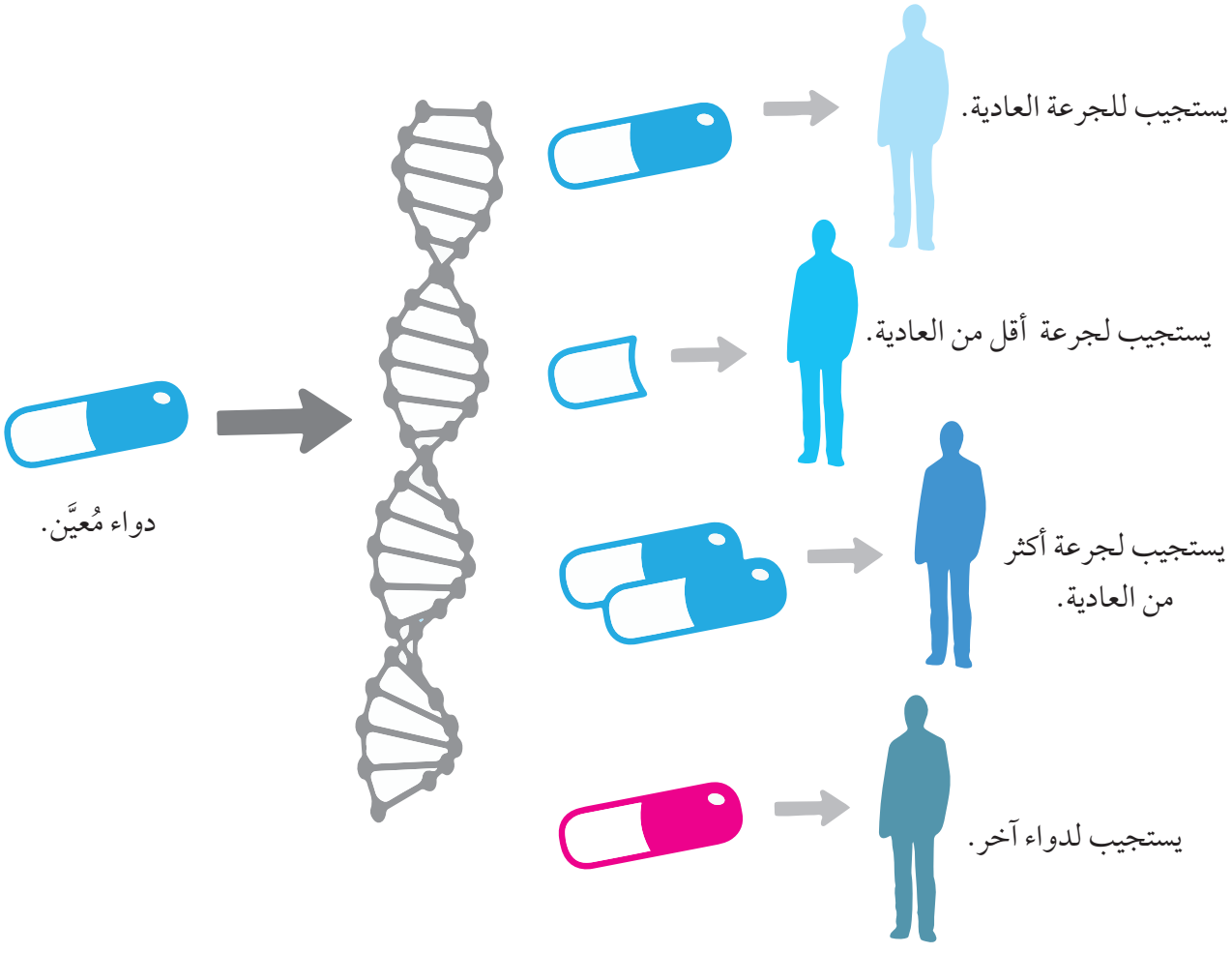


أفكِّر: أظهرت بعض نتائج فحص مصفوفة DNA الدقيقة لأحد المرضى لونًا أحمرَ فاتحًا في بعض ثقوب أداة الفحص. وبعد مدَّة من الزمن، أُعيد الفحص للمريض نفسه، فظهر اللون أكثر دُكْنة في الثقوب نفسها. ما دلالة ذلك؟

أتحقَّق: أتتبَّع خطوات استخدام مصفوفة DNA الدقيقة في تقصّي الأمراض الناتجة من الاختلالات الوراثية.

الربط بعلم الصيدلة

وظَّف العلماء المصفوفة الدقيقة في تطوير أدوية، ودراسة تأثيرها في المرضى؛ نظرًا إلى اختلاف استجابة المرضى للدواء نفسه بسبب طبيعة التركيب الجيني لكلٍّ منهم؛ فقد يكون الدواء فاعلًا في علاج بعض المرضى، خلافًا لآخرين. وكذلك تختلف الجرعة المناسبة من مريض إلى آخر؛ إذ يكتفي بإعطاء بعض المرضى الجرعة العادية من الدواء لإحداث الاستجابة المطلوبة، في حين يتعيَّن تقليل هذه الجرعة لمرضى آخرين، وزيادتها لغيرهم؛ لكي يستفيدوا استفادة ناجعة من هذا الدواء.



مراجعة الدرس

1. يُمثِّل الجدول الآتي بعض النتائج التي تُبيِّن نسب كلٍّ من القواعد النيتروجينية: (A)، و (T)، و (C)، و (G) التي جمعها العالِم إيروين شارغاف Erwin Chargaff عام 1949م في أثناء دراسته المادة الوراثية:

مصدر DNA	أدنين %(A)	ثايمين %(T)	غوانين %(G)	سايتوسين %(C)
البكتيريا الكروية	29.8	31.6	20.5	18.1
الخميرة	31.3	32.9	18.7	17.1
الإنسان	30.9	29.4	19.9	19.8
بكتيريا كولاي	24.7	23.6	26.0	25.7

أ. **أُحلِّل البيانات**: أيُّ الكائنات الحية يُعَدُّ مصدرًا غنيًّا بالأدينين؟

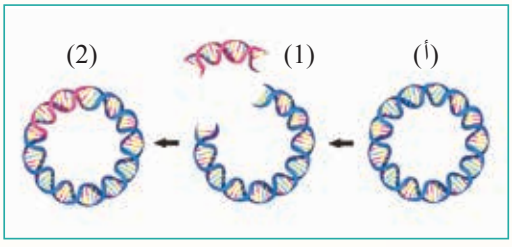
ب. **أحسُب**: إذا كانت نسبة الأدينين في أحد الأنواع 35%، فما نسبة السايتوسين؟

جـ. **أستنتج**: أذكر استنتاجين من الجدول.

2. ما نوع الروابط بين سلسلتي DNA؟

3. **أُقارِن** بين نهايتي سلسلة DNA.

4. أدرس الشكل المجاور الذي يُمثِّل إحدى خطوات هندسة الجينات، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:



أ. ما مصدر التركيب أ؟

ب. أُحدِّد الإنزيم المُستخدَم في كلٍّ من الخطوة رقم (1)، والخطوة رقم (2).

5. **أُقارِن** بين DNA و RNA من حيث أنواع القواعد النيتروجينية، والوظيفة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التكنولوجيا الحيوية وصحة الإنسان
Biotechnology and Human Health

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

أدّى تطـوُّر المعرفـة العلميـة على المستوى الجزيئي للخلية إلى إيجاد حلول لمشكلات صحية.

نتاجات التعلُّم:

- أُبيِّن دور المطاعيم في تحفيز الاستجابة المناعية للمرض.
- أستقصي أثـر التقدُّم التكنـولوجي في المحافظة على صحة الإنسان.

المفاهيم والمصطلحات:

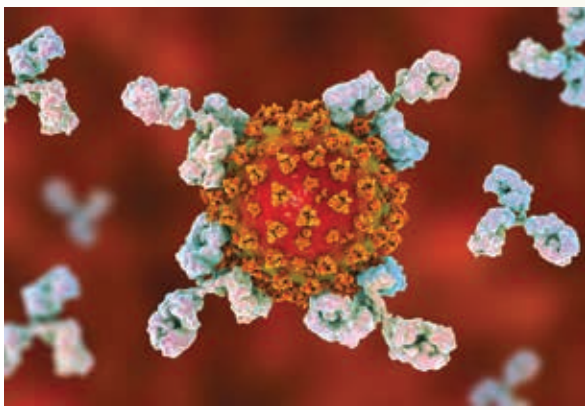
المطعوم	Vaccine
المناعة المجتمعية	Herd Immunity
المعلوماتية الحيوية	Bioinformatics
الضِّمادات الذكية	Smart Bandages

أسهم التقدُّم التكنولوجي في تحسين الخدمات الصحية، وزيادة فاعلية طرائق الوقاية، والتشخيص، وعلاج بعض الأمراض. وتُعَدُّ المطاعيم إحدى طرائق الوقاية الفاعلة.

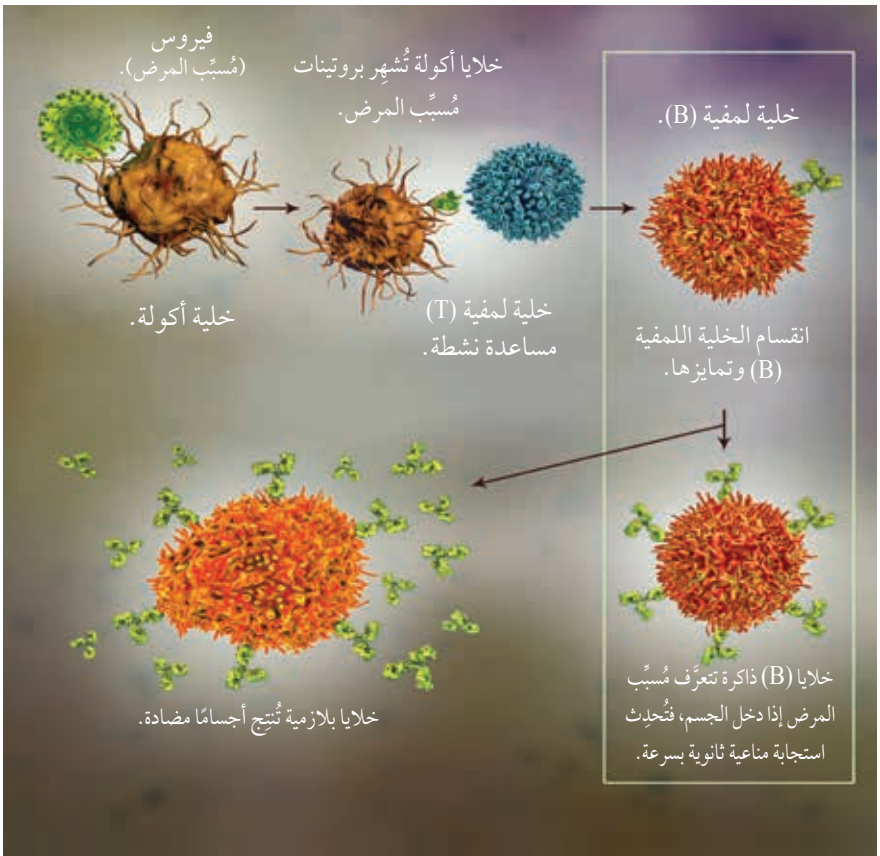
المطاعيم Vaccines

درسْتُ سابقًا أنَّ الجسم يُنتِج أجسامًا مضادةً وخلايا تُسهِم في القضاء على مُسبِّبات الأمراض، أنظر الشكل (20). فعند تعرُّض الجسم لمُسبِّب المرض أول مرَّة، فإنَّ جهاز المناعة يستجيب استجابة مناعية أولية، أنظر الشكل (21). وفي هذا السياق، تؤدي المطاعيم دورًا مهمًّا في تحفيز جهاز المناعة لإحداث استجابة مناعية أولية. تتلخَّص الاستجابة المناعية عند التطعيم Vaccination في إنتاج أجسام مضادة وخلايا ذاكرة، تظل في الدم جاهزة للتعامل مع مُسبِّب المرض إذا دخل الجسم، فتتعرَّفه عند دخوله.

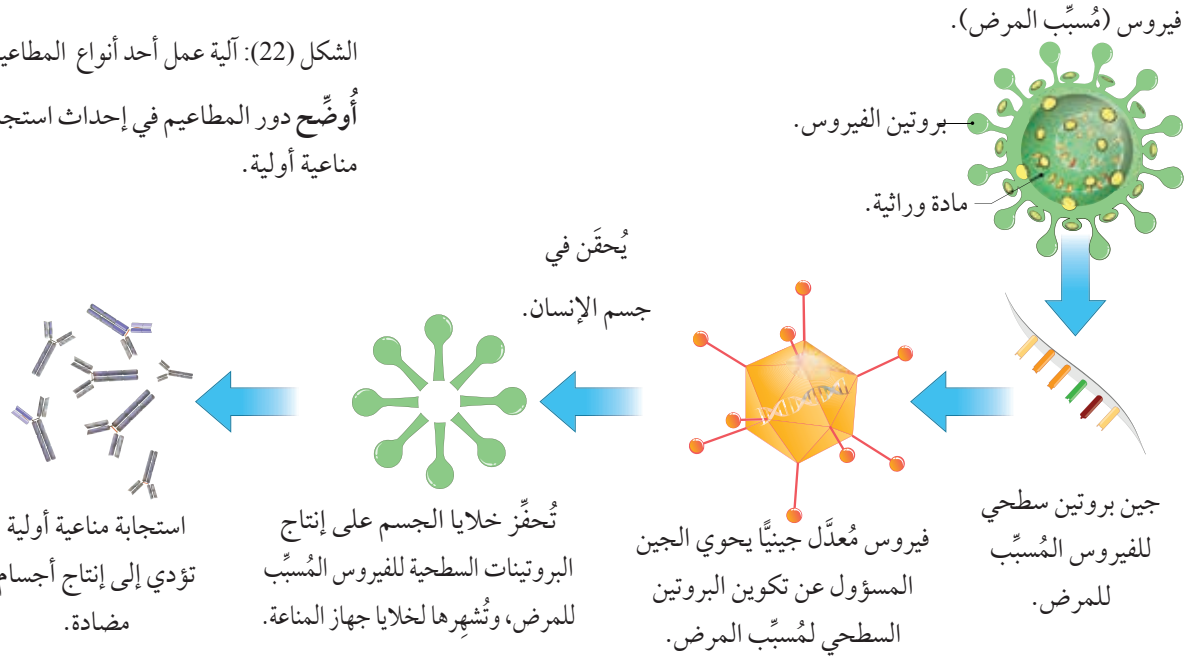
تحدث الاستجابة المناعية الثانوية بسرعة، وهو ما يؤدي إلى إنتاج أجسام مضادة أكثر من تلك الناجمة عن الاستجابة المناعية الأولية؛ ما يمنع مُسبِّب المرض من إحداث المرض، وظهور أعراضه.



الشكل (20): أجسام مضادة تُهاجِم مُسبِّب المرض.



الشكل (21): الاستجابة المناعية الأولية.

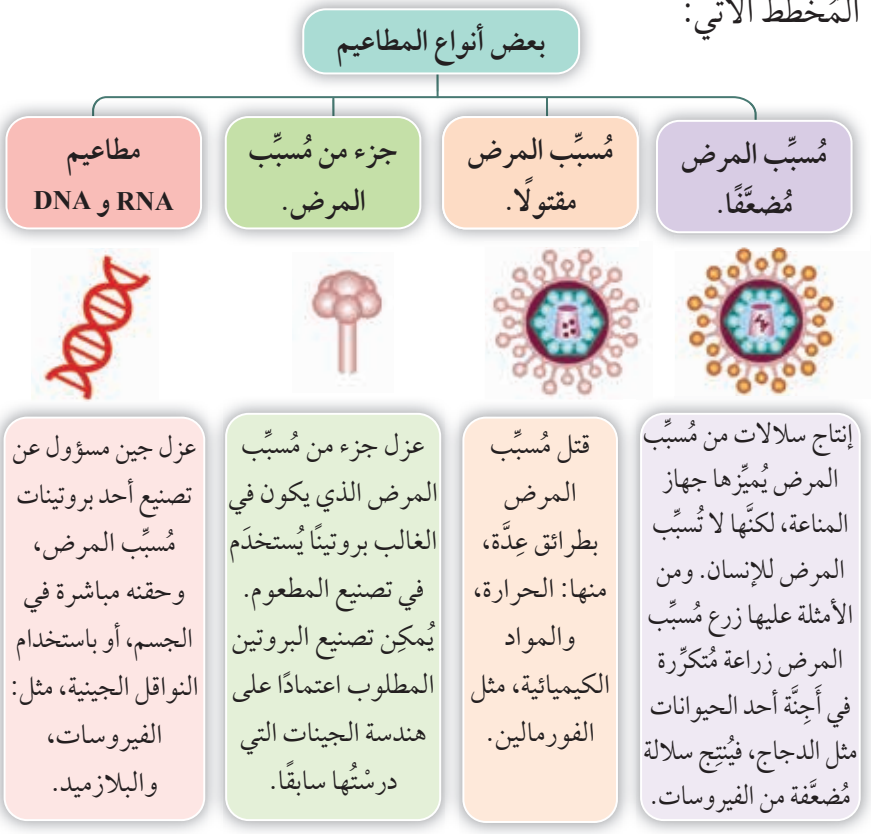


الشكل (22): آلية عمل أحد أنواع المطاعيم.

أُوضِّح دور المطاعيم في إحداث استجابة مناعية أولية.

أنواع المطاعيم Types of Vaccines

المطاعيم Vaccines هي مواد تحوي جزءًا من مُسبِّب مرض مُعيَّن، أو من مادته الوراثية، أو مُسبِّب المرض مُضعَّفًا أو مقتولًا. وما إنْ يأخذ الشخص المطعوم حتى تحدث له استجابة مناعية أولية. للمطاعيم أنواع عِدَّة، أنظر المُخطَّط الآتي:



أبحث في مصادر المعرفة المناسبة، وبطاقة المطعوم خاصتي، عن أنواع المطاعيم التي يأخذها الأطفال في الأردن، ثم أُصنِّف المطاعيم التي أخذْتُها وَفقًا لنوعها، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أتحقَّق:

أذكر أمثلة على أنواع المطاعيم.

ما تأثير المطاعيم في جسم الإنسان؟

المناعة المجتمعية Herd Immunity

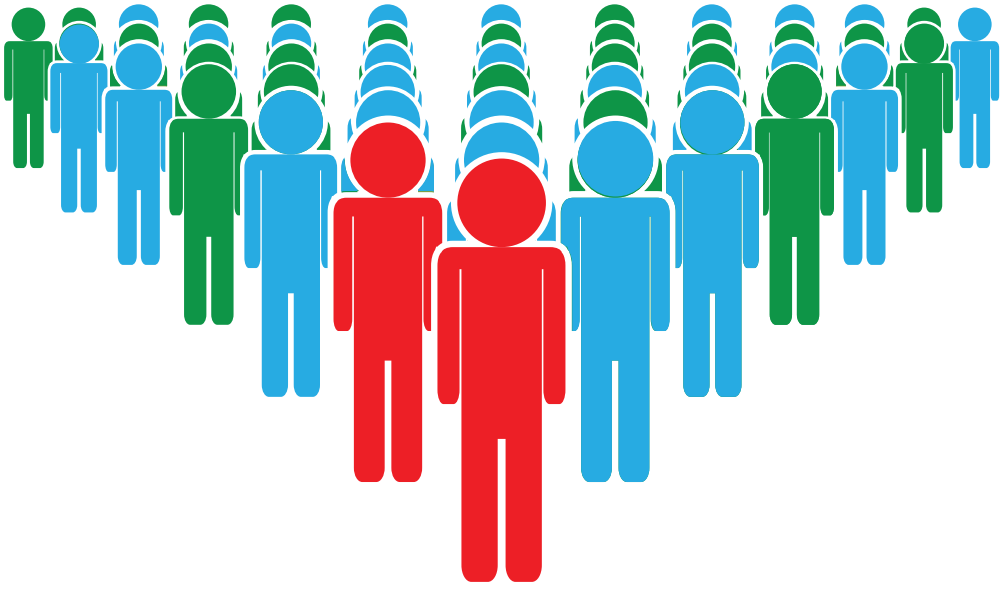
تحدث المناعة المجتمعية بعد اكتساب نسبة كبيرة من أفراد المجتمع مناعة من عدوى مُعيَّنة؛ إمّا بسبب الإصابة بها، وإمّا بسبب التطعيم؛ ما يُوفِّر حمايةً لمَنْ ليس لديهم مناعة من المرض، ويُسهِم أيضًا في حماية المجتمع.

إنَّ وجود مناعة لدى معظم أفراد المجتمع يجعل من الصعب على مُسبِّب المرض المُعْدي الانتقال من شخص إلى آخر؛ ما يُقلِّل من انتشار المرض.

تعتمد نسبة أفراد المجتمع الذين يتعيَّن عليهم أخذ المطعوم لتوفير مناعة مجتمعية على نوع المرض؛ إذ يَلزم مثلًا تطعيم نحو 95% من أفراد المجتمع لتحقيق المناعة المجتمعية من مرض الحصبة، في حين يَلزم تطعيم 80% تقريبًا من أفراد المجتمع للوقاية من مرض شلل الأطفال. لمعرفة أهمية أخذ المطعوم في تكوين مناعة مجتمعية، أنظر الشكل (23).

أُفكِّر: يوجد نوع من المطاعيم يستخدم فيه RNA الفيروس المُسبِّب للمرض، كيف يُؤثِّر هذا المطعوم في جسم الإنسان؟

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بالمناعة المجتمعية؟



الشكل (23): المناعة المجتمعية.

المعلوماتية الحيوية Bioinformatics

يشهد العالَم تقدُّمًا ملحوظًا ومُتسارِعًا في مجال التكنولوجيا ووسائل الاتصال؛ فقد دخلت تطبيقات الحاسوب في جميع مجالات الحياة، ومنها العلوم الحياتية؛ إذ يُستخدَم جهاز الحاسوب في جمع البيانات المُتعلِّقة بالعلوم الحياتية، ومعالجتها، وتحليلها، وهو ما يتطلَّب تطوير البرمجيات وأجهزة الحاسوب لتخزين كَمٍّ كبيرٍ جدًّا من البيانات وإدارتها، وتوفير قواعد بيانات يُمكِنها تخزين تسلسل النيوكليوتيدات في الجينوم، وتسلسل الحموض الأمينية في البروتين، وبناء نماذج ثلاثية الأبعاد لـ DNA والبروتينات المختلفة، وتصميم برامج محاكاة للعمليات الحيوية التي تحدث داخل الخلايا، أنظر الشكل (24).

يُعَدُّ المركز الوطني لمعلومات التكنولوجيا الحيوية The National Center for Biotechnology Information (NCBI) قاعدة بيانات مُتخصِّصة؛ إذ يضم بيانات الجينات المتسلسلة في بنك الجينات، وفهرسًا لمقالات البحوث الطبية الحيوية، فضلًا عن معلومات إضافية لها تعلُّق بالتكنولوجيا الحيوية، علمًا بأنَّ جميع هذه البيانات متوافرة في شبكة الإنترنت، إلى جانب قواعد بيانات أُخرى.

✓ **أتحقَّق:** أُبيِّن صلة العلوم الحياتية بعلم الحاسوب من حيث تطوُّر كلٍّ منهما.

الشكل (24): بعض أدوات تكنولوجيا الجينات.

- **ما** اسم الجزيء الذي يدرسه الباحث؟
- **أكتب** أسماء بعض المواد والأدوات الخاصة بالدراسة التي أُشاهِدها في الشكل.

تطبيقات التكنولوجيا في الرعاية الصحية

Technology Applications In Health Care

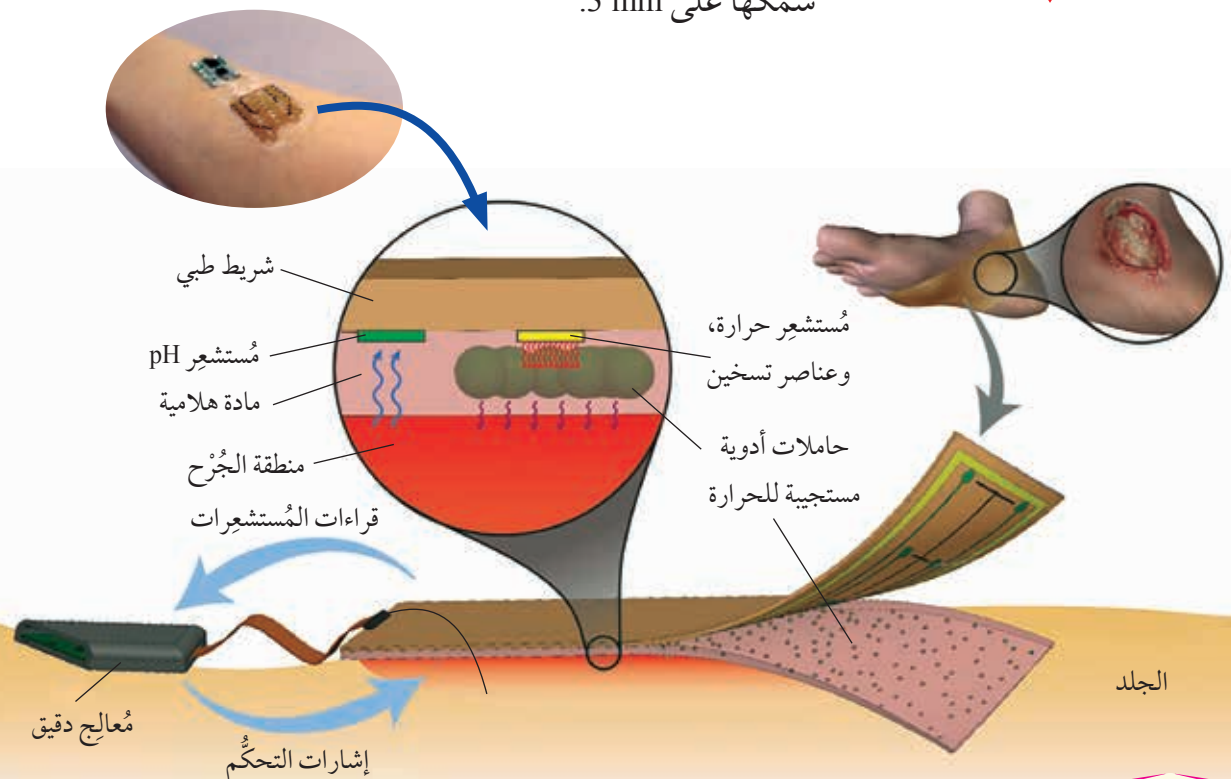
يرتبط مستقبل الرعاية الصحية بالعمل جنبًا إلى جنب مع التكنولوجيا؛ ما يُحتِّم على العاملين في هذا المجال تبنّي استخدام الأدوات التي تُنتِجها التكنولوجيا الحديثة.

الضِّمادات الذكية Smart Bandages

من الثابت علميًّا أنَّ الجروح المُزمِنة التي تُسبِّبها الإصابة بالحروق وبعض الأمراض (مثل مرض السُّكَّري) تُمثِّل تحدِّيًا في عالَم الطب؛ نظرًا إلى احتمال حدوث التهابات فيها. من التقنيات الواعدة مستقبلًا، استخدام ضِمادة ذكية تساعد على استشعار الالتهاب عند حدوثه، أنظر الشكل (25)؛ إذ يُعَدُّ تغيُّر كلٍّ من الرقم الهيدروجيني ودرجة حرارة الجُرْح مُؤشِّرًا لحدوث التهاب، ووجوب معالجته. يحتوي هذا النوع من الضِّمادات على مِجَسّات تستشعر درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، والأكسجين، ويحتوي أيضًا على مُعالِج دقيق للبيانات، يقرأ هذه المُتغيِّرات، ويُرسِل إشارات تحكُّم في عناصر التسخين المسؤولة عن تسخين المادة الهلامية التي تحوي حاملات الأدوية، وتُطلِق الدواء من حاملاته إلى الجُرْح. تتصل هذه المُكوِّنات معًا بشريط طبي شفّاف، مُشكِّلةً ضِمادة لا يزيد سُمْكها على 3 mm.

✓ **أتحقَّق:** ما المواد والأدوات اللازمة لتصنيع الضِّمادة الذكية؟

الشكل (25): ضِمادة ذكية.



الشكل (26): يد صناعية يُمكِنها استخدام جهاز الحاسوب.

الأعضاء الصناعية Artificial Organs

شهدت صناعة الأعضاء الصناعية تطوُّرًا سريعًا، لا سيَّما الأطراف الصناعية منها؛ فبعد أنْ كانت هذه الأعضاء أجزاءً ميكانيكيةً تؤدي فقط حركات بسيطة يتحكَّم فيها الشخص يدويًّا، فإنَّها أصبحت تحوي حسّاسات ومُعالِجات دقيقة تساعد على أداء وظائف أكثر دقَّة، أنظر الشكل (26).

ومن ذلك تصميم طرف علوي يُثبَّت في مكانه، ويحوي نظامًا إلكترونيًّا يتكوَّن من بطارية، ومِجَسّات، ومُعالِج دقيق، ثم تبدأ المُستشعِرات باستكشاف النشاط الكهربائي للعضلات والأعصاب الموجودة مكان تثبيت الطرف، وإرساله إلى الجلد حيث يُضخَّم، ثم تنتقل الإشارات المُضخَّمة إلى المُعالِج الذي يُحلِّل البيانات، ويتحكَّم في تحريك الطرف الصناعي لأداء المهمة المطلوبة.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن إمكانية تطوير الأطراف الصناعية باستخدام الجلد الصناعي والكاميرات، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الدرس

1. أُوضِّح كيف تُسهِم المطاعيم في إحداث استجابة مناعية أولية.

2. **أستنتج**: لماذا لا تصاب حالبات البقر بمرض جُدَري الإنسان عند تعاملهنَّ مع البقر المصاب بمرض الجُدَري؟

3. **أتوقَّع**: إذا طُلِب إليك تشكيل فريق مُتخصِّص في صناعة الضِّمادات الذكية، فمِنْ أيِّ التخصُّصات العلمية ستختار أعضاء الفريق؟

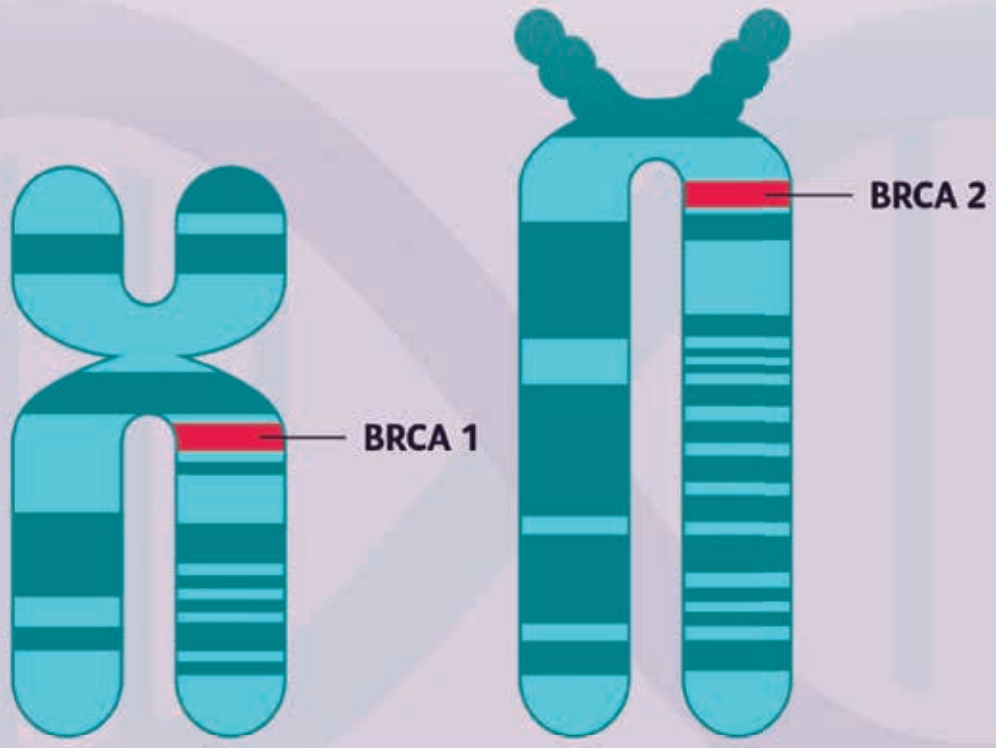
4. **أُفسِّر** سبب حدوث مناعة مجتمعية من مرض مُعيَّن بعد أخذ المطعوم.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

مصفوفة DNA الدقيقة وسرطان الثدي
Microaaray and Breast Cancer

يستفاد من مصفوفة DNA الدقيقة Microaaray في تشخيص السرطان، وتعرُّف نوعه، وتحديد العلاج المناسب له. فمثلًا، يعمل الأليل السائد في كلٍّ من الجين (BRCA1) والجين (BRCA2) على عدم الإصابة بسرطان الثدي Breast Cancer، وسرطان المبيض؛ إذ تؤدي البروتينات الناتجة منهما دورًا مهمًّا في تصحيح تلف DNA عند حدوثه، ومنع حدوث الورم السرطاني. وفي حال الإصابة بسرطان الثدي الوراثي، يُفضَّل أنْ يخضع أقارب المريض لفحوص دورية للكشف المُبكِّر عن سرطان الثدي، ويُمكِن فحص تسلسل النيوكليوتيدات في DNA للتحقُّق من وجود الطفرة؛ ما يساعد على تجنُّب إصابة الأفراد الآخرين، وذلك بالتقليل من التعرُّض للعوامل التي تزيد احتمالية الإصابة بالسرطان، مثل: التعرُّض للأشعة فوق البنفسجية في أشعة الشمس، والمواد الكيميائية في السجائر.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن استخدام مصفوفة DNA الدقيقة Microarray لتشخيصِ أمراضٍ غير سرطان الثدي، ثم أُنظِّم زيارة إلى أحد مراكز التكنولوجيا الحيوية، ثم أُعِدُّ مَطْوِيَّة تضم نتائج البحث والزيارة.



الكروموسوم رقم (13).

الكروموسوم رقم (17).

السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. إحدى الآتية ليست من مُكوِّنات النيوكليوتيد:

أ. السُّكَّر الخماسي المنقوص الأكسجين. ب. الحمض الأميني.

جـ. القاعدة النيتروجينية. د. مجموعة الفوسفات.

2. من خطوات هندسة الجينات التي تُستخدَم فيها عملية النسخ العكسي:

أ. العزل. ب. الربط.

جـ. التحوُّل. د. الانتخاب.

3. الحمض النووي الذي ينقل التعليمات اللازمة لبناء البروتين إلى الرايبوسوم هو:

أ. DNA. ب. tRNA.

جـ. mRNA. د. rRNA.

4. إحدى الآتية تُمثِّل تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة DNA:

أ. CCAGGAAGCU ب. CAUCCAGCAC

جـ. CUCACCAGGA د. ACACGCGTAC

5. **أتنبَّأ:** إذا فُصِلت سلسلتا جزيء DNA في أحد أنواع البكتيريا، ثم دُرِست مُكوِّنات سلسلة واحدة فقط من السلسلتين، فإنَّ النتيجة المُتوقَّعة هي:

أ. نسبة القاعدة النيتروجينية (A) مساوية لنسبة القاعدة النيتروجينية (T).

ب. نسبة القاعدة النيتروجينية (T) مساوية لنسبة القاعدة النيتروجينية (G).

جـ. نسب القواعد النيتروجينية جميعها متساوية.

د. احتمال ظهور أيِّ قيمة للقواعد النيتروجينية الأربع.

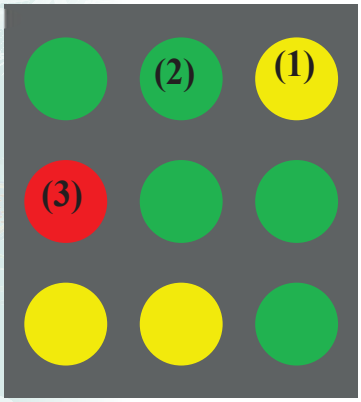
السؤال الثاني:

إذا جُرِح شخص ما، فقد تصل أبواغ البكتيريا المُسبِّبة للكُزاز ***Clostridium tetani*** إلى داخل الجُرْح، فتنمو الأبواغ لتصبح بكتيريا تُنتِج سمومًا تُسبِّب التهاب الأعصاب.

أُفسِّر: كيف يُسهِم المطعوم في منع حدوث أعراض لدى شخص دخلت البكتيريا المُسبِّبة للكُزاز في جسمه بعد إصابته بجُرْح؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

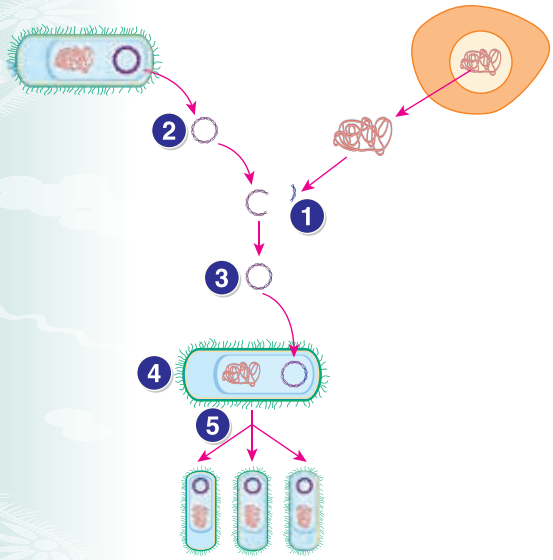
السؤال الثالث:



يُبيِّن الشكل المجاور نتائج مصفوفة DNA الدقيقة لعيِّنات حمض نووي من خلايا في أنسجة المعدة والأمعاء، وقد مُيِّز DNA من أنسجة المعدة بالمادة المُشِعَّة الحمراء، ومُيِّز DNA من أنسجة الأمعاء بالمادة المُشعَّة الخضراء، وعُبِّر عن الجين C بصورة أساسية في أنسجة المعدة فقط، وعُبِّر عن الجين D بصورة أساسية في الأنسجة المعوية فقط، وكان الجين A والجين B مسؤولين عن وظائف خلوية أساسية في كلٍّ من أنسجة المعدة والأمعاء، وعُبِّر عنهما بالتساوي في أنسجتهما.

أستنتج: أيُّ الجينات تُمثِّلها الأرقام: (1)، و(2)، و(3)؟

السؤال الرابع:



أدرس الشكل المجاور الذي يُمثِّل بعض خطوات هندسة الجينات، ثم أُجيب عن السؤالين الآتيين:

1. ماذا يُمثِّل كلٌّ من الأرقام: (1)، و (2)، و (3)، و (4)، و (5)؟
2. **أُفسِّر:** لا يُمكِن للخلايا الناتجة من الخطوة الخامسة أنْ تُكوِّن البروتين الجديد من دون حدوث تحوُّل.

السؤال الخامس:

تُمثِّل الآتية نتائج تسلسل النيوكليوتيدات في قطع من DNA:

AGTTGGA	AACCGTT	GGACCA
CGTTGAATG	GAATGCAGT	

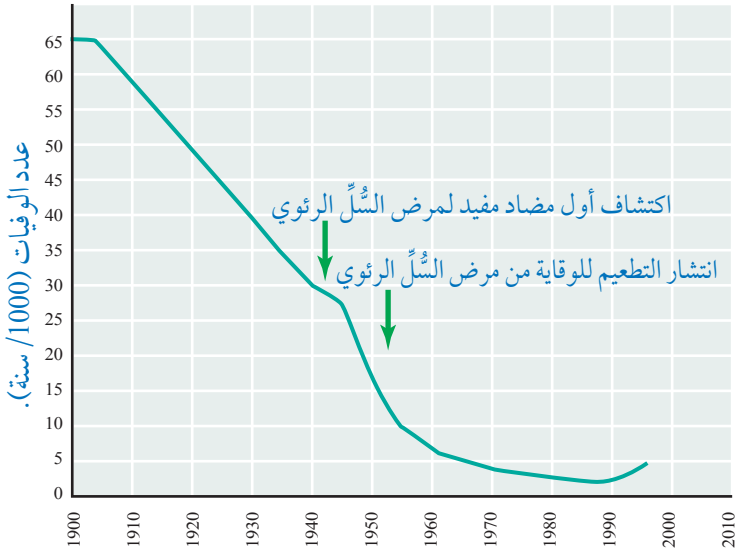
أُسلسِل: أُرتِّب قطع DNA الناتجة وَفقًا لمناطق التداخل، ثم أستنتج التسلسل الصحيح للنيوكليوتيدات.

السؤال السادس:

أُحلِّل البيانات: يُمثِّل الرسم البياني المجاور عدد الوفيات بسبب مرض السُّلِّ الرئوي على مدار سنوات عِدَّة في بريطانيا:

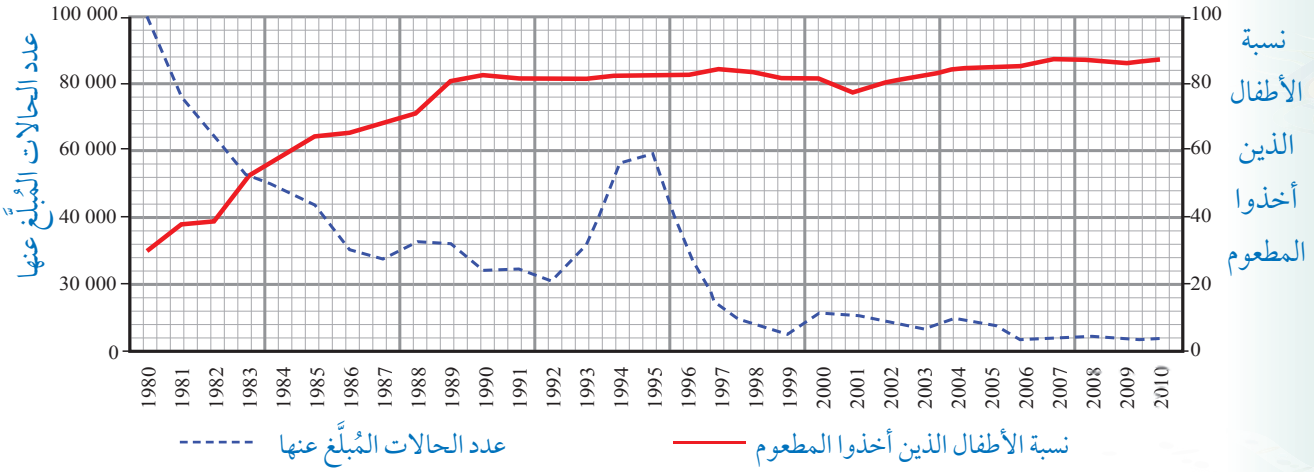
أ. **أُفسِّر** سبب انخفاض عدد الوفيات عام 1952م.

ب. **أصوغ فرضية تُفسِّر** سبب ارتفاع عدد الوفيات عام 1995م.



السؤال السابع:

أُحلِّل البيانات: يُمثِّل الشكل الآتي عدد الأشخاص المصابين بمرض الدفتيريا في مختلف دول العالَم، ونسبة الأطفال الذين أخذوا المطعوم للوقاية من مُسبِّب هذا المرض على مدار سنوات عِدَّة:



أَصِف العلاقة بين عدد الحالات المُبلَّغ عنها ونسبة الأطفال الذين أخذوا المطعوم.

الوحدة 6

عمليات حيوية في النبات

Biological Processes in Plant

قال تعالى:

﴿ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦٓ أَزْوَٰجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ ﴿٥٣﴾﴾ (سورة طه، الآية 53).

أتأمَّل الصورة

يُعَدُّ التفاف محاليق نبات العنب حول أيِّ شيء تلمسه في أثناء نموها استجابةً لمثير، هو ملامستها هذا الشيء. وبالمثل، تستجيب النباتات للعديد من المثيرات الأُخرى. فما هذه المثيرات؟ وما تلك الاستجابات؟

الفكرة العامة:

تحدث في النبات عمليات حيوية عديدة تساعد على نموه وبقائه، وتُسهِم استجابة النبات للمثيرات في ذلك.

الدرس الأول: النقل في النبات.

الفكرة الرئيسة: تعمل أنسجة مُتخصِّصة في النباتات الوعائية على نقل المواد المختلفة بآليات مُتنوِّعة.

الدرس الثاني: التكاثر في النباتات البذرية.

الفكرة الرئيسة: تتكاثر النباتات البذرية تكاثرًا جنسيًّا ولاجنسيًّا.

الدرس الثالث: الاستجابة في النبات.

الفكرة الرئيسة: يستجيب النبات لعدد من المثيرات، وتؤدي الهرمونات النباتية دورًا في هذه الاستجابات.

دور هرمون الأكسين في نضج الثمار

المواد والأدوات: ثلاث حبّات كبيرة من الفراولة، ملقط فلزي، ثلاثة من أطباق بتري.

خطوات العمل:

1. أُرقِّم أطباق بتري بالأرقام من (1) إلى (3).
2. **أضبط المُتغيِّرات:** أضع على الطبق الأول إحدى حبّات الفراولة، وأستخدمها عيِّنةً ضابطةً.
3. **أُجرِّب:** أُزيل كل البذور التي على حبَّة أُخرى باستخدام الملقط، ثم أضع هذه الحبَّة في الطبق الثاني.
4. **أُجرِّب:** أُزيل البذور على شكل حزام من منتصف الحبَّة الأخيرة، ثم أضع هذه الحبَّة في الطبق الثالث. بعد ذلك أضع الأطباق الثلاثة في الغرفة بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة.
5. **أُلاحِظ** التغيُّرات التي تطرأ على حبّات الفراولة مدَّة 3 أيام، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
6. **أُقارِن** بين التغيُّرات التي طرأت على حبّات الفراولة في أثناء التجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** سبب التغيُّرات التي طرأت على حبّات الفراولة.
2. **أستنتج:** ما الجزء المسؤول عن تغيُّر شكل الحبَّة؟
3. **أتوقَّع:** ما علاقة عنوان التجربة بالنتائج التي توصَّلْتُ إليها؟
4. **أتواصل:** أُناقِش زملائي/ زميلاتي في نتائج التجربة.

الدرس 1

النقل في النبات
Transport in Plant

الفكرة الرئيسة:

تعمل أنسجة مُتخصِّصة في النباتات الوعائية على نقل المواد المختلفة بآليات مُتنوِّعة.

نتاجات التعلُّم:

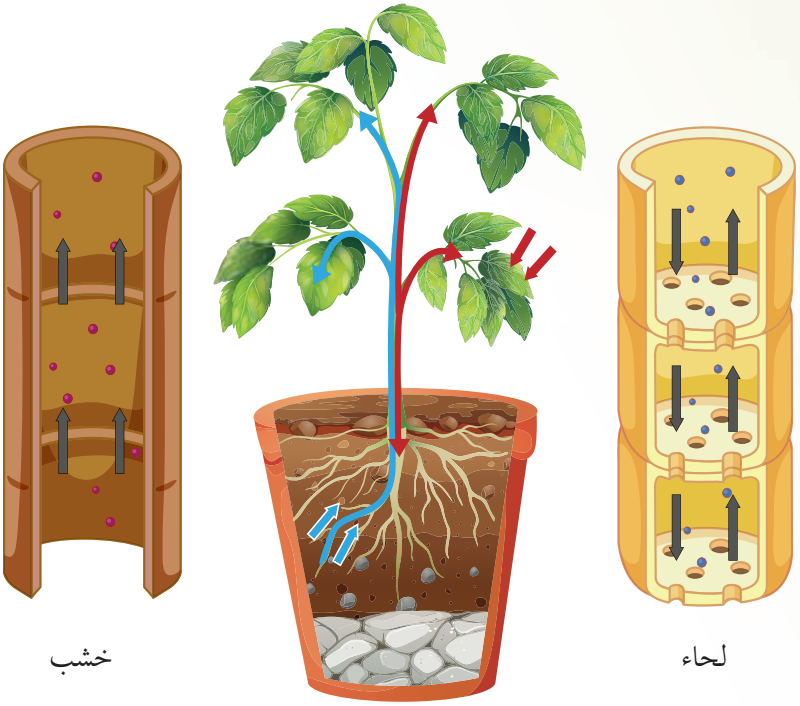
- أُقارِن تركيب الأنسجة الوعائية في النبات بعضها ببعض.
- أُوضِّح طرائق انتقال الماء في النبات.
- أستقصي آلية نقل الغذاء الجاهز في النبات.

المفاهيم والمصطلحات:

عصارة اللحاء	Phloem Sap
الأسطوانة الوعائية	Vascular Cylinder
عصارة الخشب	Xylem Sap
التماسك	Cohesion
التلاصق	Adhesion
جهد الماء	Water Potential

أنسجة النقل في النباتات الوعائية
Transport Tissues in Vascular Plants

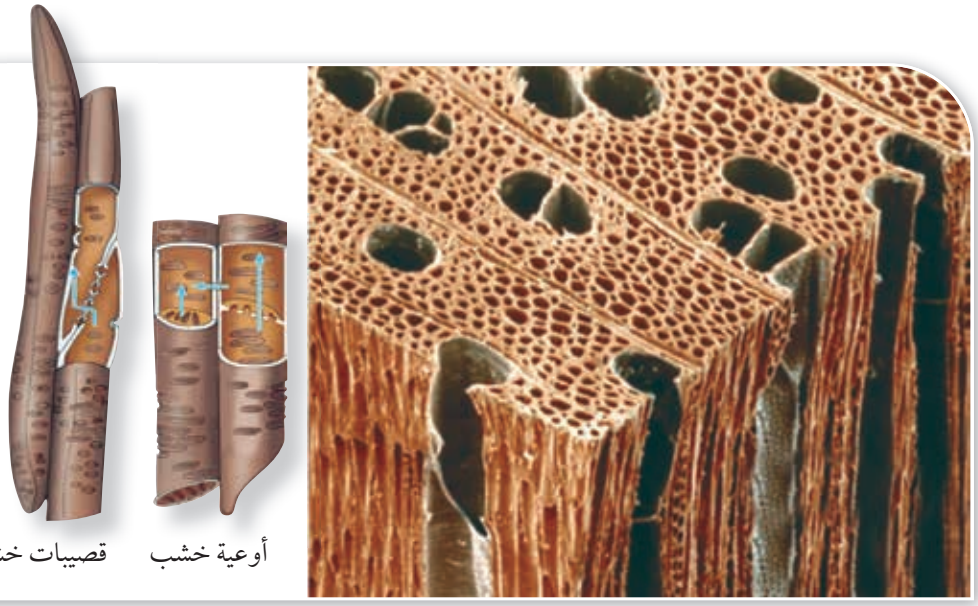
تنقل الأنسجة الوعائية Vascular Tissues الماء والمواد الذائبة فيه إلى جميع أجزاء النبات. وقد تعرَّفْتُ سابقًا وجود نوعين من الأنسجة الوعائية، هما: الخشب، واللحاء، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): أنسجة الخشب واللحاء في النبات.

✓ **أتحقَّق:** ما أنسجة النقل في النباتات الوعائية؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف



الشكل (2): تركيب نسيج الخشب.

الخشب Xylem

يعمل الخشب على نقل الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه إلى أجزاء النبات المختلفة. وهو يتكوَّن من الجزأين الرئيسين الآتيين: القصيبات Tracheids، والأوعية Vessels، وهي خلايا ميتة، أنظر الشكل (2).

تمتاز القصيبات بأنَّها أنابيب طويلة ومُجوَّفة ورقيقة، خلافًا للأوعية؛ فهي أقصر، وأوسع، وجدرانها أقل سُمْكًا من القصيبات.

✓ **أتحقَّق:** مِمَّ يتكوَّن الخشب؟ فيمَ يستفاد منه؟

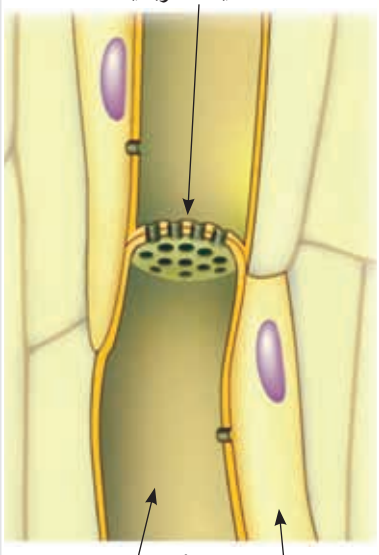
اللحاء Phloem

يتكوَّن اللحاء من الأجزاء الرئيسة الآتية: الأنابيب الغربالية Sieve Tubes، والصفائح الغربالية Sieve Plates التي تنتهي بها تلك الأنابيب، والخلايا المرافقة Companion Cells، أنظر الشكل (3).

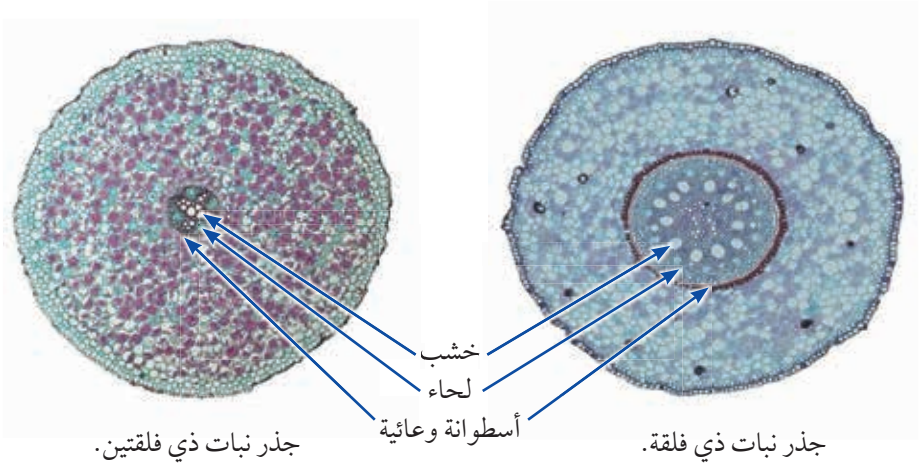
✓ **أتحقَّق:** ما أوجه الاختلاف بين أوعية الخشب والأنابيب الغربالية؟

أبحث في مصادر

المعرفة المناسبة عن دور الكامبيوم في ظهور الخشب واللحاء، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكل (3): تركيب نسيج اللحاء.



الشكل (4): مواقع أنسجة النقل في الجذر.

الأنابيب الغربالية خلايا حية ينقصها العديد من مُكوِّنات الخلايا الحية، مثل: الأنوية، والرايبوسومات؛ ما يسمح **لعصارة اللحاء Phloem Sap** أنْ تمرَّ بهذه الخلايا بسهولة.

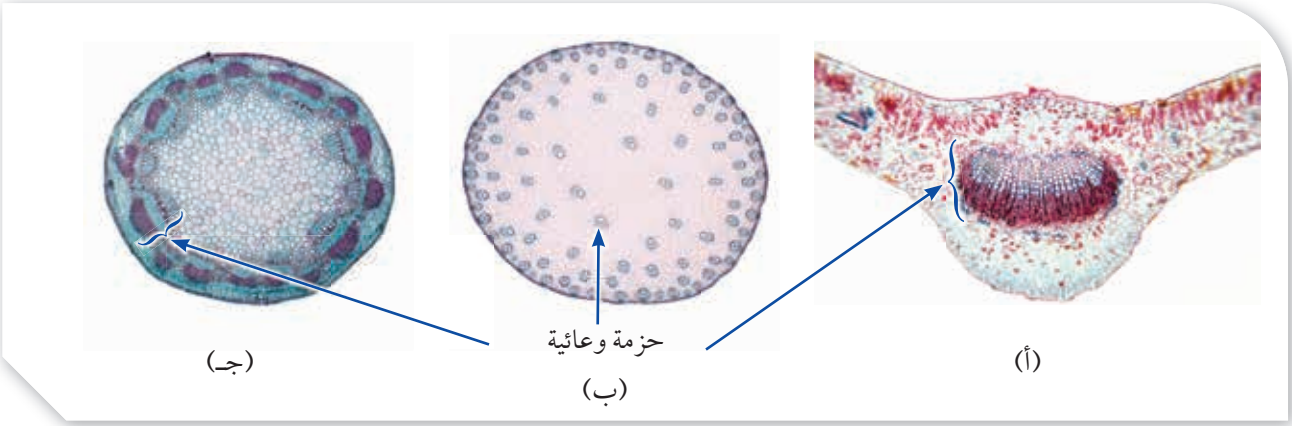
تتصل هذه الأنابيب بعضها ببعض في نسيج اللحاء ضمن مناطق، تُسمّى كلٌّ منها الصفيحة الغربالية Sieve plate، مُشكِّلةً أنابيب طويلة تمتد على طول النبات.

تُنقَل عصارة اللحاء التي تحوي السُّكَّر (السُّكَّروز عادة)، والحموض الأمينية، والهرمونات من أماكن تصنيعها أو وجودها إلى جميع أجزاء النبات عن طريق الأنابيب الغربالية؛ لاستخدامها في العمليات الحيوية، أو لتخزينها.

توجد أنسجة النقل في الجذور على شكل **أسطوانة وعائية Vascular Cylinder**، أنظر الشكل (4)، وتوجد في الساق والأوراق على شكل حزم وعائية، أنظر الشكل (5).

أتحقَّق: كيف تتوزَّع الأنسجة الوعائية في كلٍّ من: الجذر، والساق، والأوراق؟

الشكل (5): أنسجة النقل في مقاطع عرضية في:
أ - ورقة.
ب- ساق ذي فلقة.
جـ- ساق ذي فلقتين.



امتصاص الماء من التربة

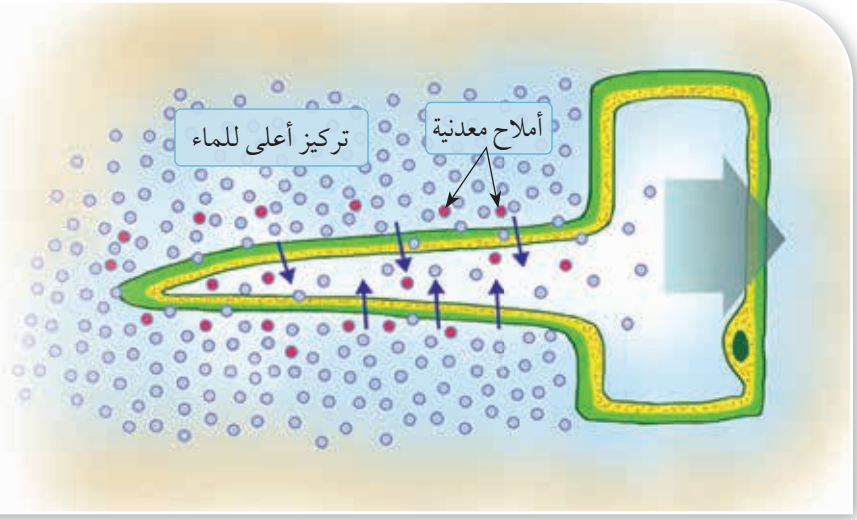
Absorption of Water from the Soil

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الجذر هو العضو المسؤول عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من التربة، وأنَّ الشعيرات الجذرية هي امتدادات لخلايا البشرة في الجذر تعمل على زيادة مساحة السطح المُعرَّض لامتصاص الماء، والأملاح المعدنية، أنظر الشكل (6).

الشكل (6): شعيرات جذرية لبذرة نامية.

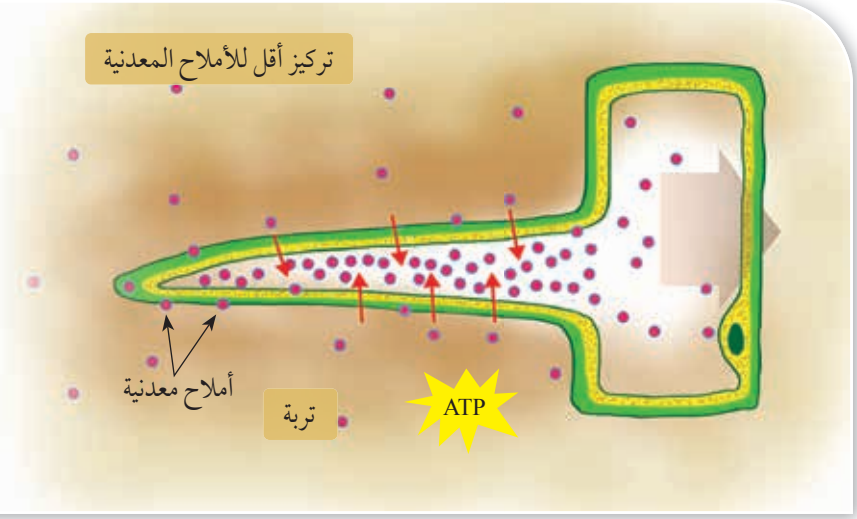
ينتقل الماء من التربة إلى خلايا الجذر عن طريق الخاصية الأسموزية؛ لأنَّ تركيز الأملاح الذائبة فيه يكون في التربة أقل من تركيزها في خلايا الجذر، أنظر الشكل (7).

تنتقل الأملاح المعدنية من التربة إلى خلايا الجذر بالانتشار، أو النقل النشط، أنظر الشكل (8).



الشكل (7): دخول الماء من التربة إلى النبات عن طريق الشعيرات الجذرية.

كيف ينتقل الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية بالخاصية الأسموزية؟

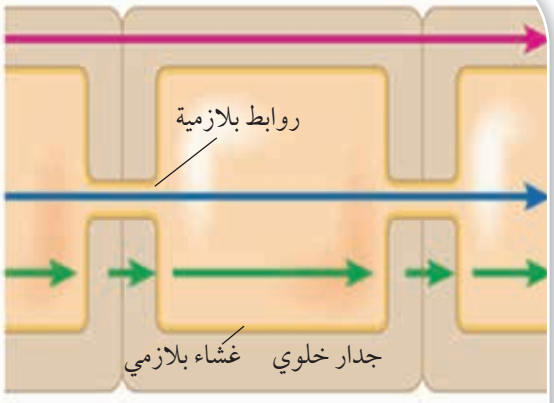


الشكل (8): دخول الأملاح المعدنية بالنقل النشط عن طريق الشعيرات الجذرية.

المسار اللاخلوي: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الجُدُر الخلوية حتى يصل إلى طبقة البشرة الداخلية.

المسار الخلوي الجماعي: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الروابط البلازمية خلال سيتوبلازم خلايا القشرة، ومنه إلى خلايا البشرة الداخلية.

مسار الجُدُر الخلوية والأغشية البلازمية: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الجُدُر الخلوية والأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة.



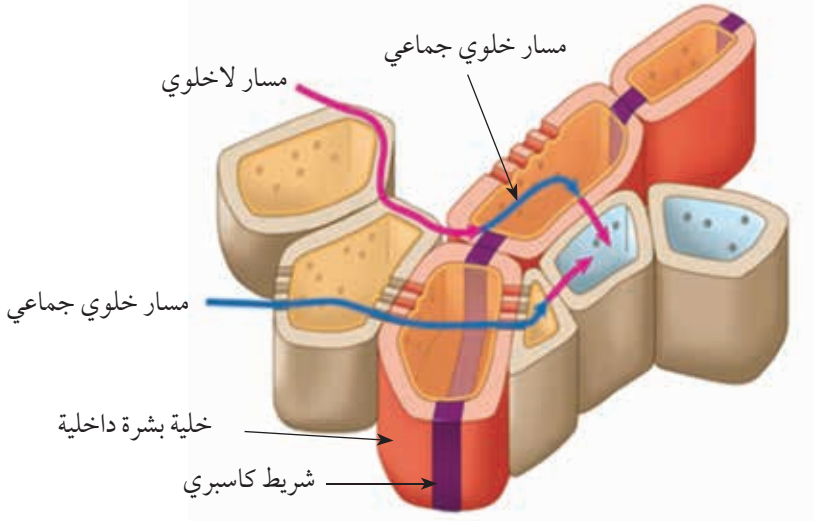
الشكل (9): مسارات انتقال الماء من التربة إلى نسيج الخشب في الجذر.

بعد دخول الماء في الجذر عن طريق خلايا البشرة، فإنَّه يمرُّ بخلايا القشرة ضمن ثلاثة مسارات، هي: المسار اللاخلوي Apoplast Route، والمسار الخلوي الجماعي Symplast Route، ومسار الجُدُر الخلوية والأغشية البلازمية Transmembrane Route، أنظر الشكل (9).

توجد طبقة شمعية تُسمّى شريط كاسبري في الجُدُر الخلوية لخلايا البشرة الداخلية، أنظر الشكل (10). يمنع شريط كاسبري الماء والأملاح الذائبة فيه من دخول الأسطوانة الوعائية خلال المسار اللاخلوي، وكذلك يَحول دون رجوع الماء والأملاح الذائبة فيه من الأسطوانة الوعائية إلى خلايا القشرة، فيدخل الماء عبر المسار الخلوي الجماعي ليصل نسيج الخشب الذي ينقل الماء إلى الساق فالأوراق.

أُفكّر: أُقارِن بين شريط كاسبري وصِمامات القلب من حيث مبدأ العمل.

أتحقَّق: ما المسارات التي يسلكها الماء عبر خلايا القشرة؟



الشكل (10): شريط كاسبري ودخول الماء عبر البشرة الداخلية.

نقل الماء من الجذور إلى أجزاء النبات الأُخرى
Transport of Water from Roots to Other Plant Parts

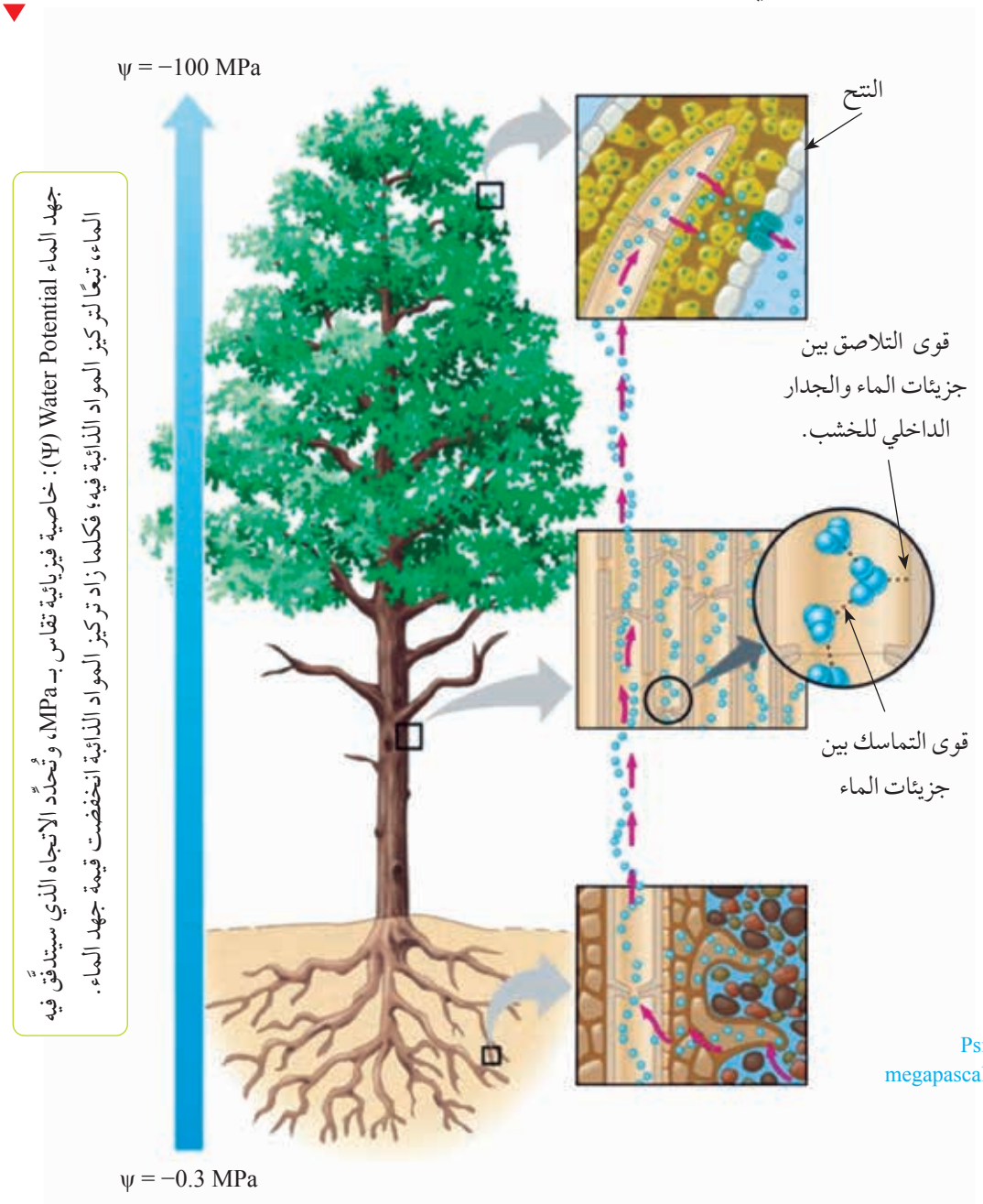
تنتقل **عصارة الخشب** **Xylem Sap** التي تتكوَّن من الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من الجذر إلى أعلى النبات؛ نتيجة عملية النتح Transpiration، وهي فقدان النبات الماء على هيئة بخار ماء في الثغور، وبفعل **خاصية التماسك** **Cohesion** الناتجة من تكوُّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء، وخاصية **التلاصق** **Adhesion** الناتجة من تكوُّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء والمواد المُكوِّنة للجُدُر الداخلية لخلايا الخشب، أنظر الشكل (11).

✓ **أتحقَّق:** ما القوى التي تنقل عصارة الخشب إلى الأوراق؟

أُفكِّر: يفقد نبات الذُّرَة نحو 2 L من الماء يوميًّا بعملية النتح. ما كمية الماء (بالمتر المكعب m^3) التي تُفقَد بعملية النتح في يوم من حقل ذُرَة يحوي 3276 نباتًا؟

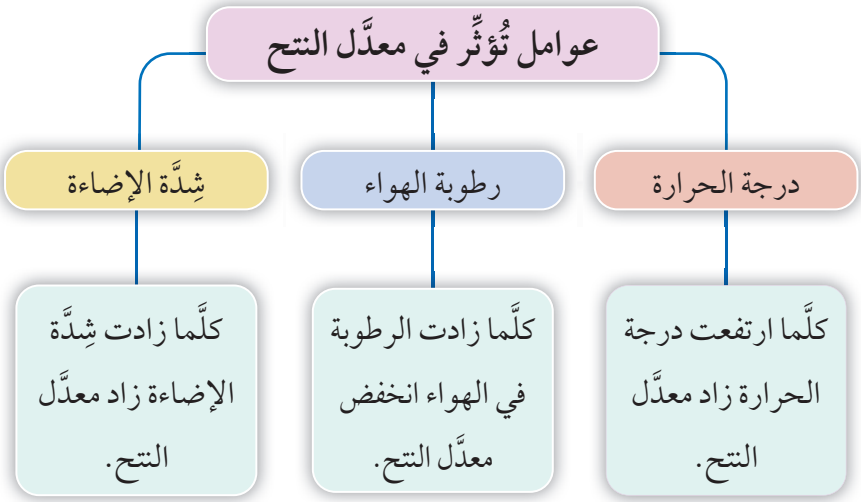
الشكل (11): نقل عصارة الخشب إلى الأوراق.

أُبيِّن العوامل التي تُسهِم في انتقال عصارة الخشب إلى الأوراق.



Psi: ψ
megapascal: MPa

يتأثَّر معدَّل النتح بعوامل عِدَّة يُبيِّن الشكل (12) بعضها.



الشكل (12): عوامل تُؤثِّر في معدَّل النتح.

أبحث:

يفقد النبات الماء من حافات أوراقه على شكل قطرات في ساعات الصباح الباكر، في ما يُعرَف بظاهرة الإدماع. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذه الظاهرة، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عنها باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

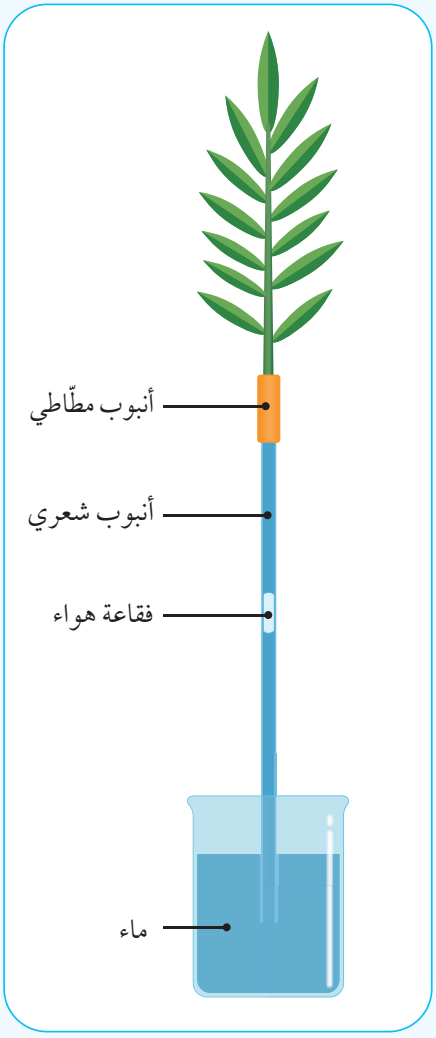
نشاط

أثر الضوء في عملية النتح

المواد والأدوات: أنبوب شعري، ساق نبات تحمل عددًا من الأوراق، دورق زجاجي متوسط الحجم، ماء، أنبوب مطّاطي، مصدر ضوء، غليسرول، رقائق من الألمنيوم، مسطرة، قلم تخطيط.

خطوات العمل:

1 **أُصمِّم نموذجًا:** أستعين بالشكل المجاور لصنع النموذج الآتي:



- أضع كمية مناسبة من الماء في الدورق الزجاجي، ثم أُغلِقه برقائق الألمنيوم.
- أقصُّ جزءًا صغيرًا من الأنبوب المطّاطي، ثم أُدخِل طرفه في أحد طرفي الأنبوب الشعري، ثم أُدخِل ساق النبات في طرفه الآخر.
- أضع كمية من الغليسرول حول ساق النبات عند منطقة دخوله في الأنبوب المطّاطي.
- أملأ الأنبوب الشعري بالماء؛ على أنْ تتكوَّن فقاعة هواء في منتصفه، ثم أضع علامة عند مكان وجودها في الأنبوب باستخدام قلم التخطيط.
- أُدخِل الأنبوب في الدورق، ثم أضع النموذج في مكان لا يتعرَّض فيه لمصدر ضوء.

ملحوظة: أُعدِّل النموذج في حال لم تظهر فقاعة الهواء.

2 **أقيس** المسافة التي تحرَّكتها فقاعة الهواء في الأنبوب الشعري بعد 10 min، ثم أُدوِّن النتائج.

3 أُكرِّر الخطوة رقم (1)، ثم أُعرِّض النموذج لمصدر ضوء.

4 **أقيس** المسافة التي تحرَّكتها فقاعة الهواء في الأنبوب الشعري بعد 10 min، ثم أُدوِّن النتائج.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** سبب حركة فقاعة الهواء في الأنبوب في كلتا الحالتين.
2. **أستنتج** سبب استخدام الغليسرول.
3. **أُقارِن** بين كمية الماء المفقودة في الحالة الأولى وتلك المفقودة في الحالة الثانية.

نقل عصارة اللحاء في النبات

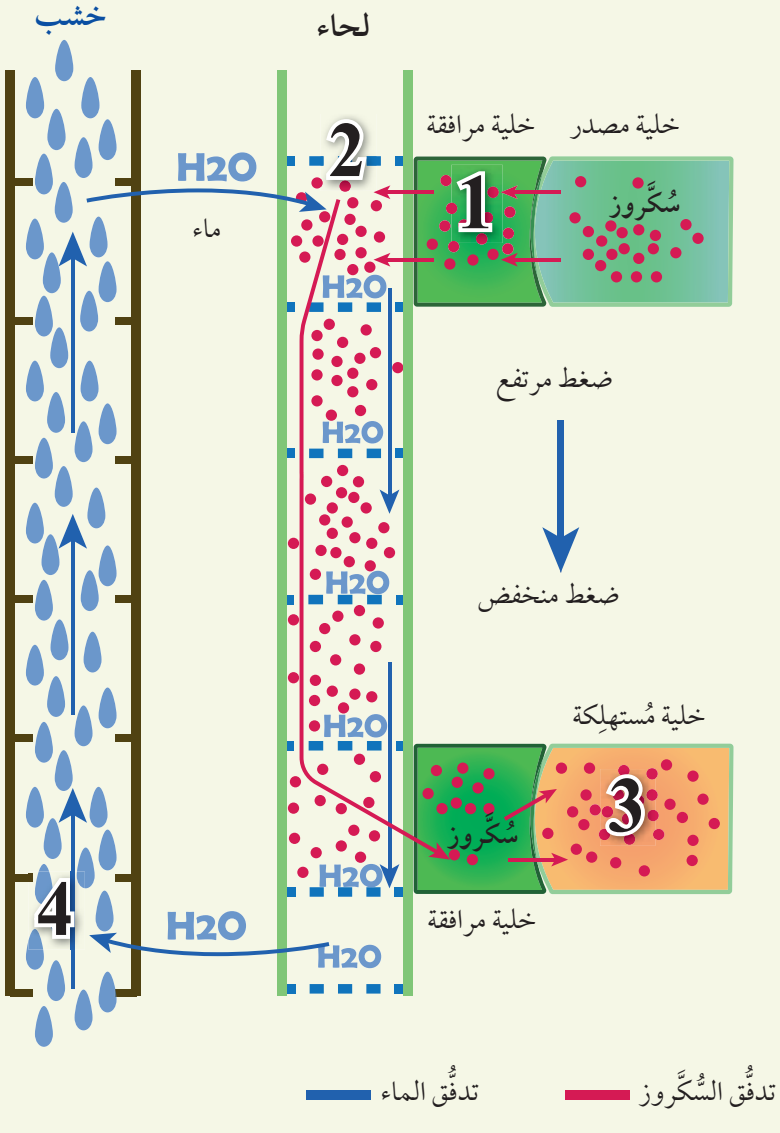
Transport of Phloem Sap in Plant

تَصنع أوراق النبات وأجزاؤه الخضراء الأُخرى الغذاء عن طريق عملية البناء الضوئي، ثم تُنقَل عصارة اللحاء إلى جميع أجزاء النبات، بما في ذلك الجذور، والثمار. ونظرًا إلى انخفاض معدَّل البناء الضوئي في فصل الشتاء؛ فإنَّ الأجزاء التي تُخزِّن الغذاء تصبح مصدر غذاء النبات. وقد تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ السُّكَّروز هو المُكوِّن الرئيس لعصارة اللحاء. أمّا عملية نقله فتمرُّ بخطوات عِدَّة وَفق فرضية التدفُّق الضاغط، أنظر الشكل (13).

✓ **أتحقَّق:** ما الفرق بين عملية تحميل السُّكَّروز وعملية تفريغه؟

أفكِّر: أُحدِّد الأجزاء التي تُعَدُّ مصادر غذاء في النبات تبعًا لفصول السنة، ثم أُدعِّم إجابتي بأمثلة.

الشكل (13): نقل السُّكَّروز من أماكن تصنيعه (المصدر) إلى أماكن استهلاكه وَفق فرضية التدفُّق الضاغط.



1. تحميل السُّكَّروز من خلايا المصدر إلى الخلايا المرافقة بالنقل النشط، ومنها إلى الأنابيب الغربالية.

2. تركيز السُّكَّروز المرتفع في الأنابيب الغربالية يؤدي إلى دخول الماء من خلايا خشب مجاورة بالخاصية الأسموزية، مُولِّدًا ضغطًا مرتفعًا في الأنابيب الغربالية، فتندفع عصارة اللحاء من أنبوب غربالي إلى آخر.

3. تفريغ السُّكَّروز في مكان الاستهلاك أو التخزين بالنقل النشط.

4. خروج السُّكَّروز من الأنابيب الغربالية يؤدي إلى خروج الماء في اتجاه خلايا الخشب المجاورة.

الربط بالبيئة

تُعرَّف المعالجة النباتية للمُلوِّثات Phytoremediation بأنَّها استخدام النباتات في تقليل تركيز المواد السامة المُلوِّثة للبيئة. وقد استعمل الباحثون اليابانيون نبات دوّار الشمس لامتصاص المواد المُشِعَّة من المناطق المحيطة بمنطقة مفاعل فوكيشيما بعد انفجاره عام 2011م؛ إذ تمتص جذور نبات دوّار الشمس هذه المواد من التربة عن طريق الجذور، ثم تُخزِّنها في أجزائه المختلفة. وعند جمع هذه النباتات، فإنَّه يُتخلَّص منها بطريقة مناسبة.

الربط بالطب **النباتات مصانع كيميائية.**

يُستخلَص التاكسول (Taxol) من لحاء نبات صنوبري يُسمّى Pacific Yew (***Taxus brevifolia***)، وقد اكتشف العلماء فوائده في علاج السرطان أول مرَّة عام 1960م، ثم اعتمدته المؤسسة العامة للغذاء والدواء Food and Drug Administration (FDA) في الولايات المتحدة الأمريكية لعلاج أنواع مختلفة من أورام السرطان عام 1994م، لا سيَّما سرطان المبيض، وسرطان الثدي. يُؤثِّر التاكسول في الأنيبيبات الدقيقة للهيكل الخلوي، ويمنع الخلايا السرطانية من إكمال دورة حياتها. غير أنَّ نبات Pacific Yew موجود فقط في أماكن محدودة؛ لذا بحث العلماء عن التاكسول في نباتات أُخرى، وحاولوا تصنيعه في المختبر، وقد أظهرت المُركَّبات المُصنَّعة نتائج مُشجِّعة ومُبشِّرة.

أبحث: تَنتج فضلات مختلفة من عمليات الأيض في النبات، مثل المطّاط. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الأهمية الاقتصادية لبعض هذه الفضلات، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الدرس

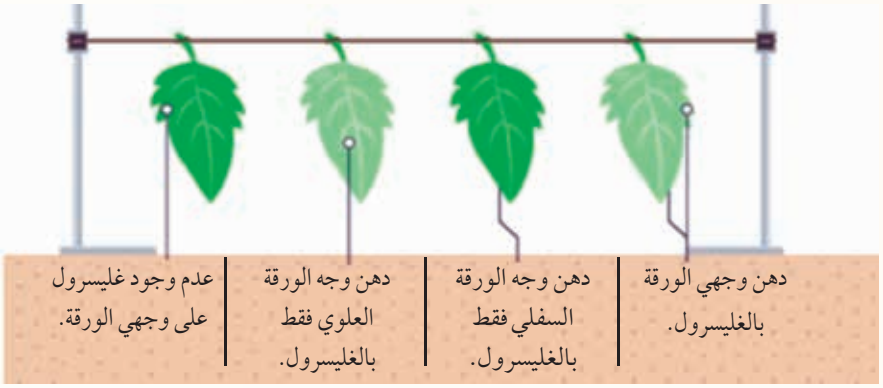
1. **أُقارِن** بين نسيج الخشب ونسيج اللحاء من حيث: المُكوِّنات، والوظيفة، وطبيعة الخلايا.

2. أُوضِّح آلية نقل السُّكَّروز من خلية ورقة إلى خلية جذر وَفق نظرية التدفُّق الضاغط.

3. **أَصِف** توزيع نسيج الخشب واللحاء في كلٍّ من: الجذر، والساق، والأوراق.

4. نظرًا إلى صعوبة قياس معدَّل النتح مباشرة؛ فإنَّه يقاس بطرائق غير مباشرة، مثل: قياس مقدار النقص في كتلة النبات الحيوية، وقياس كمية الماء التي امتصَّها النبات.

يُبيِّن الشكل الآتي أربع أوراق من نبات، لها الحجم نفسه تقريبًا، وقد ثُبِّتت على حامل، ودُهِن بعض أوجهها بالغليسرول:



إذا كان مقدار النقص في الكتلة الحيوية لهذه الأوراق بعد 24 h كما في الجدول الآتي، فأُجيب عمّا يلي:

	رقم الورقة			
	1	2	3	4
وجه الورقة المدهون بالغليسرول	الوجه العلوي، والوجه السفلي.	الوجه السفلي.	الوجه العلوي.	عدم دهن الوجه العلوي، والوجه السفلي.
نسبة النقص في الكتلة الحيوية للورقة	2%	4%	36%	40%

- **أُمثِّل بيانيًّا** العلاقة بين دهن أوجه أوراق النبات بالغليسرول ومقدار النقص في الكتلة الحيوية لكلٍّ منها.

- **أستنتج**: ما الذي يُمكِن استخلاصه من تلك النتائج؟ أذكر دليلين لدعم استنتاجي.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التكاثر في النباتات البذرية
Reproduction in Seed Plants

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تتكاثر النباتات البذرية تكاثرًا جنسيًّا ولاجنسيًّا.

نتاجات التعلُّم:

- أتتبَّع دورة حياة نباتٍ مُعرّى البذور.
- أُوضِّح مراحل دورة حياة نباتٍ مُغطّى البذور.
- أُفسِّر بعض أنواع تكيُّف النباتات البذرية التي تُسهِم في تكاثرها وانتشارها.
- أستقصي بعض طرائق التكاثر الخضري الطبيعية والصناعية، مُبيِّنًا أهمية كلٍّ منها.

المفاهيم والمصطلحات:

كيس الجنين Embryo Sac

التكاثر الخضري Vegetative Reproduction

النباتات البذرية Seed Plants

تُمثِّل النباتات البذرية ما نسبته 87% من أنواع النباتات في المملكة النباتية تقريبًا. وقد درسْتُ سابقًا أنَّ النباتات البذرية تُصنَّف إلى نوعين، هما: النباتات مُعرّاة البذور Gymnosperms التي توجد بذورها في مخاريط أنثوية، والنباتات مُغطّاة البذور Angiosperms (النباتات الزهرية) التي توجد بذورها داخل الثمار، أنظر الشكل (14).

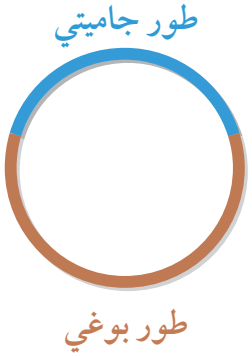
الشكل (14): ثمار نبات مُغطّى البذور، ومخروط نبات مُعرّى البذور.

✓ **أتحقَّق:** إلامَ تُصنَّف النباتات البذرية؟

دورة حياة النباتات البذرية Life Cycle of Seed Plants

تمتاز دورة حياة النباتات البذرية بأنَّ الطور البوغي Sporophyte ثنائي المجموعة الكروموسومية Diploid (2n) فيها سائد على الطور الجاميتي Gametophyte أحادي المجموعة الكروموسومية Haploid (1n)، أنظر الشكل (15).

يتعاقب الطور البوغي مع الطور الجاميتي في دورة حياة النباتات البذرية، في ما يُعرَف بتبادل الأجيال Alternation of Generations.



الشكل (15): سيادة الطور البوغي على الطور الجاميتي في النباتات البذرية.

دورة حياة النباتات مُعرّاة البذور Life Cycle of Gymnosperms

النباتات مُعرّاة البذور هي نباتات وعائية لها مخاريط، ومن أمثلتها نبات الصنوبر.

يوجد نوعان من المخاريط؛ أحدهما يُنتِج حبوب اللقاح، والآخر يُنتِج البويضات، أنظر الشكل (16).

✓ **أتحقَّق:** أيُّ الأطوار سائد في دورة حياة النبات البذري؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أكبر النباتات البذرية حجمًا، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (16): نبات صنوبر يحمل مخاريط أنثوية وأُخرى ذكرية.

تمرُّ دورة حياة نبات الصنوبر بمراحل مختلفة، أنظر الشكل (17).

1: تحمل أشجار الصنوبر مخاريط ذكرية، وأُخرى أنثوية.

2: تنقسم الخلايا البوغية الذكرية انقسامًا مُنصِّفًا لإنتاج حبوب اللقاح.

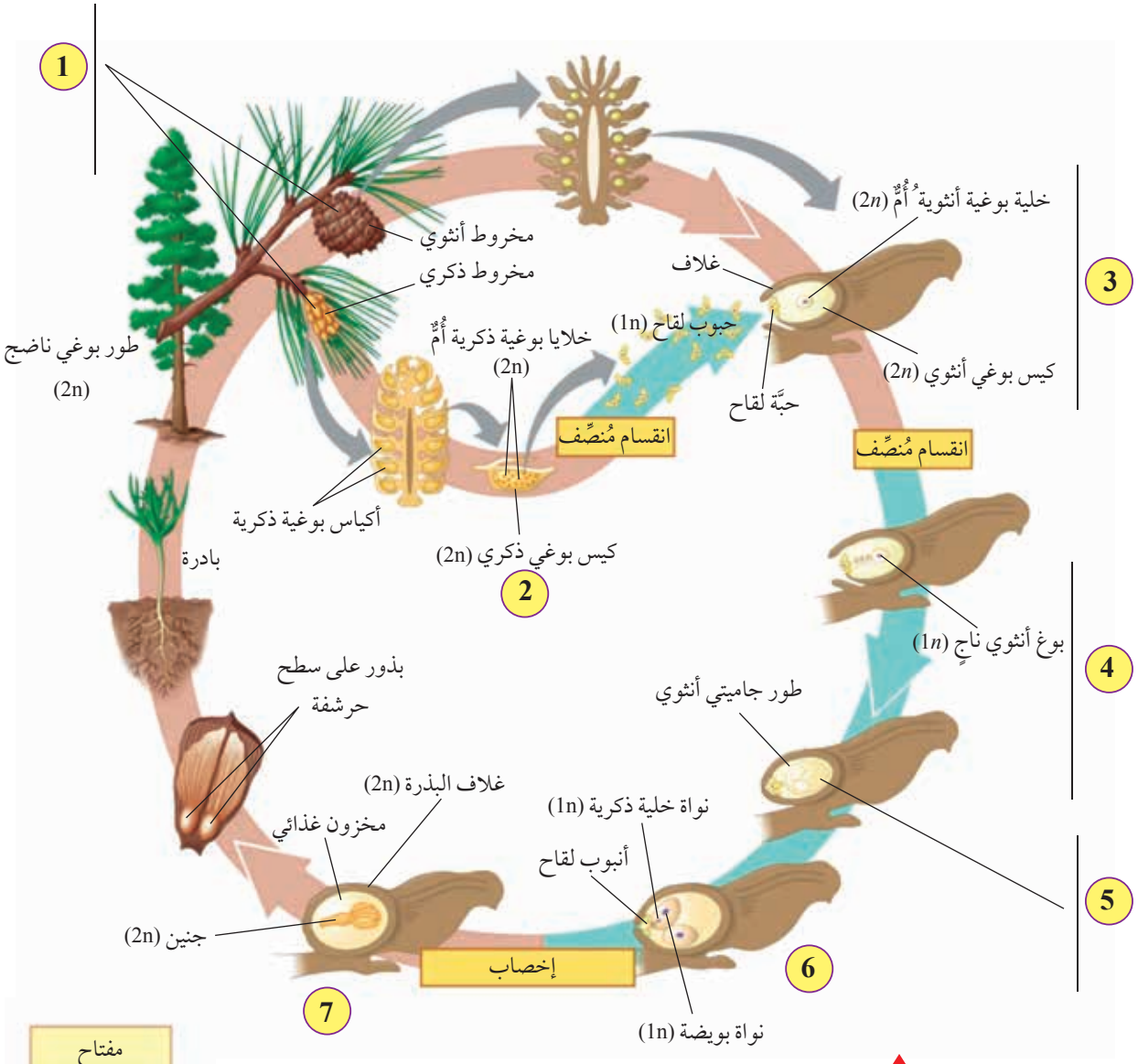
3: عند التلقيح، ينمو أنبوب لقاح يصل إلى الكيس البوغي الأنثوي.

4: تنقسم الخلية البوغية الأنثوية الأُمُّ انقسامًا مُنصِّفًا، فتَنتج أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n)، ينجو منها بوغ أنثوي واحد.

5: يتحوَّل البوغ الأنثوي إلى طور جاميتي أنثوي يحوي أربع بويضات.

6: تنضج البويضات بمرور الوقت، وتدخل الخلايا الذكرية عبر أنابيب اللقاح، ويحدث الإخصاب باندماج نواة خلية ذكرية في نواة البويضة.

7: تنمو البويضة المُخصَّبة (الزايجوت) لتصبح بذرة تحتوي على جنين ومخزون غذائي.



الشكل (17): دورة حياة نبات الصنوبر.

أتتبَّع دورة حياة نبات الصنوبر.

ملحوظة: يحدث الإخصاب بعد سنة أو أكثر من عملية التلقيح.

دورة حياة النباتات مُغطّاة البذور Life Cycle of Angiosperms

النباتات البذرية مُغطّاة البذور هي النباتات الزهرية التي تُنتِج بذورها في ثمار، وتُمثِّل أكبر نسبة من النباتات البذرية. تمرُّ دورة حياة النباتات الزهرية بعدد من المراحل، أنظر الشكل (18).

الشكل (18): دورة حياة نبات زهري.

أتتبَّع دورة حياة نبات زهري.

1 : تنقسم الخلية البوغية الأنثوية الأُمُّ انقساما مُنصِّفًا، فتَنتج 4 أبواغ أنثوية، ينجو منها واحد فقط.

2 : في المتك، تنقسم الخلية البوغية الذكرية انقساما مُنصِّفًا، مُنتِجةً 4 أبواغ ذكرية.

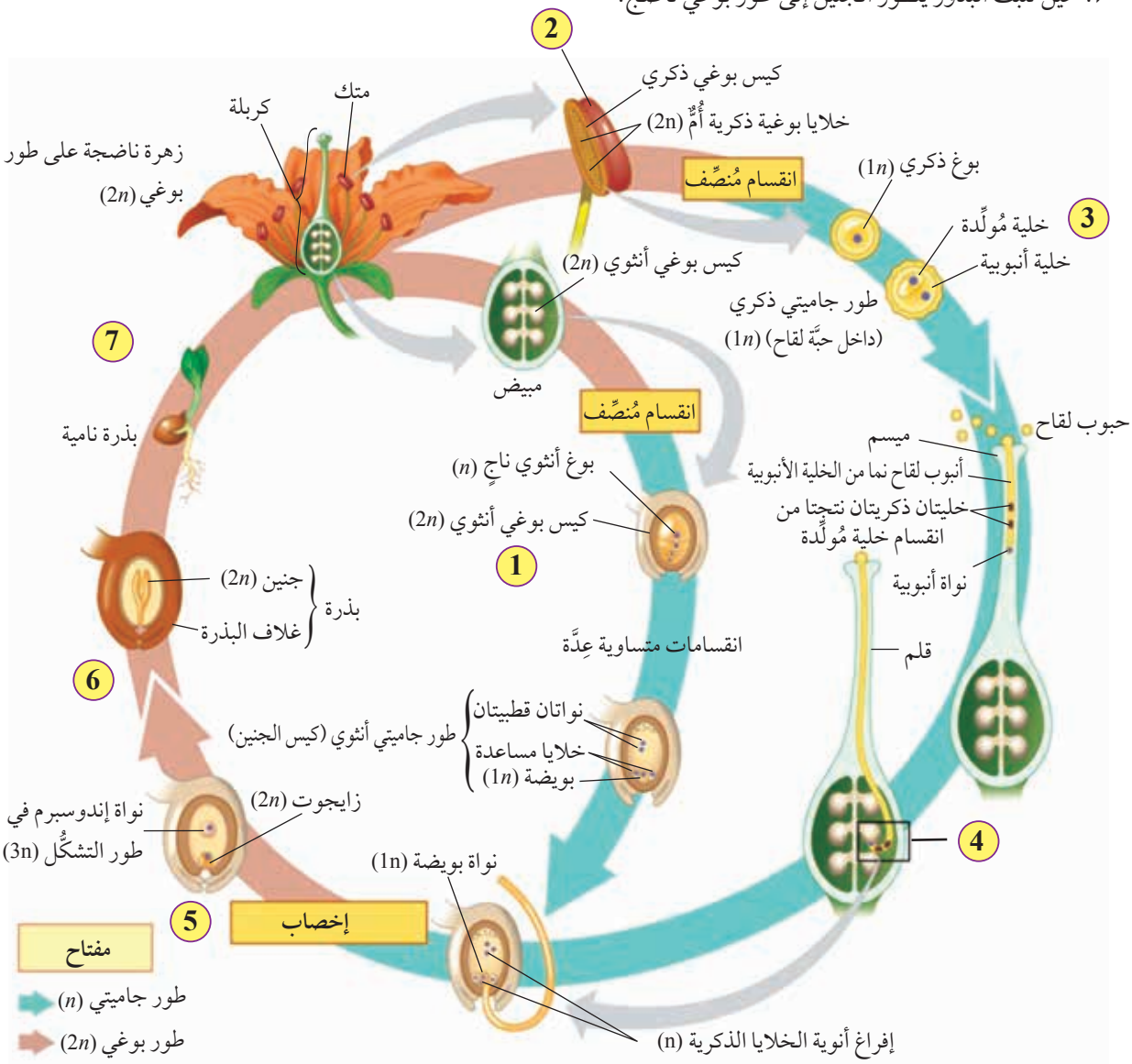
3 : ينقسم كل بوغ ذكري انقساما متساويًا، فتَنتج حبَّة لقاح تحوي خلية مُولِّدة، وأُخرى أنبوبية.

4 : بعد عملية التلقيح، تُفرَّغ خليتان ذكريتان في كل كيس جنيني.

5 : يحدث إخصاب مزدوج تتحد فيه إحدى نواتي الخليتين الذكريتين مع نواة البويضة، فتَنتج بويضة مُخصَّبة، في حين تتحد الأُخرى مع النواتين القطبيتين، فيَنتج الإندوسبرم.

6 : تنمو البويضة المُخصَّبة (الزايجوت) إلى جنين داخل البذرة.

7 : حين تنبت البذور يتطوَّر الجنين إلى طور بوغي ناضج.



تكيُّف النباتات البذرية Adaptation of Seed Plants

تُنتِج معظم النباتات البذرية عددًا كبيرًا من البذور التي يستطيع بعضها إكمال دورة الحياة. ويُمكِن لهذه النباتات التكيُّف بطرائق عِدَّة؛ ما يُسهِم في تكاثرها وانتشارها.

تكيُّف البذور Seed Adaptation

تنتشر البذور بطرائق عِدَّة، وهي تمتاز بصفات عديدة تُحدّد طرائق انتشارها، أنظر الشكل (19).

أُفكِّر: إذا نمت البذور قرب النبات المُنتِج لها، فما تأثير ذلك في النبات؟

أتحقَّق: ما صفات البذور التي تنتشر بالرياح؟

الشكل (19): طرائق انتشار بذور النباتات البذرية.

انتشار البذور عن طريق الماء

تطفو بذور العديد من النباتات البذرية (مثل نبات جوز الهند) على سطح الماء الذي ينقلها من مكان إلى آخر، وتكون محاطة بغلاف صُلْب.

انتشار البذور عن طريق الرياح

تمتاز بعض بذور النباتات بأنَّها خفيفة الوزن، وباحتوائها على تراكيب تُشبِه الأجنحة، أو الشعيرات الخفيفة؛ ما يساعد على نقلها إلى أماكن بعيدة، ومن الأمثلة عليها نبات الهندباء.

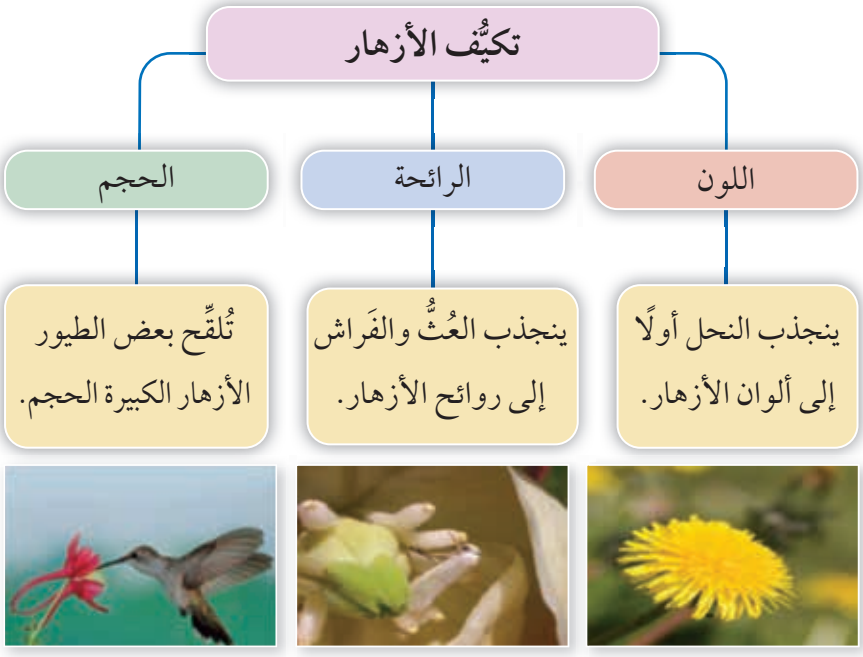
انتشار البذور عن طريق الحيوانات

تمتاز بعض بذور النباتات البذرية (مثل نبات اللزيق الشوكي Cocklebur) بوجود تراكيب شوكية تلتصق بفرو الحيوانات التي تنقلها إلى أماكن جديدة.

تكيُّف الأزهار Flower Adaptation

للأزهـار في النباتـات الزهرية القدرة على التكيُّف بطرائق عِدَّة؛ ما يُسهِم في جذب المُلقِّحات، أنظر الشكل (20).

الشكل (20): تكيُّف الأزهار في النباتات الزهرية.



الربط بالزراعة

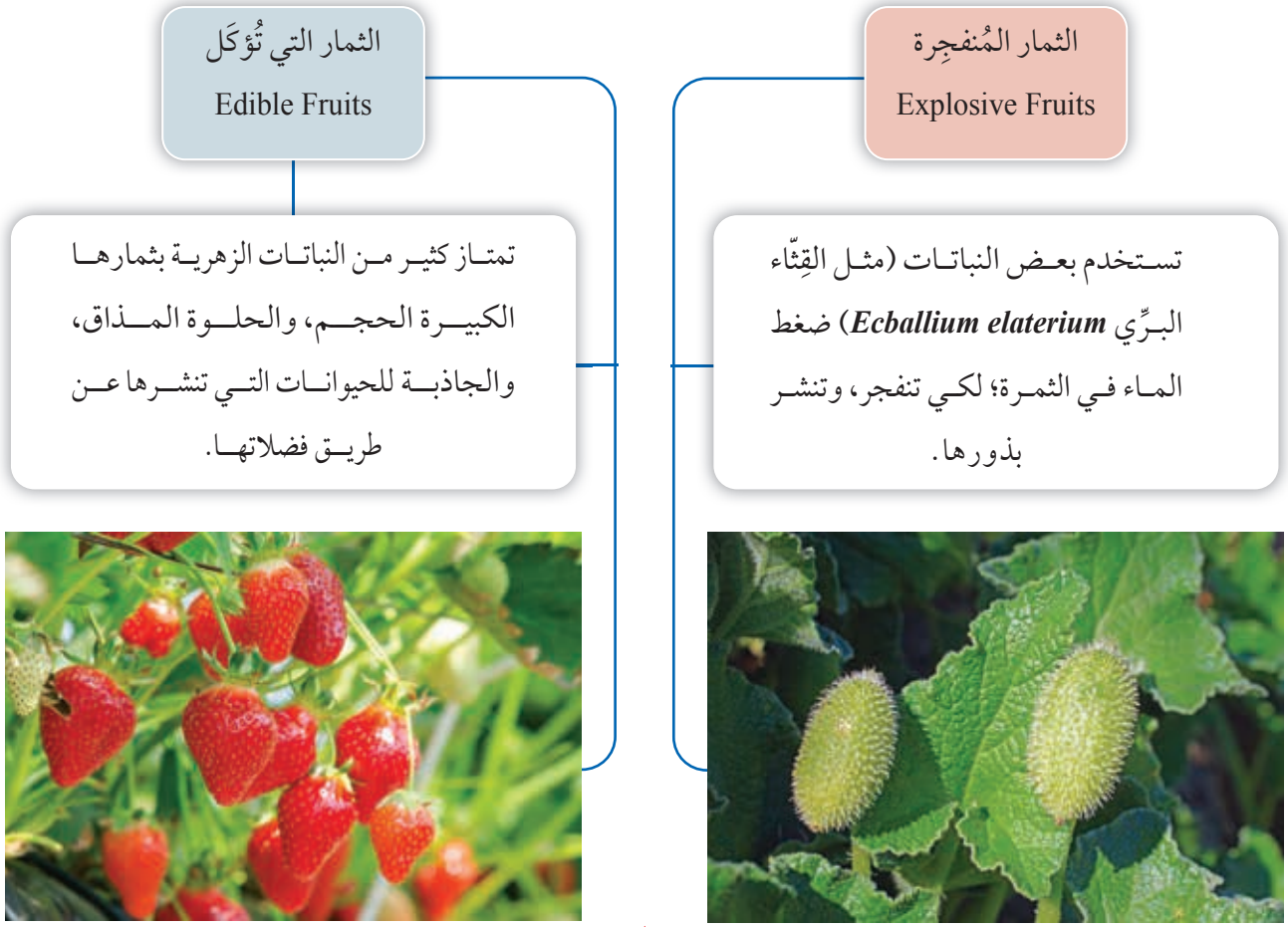
تُستعمَل التكنولوجيا في الزراعة المحمية (البيوت الزجاجية غالبًا) لتوفير الظروف اللازمة لنمو النباتات؛ بُغْيَةَ إطالة موسم نموها، وزيادة إنتاجها.

تمتاز الزراعة المحمية بإنتاج كميات أكبر من الغذاء على مساحة أقل من الأرض، وذلك في أيِّ منطقة من العالَم تقريبًا، وعلى مدار العام، إلى جانب تقليل آثار البيئة الخارجية في الإنتاج. يتيح هذا النوع من الزراعة إطعام عدد مُتزايِد من السكان، ويُوفِّر طرائق مستدامة لإنتاج الغذاء في مواجهة التغيُّر المناخي الذي تتعرَّض له الأرض.

يستخدم المزارعون المُلقِّحات في أنظمة الزراعة المحمية، مثل استخدام النحل الطنّان Bumblebees داخل البيوت الزجاجية.

تكيُّف الثمار Fruits Adaptation

تُعرَّف الثمرة بأنَّها مبيض زهرة ناضج. تُنتِج النباتات الزهرية الثمار، ويُسهِم تكيُّف الثمار في انتشار هذه النباتات، أنظر الشكل (21).



الشكل (21): بعض أشكال تكيُّف الثمار في النباتات الزهرية.

الربط بالحيوان **القِرَدة والشوكولاتة.**

تنمو أشجار نبات الكاكاو في الغابات المطيرة، وتؤدي القِرَدة دورًا مهمًّا في إكمال دورة حياة هذا النبات؛ إذ إنَّها تعمل على قطف ثماره لتتغذّى بها، ثم تتخلَّص من بذورها؛ ما يُسهِم في نشر هذه البذور.

نشاط

فحص إنبات البذور

يلجأ المُتخصِّصون في البنوك الوراثية إلى التحقُّق من قابلية البذور للإنبات والنمو بصورة دورية، ثم يتخذون القرارات المناسبة (مثل تكثيرها) بناءً على نسب نموها.

المواد والأدوات: ثلاث عيِّنات عشوائية من بذور العدس المختلفة المصدر (كتلة كلٍّ منها 100 g)، ثلاثة من أطباق بتري، قلم تخطيط، أوراق ترشيح، ماء، مسطرة.

خطوات العمل:

1. أُرقِّم أطباق بتري بالأرقام من (1) إلى (3).
2. أضع ورقة ترشيح مُرطَّبة بالماء في كلٍّ من الأطباق الثلاثة.
3. **أُجرِّب:** أضع 10 بذور من العيِّنة الأولى في الطبق الأول، ثم أُكرِّر ذلك للعيِّنتين الأُخريين.
4. **أضبط المُتغيِّرات:** أحتفظ بالأطباق الثلاثة في مكان يحوي مصدرًا للضوء.
5. **أُلاحِظ** إنبات البذور بعد 4 أيام، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.
6. **أُلاحِظ:** أتفحَّص البذور مدَّة 10 أيام، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسُب** نسبة إنبات البذور للعيِّنات الثلاث باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{نسبة الإنبات} = \frac{\text{عدد البذور النامية}}{\text{عدد البذور الكلية}} \times 100\ \%$$

2. **أُفسِّر** النتائج التي توصَّلْتُ إليها.
3. **أتوقَّع:** إذا تراوحت نسبة إنبات البذور بين (20%) و (40%)، فما الإجراء اللازم في هذه الحالة؟ أبحث عن ذلك للتحقُّق من صحة توقُّعي.

التكاثر الخضري في النباتات البذرية

Vegetative Reproduction in Seed Plants

قد تتكاثر النباتات (أو تُكثَّر) عن طريق أجزائها الخضرية، وهي: الأوراق، والسيقان، والجذور، في ما يُسمّى **التكاثر الخضري** **Vegetative Reproduction.**

طرائق التكاثر الخضري

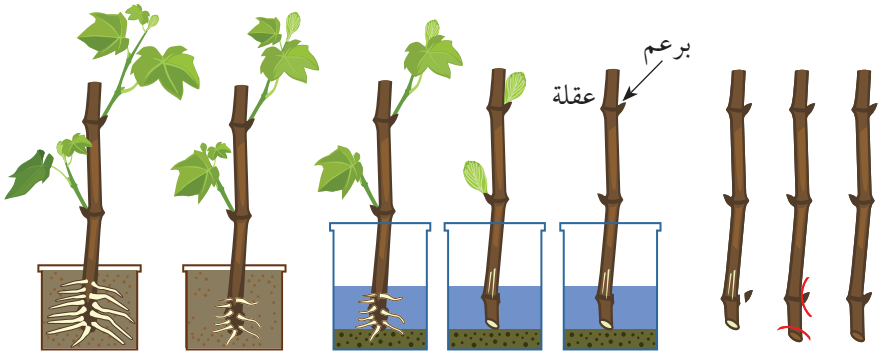
التجزئة Fragmentation

يُمكِن لجزء من الساق أو الجذر أنْ ينمو. فمثلًا، تنمو قطع دَرَنة البطاطا التي تحتوي على براعم، مُنتِجةً نباتًا كاملًا، أنظر الشكل (22).

الشكل (22): إكثار نباتات بالتجزئة.

العُقَل Cuttings

يُقصَد بالعُقَل قطع جزء نبات يحوي براعم (الساق غالبًا)، ثم إعادة زراعته لتجديد النبات كاملًا، أنظر الشكل (23).



الشكل (23): إكثار نبات بالعُقَل.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مقدار إنتاج الدونم الواحد من زراعة البطاطا، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (24): إكثار نبات بالترقيد. ▲

الترقيد Layering

لبعض النباتات ساق جارية Stolen تنمو فوق سطح التربة، وتتوزَّع عليها عُقَد.

تعتمد طريقة الترقيد على ثني جزء من الساق الجارية التي تحوي عُقَدًا تخرج منها البراعم، ثم تغطية هذا الجزء بالتربة. بعد ذلك يأخذ الجزء الظاهر من البراعم بالنمو، مُعتمِدًا على النبات الأُمِّ في الحصول على الغذاء، ثم ينفصل هذا الجزء بعد تكوين الجذور ليصبح نباتًا مستقلًّا، أنظر الشكل (24).

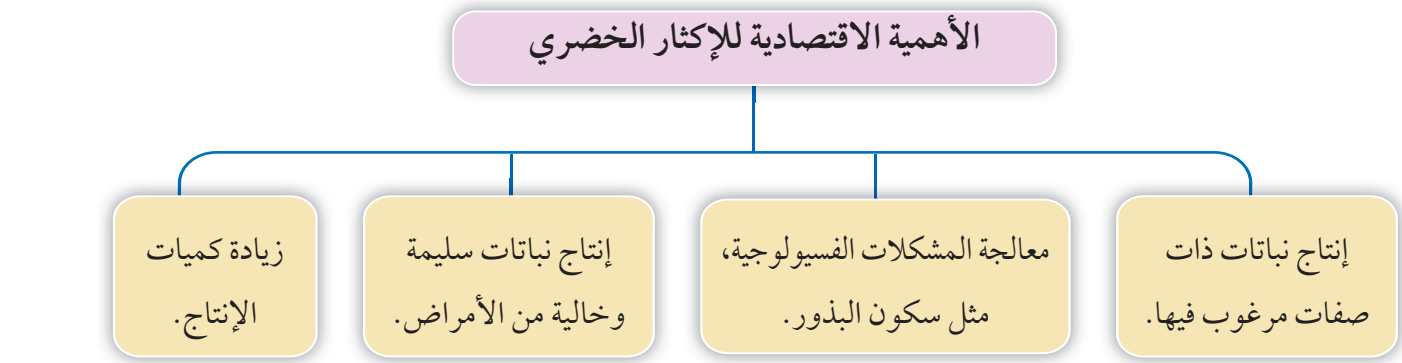
▲

الشكل (25): إكثار نبتة بالزراعة النسيجية.

الزراعة النسيجية النباتية Plant Tissue Culture

يُمكِن بهذه الطريقة إنتاج نبات كامل من جزء صغير لنسيج نباتي حي يُؤخَذ من النبات الأُمِّ. وفيها يُنمّى النسيج النباتي في وسط غذائي يحوي العناصر الغذائية الضرورية، إضافةً إلى الهرمونات النباتية اللازمة (سأتعرَّفها لاحقًا)، علمًا بأنَّ هذا النسيج يُؤخَذ من أجزاء النبات المختلفة، مثل: الأوراق، والسيقان، والجذور، أنظر الشكل (25).

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن طرائق أُخرى لتكاثر النبات خضريًّا، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكل (26): بعض الأمثلة على الأهمية الاقتصادية للإكثار الخضري.

الأهمية الاقتصادية لإكثار النباتات البذرية خضريًّا

The Economic Importance of Vegetative Reproduction in Seed Plants

للإكثار الخضري عدد من الفوائد الاقتصادية يُبيِّنها الشكل (26).

أفكِّر: نظَّمت إدارة المدرسة زيارة علمية إلى إحدى مزارع أشجار الفواكه. وقد لاحظ بعض الطلبة في أثناء الزيارة وجود عدد من الأشجار التي تُنتِج نوعين من الثمار، أو ثلاثة أنواع منها. ما طرائق إنتاج هذه الأشجار؟

الربط بعلم التكنولوجيا الحيوية النباتية

يُمكِن في علم التكنولوجيا الحيوية النباتية تعديل التركيب الجيني لنبات مُعيَّن عن طريق إدخال جينات جديدة فيه تحمل صفات مرغوبًا فيها. وفي هذه الحالة، يَعْمَد العلماء والباحثون إلى تكثير النباتات المُعدَّلة جينيًّا باستخدام الزراعة النسيجية النباتية قبل تعميم زراعتها على المزارعين لاعتمادها.

✓ **أتحقَّق:** ما طرائق التكاثر الخضري للنباتات البذرية؟

مراجعة الدرس

1. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

- البذور التي تنتشر بالماء، والبذور التي تنتشر بواسطة الحيوانات من حيث الخصائص.
- الإكثار الخضري بالتجزئة، والإكثار الخضري بالترقيد من حيث الآلية.

2. **أتوقَّع**: الطور البوغي في النباتات البذرية سائد على الطور الجاميتي فيها. هل يسود الطور البوغي على الطور الجاميتي في بقية أنواع النباتات؟ أُدعِّم إجابتي بأمثلة.

3. **أُفسِّر** سبب كلٍّ ممّا يأتي:

- يَنتج من الزراعة النسيجية نباتات مرغوب في صفاتها.
- تُعَدُّ النباتات الزهرية أكثر النباتات انتشارًا على سطح الأرض.
- تؤدي القِرَدة دورًا مهمًّا في إكمال دورة حياة نبات الكاكاو.

4. ما أنواع تكيُّف الثمار التي تُسهِم في انتشار النباتات البذرية؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الاستجابة في النبات
Response in Plant

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

يستجيب النبات لعدد من المثيرات، وتؤدي الهرمونات النباتية دورًا في هذه الاستجابات.

نتاجات التعلُّم:

- أتعرَّف أنواع الهرمونات النباتية المختلفة.
- أُوضِّح آلية عمل الهرمونات النباتية في استجابات النبات المختلفة.
- أُفسِّر أنماط الحركة في النبات، مُبيِّنًا دور المثيرات الخارجية فيها.

المفاهيم والمصطلحات:

الانتحاء الضوئي	Phototropism
الانتحاء الأرضي	Gravitropism
الاستجابة للمس	Thigmotropism
ضغط الامتلاء	Turgor Pressure

الهرمونات النباتية Plant Hormones

يتأثَّر النبات بالعديد من المثيرات في أثناء مراحل الحياة التي يمرُّ بها، مثل: الجفاف، وطول الليل، وانخفاض درجات الحرارة. وهو يستجيب لهذه المثيرات بطرائق عِدَّة، منها إنتاجه هرمونات نباتية تُسهِم في الحفاظ على بقائه؛ وهي مواد تنقل رسائل كيميائية في النبات الذي يحتاج إليها بتراكيز منخفضة.

تُنتَج الهرمونات في أجزاء مُعيَّنة من النبات، وتؤدي عملها في أجزاء أُخرى منه. وتُعَدُّ الأكسينات Auxins، والسيتوكاينينات Cytokinins، والجبرلينات Gibberellins، والإثيلين Ethylene، وحمض الأبسيسيك Abscisic Acid هرمونات نباتية رئيسة، وقد اكتُشِفت حديثًا هرمونات نباتية أُخرى.

✓ **أتحقَّق:** ما الهرمونات النباتية الرئيسة؟

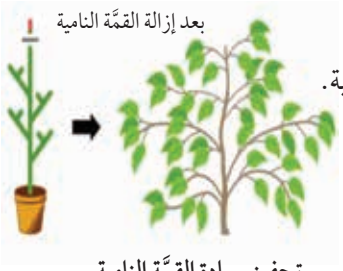
أنظر البطاقات الآتية التي كُتِب عليها الهرمونات النباتية الرئيسة، وأماكن تصنيعها، وأهم وظائفها:

الأكسينات

مكان التصنيع الرئيس: القمَّة النامية للساق.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز استطالة الساق.
- تحفيز تشكُّل الجذور الجانبية والجذور العرضية.
- تنظيم نمو الثمار.
- تحفيز سيادة القمَّة النامية.
- الإسهام في الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي.



تحفيز سيادة القمَّة النامية.

السيتوكاينينات

مكان التصنيع الرئيس: الجذور.

الوظائف الرئيسة:

- تنظيم انقسام الخلايا في الساق والجذر.
- تحفيز نمو البراعم الجانبية.
- تحفيز انتقال المواد الغذائية إلى أماكن استهلاكها.
- تحفيز إنبات البذور.
- تأخير شيخوخة الأوراق.

تأخير شيخوخة الأوراق.

الجبرلينات

مكان التصنيع الرئيس: الخلايا المرستيمية في البراعم والجذور والأوراق الحديثة النمو.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز استطالة الساق.
- تحفيز نمو أنبوب اللقاح.
- تحفيز نمو الثمار.
- تحفيز إنبات البذور.

استطالة الساق.

حمض الأبسيسيك

مكان التصنيع الرئيس: معظم أجزاء النبات.

الوظائف الرئيسة:

- تثبيط نمو النبات.
- تحفيز إغلاق الثغور في أثناء الجفاف.
- تحفيز سكون البذور.

إنبات بذور لنبات لا يُنتِج حمض الأبسيسيك.

الإثيلين

مكان التصنيع الرئيس: معظم أجزاء النبات.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز نضج الثمار، وتساقط الأوراق.
- زيادة معدَّل الشيخوخة.
- تحفيز تكوُّن الجذور والشعيرات الجذرية.

نضج الثمار.

استجابة النبات للمثيرات Plant Response to Stimuli

تستجيب النباتات للمثيرات في بيئاتها، شأنها في ذلك شأن الكائنات الحية الأُخرى، وقد تكون هذه المثيرات يومية، أو فصلية، أو مُسبِّبات أمراض.

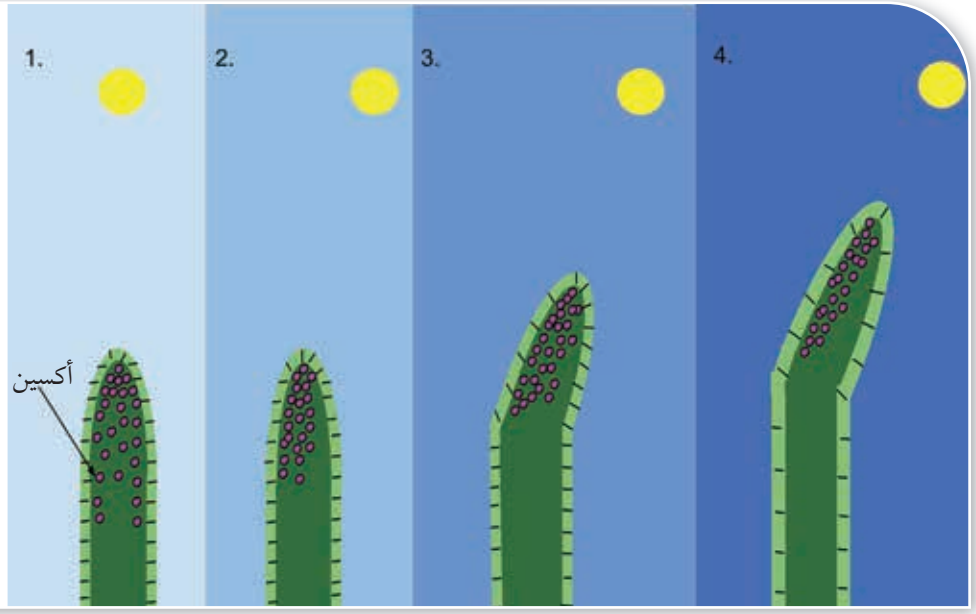
الانتحاء الضوئي Phototropism

قد يُحفِّز الضوءُ النباتَ على النمو في اتجاهه، في ما يُعرَف بعملية **الانتحاء الضوئي Phototropism**. ويلجأ النبات إلى هذه العملية للحصول على ما يَلزمه من إضاءة.

للأكسين دور مهم في عملية الانتحاء الضوئي في النبات. وهو يُصنَّع في أجزاء مختلفة من النبات، أهمها القمَّة النامية للساق.

يعمل الأكسين على استطالة خلايا أسفل القمَّة النامية للساق في الجهة البعيدة عن الضوء، مُحدِثًا انتحاءً في اتجاه الضوء، أنظر الشكل (27).

أفكِّر: أُنفِّذ تجربة أُحدِّد فيها لون الضوء المرئي الذي يُسبِّب أكبر انتحاء ضوئي للنبات.



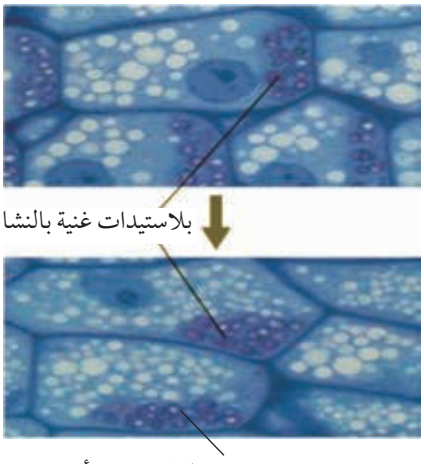
الشكل (27): انتحاء البادرة في اتجاه الضوء.

الشكل (28): نمو الجذر في اتجاه الجاذبية الأرضية.

الانتحاء الأرضي Gravitropism

يستجيب النبات للجاذبية الأرضية عندما تبدأ البذرة بالإنبات؛ إذ ينمو الجذر في اتجاه الجاذبية ، في ما يُعرَف **بالانتحاء الأرضي Gravitropism**، وتنمو الساق في اتجاه ضوء الشمس دائمًا، بغَضِّ النظر عن وضعية البذرة لحظة زراعتها، أنظر الشكل (28).

تحتوي النباتات الوعائية على بلاستيدات غنية بحبيبات النشا، وتوجد هذه البلاستيدات في خلايا قريبة من قمَّة الجذر النامية. ونظرًا إلى ثقل وزن هذه البلاستيدات؛ فإنَّها تتجمَّع في الجزء السفلي من هذه الخلايا، ويُعتقَد أنَّ تجمُّعها يُحفِّز على زيادة تركيز الأكسين فيها؛ ما يُثبِّط استطالة خلايا الجزء السفلي، ويسمح لخلايا الجزء العلوي أنْ تستطيل على نحوٍ أسرع، فينمو الجذر نحو الأسفل، أنظر الشكل (29).



الشكل (29): خلايا نباتية للقمَّة النامية للجذر تُبيِّن مواقع البلاستيدات الغنية بالنشا.

نشاط

الانتحاء الأرضي

المواد والأدوات: ثلاث من بذور الحمص، طبق بتري، أوراق ترشيح، ماء.

خطوات العمل:

1. أُنبِت البذور حتى يتكوَّن لها جذور مستقيمة، يتراوح طولها بين (3 cm) و (4 cm).
2. أضع عددًا من أوراق الترشيح داخل طبق بتري، ثم أُبلِّلها بقليل من الماء.
3. **أضبط المُتغيِّرات:** أضع بذور الحمص على أوراق الترشيح كما في الصورة المجاورة.
4. أُغلِق طبق بتري، مراعيًا أنْ يضغط غطاء الطبق على البذور لتثبيتها.
5. أضع طبق بتري في مكان مُظلِم بصورة عمودية مدَّة 3 أيام.
6. **أُلاحِظ** اتجاه نمو الجذور بعد 3 أيام، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** النتائج التي توصَّلْتُ إليها.
2. **أتوقَّع:** إذا قلبْتُ الطبق حتى زاوية 180° ، فما النتيجة المُتوقَّعة؟

الشكل (30): أوراق نباتات تلتف بدرجات مُتعدِّدة استجابةً لدرجات جفاف مختلفة.

تحمُّل الجفاف Drought Tolerance

يؤدي تعرُّض النبات للجفاف مُدَدًا طويلةً إلى موته. غير أنَّ للنبات أنظمة تحكُّم تُمكِّنه من التكيُّف مع نقص الماء؛ إذ يلجأ النبات إلى التقليل من معدَّل النتح بصورة كبيرة للحدِّ من فقده الماء، وذلك بإغلاق الثغور، وزيادة إفراز حمض الأبسيسيك الذي يساعد على إبقاء الثغور مُغلَقة.

من أنماط استجابة النبات للجفاف: التفاف الأوراق على شكل يُشبِه الأنبوب، وهو نمط استجابة في النباتات العشبية، أنظر الشكل (30)، وتخلُّص النبات من أوراقه بصورة كلية، أنظر الشكل (31).

أتحقَّق: أُوضِّح أنماط استجابة النبات للجفاف.

أفكِّر: لماذا تلتف أوراق النباتات على شكل أنبوب عند تعرُّضها للجفاف؟

الشكل (31): نبات صحراوي يستغني عن أوراقه معظم أيام السنة للتقليل من فقدانه الماء.

نضج الثمار Fruits Ripening

تجذب الثمار الناضجة الحيوانات؛ ما يُسهِم في انتشار البذور، واستمرار دورة حياة النبات.

تحدث سلسلة من التفاعلات في أثناء نضج الثمار؛ إذ يُحفِّز الإثيلين الثمار على النضج، ثم يُحفِّز النضج النبات على إنتاج مزيد منه. وكذلك ينتشر الإثيلين من ثمرة إلى أُخرى بسبب حالته الغازية، وهو يُستخدَم تجاريًّا بإضافته إلى الثمار غير الناضجة المحفوظة في مخازن حتى تنضج. وفي حال الرغبة في إبطاء عملية النضج، فإنَّ الثمار توضع في صناديق، ثم تُعرَّض لغاز ثاني

أفكِّر: كيف يُمكِن استثمار هرمون الإثيلين اقتصاديًّا في مجال الإنتاج النباتي؟

أكسيد الكربون، ويراعى في هذه العملية استمرار تجدُّد الهواء؛ ما يمنع تراكم الإثيلين، علمًا بأنَّ ثاني أكسيد الكربون يُثبِّط إنتاج الإثيلين.

أبحث: تتعرَّض النباتات للفيضانات في عدد من المناطق حول العالَم، لا سيَّما في ظلِّ تغيُّر المناخ. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آلية استجابة النباتات للفيضانات، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

تساقط الأوراق Leaves Abscission

يعمل تساقط أوراق النباتات في فصل الخريف على حمايتها من الجفاف. وتَعْمَد النباتات إلى نقل بعض المواد الضرورية الموجودة في الأوراق قبل تساقطها، وتخزينها في الخلايا البرنشيمية للساق والجذر.

تنفصل الورقة عن الساق قرب عنق الورقة التي تضعف نتيجة تحلُّل السُّكَّريات في الجُدُر الخلوية للخلايا بفعل عدد من الإنزيمات، التي يُسهِم الإثيلين إسهامًا فاعلًا في تحفيزها. وكذلك يُسهِم كلٌّ من الرياح ووزن الورقة في انفصال الورقة عن النبات، وسقوطها.

سكون البذور Seeds Dormancy

في مرحلة نضج البذور يرتفع تركيز حمض الأبسيسيك؛ ما يؤدي إلى تثبيط عملية الإنبات، وتحفيز إنتاج بروتينات تساعد البذور على مقاومة عوامل الجفاف التي تمرُّ بها عملية نضجها. وما إنْ تتوافر لهذه البذور الظروف المناسبة (مثل الهطل) حتى ينخفض تركيز حمض الأبسيسيك فيها؛ ما يجعلها تنهي طور السكون، وتنبت، أنظر الشكل (32).

الشكل (32): بذور نبات المانغروف التي تنبت وهي ما تزال متصلة به.

إنبات البذور Seeds Germination

تُعَدُّ أَجِنَّة البذور مصدرًا غنيًّا بالجبرلينات؛ فبعد امتصاص البذور الماء، يُطلَق الجبرلين من الجنين، في إشارة إلى أنَّ البذرة قد أنهت طور السكون، وأخذت تنبت، علمًا بأنَّ بعض البذور التي تحتاج إلى عوامل بيئية مُعيَّنة لتنبت (مثل التعرُّض للضوء) تنهي طور السكون، وتنبت إذا عولِجت بالجبرلين من دون حاجة إلى التعرُّض لهذه العوامل.

الإزهار Flowering

تتشكَّل الأزهار من برعم قمي، أو برعم إبطي، وتعمل الأوراق التي تستشعر التغيُّرات في فترة الضوء على إنتاج مواد خاصة تُحفِّز البراعم على التحوُّل إلى أزهار.

وفي ما يخصُّ نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، فإنَّ تعرُّض ورقة واحدة منها فقط لكمية الضوء الضرورية كافٍ ليحدث الإزهار. كشفت العديد من التجارب العلمية أنَّ المادة المُحفِّزة على تشكُّل الأزهار قد تنتقل من نبات تتوافر فيه شروط الإزهار إلى نبات آخر لا تتوافر فيه هذه الشروط باستخدام التطعيم، الذي يتضمَّن قَصَّ جزء من ساق نبات، ثم تطعيمه على ساق نبات آخر. ومن المُلاحَظ أنَّ مُحفِّز الإزهار واحد لنباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، بالرغم من اختلاف عدد ساعات الضوء اللازمة لتكوين الأزهار في كلا النوعين، أنظر الشكل (33).

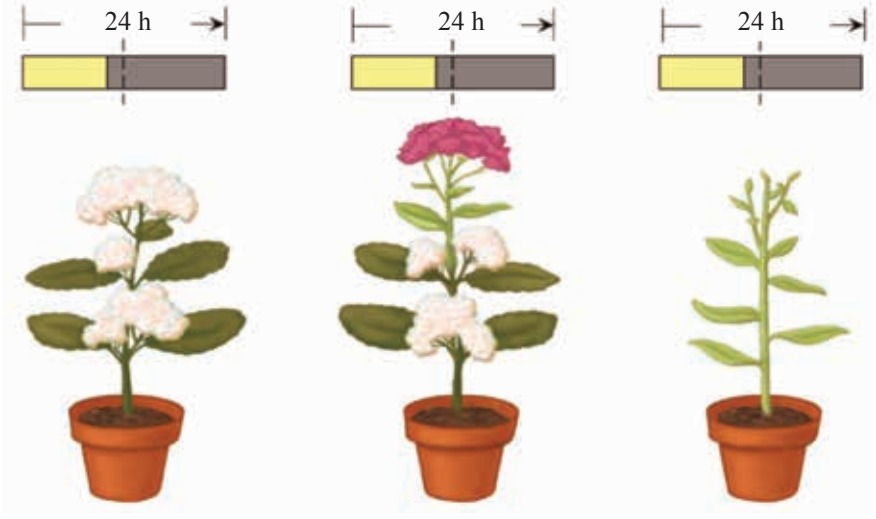
وفي سياق متصل، ظل هرمون الإزهار الافتراضي فلوريجن Florigen (يُعَدُّ حاليًّا بروتينًا) مجهول الهوية مدَّة تزيد على 70 عامًا.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بنباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آلية تطعيم النباتات لإكسابها صفات مرغوبة، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بهرمون الإزهار؟

أفكِّر: ما الوحدات البنائية لهرمون الإزهار؟



نبات النهار الطويل يَلزمه أكثر من 12 h لكي يُزهِر.

النبات الناتج من تطعيم نبات نهار قصير بنبات نهار طويل.

نبات النهار القصير يَلزمه أقل من 12 h لكي يُزهِر.

الشكل (33): الإزهار في نباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل.

الشكل (35): أوراق نبات الميموزا قبل اللمس وبعده. ▲

استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية
Plant Response to Mechanical Stimuli

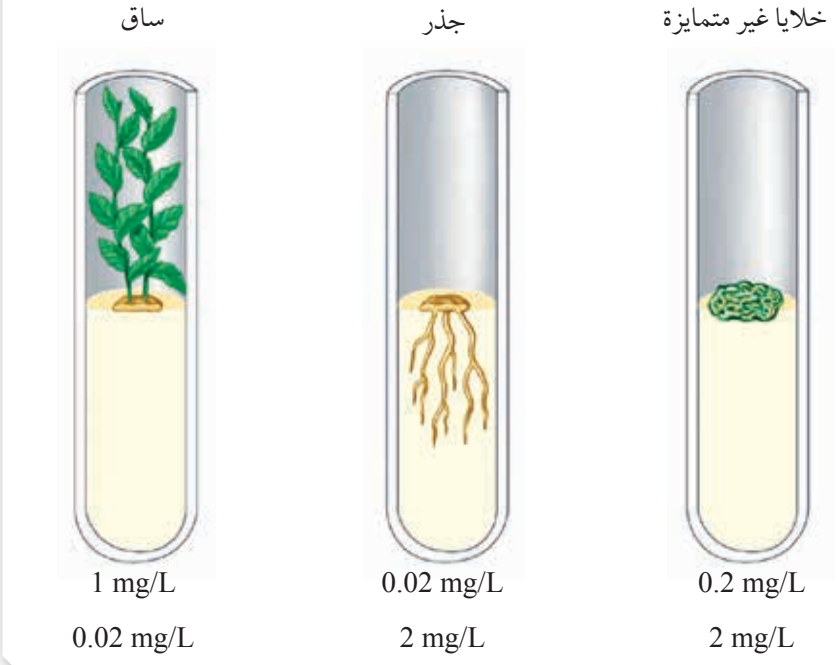
تتصف النباتات بحساسيتها الشديدة للمثيرات الميكانيكية. فمثلًا، عند قياس طول ورقة نبات بمسطرة، قد يُؤثِّر وضع المسطرة على سطح هذه الورقة في نموها، وقد ينتج من فرك ساق نبات مرّات عِدَّة يوميًّا نباتٌ قصيرٌ مقارنةً بنبات من النوع نفسه لم تُفرَك ساقه، أنظر الشكل (34).

أمّا النباتات المُتسلِّقة، ومنها العنب، فلها محاليق تلتف حول الدعامة (إنْ وُجِدت). وهذه التراكيب المُتسلِّقة تنمو بشكل مستقيم إلى أنْ تُلامِس جسمًا صُلْبًا، فيُحفِّز التلامس استجابة الالتفاف الناتجة من النمو غير المُتماثِل للخلايا على جانبي المحلاق. ويُطلَق على النمو المُوجَّه (الالتفاف) **استجابةً للمس Thigmotropism**.

من الأمثلة الأُخرى على استجابة النباتات للمثيرات الميكانيكية، سلوك أوراق نبات الميموزا ***Mimosa*** المُركَّبة عند ملامستها؛ إذ تنطوي هذه الوريقات بعضها على بعض نتيجة فقدان ضغط الامتلاء في خلايا الوريقات، أنظر الشكل (35)، وتُسهِم هذه الاستجابة في حماية النبات من آكلات الأعشاب. يُعرَّف **ضغط الامتلاء Turgor Pressure** بأنَّه ضغط يُواجِه الجدار الخلوي للخلية النباتية بعد تدفُّق الماء، وانتفاخ الخلية بسبب الخاصية الأسموزية.

✓ **أتحقَّق:** أُعدِّد بعض أنماط استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية.

الشكل (34): أثر فرك ساق النبات في طوله. ▼



الشكل (36): أثر تركيز السيتوكاينين والأكسين في تمايز خلايا النبات.

دور السيتوكاينيات والأكسينات في الزراعة النسيجية
Role of Cytokinins and Auxins in Tissue Culture

تؤدي السيتوكاينينات والأكسينات دورًا مهمًّا في تحفيز انقسام الخلايا؛ فعند إكثار نسيج من خلايا برنشيمية في أنبوب اختبار يحوي الأكسين، لوحِظ أنَّ هذه الخلايا تنمو حتى تصل حجمًا كبيرًا من دون أنْ تنقسم، وأنَّه عند إضافة السيتوكاينين والأكسين تبدأ هذه الخلايا بالانقسام، علمًا بأنَّ إضافة السيتوكاينين وحده لا تُدخِل الخلايا في طور الانقسام. وبالمثل، فإنَّ نسبة السيتوكاينين إلى الأكسين تُعَدُّ عاملًا مهمًّا في تمايز الخلايا، أنظر الشكل (36).

✓ **أتحقَّق:** أَصِف التراكيز المطلوبة من هرموني السيتوكاينين والأكسين لتشكُّل الجذور.

تُعَدُّ الاستجابة الثلاثية للبادرات إحدى وظائف هرمون الإثيلين. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذا الموضوع، ثم أُعِدُّ فلمًا قصيرًا عنه باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

تكيُّفات غذائية في النباتات Nutritional Adaptation in Plants

تحصل معظم النباتات على المواد الأولية التي تَلزمها لصنع الغذاء من التربة عن طريق جذورها، لكنَّ بعضها تَكيَّف للحصول على هذه المواد، إضافةً إلى توفير الغذاء بطرائق مختلفة.

النباتات الهوائية Epiphytes

تعيش هذه النباتات على سيقان نباتات أُخرى من دون أنْ تتصل جذورها بالتربة، وتحصل على الماء والعناصر الغذائية بامتصاصها من الأوراق التي تهطل عليها الأمطار، أنظر الشكل (37).

الشكل (37): نبات ينمو على ساق نبات آخر. ▲

النباتات الطفيلية Parasitic Plants

تحصل هذه النباتات على الماء والعناصر الغذائية والسُّكَّر من النبات العائل، وتمتاز بأنَّ لها جذورًا تخترق الأنسجة الوعائية للنبات العائل؛ ما يُمكِّنها من أخذ حاجتها من الماء والغذاء، أنظر الشكل (38).

الشكل (38): نبات يتطفَّل على نبات آخر. ▲

النباتات الآكلة اللحوم Carnivorous Plants

يُمكِن لهذا النوع من النباتات القيام بعملية البناء الضوئي. ونظرًا إلى عيشه في بيئات حمضية، وافتقار تربته إلى عناصر غذائية ضرورية، مثل النيتروجين؛ فقد تكيَّف لتوفير ما يَلزمه من هذه العناصر عن طريق اصطياد الحشرات وبعض الحيوانات الصغيرة. يعمل هذا النوع من النباتات على محاصرة الحشرات والحيوانات الصغيرة داخل بعض أجزائه، مثل الزهرة، ثم يُفرِز إنزيمات تُسهِم في هضم هذه الفرائس، أنظر الشكل (39).

الشكل (39): نبات آكل للحوم. ▲

الربط بصناعة العطور من إصابته تفوح الرائحة الزكية.

تعيش في جنوب شرق آسيا أشجار من جنس ***Aquilaria***، وهي تُنتِج نوعًا من الخشب يوجد في قلب الساق والجذر، ويُسمّى Agarwood، ويُفرِز مادة راتنجية عطرية دكناء نتيجة إصابته بفطر ***Phialophora parasitica***. ومنها يُستخلَص عطر العود الثمين الذي تعتمد جودته على عوامل عِدَّة،

منها: نوع الأشجار، وأماكن وجودها.

أمّا سبب ارتفاع ثمن هذا العطر فمردُّه إلى ندرة هذه الأشجار في البيئات البرِّية التي تعيش فيها، علمًا بأنَّ سعر الكيلوغرام الواحد من هذا الخشب قد يصل إلى JD 70000، في حين لا تتعدّى كمية العطر التي يُمكِن استخلاصها من الكيلوغرام الواحد منه نحو 0.3 mL.

مراجعة الدرس

1. ما المقصود بالهرمونات النباتية؟

2. **أُفسِّر** سبب كلٍّ ممّا يأتي:

أ. إنضاج الإثيلين ثمارًا عِدَّةً في آنٍ معًا ضمن مكان واحد.

ب. نمو الجذر نحو الأسفل في النباتات الوعائية.

جـ. اختلاف هرمون النمو عن بقية الهرمونات النباتية.

3. **أُقارِن** بين كلٍّ ممّا يأتي:

- دور كلٍّ من الأكسينات، والسيتوكاينينات في الحصول على نبات كامل بالزراعة النسيجية.
- تساقط الأوراق، وإنبات البذور.

4. **أُوضِّح** الأسباب التي تدفع بعض النباتات إلى أنْ تتغذّى بالحيوانات.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

حلقات الأشجار
Tree Rings

تمتاز الأشجار بحساسيتها وتأثُّرها الشديد بعوامل المناخ المحلية، مثل: المطر، ودرجة الحرارة؛ لذا استفاد منها العلماء في تعرُّف بعض المعلومات عن المناخ المحلي الذي ساد قديمًا؛ إذ تنمو حلقات الأشجار بسرعة، ويزداد سُمْكها في السنوات الدافئة والرطبة، في حين تكون أقل سُمْكًا في السنوات الباردة والجافة. وفي حال تعرَّضت الأشجار لظروف وأحوال قاسية (مثل الجفاف) في سنة ما، فإنَّها لن تنمو في تلك السنة.

تمكَّن العلماء من المقارنة بين المعلومات المستقاة من جذوع الأشجار المقطوعة حديثًا لسبب ما في أحد الأماكن والقياسات المحلية لدرجة الحرارة وهطل الأمطار من أقرب محطة أرصاد جوية للمكان الذي قُطِعت منه الأشجار. وبالمثل، فقد توصَّل العلماء إلى حقيقة مفادها أنَّ جذوع الأشجار المعمرة التي ماتت نتيجة التغيُّر المناخي تُقدِّم أدلة عمّا كان عليه المناخ قبل زمن طويل من توافر البيانات المناخية.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن استخدامات أُخرى لحلقات الأشجار؛ لأتعرَّف معلومات أُخرى غير تلك الواردة في النص، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الوحدة

السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. يستعمل النبات جذوره في التربة للحصول على:
   أ. الماء والبروتينات.
   ب. العناصر الغذائية والسُّكَّريات.
   جـ. السُّكَّريات والماء.
   د. الماء والأملاح المعدنية.
2. القوَّة التي تربط جزيئات الماء معًا هي:
   أ. التماسك. ب. التلاصق.
   جـ. التوتُّر. د. النتح.
3. إحدى مجموعات النباتات الآتية تُمثِّل الجزء الأكبر من المملكة النباتية:
   أ. النباتات اللاوعائية.
   ب. النباتات اللابذرية.
   جـ. النباتات مُعرّاة البذور.
   د. النباتات مُغطّاة البذور.
4. أحد الآتية يوجد في النباتات مُعرّاة البذور:
   أ. الأجزاء غير التكاثرية من الزهرة.
   ب. الثمرة.
   جـ. حبوب اللقاح.
   د. الكربلة.
5. أحد أزواج الهرمونات النباتية الآتية يَلزم لإكثار النباتات بالزراعة النسيجية:
   أ. الأكسين، والسيتوكاينين.
   ب. الإيثلين، والسيتوكاينين.
   جـ. الأكسين، والجبرلين.
   د. حامض الإبسيسيك، والأكسين.
6. أحد الآتية يساعد المزارعين على حصاد ثمارهم آليًّا:
   أ. الأكسين. ب. السيتوكاينين.
   جـ. الجبرلين. د. الإيثلين.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، و إشارة (×) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. يتكوَّن اللحاء من خلايا حية. ( )
2. توجد الأنسجة الوعائية في الجذر على شكل حزم. ( )
3. يساعد أنبوب اللقاح على حدوث عملية الإخصاب في النباتات الزهرية من دون حاجة إلى وجود وسط مائي. ( )
4. تُصنَع الهرمونات النباتية في القمَّة النامية للساق. ( )
5. يتداخل عمل أكثر من هرمون نباتي واحد في استجابة النبات لمثير ما. ( )

السؤال الثالث:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

1. يمرُّ الماء من طبقة البشرة الداخلية عن طريق المسار الخلوي الجماعي.
2. تنتشر بذور نبات الهِنْدِباء من دون حاجة إلى الحيوانات.
3. تنبت جذور النباتات في محطات الفضاء بشكل مختلف عن إنباتها على سطح الأرض.

السؤال الرابع:

أُقارِن بين أثر كلٍّ من العوامل الآتية في معدَّل عملية النتح:

الحرارة، والرطوبة، وشِدَّة الإضاءة.

السؤال الخامس:

أرسم رسمًا تخطيطيًّا بسيطًا لتتبُّع مسار تدفُّق جزيء ماء، بدءًا بالشعيرات الجذرية، وانتهاءً بالهواء المحيط بالورقة، ثم أضع عليه أسماء جميع الأنسجة وطبقات الخلايا ذات الصلة على طول الطريق.

السؤال السادس:

عثر العلماء في أثناء مهمة بحثية على بذور قديمة لنبات الزيتون في كهف أثري جنوب الأردن، وقد قدَّروا عمر البذور بآلاف السنين:

1. أصوغ فرضية لحساب عمر البذور الحقيقي.
2. أحسُب العمر الحقيقي لخمس بذور عشوائية من البذور المُكتشَفة.

السؤال السابع:

درس أحد الباحثين تأثير الجبرلين في إنبات بذور نبات ***Lepidium virginicum***، وقد اعتقد أنَّ بذور هذا النبات بحاجة إلى التعرُّض للضوء مدَّة قصيرة لكي تنبت، وأنَّ عملية الإنبات تعتمد على درجة الحرارة.

بعد ذلك حضَّر الباحث محلولين، هما: الماء المُقطَّر، ومحلول الجبرلين الذي تركيزه 2×10^{-3} mol/L، ثم غمر في الماء المُقطَّر 8 عيِّنات تحوي كلٌّ منها 100 بذرة، ثم غمر في محلول الجبرلين 8 عيِّنات أُخرى تحوي كلٌّ منها 100 بذرة مدَّة 48 h.

بعد ذلك عرَّض نصف العيِّنات المغمورة بالماء ونصف العيِّنات المغمورة بمحلول الجبرلين لضوء أحمر مدَّة 60 s، ثم عرَّضها لدرجات الحرارة الآتية: 15°C، 20°C، 25°C، 35°C، فكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

تركيز الجبرلين mol/ L	ضوء، أو ظلام	نسبة الإنبات في درجات حرارة مختلفة			
		15°C	20°C	25°C	35°C
0	ظلام	0	0	0	0
0	ضوء	1	7	1	0
2×10^{-3}	ظلام	93	99	30	0
2×10^{-3}	ضوء	98	100	56	0

1. أستنتج: ما المُتغيِّرات المستقلة؟ ما المُتغيِّرات المرتبطة؟
2. أرسم مُخطَّطًا بيانيًّا للنتائج التي توصَّلْتُ إليها.
3. أستنتج الحال الأمثل لإنبات بذور نبات ***Lepidium virginicum***.

السؤال الثامن:

تُصنَّف الهرمونات النباتية إلى مجموعتين رئيستين؛ إحداهما اكتُشِفت في القرن التاسع عشر الميلادي، والأُخرى اكتُشِفت حديثًا:

1. أذكر ثلاثةً من هذه الهرمونات النباتية.
2. أذكر وظيفتين رئيستين لكلٍّ من هذه الهرمونات.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة 7

الأنظمة البيئية
Ecosystems

قال تعالى:

﴿لَهُۥ مَا فِي ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَمَا فِي ٱلۡأَرۡضِ وَمَا بَيۡنَهُمَا وَمَا تَحۡتَ ٱلثَّرَىٰ ٦﴾

(سورة طه، الآية 6).

أتأمَّل الصورة

تعيش الديدان الأنبوبية من نوع ***Riftia pachyptila*** وجماعات أُخرى من الحيوانات في أعماق المحيطات؛ وهي أنظمة بيئية لا تصلها أشعة الشمس. فكيف تحصل هذه الكائنات على حاجتها من الطاقة؟ ما أنواع التكيُّف التي مكَّنتها من العيش في هذه الأنظمة؟

الفكرة العامة:

تعيش الكائنات الحية في مجتمعات حيوية ضمن أنظمة بيئية مُتنوِّعة، لكلٍّ منها خصائص تُميِّزها، وتُمثِّل جميع أجزاء هذه الأنظمة الغلاف الحيوي للأرض.

الدرس الأول: البيئة والغلاف الحيوي.

الفكرة الرئيسة: يحتوي الغلاف الحيوي على جميع البيئات التي تعيش فيها الكائنات الحية، ويُؤثِّر فيه عدد من العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية.

الدرس الثاني: الأنظمة البيئية البحرية.

الفكرة الرئيسة: الأنظمة البيئية البحرية ديناميكية ومُتنوِّعة، ولها خصائص تُميِّزها عن غيرها من الأنظمة البيئية.

الدرس الثالث: الأنظمة البيئية للمياه العذبة ومصبات الأنهار.

الفكرة الرئيسة: الأنظمة البيئية للمياه العذبة ومصبات الأنهار تُعَدُّ جزءًا من الأنظمة البيئية المائية التي تمتاز بخصائصها الفيزيائية والحيوية.

تجربة استهلالية

نمذجة النظام البيئي

المواد والأدوات: قِنّينة بلاستيكية سعتها 2 L، نبات إيلوديا، أسماك صغيرة، حلازين صغيرة، ماء (من مَرْبى سمك، أو ماء صنبور تُرِك مدَّة 24 h)، حصى، أوراق نبات، أوراق، أقلام، مِجْهَر ضوئيّ مركّب، شرائح زجاجية وأغطيتها، قطّارة.

إرشادات السلامة: استعمال الشرائح الزجاجية بحذر.

خطوات العمل:

1. أملأ $\frac{3}{4}$ القِنّينة بالماء.
2. **أُجرِّب:** أغسل الحصى، ثم أضعها في القِنّينة، ثم أُضيف إليها الإيلوديا، فالحلازين، فإحدى الأسماك، مراعيًا أنْ تظل القِنّينة مفتوحة مدَّة 24 h، ثم أُغلِقها.
3. **أُلاحِظ:** أضع القِنّينة في مكان جيد الإضاءة، ثم أُدوِّن ملاحظاتي على ما يأتي: ظهور فقاقيع، ووجود بيوض للحلازين، ونمو أوراق جديدة للإيلوديا، أو ظهور خيوط لطحالب.
4. **أُجرِّب:** أضع قطرة من الماء على شريحة زجاجية، ثم أفحصها باستخدام المِجْهَر، مُدوِّنًا ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** النتائج التي توصَّلْتُ إليها.
2. **أرسم** ما شاهدته تحت المِجْهَر.
3. **أتنبَّأ:** كيف يُمكِن المحافظة على حياة الأسماك؟

البيئة والغلاف الحيوي
Environment and Biosphere

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يحتوي الغلاف الحيوي على جميع البيئات التي تعيش فيها الكائنات الحية، ويُؤثِّر فيه عدد من العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية.

نتاجات التعلُّم:

- أَصِف الغلاف الحيوي للأرض.
- أُفسِّر سبب تأثير العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية في الغلاف الحيوي للأرض.
- أُوضِّح كيف تتفاعل غُلُف الأرض بعضها مع بعض.

المفاهيم والمصطلحات:

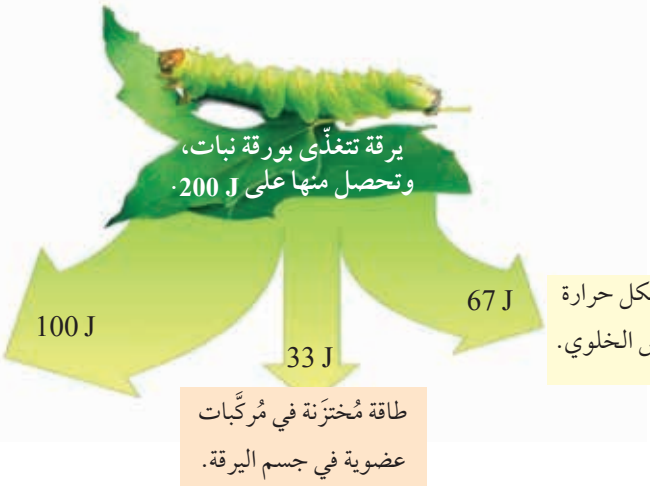
الإقليم الحيوي	Biome
البناء الكيميائي	Chemosynthesis
المستوى الغذائي	Trophic Level
الهرم البيئي	Ecological Pyramid
العمليات البيوجيوكيميائية	Biogeochemical Processes
النترتة	Nitrification
تثبيت النيتروجين	Nitrogen Fixation
اختزال النترات	Denitrification
الانقلاب الفصلي للماء	Seasonal Water Turnover

الغلاف الحيوي Biosphere

درسْتُ سابقًا أنَّ الجماعة الحيوية Population هي أفراد النوع الواحد الذين يعيشون معًا في البيئة نفسها، وأنَّ الجماعات المختلفة تُمثِّل مجتمعًا حيويًّا Biological Community، وأنَّ المجتمعات الحيوية والعوامل غير الحيوية في البيئات التي تعيش فيها تُمثِّل نظامًا بيئيًّا Ecosystem. أمّا الأنظمة البيئية التي توجد في منطقة مناخية واحدة فتُسمّى **إقليمًا حيويًّا Biome**، في حين يُطلَق على الجزء الذي تعيش فيه الكائنات الحية، ويمتد كيلومترات عِدَّة في الغلاف الجوي فوق سطح الأرض إلى أعماق المحيطات، اسم الغلاف الحيوي Biosphere، أنظر الشكل (1).

الشكل (1): المستويات التنظيمية البيئية.

✓ **أتحقَّق:** ما المقصود بالغلاف الحيوي؟



الشكل (2): انتقال الطاقة بين الكائنات الحية.

الطاقة في الأنظمة البيئية Energy in Ecosystems

درسْتُ سابقًا أنَّ الكائنات الحية تَلزمها طاقة لبناء أجسامها، وأداء العمليات الحيوية التي تكفل لها البقاء. تُعَدُّ الشمس مصدر الطاقة الرئيس في معظم الأنظمة البيئية؛ نظرًا إلى ضرورتها لعملية البناء الضوئي. فالكائنات الحية الذاتية التغذية (المُنتِجات) تمتص جزءًا من طاقة الشمس، ثم تُثبِّتها في مُركَّبات عضوية داخل أجسامها. بعد ذلك تنتقل الطاقة المُختزَنة فيها إلى أجسام الكائنات الحية غير ذاتية التغذية، ويُفقَد جزء من هذه الطاقة على شكل طاقة حرارية، وفضلات تتخلَّص منها تلك الكائنات، أنظر الشكل (2).

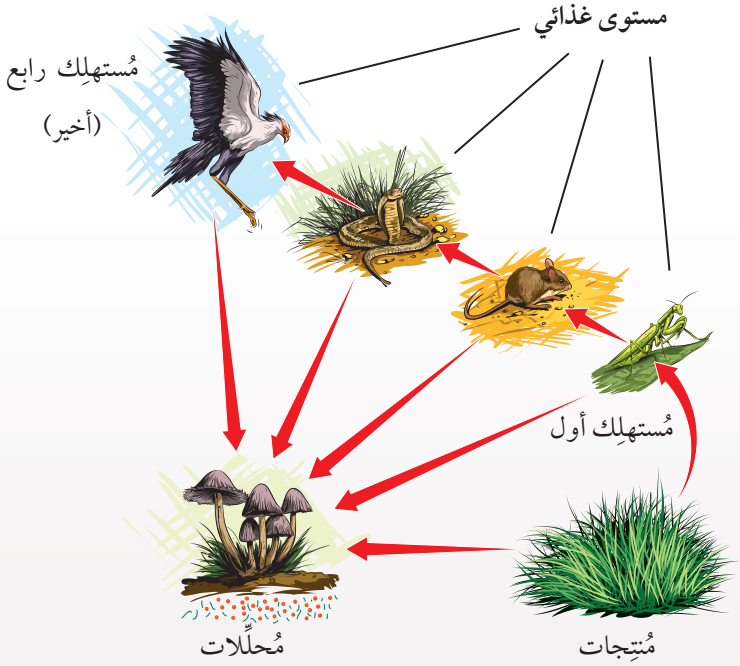
أفكِّر: ما مصدر كبريتيد الهيدروجين في أعماق البحار؟

ينعدم ضوء الشمس في بعض الأنظمة البيئية، مثل أعماق البحار والمحيطات. وفيها يُمكِن لبعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة (مثل بعض أنواع البكتيريا، والأثريات) الحصول على الطاقة التي تَلزمها لصنع مُركَّباتها العضوية؛ بأكسدة بعض المُركَّبات غير العضوية، مثل: الهيدروجين H_2، وكبريتيد الهيدروجين H_2S، أو بأكسدة بعض المُركَّبات العضوية، مثل الميثان CH_4، لإنتاج مواد عضوية (سُكَّر الغلوكوز)، في ما يُعرَف بعملية **البناء الكيميائي Chemosynthesis**، أنظر الشكل (3).

الشكل (3): عملية البناء الكيميائي.

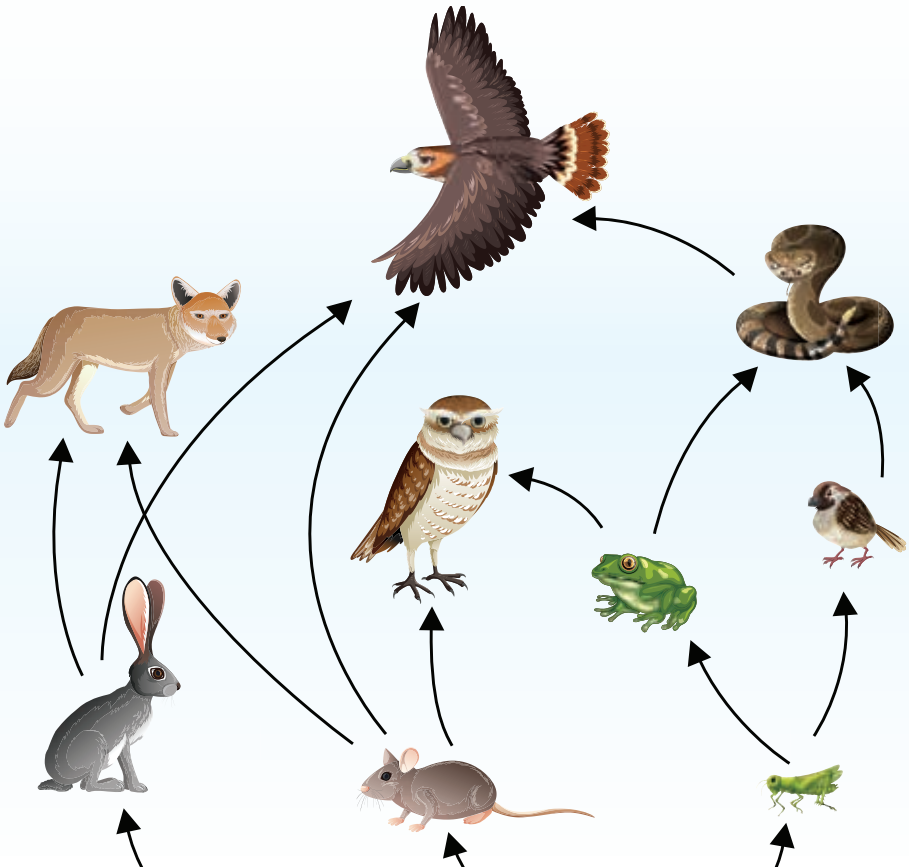
بعـد ذلـك تنتقل الطاقة في الأنظمة البيئية ضمن سلاسـل وشـبكات غذائيـة، ويُطلَـق علـى المسـتوى الواحـد منها اسـم **المسـتوى الغذائي Trophic Level**، أنظر الشـكل (4).

✓ **أتحقَّق:** ما الفرق بين البناء الضوئي والبناء الكيميائي؟



الشكل (4): السلاسل والشبكات الغذائية.

سلسلة غذائية



شبكة غذائية

الهرم البيئي Ecological Pyramid

استخدم العلماء رسومًا هرميةً للتعبير عن انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية، أو بين أفراد (أعداد) الكائنات الحية، أو الكتلة الحيوية لنظام بيئي، في ما يُسمّى **الهرم البيئي Ecological Pyramid.** وهو اسم يشير إلى ما يدل عليه؛ لذا فقد يكون هرم طاقة، أو هرم أعداد، أو هرم كتلة حيوية.

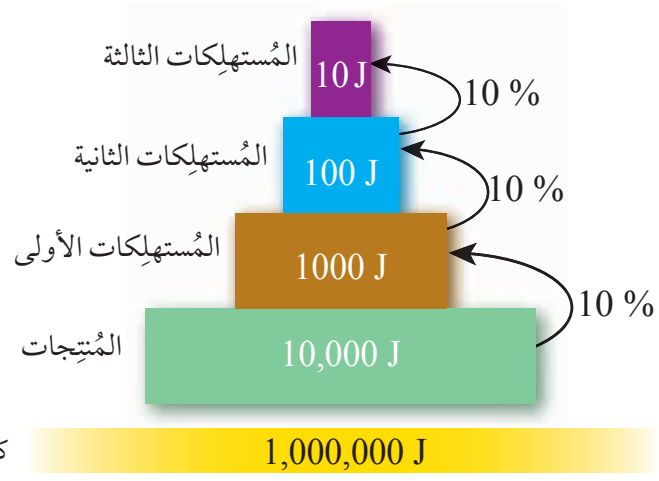
أفكّر: إذا كانت الطاقة المُختزَنة في المستوى الغذائي الأول لسلسلة غذائية 45000 J، فما كمية الطاقة التي تصل المستوى الأخير في هرم مُكوَّن من 5 مستويات؟

هرم الطاقة Pyramid of Energy

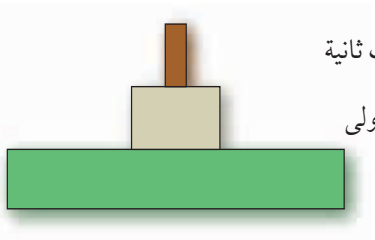
يشير هذا الهرم إلى انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية المُكوِّنة لسلسلة غذائية ما. وفيه تتناقص قيمة الطاقة عند التوجُّه إلى قمَّة الهرم، وتُخزِّن النباتات في أجسامها ما نسبته 1% من طاقة الشمس التي تصل إليها. بوجه عام، فإنَّ الطاقة المُختزَنة في كل مستوى غذائي تُمثِّل ما نسبته 10% من طاقة المستوى الغذائي الذي يسبقه، أنظر الشكل (5).

هرم الأعداد Pyramid of Numbers

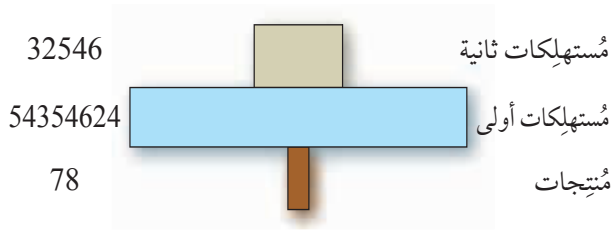
تقل أعداد الكائنات الحية في السلاسل الغذائية، بدءًا بالمستوى الغذائي الأول (المُنتِجات)، مثل الأعشاب في الأراضي العشبية، وانتهاءً بالمستوى الغذائي الأخير فيها، مثل الطيور والحشرات.



الشكل (5): هرم الطاقة.
ملحوظة: الوحدة المُستخدَمة هي الجول J.



الشكل (6/ أ): هرم أعداد.



الشكل (6/ ب): هرم أعداد مقلوب.

أطلق العلماء على أعداد الكائنات الحية في المستويات الغذائية المُكوِّنة لسلسلة غذائية ما اسم هرم الأعداد، أنظر الشكل (6/ أ).

يَنتج هرم الأعداد المقلوب Inverted Pyramid of Numbers عند تمثيل النسبة العددية في هرم الأعداد لبعض الأنظمة البيئية؛ ذلك أنَّ عددًا كبيرًا من المُستهلِكات الأولى (مثل يرقات الحشرات) يعتمد في غذائه على عدد قليل من المُنتِجات (مثل الأشجار)، أنظر الشكل (6/ ب).

هرم الكتلة الحيوية Biomass Pyramid

يشير هذا الهرم إلى العلاقة بين المستويات الغذائية المختلفة من حيث كتلتها الحيوية، وهو يرتبط بالكتلة الحيوية الجافة للكائن الحي؛ إذ عَمَد العلماء إلى قتل كائن حي من كل مستوى، ثم تجفيف أنسجته في فرن خاص، ثم قياس كتلة المادة الجافة المُتبقِّية منه، ثم إيجاد مقدار الكتلة الجافة في كل مستوى غذائي باستعمال العلاقة الآتية:

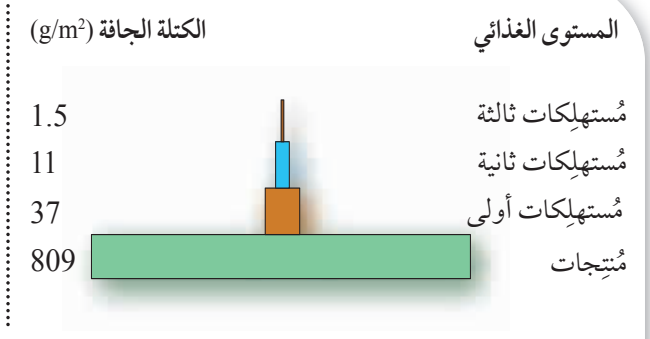
الكتلة الجافة (بوحدة g/m^2) =

(كتلة الفرد الجافة × عدد الأفراد في المستوى الغذائي)/ المساحة.

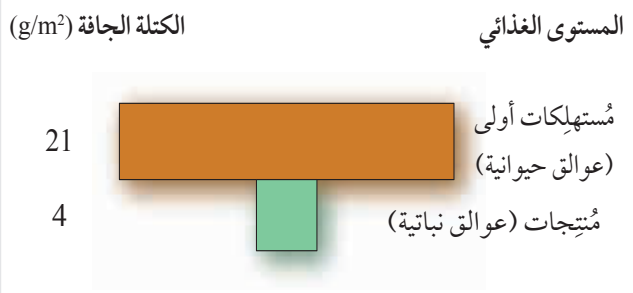
أنشأ العلماء جداول تحوي مقادير الكتل الجافة للكائنات الحية المختلفة؛ تجنُّبًا لقتلها، أنظر الشكل (7/ أ).

أفكِّر: لماذا تُحسَب الكتلة الجافة عند إعداد هرم الكتلة الحيوية؟

✓ **أتحقَّق:** كيف تُحسَب الكتلة الحيوية؟ ما الوحدة المُستخدَمة في ذلك؟



الشكل (7/ أ): هرم الكتلة الحيوية.



الشكل (7/ ب): هرم الكتلة الحيوية المقلوب
(يُمثِّل الهرم نظامًا بيئيًّا مائيًّا).

من المُلاحَظ على بعض الأنظمة البيئية (مثل الأنظمة البيئية البحرية) أنَّ المُنتِجات، وهي العوالق النباتية، تتكاثر على نحوٍ سريع جدًّا، وتُستهلَك بسرعة ما يؤدي إلى تشكُّل هرم مقلوب، أنظر الشكل (7/ ب).

نشاط

قياس كتلة النبات الجافة

المواد والأدوات: عيِّنة لنبات قُصَّ حتى مستوى التربة، مقص، ميزان حسّاس، وعاء تجفيف وُضِع فيه ملح كلوريد الكالسيوم، فرن، أكياس بلاستيكية (لوضع عيِّنة النبات فيها إذا كان مكان القطع بعيدًا عن المختبر)، أكياس ورقية، أوراق، أقلام.

إرشادات السلامة: استعمال الأدوات الحادة والفرن بحذر.

خطوات العمل:

1. **أقيس** كتلة النبات بعد القطع مباشرة، ثم أُدوِّنها (الكتلة 1).
2. **أُجرِّب:** أضع العيِّنة في كيس ورقي، أو في وعاء من الألمنيوم، ثم أضعه في فرن تجفيف ضُبِطت درجة حرارته على 80 °C، مدَّة تتراوح بين (24 h) و (48 h).
3. **أُجرِّب:** أُخرِج العيِّنة من الفرن، وأتركها تبرد في وعاء التجفيف، ثم أقيس كتلتها، ثم أُعيدها إلى الفرن مدَّة 4 h، ثم أُخرِجها لتبرد في وعاء التجفيف، ثم أقيس كتلتها مرَّة أُخرى.
4. أُكرِّر الخطوة السابقة حتى يثبت قياس كتلة العيِّنة، ثم أُدوِّن كتلة العيِّنة الجافة (الكتلة 2)، وأَحْذر من المبالغة في التجفيف؛ لكيلا تحترق.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسُب:** ما كتلة الماء التي كانت مُختزَنة في أنسجة النبات؟
2. **أُفسِّر** سبب استخدام كلوريد الكالسيوم.

تفاعل الغلاف الحيوي مع الغُلُف الأُخرى للأرض

Biosphere Interactions

درسْتُ في بند سابق أنَّ الغلاف الحيوي يشمل الجزء من الأرض الذي يُمكِن أنْ تعيش فيه الكائنات الحية، ويمتد كيلومترات عِدَّة فوق سطح الأرض إلى أعماق المحيطات.

تحتاج الكائنات الحية إلى الماء، وإلى بعض المواد التي تكفل لها البقاء، مثل: الكربون، والنيتروجين، والفسفور، علمًا بأنَّ هذه المواد لا تُستهلَك، وإنَّما تُنقَل بتدويرها بين البيئة والكائنات الحية عن طريق **عمليات بيوجيوكيميائية Biogeochemical processes**، أنظر الشكل (8).

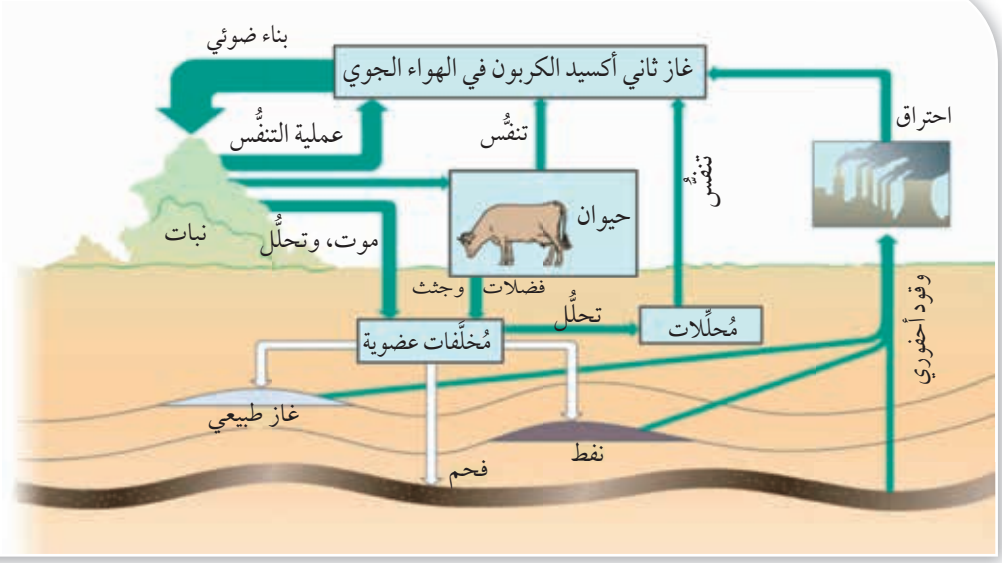
أتحقَّق:

ما العمليات التي تؤدي إلى:

أ. تحوُّل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية في الماء والتربة والهواء؟

ب. انتقال المواد غير العضوية من الصخور إلى الماء والتربة والهواء؟

▼ الشكل (8): عمليات بيوجيوكيميائية.



الشكل (9): دورة الكربون في الطبيعة.

دورة الكربون Carbon Cycle

يُعَدُّ الكربون العنصر الرئيس الذي يعمل على تكوين المُركَّبات العضوية اللازمة للكائنات الحية جميعها؛ إذ تُثبِّت الكائنات الحية الذاتية التغذية الكربون عن طريق امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، وتكوين مُركَّبات عضوية، ينتقل خلالها عنصر الكربون إلى أجسام الكائنات الحية غير ذاتية التغذية على شكل كربون عضوي، أنظر الشكل (9)، والشكل (10).

أتحقَّق: ما العمليات التي تؤدي إلى زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الهواء الجوي؟

أُفكِّر: بناءً على ما درسْتُه عن دورة الكربون في الطبيعة، ما تأثير قَطْع الأشجار وتقليل مساحة الأراضي المزروعة في الأنظمة البيئية؟

الشكل (10): العمليات التي تُسهِم في دورة الكربون في الطبيعة.

العمليات الحيوية،	العمليات الجيوكيميائية،	العمليات البيوجيوكيميائية،	النشاط البشري،
مثل:	مثل:	مثل:	مثل:
• البناء الضوئي. • التنفُّس. • التحلُّل.	• التعرية. • النشاط البركاني.	• دفن المواد العضوية، ثم تحوُّلها إلى وقود، مثل الفحم.	• التعدين. • قطع الغابات. • حرق الوقود.

دورة النيتروجين Nitrogen Cycle

يُعَدُّ الهواء الجوي المصدر الرئيس لعنصر النيتروجين (N_2)، ويساعد هذا العنصر الكائنات الحية على بناء الحموض الأمينية، والبروتينات، والحموض النووية.

توجد أيونات النترات (NO_3^-) في التربة نتيجة عدد من الظواهر والعمليات التي تحدث في الأنظمة البيئية، مثل البرق الذي يُنتِج كمية من الطاقة تكفي لاتحاد النيتروجين مع الأكسجين، مُكوِّنًا أيون النترات الذي يذوب في مياه الأمطار، ويهطل معها، مُختلِطًا بالتربة.

أمّا العمليات الحيوية التي تؤدي إلى تكوُّن النترات في التربة، فتبدأ بتحلُّل المُخلَّفات العضوية التي تحوي النيتروجين، مثل البروتينات؛ إذ تُحوِّل المُحلِّلات في التربة النيتروجين الموجود في المادة العضوية إلى أيونات الأمونيوم (NH_4^+)، ثم تُحوِّل أنواع من البكتيريا الأمونيوم إلى نيتريت (NO_2^-)، فتعمل بكتيريا أُخرى على تحويل النيتريت إلى نترات، في ما يُعرَف بعملية **النترتة Nitrification**. توجد أنواع من البكتيريا (مثل البكتيريا العُقَدية في جذور البقوليات) تُحوِّل النيتروجين من حالته الغازية إلى أمونيا، ثم تعمل بكتيريا النترتة على تحويل الأمونيا إلى نترات، في ما يُعرَف بعملية **تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation**. ولمّا كانت بكتيريا النترتة هوائيةً، فإنَّها تتوقَّف عن النمو عندما تمتلئ فراغات التربة بالماء، وتنمو عوضًا عنها أنواع أُخرى لاهوائية تختزل النترات، وتُحوِّلها إلى نيتروجين في صورته الغازية (N_2) ليعود مرَّة أُخرى إلى الهواء الجوي، في ما يُعرَف بعملية **اختزال النترات Denitrification**، أنظر الشكل (11).

✓ **أتحقَّق:** ما أشكال النيتروجين التي يُمكِن للنبات الحصول عليها؟

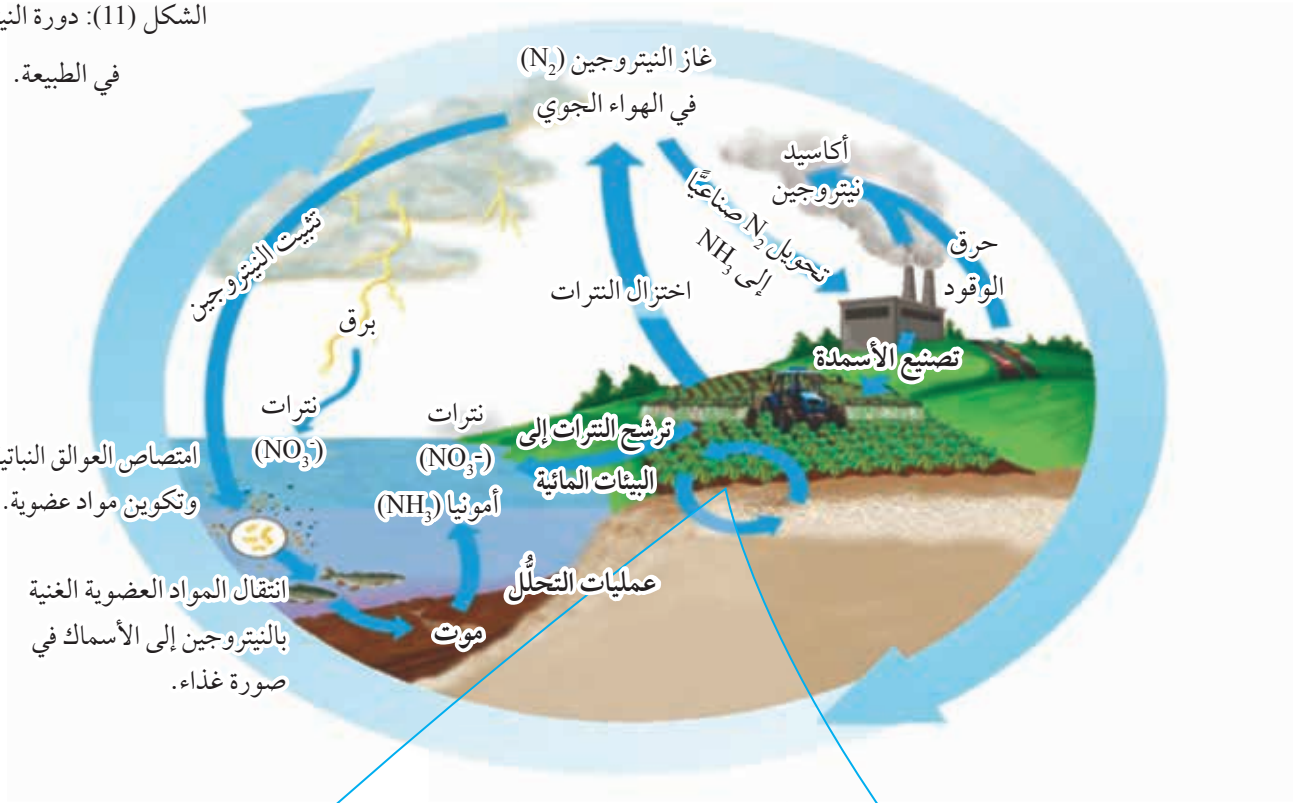
أُفكِّر: كيف يساعد النشاط البركاني على تثبيت النيتروجين؟

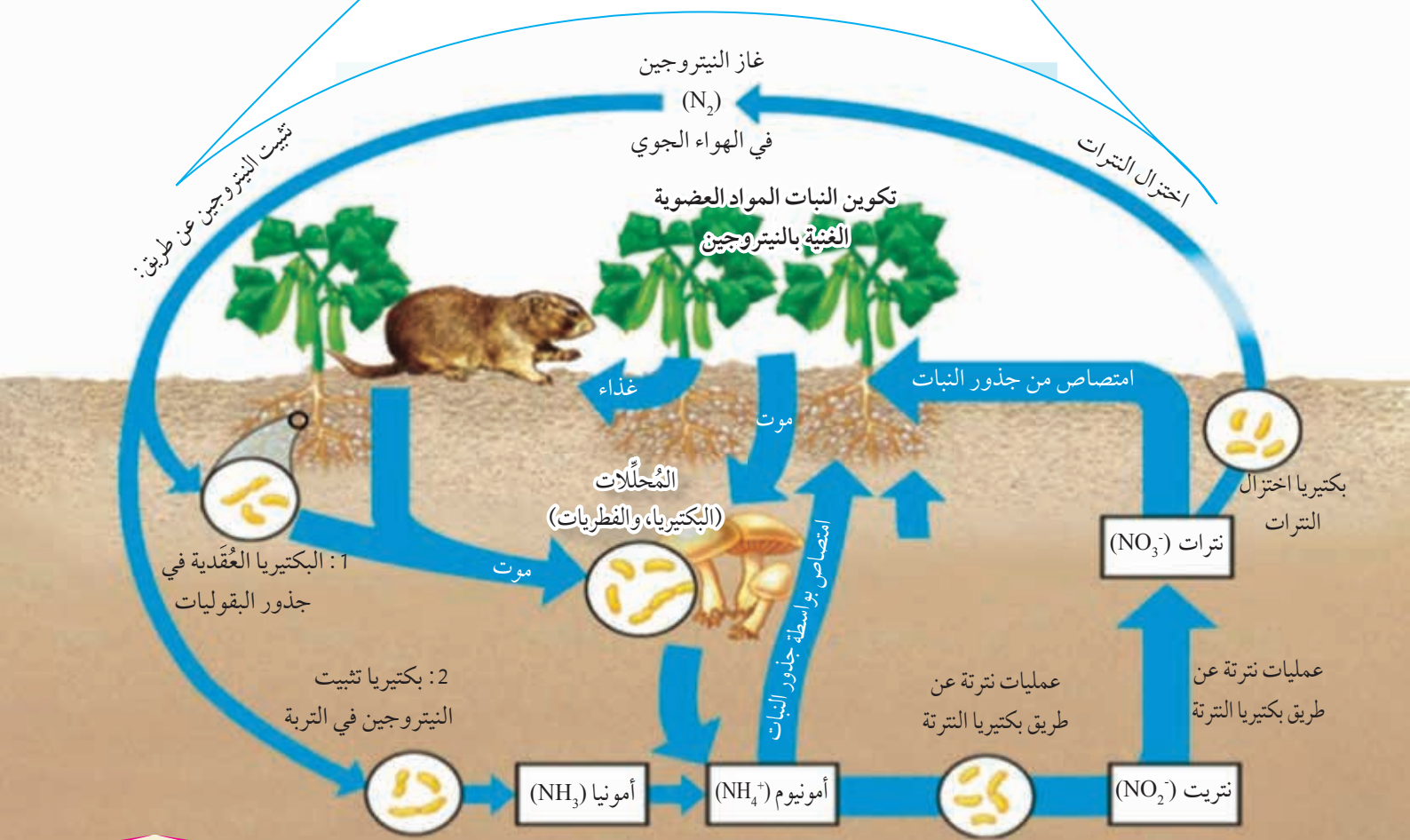
أبحث

توصَف بعض المُغذِّيات بأنَّها عوامل مُحدِّدة إذا وُجِدت في النظام البيئي بكميات قليلة. وعند إضافتها إلى نظام بيئي (مثل: النهر، والبحيرة)، فإنَّ أعداد المُنتِجات (مثل الطحالب) تزيد كثيرًا، مُحدِثةً ظاهرة تُسمّى الانتشار الطحلبي Algal Bloom.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أثر الانتشار الطحلبي في الأنظمة البيئية، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (11): دورة النيتروجين في الطبيعة.





دورة الفسفور Phosphorous Cycle

تحتاج الكائنات الحية إلى الفسفور لبناء أجسامها، وهو يُعَدُّ مُكوِّنًا مهمًّا لمواد مختلفة، مثل: الحموض النووية، والليبيدات المفسفرة التي تدخل في تركيب الأغشية الخلوية للخلايا، وجزيئات الطاقة ATP.

يوجد الفسفور في التربة على شكل أيونات الفوسفات (PO_4^{3-}) بسبب عمليات التجوية للصخور. غير أنَّ جزءًا من الأيونات يتسرَّب إلى مصادر المياه السطحية والجوفية، حيث تمتصها النباتات من التربة، ثم تعود إلى التربة نتيجة تحلُّل المادة العضوية فيها، وقد تعود هذه الأيونات إلى البيئة مع فضلات الكائنات الحية، أنظر الشكل (12).

✓ **أتحقَّق:** ما أشكال الفسفور التي يُمكِن للنباتات الحصول عليها، والاستفادة منها؟

الشكل (12): دورة الفسفور في الطبيعة.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أثر كلٍّ من النمط الحياتي (niche)، والعلاقات بين الكائنات الحية، والتعاقب البيئي في توزيع الكائنات الحية ضمن الأنظمة البيئية في الغلاف الحيوي، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أُفكِّر: يوجد في الغلاف الجوي نسبة ضئيلة من الفسفور، فما مصدره؟

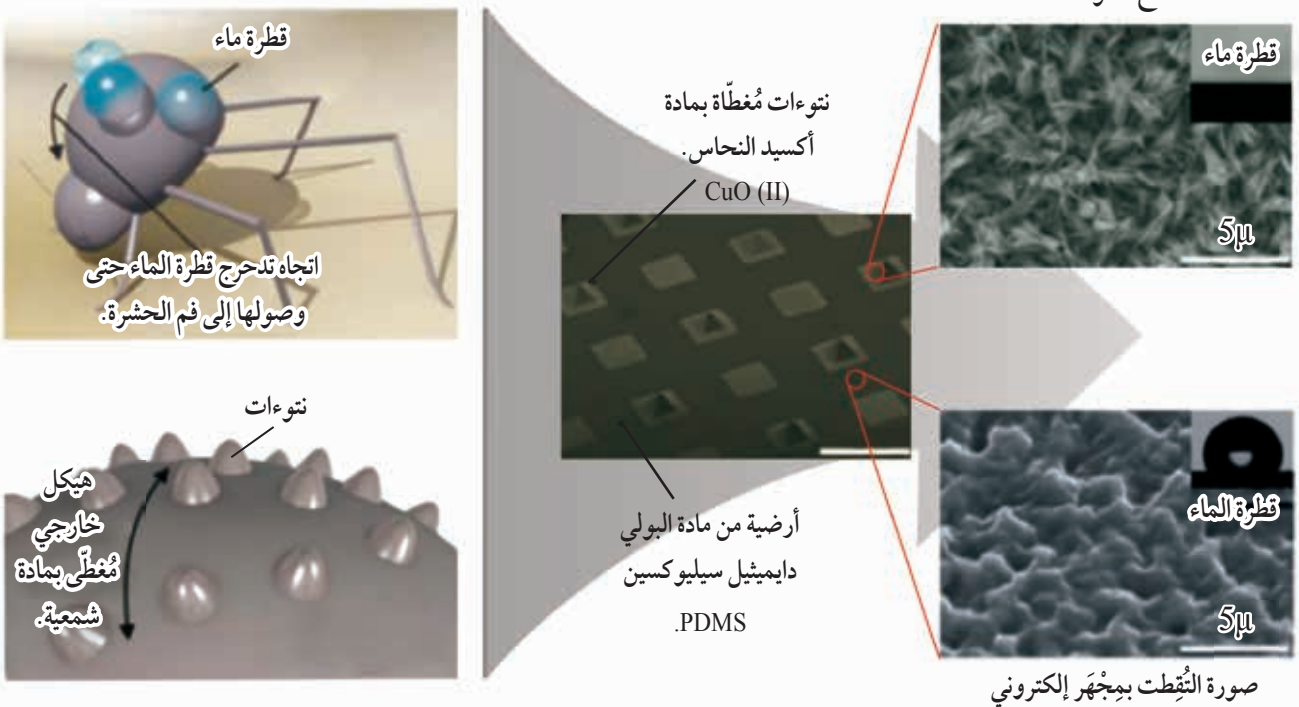
الحصاد المائي

تحصل بعض أنواع الحشرات (مثل خنفساء صحراء ناميبيا ***Stenocara gracilipes***) على الماء بحصاده من الهواء الجوي؛ إذ يكون السطح الخارجي لهيكلها مُغطّى بمادة شمعية لا ينفذ منها الماء، وتبرز منه نتوءات صغيرة لا تصلها المادة الشمعية.

تقف الخنفساء بزاوية 45^{o} مقابل الهواء الذي يصطدم بجسمها، فتلتصق به قطيرات من الماء، ثم تتجمَّع هذه القطيرات على النتوءات، عندئذٍ تُغيِّر الخنفساء زاوية وقوفها، فتنزلق قطيرات الماء لتصل فمها.

وقد استطاع فريق من العلماء محاكاة تصميم الهيكل الخارجي لهذه الخنفساء، وتوظيفه في تصميم مخيمات اللاجئين، بحيث أمكنهم تجميع الماء من رطوبة الجو.

يُذكَر أنَّ المادة التي صُنِعت منها خيام اللاجئين هي البولي دايميثيل سيليوكسين Polydimethylsiloxane (PDMS)، التي يُشار إليها عادة بالسيليكون، وتكون مُغطّاة بمادة أكسيد النحاس CuO (II).



مراجعة الدرس

1. لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. يُطلَق على أيِّ مجموعة من الكائنات الحية، تنتمي إلى النوع نفسه، وتعيش معًا في منطقة واحدة، اسم:
   أ. الجماعة. ب. النظام البيئي. جـ. المجتمع الحيوي. د. الإقليم الحيوي.

2. إحدى الآتية غير صحيحة في ما يتعلَّق بالغلاف الحيوي:
   أ. يعاد تدوير بعض المواد في الغلاف الحيوي، مثل مادة النيتروجين.
   ب. تمنع العمليات البيوجيوكيميائية تدوير المواد، مثل الكربون.
   جـ. تخضع المواد الأساسية (مثل: الماء، والأكسجين) إلى قانون حفظ الطاقة.
   د. تنتقل العناصر والماء بين الكائنات الحية والبيئة.

3. الذي يُعبِّر عن مجموع العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية في الغابة هو:
   أ. الغلاف الحيوي. ب. النظام البيئي. جـ. المجتمع الحيوي. د. الإقليم الحيوي.

2. ما المقصود بكلٍّ من: البناء الكيميائي، والنترتة، واختزال النترات؟

3. **أُقارِن** بين هرم الكتلة الحيوية وهرم الأعداد.

4. **أرسم مُخطَّطًا** يُمثِّل العلاقة بين المفاهيم الآتية: النوع، والجماعة، والمجتمع الحيوي، والنظام البيئي، والإقليم الحيوي، والغلاف الحيوي.

5. طُلِب إلى مجموعة من الطلبة عمل هرم بيئي للكائنات الحية في حديقة المدرسة، وقد وُزِّع الطلبة على 5 مجموعات؛ لِعَدِّ النباتات والحلازين في 5 مناطق مختلفة من حديقة المدرسة تُمثِّل 5 أنظمة بيئية، مساحة كلٍّ منها $1m^2$. وفي ما يأتي البيانات التي جمعها هؤلاء الطلبة:

رقم المجموعة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد النباتات	46	75	39	28	22
عدد الحلازين	4	8	5	1	2

أ. أجد الوسط الحسابي لأعداد الكائنات الحية في كل مستوى غذائي (النباتات، والحلازين).
ب. أرسم هرمًا للأعداد يُمثِّل حديقة المدرسة.
جـ. بافتراض أنَّ الكتلة الجافة للنبات الواحد هي 38 g، والكتلة الجافة للحلزون الواحد هي 6 g، أرسم هرم كتلة حيوية لبيانات النظام البيئي للمجموعة الرابعة.
د. ما شكل هرم الكتلة (طبيعي، مقلوب) الذي رسمْتُه، مُفسِّرًا إجابتي؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الأنظمة البيئية البحرية
Marine Ecosystems

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

الأنظمة البيئية البحرية ديناميكية ومُتنوِّعة، ولها خصائص تُميِّزها عن غيرها من الأنظمة البيئية.

نتاجات التعلُّم:

- أَصِف خصائص الكائنات الحية التي تعيش في المناطق الرئيسة للبيئة البحرية.
- أُبيِّن أهمية العوالق في البيئة البحرية.
- أبحث عن أثر الانقلاب المائي في البحار والمحيطات.
- أستقصي تجارب الأردن في المحافظة على الشِّعاب المرجانية في خليج العقبة.

المفاهيم والمصطلحات:

المناطق المضاءة	Photic Zone
المناطق المُظلِمة	Aphotic Zone
منطقة المَدِّ	Intertidal Zone
المنطقة الضحلة	Neritic Zone
المنطقة المحيطية	Oceanic Zone
منطقة المياه المفتوحة	Pelagic Zone
منطقة القاع	Benthic Zone
الانقلاب الفصلي للماء	Seasonal water Turnover

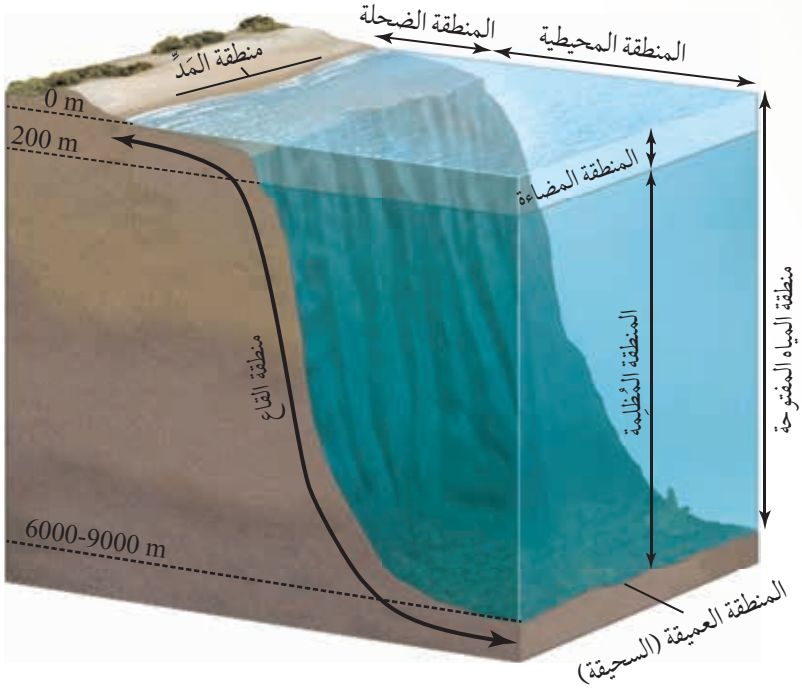
أتحقَّق: ما المناطق الرئيسة في الأنظمة البيئية البحرية؟

المناطق الرئيسة في البيئة البحرية
Main Regions in Marine Ecosystems

تُمثِّل الأنظمة البيئية البحرية ما نسبته 96.5% من مُجمَل المُسطَّحات المائية. وقد صنَّف العلماء البيئة البحرية إلى مناطق تبعًا لمعايير عِدَّة، أنظر الشكل (13).

معايير تقسيم البيئة البحرية

وصول أشعة الشمس	البُعْد عن الشاطئ			المنطقة البيئية	
مناطق تصلها أشعة الشمس	مناطق لا تصلها أشعة الشمس	مناطق تغمرها مياه المَدِّ	مناطق تحاذي الشاطئ، ويصل عمق مياهها إلى 200 m	مناطق تلي المياه الضحلة، وتمتاز بمياهها العميقة	عمود الماء الممتد من السطح إلى القاع	اليابسة تحت مياه البحر
المنطقة المضاءة Photic Zone	المنطقة المُظلِمة Aphotic Zone	منطقة المَدِّ Intertidal Zone	المنطقة الضحلة Neritic Zone	المنطقة المحيطية Oceanic Zone	منطقة المياه المفتوحة Pelagic Zone	منطقة القاع Benthic Zone



الشكل (13): تصنيف المناطق في البيئة البحرية.

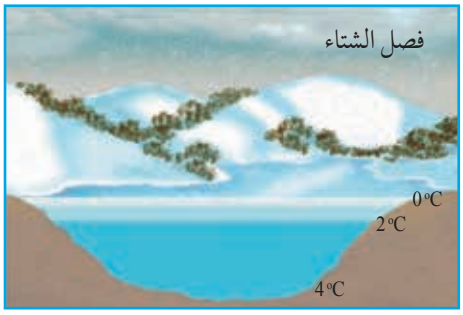
الانقلاب الفصلي المائي في البيئات البحرية
Seasonal Water Turnover in Marine Environments

✓ **أتحقَّق:** كيف يحدث الانقلاب المائي؟

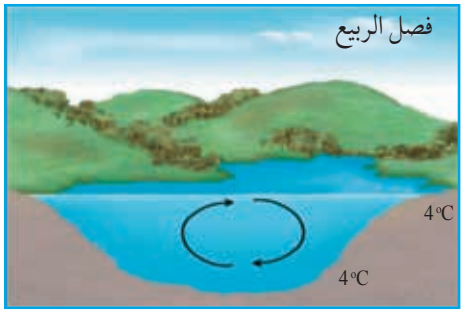
تحدث ظاهرة **الانقلاب الفصلي للماء** **Seasonal Water Turnover** في البيئات المائية. وفيها يُخلَط الماء في فصلي الربيع والخريف نتيجة تغيُّر درجات الحرارة الناجم عن تغيُّر الفصول؛ لذا تُعَدُّ هذه الظاهرة مهمة لبقاء الكائنات الحية المائية في الأعماق المختلفة للبحار والمحيطات، أنظر الشكل (14).

الشكل (14): الانقلاب الفصلي للماء.

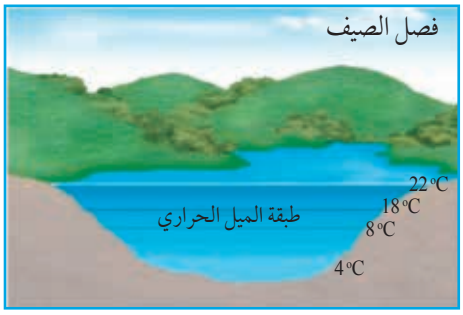
تتجمَّد طبقة الماء السطحية في فصل الشتاء، وتوجد أكثر المياه برودة تحت هذه الطبقة المُتجمِّدة، وكلَّما زاد العمق زادت درجة حرارة الماء لتصبح 4 °C.



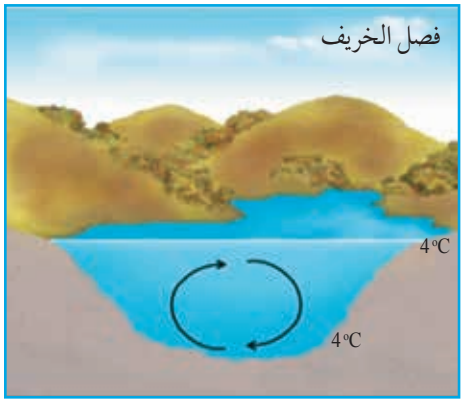
أمّا في فصل الربيع فيبدأ الجليد الذي غطّى المياه السطحية بالانصهار، وتصبح درجة الحرارة في هذه الطبقة 4 °C؛ ما يزيد كثافة الماء فيها. بعد ذلك تغوص مياه هذه الطبقة إلى الأسفل حاملة معها الأكسجين، وترتفع مياه الطبقة العميقة المُحمَّلة بالمُغذِّيات إلى طبقة الماء السطحية.

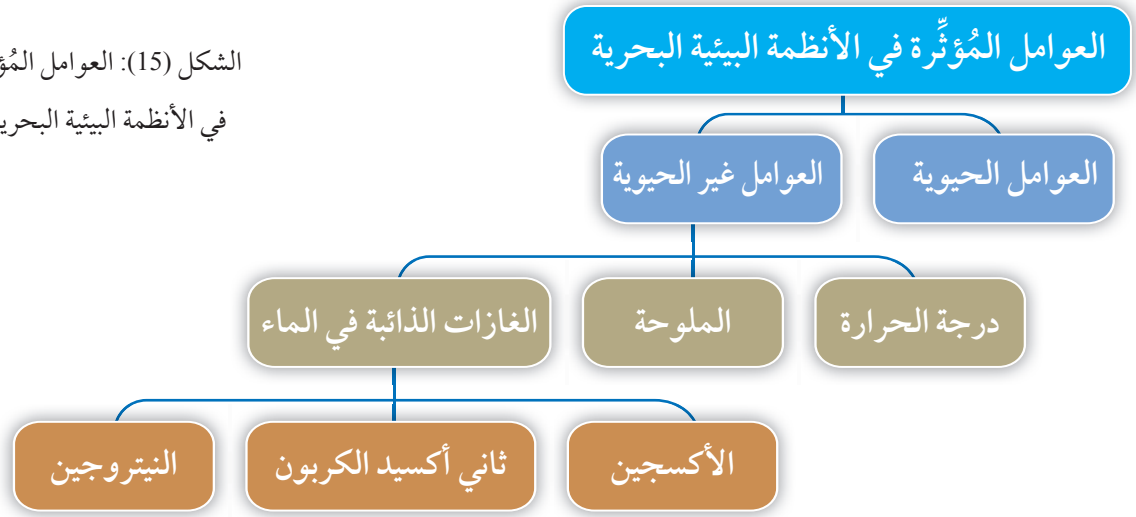


وأمّا في فصل الصيف فتكتسب طبقة الماء السطحية مزيدًا من الطاقة الحرارية؛ ما يرفع درجة حرارتها، فتصبح دافئة، وأخف كثافة، فترتفع فوق المياه الباردة التي هي أعلى كثافةً، وتنفصل عنها بطبقة من الماء تُسمّى طبقة الميل الحراري Thermocline.



وأمّا في فصل الخريف فتنخفض درجة حرارة مياه الطبقة السطحية إلى 4 °C، وتزداد كثافتها، ويُسهِم انخفاض درجة حرارة الهواء المحيط في ذلك؛ ما يجعلها تغوص من جديد في اتجاه القاع، ويتسبَّب ذلك في ارتفاع أكثر المياه دفئًا، وأقلها كثافةً (القريبة من القاع) إلى السطح، وتستمر حركة انقلاب الماء حتى تبدأ الطبقة السطحية بالتجمُّد مرَّة أُخرى. وبذلك يصل الأكسجين من السطح إلى القاع، وترتفع المُغذِّيات من القاع إلى السطح.





الشكل (15): العوامل المُؤثِّرة في الأنظمة البيئية البحرية.

العوامل المُؤثِّرة في الأنظمة البيئية البحرية
Factors Affecting Marine Ecosystems

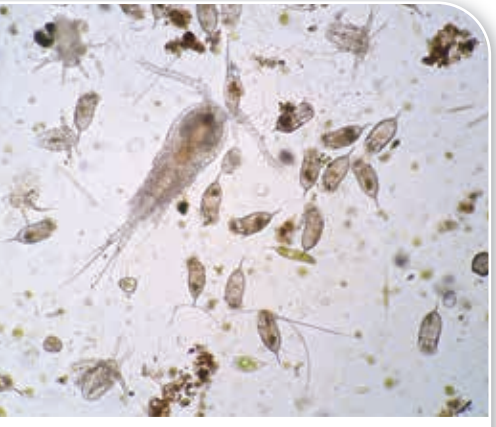
تتأثَّر الأنظمة البيئية البحرية بعدد من العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية، أنظر الشكل (15).

العوامل الحيوية Biotic Factors

تُعَدُّ العوالق أحد أهم الكائنات الحية التي تعيش في البيئات البحرية؛ فالعوالق النباتية (مثل: الدياتومات، والسوطيات الدوّارة، والطحالب الخضراء) تُشكِّل قاعدة أيِّ هرم بيئي في الأنظمة البيئية البحرية؛ نظرًا إلى إنتاجها الأكسجين والغذاء، أنظر الشكل (16). أمّا المُستهلِكات فتضم عددًا من الكائنات الحية، مثل: العوالق الحيوانية، والقواقع، والأطوار اليرقية لبعض أنواع اللافقاريات. في حين تُعَدُّ بعض أنواع البكتيريا والفطريات والديدان من المُحلِّلات التي تُزوِّد المناطق العميقة بالمواد العضوية والمواد غير العضوية الناتجة من تحلُّل أجسام الكائنات الحية وفضلاتها.

✓ **أتحقَّق:** ما أهمية العوالق في البيئة البحرية؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أشكال بعض العوالق في البيئة البحرية، ثم أُصمِّم نماذج لبعضها، ثم أعرضها أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكل (16): عوالق.

أفكّر: هل يُؤثّر الاحترار العالمي في ذائبية الغازات في الماء؟ أُفسّر إجابتي.

أفكّر:

- كيف تُؤثّر ظاهرة الاحترار العالمي في كثافة مياه البحر؟
- كيف سيُؤثّر ذلك في حياة الكائنات الحية في الأنظمة البيئية البحرية؟

العوامل غير الحيوية Abiotic Factors

درجة الحرارة Temperature

لاحظ العلماء ارتفاع درجة حرارة مياه البحار والمحيطات بسبب ظاهرة الاحترار العالمي؛ ما أثّر سلبًا في الأنظمة البيئية البحرية. وقد أثّر هذا الارتفاع أيضًا في حركة التيارات المائية، مُضعِفًا توزيع المُغذِّيات في البيئات البحرية.

الملوحة Salinity

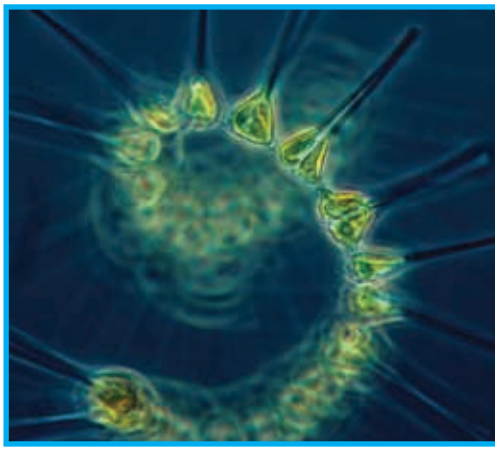
درسْتُ سابقًا في مبحث علوم الأرض أنَّ الملوحة Salinity هي مجموع تراكيز الأملاح الذائبة في الماء، وأنَّها تتأثَّر بعوامل عِدَّة.

تكيَّفت الكائنات الحية البحرية للعيش في مياه البحر المالحة بالمحافظة على تركيز الأملاح في أجسامها بحيث يكون أقل منه في البيئة المحيطة، عن طريق إخراج الماء باستمرار من خياشيمها وجلدها، وضخِّ الكُلى في كلٍّ منها كثيرًا من الماء مع الأملاح. فمثلًا، تتخلَّص الأسماك من فائض الأملاح لديها بالنقل النشط عن طريق خياشيمها. غير أنَّ انصهار الجبال الجليدية في المناطق القطبية بسبب ظاهرة الاحترار العالمي أدّى إلى انخفاض نسبة ملوحة مياه البحر؛ ما أثّر في قدرة الكائنات البحرية على ضبط الاتزان المائي في أجسامها، وفي بقائها.

الغازات الذائبة في الماء Gases Dissolved in Water

الأكسجين:

تُعَدُّ عمليات البناء الضوئي التي تقوم بها العوالق والنباتات البحرية المصدر الرئيس للأكسجين في البيئات البحرية، أنظر الشكل (17). غير أنَّ نسبة من غاز الأكسجين تذوب بسبب حركة الرياح، واختلاط هذا الغاز بطبقة الماء السطحية.



الشكل (17): بعض أنواع العوالق النباتية التي تقوم بعملية البناء الضوئي في البيئات البحرية.

الشكل (18): صدفة لحيوان بحري أصابها بعض التآكل بسبب انخفاض الرقم الهيدروجيني للماء.

ثاني أكسيد الكربون:

يقل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الطبقات القريبة من سطح الماء بسبب ارتفاع معدَّلات عمليات البناء الضوئي. غير أنَّ النشاط البشري المُسبِّب لظاهرة الاحترار العالمي أدّى إلى ارتفاع تركيز هذا الغاز؛ ما جعل الماء في البيئات البحرية أكثر حموضة (انخفاض الرقم الهيدروجيني للماء (pH))، وهو ما أدّى إلى ذوبان الهياكل الصُّلْبة للكائنات الحية، التي تتكوَّن من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، مثل: المرجان، والمحار، أنظر الشكل (18).

النيتروجين:

يُثبَّت غاز النيتروجين عن طريق البكتيريا الخضراء المُزْرَقَّة، وكذلك عن طريق نوع من السرخسيات المائية، مثل نبات أزولا ***Azolla***، الذي يرتبط بعلاقة تقايض مع نوع من البكتيريا الخضراء المُزْرَقَّة، التي تعيش في أوراق النبات الخارجية، وتُثبِّت النيتروجين، فتستفيد منه المُنتِجات في بناء المُركَّبات العضوية المهمة؛ لذا يُعَدُّ هذا الغاز عاملًا مُحدِّدًا في البيئات المائية بالرغم من وفرته في الغلاف الجوي، أنظر الشكل (19).

أتحقَّق: كيف تُؤثِّر زيادة نسب غاز ثاني أكسيد الكربون في الأنظمة البيئية البحرية؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آليات ضبط الاتزان المائي في الأسماك البحرية، ثم أُعِدُّ فلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أفكِّر: لماذا ينخفض الرقم الهيدروجيني لمياه البحر عند زيادة كميات غاز ثاني أكسيد الكربون الذائبة فيها؟

الشكل (19): بكتيريا خضراء مُزْرَقَّة من نوع ***Nostoc commune***، تُثبِّت النيتروجين في البيئات البحرية.

نشاط

أثر ضوء الشمس في عملية البناء الضوئي في نبات الإيلوديا *Elodea*

المواد والأدوات: كأس زجاجية سعتها 500 mL، صبغة أزرق البروموفينول، نبات إيلوديا، قطّارة، دورق مخروطي، لفافة من رقائق الألمنيوم، مخبار مُدرَّج سعته 200 mL، مصدر ضوء، ماصَّة، 3 أنابيب اختبار كبيرة وسِداداتها، ماء.

إرشادات السلامة: استعمال الماصَّة بحذر، وتجنُّب استنشاق محلول البروموفينول.

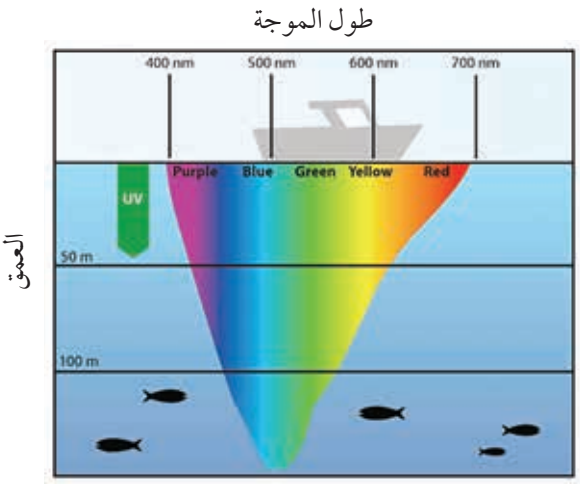
خطوات العمل:

1. أُحضِّر محلول الكاشف (أزرق البروموفينول) بوضع 150 mL من الماء في الدورق المخروطي، ثم أُضيف (20-25) قطرة من صبغة أزرق البروموفينول، مُلاحِظًا لون المحلول الناتج.
2. أُرقِّم أنابيب الاختبار الثلاثة، ثم أكتب عليها بالترتيب ما يأتي: الأنبوب الضابط، الأنبوب المُغلَّف برقائق الألمنيوم، الأنبوب غير المُغلَّف برقائق الألمنيوم.
3. أُغلِّف أنبوب الاختبار رقم (2) برقائق الألمنيوم، مراعيًا ألّا يصل الضوء إلى داخل الأنبوب.
4. **أُجرِّب:** أستعمل الماصَّة للنفخ بضع مرّات في محلول أزرق البروموفينول؛ لإضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إليه، ثم أتوقَّف عن النفخ عند تحوُّل المحلول إلى اللون الأصفر.
5. أملأ كلًّا من الأنابيب الثلاثة بمحلول الكاشف حتى النصف تقريبًا، ثم أضع قطعة من نبات الإيلوديا في الأنبوب رقم (2) والأنبوب رقم (3).
6. أُضيف مزيدًا من محلول الكاشف حتى يُغطّي القطعة بصورة كاملة.
7. **أضبط المُتغيِّرات:** أُغلِق الأنابيب الثلاثة بالسِّدادات، ثم أضعها على حامل أنابيب، أو في الكأس الزجاجية قرب النافذة، أو مصدر الضوء مدَّة 24 h، ثم أُدوِّن ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُفسِّر** سبب استخدام محلول الكاشف.
2. **أُلاحِظ:** ما التغيُّرات التي طرأت على الأنابيب الثلاثة؟
3. **أُفسِّر:** ما سبب التغيُّرات التي لاحظْتُها؟
4. **أتنبَّأ:** ما تأثير زيادة مدَّة الإضاءة في عملية البناء الضوئي؟

الربط بالفيزياء



تحتوي مياه البحر على أملاح مذابة، ومواد عضوية، وغير ذلك من المواد التي تُؤثِّر في قدرة هذه المياه على امتصاص الطاقة الضوئية من الشمس؛ إذ إنَّها تمتص موجات الضوء الأحمر أولًا، ثم تنفذ موجات الضوء الأزرق وموجات الضوء الأخضر حتى عمق 200 m؛ ما يُفسِّر سبب تلوُّن مياه البحر باللون الأزرق. وهذا يُؤثِّر في عملية توزيع الطحالب في هذه المياه؛ فصبغة الكلوروفيل في الطحالب الخضراء تمتص موجات الضوء الأحمر، ويتركَّز وجودها في الطبقات العلوية من ماء المحيط. أمّا الطحالب الحمراء فتحتوي على صبغة الفايكوبيليبروتين phycobiliproteins التي تمتص الضوء الأخضر والضوء البرتقالي؛ لذا، فإنَّها توجد في مناطق أكثر عمقًا. وأمّا الطحالب البنية فتحتوي على صبغة الفيوكوزانثين fucoxanthin التي تمتص الضوء الأخضر والضوء الأزرق؛ ما يجعلها قادرة على العيش في مناطق أكثر عمقًا من سابقتها.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الشِّعاب المرجانية من حيث: كيفية تشكُّلها، وأهميتها بوصفها أنظمة بيئية بحرية، وظاهرة ابيضاض الشِّعاب المرجانية، ثم أبحث عن تجارب الأردن في المحافظة على الشِّعاب المرجانية في خليج العقبة، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

المناطق البيئية في الأنظمة البيئية البحرية
Marine Ecoregions

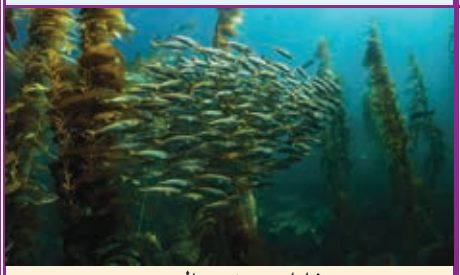
تتوزَّع الكائنات الحية في الأنظمة البيئية البحرية على مناطق بيئية عِدَّة، منها: منطقة المَدِّ، والمنطقة الضحلة، ومنطقة المياه المفتوحة، ومنطقة القاع، أنظر الجدول (1) الذي يُبيِّن أبرز خصائص كلٍّ منها.

أُفكِّر: لماذا تكون نسبة المُغذِّيات في منطقة المياه المفتوحة أقل منها في المنطقة الضحلة؟

الجدول (1): خصائص المناطق البيئية في الأنظمة البيئية البحرية.

	العوامل غير الحيوية	العوامل المُنتِجات
منطقة المَدِّ	– أرضها صخرية، أو رملية. – مياه المَدِّ تغمرها مرَّتين يوميًّا. – عُرْضة للتغيُّرات في درجة الحرارة ونسبة الملوحة. – غنية بالأكسجين والمُغذِّيات.	– الطحالب البحرية. – الأعشاب البحرية.
المنطقة الضحلة	– إحاطتها بحافات القارات، وامتدادها حتى عمق 200 m. – مياهها دافئة.	– غابات عشب البحر.
منطقة المياه المفتوحة	– مياهها صافية، وغنية بالأكسجين. – المُغذِّيات فيها أقل منها في المنطقة الضحلة. – حدوث الانقلاب الفصلي للماء فيها في فصلي الربيع والخريف. – عمق مياهها يصل إلى 200 m في المناطق القريبة، ويتراوح بين 200 m و 1000 m في المناطق العميقة، وبين 4000 m و 10000 m في الأعماق السحيقة.	– العوالق النباتية. – البكتيريا الذاتية التغذية.
منطقة القاع	– أدنى منطقة بيئية في المسطح المائي، وهي تمتد من المناطق الضحلة إلى أعمق بقعة في المحيط. – الأكسجين الذائب في مياهها يكفي لتنفُّس الكائنات الحية. – تكوُّنها من رسوبيات ناعمة.	– الطحالب في المناطق التي يصلها ضوء الشمس. – الكائنات الحية التي تحصل على غذائها بالبناء الكيميائي في المناطق التي لا يصلها ضوء الشمس حول الفتحات الحرارية المائية Hydrothermal Vents.

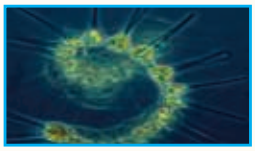
✓ **أتحقَّق:** أُقارِن بين منطقة المَدِّ، والمنطقة الضحلة، ومنطقة المياه المفتوحة من حيث أنواع المُنتِجات الموجودة في كلٍّ منها.

أمثلة	أثر النشاط البشري	ل الحيـــــــــوية أنواع الحيوانات
 الطحالب البحرية.	– التلوُّث بمواد مختلفة، مثل النفط. – بناء الحواجز للحدِّ من عملية الحَتِّ الموجي التي أثَّرت سلبًا في الأنظمة البيئية.	– الإسفنج. – شقائق نعمان البحر. – شوكيات الجلد. – الأسماك الصغيرة. – الديدان. – الرخويات، مثل المحار. – القشريات.
 غابات عشب البحر.	– التلوُّث.	– الأسماك. – اللافقاريات الصغيرة الحجم التي تُعَدُّ مصدر غذاء للسلاحف البحرية.
 الحيتان في المياه المفتوحة.	– التلوُّث. – انخفاض الرقم الهيدروجيني للمياه. – الاحترار العالمي.	– العوالق الحيوانية. – القشريات. – قناديل البحر. – بعض اللافقاريات. – الحَبّار. – الثدييات البحرية، مثل الحيتان.
 الديدان الأنبوبية في قاع البحر.	– التلوُّث.	– اللافقاريات. – الأسماك. – الديدان الأنبوبية. – المفصليات. – شوكيات الجلد.

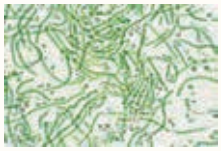
مراجعة الدرس

1. لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. أحد الكائنات الحية الآتية يعيش في أعماق البحار والمحيطات:


أ.

ب.


جـ.

د.

2. من الكائنات الحية التي تحصل على غذائها بأكسدة كبريتيد الهيدروجين:

أ. الكائنات التي تعيش حول الفتحات الحرارية المائية. ب. البكتيريا الخضراء المُزْرَقَّة.

جـ. بكتيريا ***Nostoc commune***. د. الإيلوديا.

3. سبب انخفاض الرقم الهيدروجيني لمياه البحر هو:

أ. زيادة نسبة غاز النيتروجين. ب. زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون.

جـ. تناقص كمية غاز الأكسجين. د. تناقص كمية غاز ثاني أكسيد الكربون.

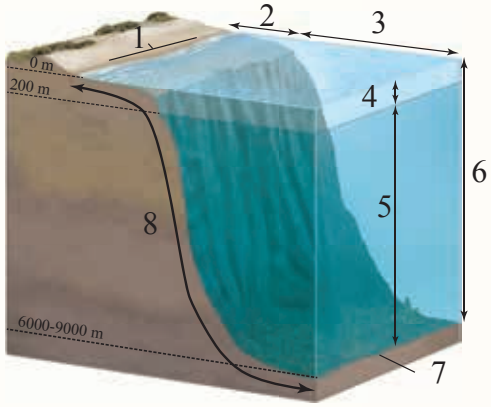
4. تظل العوالق النباتية في منطقة قريبة من ضوء الشمس بسبب:

أ. درجة الحرارة. ب. ملوحة المياه. جـ. كثافة المياه. د. نسبة الغازات المذابة في المياه.

2. **أُفسِّر** كلًّا ممّا يأتي:

1. قد توجد المنطقة المضاءة في المياه المفتوحة على عمق أكثر من المعتاد.
2. تعيش الديدان الأنبوبية في قيعان البحار حول الفتحات الحرارية المائية، حيث يُمكِنها توفير ما يَلزم من غذاء، بالرغم من عدم وصول ضوء الشمس إلى هذه القيعان.
3. تُعَدُّ العوالق أحد أهم الكائنات الحية البحرية.
4. يقل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في طبقات الماء القريبة من السطح.

3. أكتب على الشكل المجاور أسماء الأجزاء الآتية بجانب الأرقام التي تُمثِّلها:



- منطقة المياه المفتوحة.
- المنطقة المُظلِمة.
- المنطقة الضحلة.
- المنطقة التي يصلها ضوء الشمس.
- المنطقة التي تُغطّيها مياه المَدِّ مرَّتين في اليوم الواحد.
- المنطقة التي تعيش فيها الديدان الأنبوبية.
- قاع البحر.
- المنطقة المحيطية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الأنظمة البيئية للمياه العذبة ومصبات الأنهار

Freshwater Ecosystems and Estuaries

الدرس 3

الفكرة الرئيسة:

الأنظمة البيئية للمياه العذبة ومصبات الأنهار تُعَدُّ جزءًا من الأنظمة البيئية المائية التي تمتاز بخصائصها الفيزيائية والحيوية.

نتاجات التعلُّم:

- أَصِف خصائص النظام البيئي للمياه العذبة.
- أُوضِّح الخصائص وأنواع التكيُّف للكائنات الحية التي تعيش في مصبات الأنهار والأنظمة البيئية للمياه العذبة.
- أبحث في المخاطر التي تُهدِّد الأنظمة البيئية لمصبات الأنهار في البحار والمحيطات.

المفاهيم والمصطلحات:

المياه الراكدة	Lotic Freshwaters
المياه الجارية	Lentic Freshwaters
الأراضي الرطبة	Wetlands
مصبات الأنهار	Estuaries
المنطقة الساحلية	Littoral Zone
المنطقة الضوئية	Limnetic Zone
المنطقة المائية المعتمة	Profundal Zone

خصائص الأنظمة البيئية للمياه العذبة وأنواعها

Characteristics and Types of Freshwater Ecosystems

تُمثِّل الأنظمة البيئية للمياه العذبة ما نسبته 3.5% من الأنظمة البيئية المائية. وهي تمتاز بنسبة ملوحة مُتدنِّية، يُعبَّر عنها بالأجزاء لكل ألف (0.5 ppt أو أقل)، وكَمٍّ كبير من المُغذِّيات؛ ما يجعلها بيئة حياتية مناسبة لأنواع عِدَّة من النباتات والحيوانات. أمّا درجات الحرارة فيها فتختلف تبعًا لموقعها الجغرافي، وعمق مياهها، وفصول السنة.

تُصنَّف الأنظمة البيئية للمياه العذبة إلى ثلاثة أنواع يُبيِّنها الشكل (20).

الشكل (20): أنواع الأنظمة البيئية للمياه العذبة.

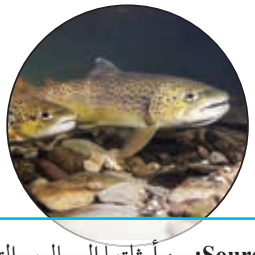
أتحقَّق: ما أنواع الأنظمة البيئية للمياه العذبة؟

الأنظمة البيئية للمياه العذبة الجارية Lotic Freshwater Ecosystems

تشـمل الميـاه العذبـة الجارية كلًّا من الأنهـار، والجداول، والسـيول. وفيهـا يُصنَّـف النظـام البيئـي إلى ثـلاث مناطق تبعًـا لاتجاه حركـة الماء. وهـذه المناطق هي: منطقـة المنبع Source Zone (headwaters)، والمنطقة الانتقاليـة Transition Zone، ومنطقـة السـهل الفيضـي Floodplain Zone، أنظـر الشـكل (21) الـذي يُبيِّن أبـرز خصائص هـذه المناطق.

✓ **أتحقَّق:** أُقارِن بين منطقة المنبع والمنطقة الانتقالية ومنطقة السهل الفيضي من حيث: سرعة المياه، والعمق، والكائنات الحية التي تعيش في كلٍّ منها.

الشكل (21): خصائص المناطق البيئية للمياه العذبة الجارية.



منطقة المنبع Source Zone: من أمثلتها الجبال، والتلال، والمياه الجوفية. وفيها تجري المياه ضمن مسارات ضيِّقة بسرعة كبيرة، وهي مياه ضحلة، وباردة، وغنية بالأكسجين، لكنَّها تحوي أنواعًا قليلةً من المُنتِجات، مثل: الطحالب، والحزازيات.

يعيش في هذه المنطقة أنواع عِدَّة من الأسماك، مثل سمك السلمون المُرقَّط الذي يمتاز بعضلاته القوية التي تُمكِّنه من السباحة في تيارات المياه القوية والسريعة.

منطقة السهل الفيضي Floodplain Zone: تمتاز هذه المنطقة بدفء مياهها، وقلَّة تشبُّعها بغاز الأكسجين، وانخفاض سرعة جريانها، وازدياد اتساع مجرى الماء فيها.

يعيش في منطقة السهل الفيضي عدد قليل من الأنواع النباتية والحيوانيـة، مثل: بعض أنـواع الطحالب، والأسماك مثل الشبوط. وفيها تتفرَّع المياه إلى قنوات عِدَّة، وتتكوَّن الأراضي الرطبة التي تُسهِم في خفض سرعة جريان الماء؛ ما يُقلِّل من مخاطر الأعاصير والفيضانات.

المنطقة الانتقالية Transition Zone: هي المنطقة الوسطى من النهر أو السيل. وفيها يكون مجرى الماء أكثر عَرْضًا وعمقًا، وأقل سرعة.

تمتاز هذه المنطقة بمياهها العكرة والدافئة مقارنةً بمياه منطقة المنبع، ووفرة المُغذِّيات فيها، وانخفاض نسبة الأكسجين فيها مقارنةً بمنطقة المنبع.

يعيش في المنطقة الانتقالية أنواع من الطحالب، وبعض الأسماك مثل سمك الباس.

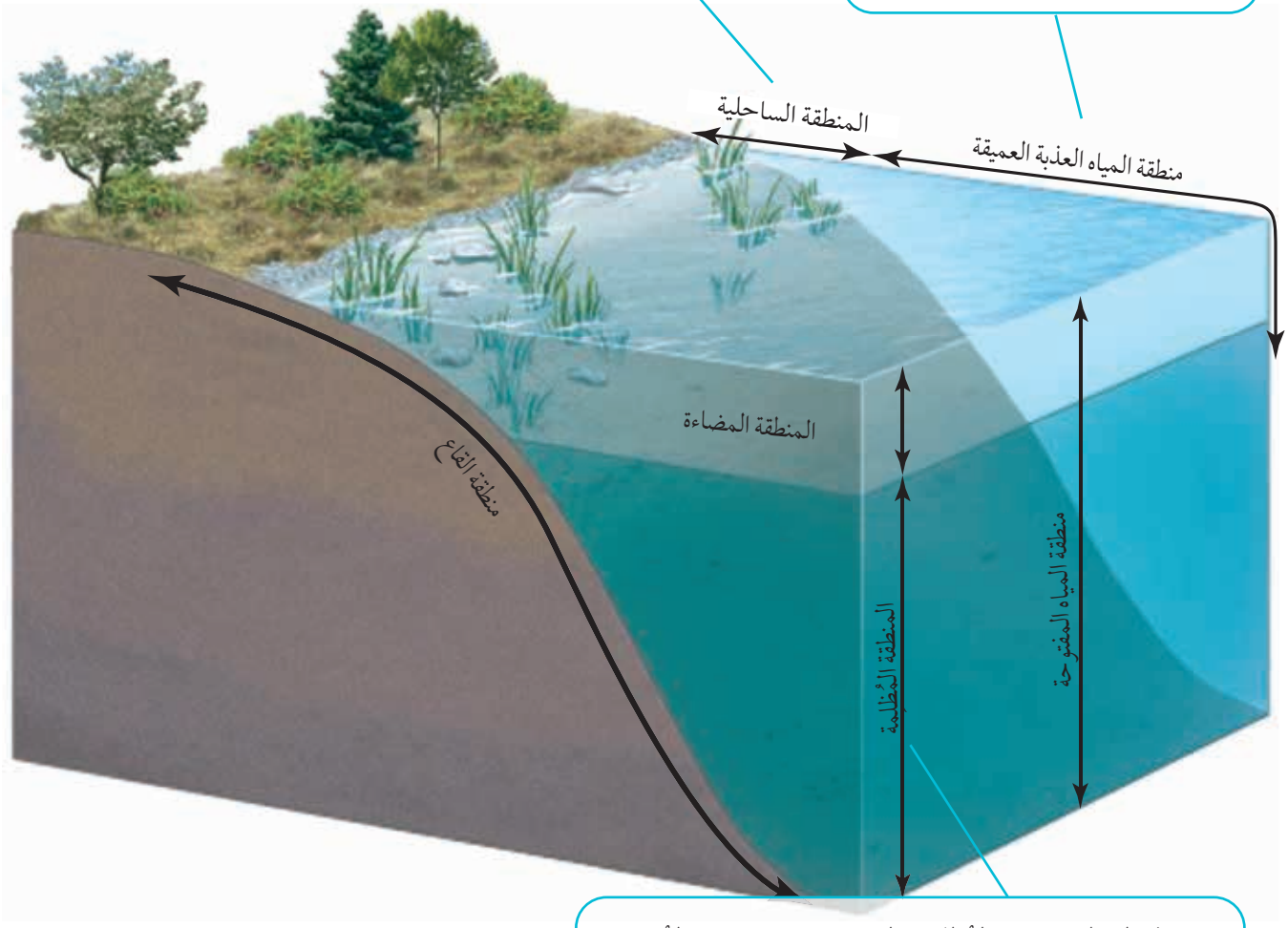
الأنظمة البيئية للمياه العذبة الراكدة Lentic Freshwater System

تُعَـدُّ البحيرات والبِـرَك من أكثر مصـادر المياه العذبة الراكدة شـيوعًا. وفيهـا يُصنَّـف النظام البيئي إلـى مناطق عِدَّة، أنظر الشـكل (22).

الشكل (22): خصائص النظام البيئي لمناطق المياه العذبة الراكدة.

تسود في هذه المنطقة العوالق بنوعيها؛ النباتية، والحيوانية. وهي تمتاز بوجود كثير من أشكال الحياة فيها؛ ما يجعلها أساس السلاسل الغذائية في النظام البيئي لمناطق المياه العذبة الراكدة.

تمتاز هذه المنطقة بمياهها الضحلة الدافئة؛ ما يجعلها بيئة مناسبة لأنواع عِدَّة من الطحالب، والنباتات المائية، والمحار، والقشريات، والبرمائيات، وبعض الحشرات. وتُعَدُّ الكائنات الحية التي تعيش فيها مصدرًا لغذاء حيوانات أُخرى، مثل: البط، والسلاحف.



تمتاز هذه المنطقة بمياهها المُظلِمة والباردة، وانخفاض عدد المُنتِجات فيها؛ لعدم وصول أشعة الشمس إلى الأعماق في مياهها. ولهذا، فإنَّ معظم أشكال الحياة فيها من المُستهلِكات التي تتغذّى بالكائنات الميتة التي تصل من الطبقات العليا.

✓ **أتحقَّق:** ما أشكال الحياة في المنطقة المُظلِمة؟

الشكل (23): الأراضي الرطبة.

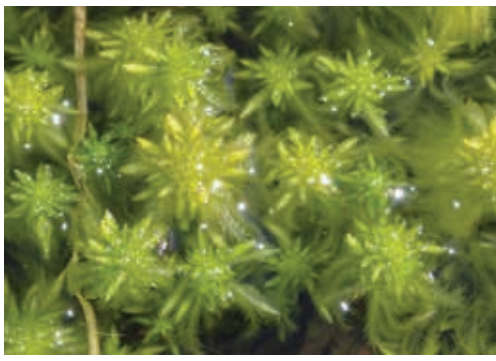
الأنظمة البيئية للأراضي الرطبة Wetland Freshwater Ecosystems

يُطلَق على المساحات التي تغمر المياه تربتها، أو تملأ الفراغات بين حبيباتها حتى سطح التربة أو قريبًا من السطح طوال العام أو معظمه، اسم **الأراضي الرطبة Wetlands**. وهي تُصنَّف إلى أربع مناطق يُبيِّنها الشكل (23).

أتحقَّق: ما المقصود بالأراضي الرطبة؟

الرَّخاخ Bogs

تنشأ هذه المنطقة عندما يبدأ نمو نبات حزازي من جنس سفاغنوم ***Sphagnum*** على حواف بحيرة، واستمراره في النمو ببطء حتى يملأ البحيرة كلها، وقد ينمو السفاغنوم على الأرض. عند جفاف هذا النبات، فإنَّه يمنع تبخُّر مياه الأمطار المُحتجَزة في التربة، التي تُعَدُّ مصدر المياه فيها، أنظر الشكل (24).



الشكل (24): حزاز من جنس سفاغنوم ***Sphagnum*** في منطقة الرَّخاخ.

تمتاز منطقة الرَّخاخ بأنَّها بيئة فقيرة بالمُغذِّيات، وبمياهها ذات الرقم الهيدروجيني pH المنخفض (pH=3-5)، وبتربتها المشبعة بالماء؛ لذا، فإنَّ عددًا قليلًا من الأنواع النباتية والحيوانية تكيَّف للعيش فيها. ومن أشهر هذه الأنواع النباتات الآكلة اللحوم، أنظر الشكل (25).

أُفكِّر: ما سبب انخفاض الرقم الهيدروجيني في منطقة الرَّخاخ؟

تُسهِم هذه المنطقة في الحدِّ من حدوث الفيضانات باحتجازها مياه الأمطار في الأراضي المُغطّاة بالحزازيات، وتُسهِم أيضًا في الحدِّ من تغيُّر المناخ بخزنها الكربون في ترسُّبات الحزازيات.

الشكل (25): نبات آكل للحوم.

الفينات Fens

تمتاز هذه المنطقة بأراضيها المنخفضة الرطبة التي تنمو فيها الحزازيات، وترشح إليها المعادن والمُغذِّيات من التربة المحيطة، وبمياهها التي من مصادرها المياه الجوفية، وتمتاز أيضًا بأنَّها موطن لعدد من النباتات، مثل الأعشاب، علمًا بأنَّ استمرار نمو الحزازيات وتراكم الخُثِّ فيها يتسبَّب في ارتفاع مستوى الأرض؛ ما يمنع وصول المياه إليها من المصادر المحيطة، ثم تتحوَّل إلى رَخاخ بمرور الزمن.

الأهوار Marshes

تمتاز هذه المنطقة بأراضيها الرطبة التي تنمو فيها النباتات العشبية، ويغمرها الماء من المُسطَّحات المائية القريبة مثل ضفاف الأنهار، أو من المياه الجوفية غالبًا. وهي تُعَدُّ بيئة غنية بالمُغذِّيات، وكذلك تمتاز بتربتها الرملية أو الطينية؛ ما يجعلها موطنًا للعديد من النباتات، مثل: زنابق الماء، والقصب، والخيزران، والبَرْدِي؛ وبعض الحيوانات، مثل: مالك الحزين، والقنادس، وجرذان المسك، أنظر الشكل (26).

تُسهِم الأهوار في تجديد مصادر المياه الجوفية، وتحدُّ من حدوث الفيضانات.

المستنقعات Swamps

تمتاز هذه المنطقة بأراضيها الرطبة التي تنتشر فيها الأشجار على طول ضفاف الأنهار ذات التدفُّق البطيء، وبتربتها المشبعة بالماء، وبمياهها الغنية بالمادة العضوية، ومن أهم الأشجار التي تنمو فيها: القيقب، والسرو.

تُعَدُّ المستنقعات موطنًا لعدد من الحيوانات، مثل: الطيور، واللافقاريات، والتماسيح، أنظر الشكل (27).

✓ أتحقَّق:

أُقارِن بين الأهوار والمستنقعات من حيث الكائنات الحية التي تعيش في كلٍّ من هاتين المنطقتين.

الشكل (26): نبات زنبق الماء الأصفر.

الشكل (27): قاطور في أحد مستنقعات كاليفورنيا.

أبحث: عثرت مجموعة من حفّاري الخُثِّ Peat في خمسينيات القرن الماضي على جثَّة رجل محفوظة في إحدى مناطق الرَّخاخ. وقد اعتقد العلماء أنَّها دُفِنت عام 405 قبل الميلاد.

أبحث في مصادر البحث المناسبة عن الأسباب التي أدَّت إلى بقاء جثَّة الرجل وعدم تحلُّلها، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

الشكل (28): النظام البيئي في مصبات الأنهار.

الأنظمة البيئية في مصبات الأنهار Estuaries Ecosystems

تُمثِّل **مصبات الأنهار Estuaries** المنطقة الانتقالية التي تلتقي فيها مياه الأنهار العذبة بمياه البحر المالحة، أنظر الشكل (28).

تختلف مصبات الأنهار من حيث الخصائص تبعًا لموقعها الجغرافي، والنمط المناخي السائد فيها. فمثلًا، تغمر مياه المَدِّ الأراضي المنخفضة، وتُحتجَز المياه فيها. وما إنْ تتبخَّر المياه حتى تظل الأملاح على حالها، ثم تتكوَّن مستنقعات الملح Salt Marshes نتيجة تكرار حركة المَدِّ، وتكون مُغطّاة بطبقة عضوية سطحية يُطلَق عليها اسم الخُثِّ Peat، وهي طبقة قليلة التشبُّع بغاز الأكسجين، وتنمو فيها بكتيريا تستمد الطاقة عن طريق أكسدة كبريتيد الهيدروجين؛ ما يُسبِّب انتشار رائحة فيها تُشبِه رائحة البيض الفاسد.

✓ **أتحقَّق:** ما سبب ملوحة مياه المصبات في مستنقعات الملح؟

تختلف الشبكات الغذائية في مصبات الأنهار عنها في بقية الأنظمة البيئية من حيث المُنتِجات؛ فهي لا تُعَدُّ غذاءً للمُستهلِكات الأولى، خلافًا لمادتها العضوية التي تنزل إلى الأسفل بعد موتها، وتُمثِّل غذاءً للمحار والديدان والإسفنج.

تُعَدُّ مصبات الأنهار أنظمة بيئية مهمة اقتصاديًّا؛ إذ تنمو فيها أعداد كبيرة من الأسماك والقشريات، وتقصدها بعض أنواع طيور الماء لبناء الأعشاش، والحصول على الغذاء والراحة في أثناء مواسم هجرتها. وتبدو هذه المصبات أشبه بمصافٍ ضخمة؛ إذ إنَّها تحتجز الرسوبيات والمُلوِّثات، وتمنع وصولها إلى المحيطات.

أتحقَّق:

ما مصدر غذاء أنواع المحار والقشريات التي تعيش في مصبات الأنهار؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن المخاطر التي تُهدِّد الأنظمة البيئية في مصبات الأنهار، والجهود المبذولة لحمايتها، ثم أُعِدُّ فلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الدرس

1. أُوضِّح المقصود بكلٍّ من: منطقة السهل الفيضي، والأراضي الرطبة، والأهوار، والفينات.
2. **أُفسِّر** كلًّا من العبارات الآتية:

أ. تكون عضلات أجسام الأسماك التي تعيش في منطقة المنبع قوية.

ب. تعيش النباتات الآكلة اللحوم في الرَّخاخ.

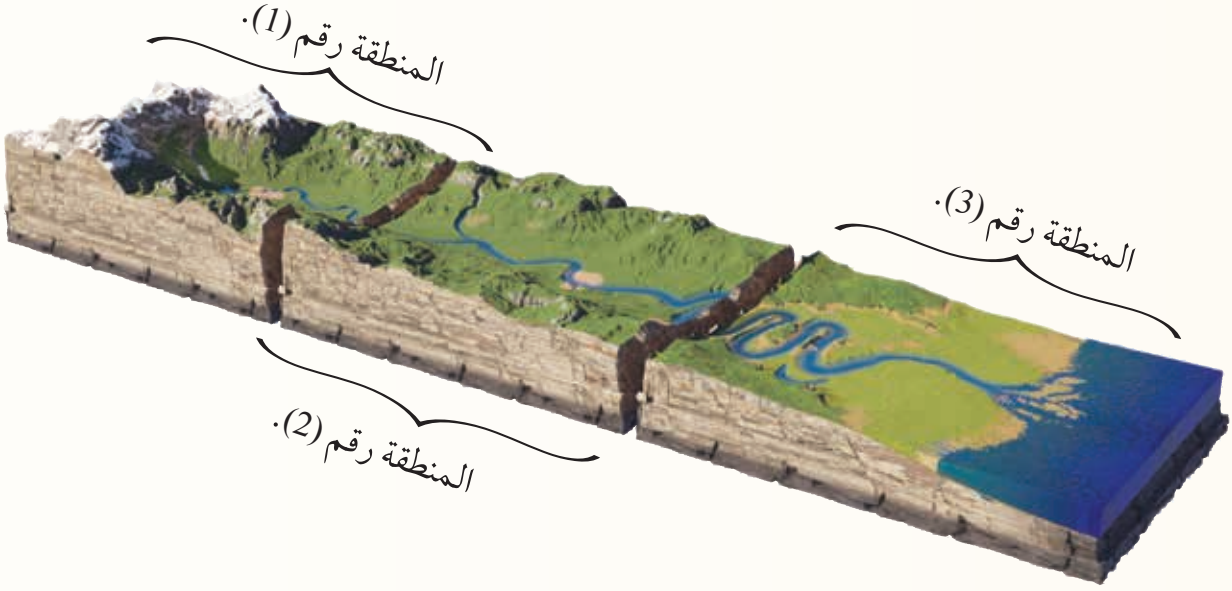
جـ. تتكوَّن مستنقعات الملح في الأنظمة البيئية لمصبات الأنهار.

3. أتأمَّل الرسم التالي، ثم أُجيب عن الأسئلة الآتية:

أ. أكتب اسم المنطقة التي يُمثِّلها كلٌّ من الأرقام: (1)، و (2)، و (3).

ب. أَصِف خصائص الماء في المنطقة رقم (1) من حيث: درجة الحرارة، وسرعة جريان الماء، ونسبة الأكسجين، وعمق المجرى.

جـ. ما نوع الكائنات الحية التي تعيش في المنطقة رقم (3)؟



منهاجي
متعة التعليم الهادف

أثر التلوُّث البلاستيكي في الأنظمة البيئية للمياه العذبة

Toxic Effect of Plastic Pollution on Freshwater Ecosystems

لاحظ العلماء ازديادًا في نسبة تلوُّث البيئات المائية بالمواد البلاستيكية الميكروية والنانوية. ولدراسة أثر هذه المُلوِّثات في الكائنات الحية ضمن الأنظمة البيئية للمياه العذبة، فقد أجرى فريق منهم تجربة عُرِّض فيها نوع من أسماك دانيو المُخطَّطة ***Danio rerio*** لمواد بلاستيكية ذات تراكيز مقبولة عالميًّا من المواد البلاستيكية الميكروية أيامًا عِدَّةً. بعد ذلك لاحظ العلماء أنَّ تعرُّض الأسماك لهذه المواد أفضى إلى تراكم النيتريت (Nitrite) وحمض الثيوباربيتيوريك (Thiobarbituric Acid) في أجسامها التي فقدت القدرة على التخلُّص منها. وقد لاحظ العلماء أيضًا أنَّ تراكم هذه السموم أدّى إلى موت خلايا الدم الحمراء في أجسام الأسماك؛ ما أثَّر سلبًا في جميع السلاسل الغذائية في تلك الأنظمة البيئية.

وسعيًا للتخلُّص من المُلوِّثات البلاستيكية الميكروية والنانوية؛ طوَّر العلماء نوعًا من الفحم الحيوي المُنشَّط، اعتمادًا على التحلُّل الحراري لبقايا بعض أنواع الطحالب؛ إذ عملوا على تنشيطه بإضافة أحد أكاسيد الحديد، مثل أكسيد الحديد الأسود الثلاثي Fe_3O_4 الذي ينجذب إلى المغناطيس.

عند وضع هذا الفحم في البيئات المائية المُلوَّثة، فإنَّ جزيئات البلاستيك الميكروية والنانوية تلتصق بالفحم الذي يجذبه المغناطيس من دون أنْ يُسبِّب ذلك تلوُّثًا للبيئة المائية.

أسماك دانيو المُخطَّطة

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الآثار السلبية للتلوُّث البلاستيكي في البيئات المائية، ومساعي العلماء للحدِّ منها، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أقرأه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

السؤال الأول:

لكل فقرة من الفقرات الآتية أربع إجابات، واحدة فقط صحيحة، أُحدِّدها:

1. نسبة الطاقة الشمسية التي تستفيد منها المُنتِجات هي:
   أ. 100% ب. 10% جـ. 1% د. 20%
2. إحدى العمليات الآتية تؤدي إلى تحوُّل المواد العضوية في النفط إلى مواد غير عضوية تستفيد منها النباتات:
   أ. التجوية. ب. تكوُّن الصخور الرسوبية.
   جـ. التحفُّر. د. حرق الوقود الأحفوري.
3. إحدى مناطق الأراضي الرطبة الآتية يُغطّيها نبات السفاغنوم:
   أ. الفينات. ب. الرَّخاخ.
   جـ. المستنقعات. د. الأهوار.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (✗) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. تأخذ النباتات النيتروجين مباشرة من الهواء الجوي في صورته الجزيئية N_2. ( )
2. يُقصَد بالنترتة تحويل النترات إلى نيتريت. ( )
3. يحدث الانقلاب المائي في فصلي الصيف والشتاء. ( )
4. تساعد كثافة مياه المحيط على بقاء العوالق قريبةً من السطح، حيث يصلها ضوء الشمس، وتتمكَّن من القيام بعملية البناء الضوئي. ( )
5. تمتاز منطقة السهل الفيضي بأنَّها أكثر اتساعًا، وأقل تشبُّعًا بغاز الأكسجين. ( )

السؤال الثالث:

أُفسِّر كلًّا ممّا يأتي:

1. يؤدي البرق إلى تكوُّن أيونات النترات في التربة.
2. تحدث عمليات البناء الكيميائي عند الفتحات الحرارية المائية.
3. تُسهِم منطقة الرَّخاخ في الحدِّ من تغيُّر المناخ.
4. تفوح رائحة تُشبِه البيض الفاسد من مستنقعات الملح.

السؤال الرابع:

يعيش في الأعماق المُظلِمة من المحيطات نوع من الأسماك اسمه أبو الشص، أنظر الشكل. وفيه يمتد من الرأس نتوء نهايته كروية مُتوهِّجة، ويُستخدَم هذا النتوء في استدراج الفرائس.

يصدر الضوء في هذه الأسماك عن نوع من البكتيريا يرتبط بعلاقة معها؛ إذ تُوفِّر له المأوى، وتستخدمه -في الوقت نفسه- وسيلةً للحصول على ما يَلزمها من مُغذِّيات.

بناءً على ما تعلَّمْتُه سابقًا عن العلاقات بين الكائنات الحية:

- ما نوع هذه العلاقة؟
- ماذا سيحدث لكلٍّ من الأسماك والبكتيريا إنْ لم تكن هذه العلاقة موجودة؟

السؤال الخامس:

تحتوي أنسجة الخشب في سيقان النباتات وأوراقها على مادة اللغنين، وهي مادة بطيئة التحلُّل بسبب انخفاض محتواها من عنصر الكربون بالنسبة إلى الكائنات الحية المُحلِّلة (التحلُّل الحيوي).

وفي المقابل، تُسهِم أشعة الشمس في تفكيك المُركَّبات العضوية على سطح التربة، في ما يُسمّى التحلُّل غير الحيوي، الذي افترض العلماء أنَّه أكثر فائدة. وقد اعتقد العلماء أنَّ مادة اللغنين تمتص أشعة الشمس على نحوٍ أكثر كفاءة من السليلوز الموجود في جُدُر الخلايا النباتية؛ ما يزيد من معدَّلات التحلُّل غير العضوي.

يُبيِّن الجدول الآتي نتائج دراسة أَعَدَّها العلماء لاختبار أثر تركيز مادة اللغنين في التحلُّل الحيوي والتحلُّل غير الحيوي:

التحلُّل الحيوي		التحلُّل غير الحيوي	
النسبة المئوية لمادة اللغنين	النسبة المئوية لتناقص الكتلة (g/ يوم)	النسبة المئوية لمادة اللغنين	النسبة المئوية لتناقص الكتلة (g/ يوم)
0	0.29	0	0.01
5	0.15	5	0.07
8	0.13	9	0.10
13	0.11	14	0.13
17	0.10		

1. بناءً على البيانات الوارد ذكرها في الجدول، أَصِف العلاقة بين تركيز مادة اللغنين ومعدَّل تناقص الكتلة الناتج من التحلُّل الحيوي والتحلُّل غير الحيوي.
2. أُفسِّر سبب تأثير تركيز هذه المادة في معدَّل عمليات التحلُّل.
3. هل يدعم ذلك فرضية الدراسة؟
4. هل تتوقَّع أنَّ ارتفاع تركيز هذه المادة سيُخفِّض معدَّلات التحلُّل في بيئات تتصف بالجفاف وطول زمن الإضاءة مثل الصحارى والتندرا؟ أُفسِّر إجابتي.

السؤال السادس:

تُلحِق الحرائق الموسمية خسائر بالغطاء النباتي، وتُدمِّر عددًا من المُغذِّيات على سطح التربة. كيف يُؤثِّر ذلك في الموارد البيئية في تلك المناطق؟

السؤال السابع:

تسبَّبت خنفساء الصنوبر الجبلية ***Dendroctonus ponderosae*** في خسارة الملايين من أشجار الصنوبر في غابات أمريكا الشمالية في العقد الماضي؛ لذا أَعَدَّ بعض العلماء دراسة عن أثر إصابة غابات الصنوبر بهذا النوع من الخنافس في دورة الكربون في الطبيعة. وتضمَّنت الدراسة تقدير نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون المُستهلَك

منهاجي
متعة التعليم الهادف

في عمليات البناء الضوئي، ونسبة هذا الغاز الناتج من عمليات التنفُّس. وقد انتهت هذه الدراسة إلى النتائج التي يُبيِّنها الجدول الآتي:

	نسبة CO_2 المُستهلَك في عمليات البناء الضوئي بوحدة $(g/m^2/yr)$	نسبة CO_2 الناتج من عمليات التنفُّس بوحدة $(g/m^2/yr)$
قبل الإصابة بخنفساء الصنوبر الجبلية	440	408
بعد الإصابة بخنفساء الصنوبر الجبلية	400	424

1. هل زوَّدت غابات الصنوبر الهواء الجوي بغاز ثاني أكسيد الكربون، أم أنَّها عملت على استهلاك هذا الغاز من الهواء قبل الإصابة بخنفساء الصنوبر الجبلية؟
2. هل زوَّدت غابات الصنوبر الهواء الجوي بغاز ثاني أكسيد الكربون، أم أنَّها عملت على استهلاك هذا الغاز من الهواء بعد الإصابة بخنفساء الصنوبر الجبلية؟
3. في رأيك، كيف سيُؤثِّر ذلك في دورة الكربون في الطبيعة خلال 100 عام؟

مسرد المصطلحات

(أ)

اختزال النترات Denitrification: تحوُّل النترات (NO_3^-) إلى نيتروجين بصورته الغازية (N2).

الأراضي الرطبة Wetlands: المساحات التي تغمر المياه تربتها، أو تملأ الفراغات بين حبيباتها حتى سطحها، أو قريبًا من السطح طوال العام، أو معظم العام.

الاستجابة للمس Thigmotropism: نمو النبات استجابةً للتلامس مع جسم صُلْب، كما في التفاف محاليق العنب.

الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder: عمود مركزي يتكوَّن من الأنسجة الوعائية (الخشب، واللحاء) لجذر النبات.

الإقليم الحيوي Biome: الأنظمة البيئية التي توجد في منطقة مناخية واحدة.

الانتحاء الأرضي Gravitropism: استجابة النبات للجاذبية الأرضية.

الانتحاء الضوئي Phototropism: انحناء النبات استجابةً للضوء.

الانقلاب الفصلي للماء Seasonal Water Turnover: عملية خلط للماء تحدث في فصلي الربيع والخريف نتيجةً لتغيُّر درجات الحرارة بسبب تغيُّر الفصول.

الأهوار Marshes: أراضٍ رطبة يغمرها الماء من المُسطَّحات المائية القريبة، أو من المياه الجوفية غالبًا.

(ب)

البناء الكيميائي Chemosynthesis: عملية حيوية تُزوِّد بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة بالطاقة التي تَلزمها لصنع مُركَّباتها العضوية؛ بأكسدة بعض المُركَّبات غير العضوية، مثل: الهيدروجين H_2، وكبريتيد الهيدروجين H_2S، أو بأكسدة بعض المُركَّبات العضوية، مثل الميثان CH_4.

(ت)

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation: تحوُّل النيتروجين من حالته الغازية (N_2) إلى نترات (NO_3^-).

التحوُّل والانتخاب Transformation and Selection: إدخال البلازميد المُعدَّل جينيًّا في الخلية البكتيرية المُستهدَفة من التعديل الجيني، وتحوُّل الخلايا البكتيرية التي يَدخلها البلازميد إلى خلايا مُعدَّلة جينيًّا، وتعرُّف الخلايا التي دخلها البلازميد، واختيارها لعملية التكثير.

التلاصق Adhesion: التصاق مادة بأُخرى، مثل التصاق جزيئات الماء بالجُدُر الداخلية لنسيج الخشب بواسطة روابط هيدروجينية.

التليُّف الكيسي Cystic Fibrosis: طفرة على الكروموسوم رقم (7) تؤدي إلى حدوث خلل في القنوات الناقلة للأيونات خلال الأغشية البلازمية للخلايا الطلائية.

التكاثر الخضري Vegetative Reproduction: التكاثر اللاجنسي في النبات.

التماسك Cohesion: ارتباط الجزيئات المتشابهة بعضها ببعض عن طريق الروابط الهيدروجينية غالبًا.

(ج)

الجماعة Population: أفراد النوع الواحد الذين يعيشون معًا في البيئة نفسها.

جهد الماء Water Potential: الخاصية الفيزيائية التي تُحدِّد الاتجاه الذي سيتدفَّق فيه الماء، تبعًا لتركيز المواد الذائبة فيه.

الجين Gene: وحدة المعلومات الوراثية، وجزء من DNA ذو تسلسل مُحدَّد من النيوكليوتيدات. وتختلف الكروموسومات في ما بينها من حيث عدد الجينات التي تحملها.

الجينوم البشري Human Genome: جميع التعليمات الوراثية اللازمة لبناء الجسم وأداء وظائفه.

(ح)

الحمض النووي الرايبوزي Ribonucleic Acid (RNA): حمض نووي يؤدي دورًا مهمًّا في عملية تصنيع البروتينات.

(ر)

الربط Ligation: إضافة إنزيم الربط DNA Ligase للربط بين النهايات المفتوحة في البلازميد، ونهايات الجين المرغوب فيه؛ لإنتاج بلازميد مُعدَّل جينيًّا.

الرَّخاخ Bogs: أراضٍ رطبة تنشأ عندما ينمو نبات من الحزازيات من جنس سفاغنوم *Sphagnum* على سطح بحيرة، ويستمر السفاغنوم في النمو ببطء حتى يُغطّي سطح البحيرة كلها، وقد ينمو على سطح الأرض، ويؤدي جفافه إلى منع تبخُّر مياه الأمطار المُحتجَزة في التربة.

(ض)

ضغط الجذر Root Pressure: ضغط يتولَّد في جذر النباتات نتيجة الخاصية الأسموزية؛ ما يؤدي إلى خروج الماء من حافات الأوراق بعملية الإدماع.

الضِّمادات الذكية Smart Bandages: ضِمادات تحتوي على مِجسّات، ومعالج دقيق للبيانات، وعناصر تسخين، وحاملات أدوية مستجيبة للحرارة. تتصل هذه المُكوِّنات بشريط طبي شفّاف، مُشكِّلةً ضِمادة لا يزيد سُمْكها على 3 mm.

(ع)

العزل Isolation: عزل الجين المرغوب الموجود على أحد كروموسومات كائن حي عن الجينات الأُخرى.

عصارة الخشب Xylem Sap: محلول مُخفَّف من الماء و الأملاح المعدنية يُنقَل خلال الأوعية والقصيبات من نسيج الخشب إلى النبات.

عصارة اللحاء Phloem Sap: محلول غني بالسُّكَّر يُنقَل خلال الأنابيب الغربالية لنسيج اللحاء في النبات.

العمليات البيوجيوكيميائية Biogeochemical Processes: عمليات تنتقل خلالها المواد (مثل: الماء، والكربون، والنيتروجين، والفسفور) بين الكائنات الحية والبيئة.

(غ)

الغلاف الحيوي Biosphere: الجزء الذي تعيش فيه الكائنات الحية، ويمتد كيلومترات عِدَّة في الغلاف الجوي فوق سطح الأرض حتى أعماق المحيطات.

(ف)

الفينات Fens: أراضٍ رطبة تنمو فيها الحزازيات، وترشح إليها المعادن والمُغذِّيات من التربة المحيطة، وتُعَدُّ مياهها جزءًا من المياه الجوفية. وفي حال استمر نمو الحزازيات، فإنَّها تتحوَّل إلى رَخاخ.

(ك)

الكائن المُعدَّل جينيًّا Genetically Modified Organism: كائن حي نُقِل إليه جين أو أكثر لإكسابه صفة (أو صفات) مرغوبة.

كيس الجنين Embryo Sac: الطور الجاميتي الأنثوي للنباتات الزهرية الذي ينتج من نمو بوغ أنثوي، وانقسامه على شكل تركيب مُتعدِّد الخلايا. وهو يحوي ثماني أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية (1n).

(م)

المجتمع الحيوي Biological Community: جماعات حيوية تعيش معًا في البيئة نفسها.

المستوى الغذائي Trophic Level: مستوى واحد من السلسلة الغذائية.

المستنقعات Swamps: أراضٍ رطبة تسودها الأشجار على طول ضفاف الأنهار ذات التدفُّق البطيء.

مصبات الأنهار Estuary: منطقة انتقالية تلتقي فيها مياه الأنهار العذبة بمياه البحر المالحة.

مصفوفة DNA الدقيقة DNA Microarray: تكنولوجيا تُستخدَم في تقصّي بعض الاختلالات الجينية، والأمراض الناتجة منها، مثل بعض أنواع السرطان التي مردُّها إلى أسباب وراثية.

المطاعيم Vaccines: مواد تحوي جزءًا من مُسبِّب مرض مُعيَّن، أو مادته الوراثية، أو مُسبِّب المرض مُضعَّفًا أو مقتولًا. وما إنْ يأخذها الشخص حتى تحدث له استجابة مناعية أولية.

المعلوماتية الحيوية Bioinformatics: استخدام تكنولوجيا المعلومات وعلوم الحاسوب في دراسة العلوم الحياتية.

المناعة المجتمعية Herd Immunity: اكتساب عدد كبير من أفراد المجتمع مناعة من عدوى مُعيَّنة؛ إمّا بسبب الإصابة بها، وإمّا بسبب التطعيم، فيصعب على مُسبِّب المرض المُعْدي الانتقال من شخص إلى آخر.

(ن)

النترتة Nitrification: تحوُّل النيتريت (NO_2^-) إلى نترات (NO_3^-).

النسخ العكسي Reverse Transcription: نسخ سلسلة mRNA باستخدام إنزيم النسخ العكسي ومواد أُخرى ضرورية للحصول على نسخة DNA مُكمِّلة لها تُسمّى Complemetary DNA (cDNA).

النظام البيئي Ecosystem: المجتمعات الحيوية والعوامل غير الحيوية في البيئات التي تعيش فيها.

(هـ)

هرم الأعداد Pyramid of Numbers: هرم بيئي يُعبِّر فيه العلماء عن أعداد الكائنات الحية في المستويات الغذائية المُكوِّنة لسلسلة غذائية ما.

الهرم البيئي Ecological Pyramid: رسم هرمي يُعبِّر فيه العلماء عن انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية، أو أعداد الكائنات الحية، أو الكتلة الحيوية لنظام بيئي.

هرم الطاقة Pyramid of Energy: هرم بيئي يُعبِّر فيه العلماء عن انتقال الطاقة بين المستويات الغذائية المُكوِّنة لسلسلة غذائية ما.

هرم الكتلة الحيوية Pyramid of Biomass: هرم بيئي يُعبِّر فيه العلماء عن العلاقة بين المستويات الغذائية المختلفة من حيث الكتلة الحيوية الجافة في كل مستوى من المستويات الغذائية لسلسلة غذائية ما.

هندسة الجينات Genetic Engineering: تعديل التركيب الوراثي للكائن الحي بإضافة جينات أو أجزاء منها، واستبدالها، وحذفها.

1. Campbell, N., A., Urry, L., A., Cain, M., l., Wasserman, S., Minorsky, P., V., Reece, J., B., Biology a global approach, 11 th edition, Pearson education, INC., Boston, MASS., USA, 2018.

2. Campbell, N., A., Urry, L., A., Cain, M., l., Wasserman, S., Minorsky, P., V., Biology, 12 th edition, Pearson education, INC., Boston, MASS., USA, 2021.

3. David M., Michael S. and Mike S. Cambridge International AS & A Level Biology. Students Book. Harper Collins Publisher Limited 2020.

4. Dispezio, M., A., Frank, M., Heithaus, M. R., Sneider, C. I., HMH Science Dimensions ecology & Environment, Houghton Miffin Harcourt, 2018.

5. Evert, R., F., Eichhorn, S., E., Raven Biology of Plants, 8 th edition, W. H. Freeman, New York, USA, 2013.

6. Jackie,C. Sue, K. , Mike,S.m and Gareth, P. Cambridge IGCSE Biology. Harper Collins Publishers Limited 2014.

7. Kearsey. S., Cambridge IGCSE Biology, Collins, 2014.

8. Guimaraes, A. T. B., Charlie-Silva, I., Malafaia, G., Toxic effects of naturally-aged microplastics on zebrafish juveniles: A more realistic approach to plastic pollution in freshwater ecosystems, Journal of Hazardous Materials, 2021, volume (407): 124833.

9. Leventin, E., McMahon, K., Plants and Society, 8 th edition, Mc Graw Hill education, New York, USA, 2020.

10. Mary J., Richard F., Jennifer G., and DennisT Cambridge International AS & A level Biology Coursebook, Cambridge University Press, 2014.

11. Miller, T. G. JR, Spoolman, S.A., Essentials of Ecology, 5 th edition, Brooks/Cole Cengage Learning, Canada, 2009.

12. Miller.K.R., Miller & Levine biology, Pearson. 2010.

13. Palladino, Introduction to Biotechnology, 4th edition, Pearson, 2020.

14. Roth, Richard A, Freshwater Aquatic Biomes, Greenwood Press, London, 2009.

تم بحمد الله تعالى