الأحياء

كتاب الطالب

٩

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٥هـ - ٢٠٢٣ م

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الأحياء

كتاب الطالب

٩

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٥هـ - ٢٠٢٣م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

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

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

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

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

الطبعة التجريبية ٢٠٢٠ م، طُبعت في سلطنة عُمان

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

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

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٣٠٢ / ٢٠١٩ واللجان المنبثقة عنه

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

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

المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب الله ثراه-

حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
- حفظه الله ورعاه -

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

تحية العلم

جَـــلالَـــةَ الـسُّـــلْـطـان ... É``æ`d ÒÑ``°ûM É``æ`HO É``j

¿É``````eÓh ¢ù``````°ûf É``````H ... ¿É``Wƒ»``a Ö``©°ûdGh

وَلْـيَـــــــدُمْ مـــؤَيَّـــــدًا ... عـــاهِـــلاً مُـــمَـــجَّـــدًا

i ó``````àfi ¢Sf``````ØdÉH

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي ... أَوْفِـيـاءُ مِـنْ كِـرامِ الْعَرَبِ

فـارْتَقـــي هـــامَ السَّمـاء ... وَامْلَئي الْكَـــوْنَ ضيـــاء

AÉ``NôdÉH» `a©fh ..ó©°Sh

تقديم

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

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

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

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

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

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

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xi

كيف تستخدم هذا الكتاب xii

الوحدة السابعة: التغذيَّة في النبات

٧–١ أنواع التغذية ١٥

٧–٢ التمثيل الضوئي ١٦

٧–٣ الأوراق ١٧

٧–٤ المواد الناتجة عن عملية التمثيل الضوئي ٢٢

٧–٥ استقصاء عملية التمثيل الضوئي ٢٤

الوحدة الثامنة: الهضم في الإنسان

٨–١ الهضم ٣٥

٨–٢ القناة الهضمية ٣٨

الوحدة التاسعة: النقل في النبات

٩–١ جهاز النقل في النبات ٤٩

٩–٢ امتصاص الماء ونقله ٥٢

٩–٣ عملية النتح ٥٤

٩–٤ نقل الغذاء الجاهز في النبات ٥٨

الوحدة العاشرة: التحكُّم والتَّنظيم في النبات

١٠–١ التَّحكُّم والاستجابة في النباتات ٦٢

١٠–٢ الهرمونات النباتية ٦٤

مصطلحات علمية ٧٠

المقدمة

سوف تتعلَّم من خلال هذا المُقرَّر الكثير من الحقائق والمعلومات، كما ستكتسب مهارة التفكير مثل العُلماء. وقد تمَّت مواءمة كتاب الطالب – الأحياء للصف التاسع – وفق سلسلة كامبريدج للعلوم المُتكامِلة IGCSE.

تتضمَّن وحدات كتاب الطالب البنود الآتية:

الأسئلة

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

الأنشطة

تحتوي كل وحدة على أنشطة مُتنوّعة تهدف إلى مُساعدتك على تطوير مهاراتك العملية.

مُلخَّص

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

من المفيد أيضًا استخدام كتاب النشاط، الذي يُزوّدك بمجموعة من التمارين وأوراق العمل، تُساعدك على توظيف المعرفة التي اكتسبتها في تطوير مهاراتك في التعامل مع المعلومات وحل المشكلات، وكذلك صقل بعض مهاراتك العملية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

تتضمن كل وحدة مجموعة من الأقسام التي تُحدِّد الموضوعات الرئيسية التي تتناولها، وتساعدك على التنقُّل خلالها.

الوحدة السابعة

التغذية في النبات Plant nutrition

تغطّي هذه الوحدة:

- كيفية صنع الكربوهيدرات في النبات عن طريق عملية التمثيل الضوئي.
- تركيب ورقة النبات.
- دور الكلوروفيل في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تكيُّف ورقة النبات للقيام بعمليّة التمثيل الضوئي.
- كيفيّة الكشف عن النشا في ورقة نبات.
- استقصاء حاجة النبات إلى الكلوروفيل والضوء وغاز ثاني أكسيد الكربون لحدوث عملية التمثيل الضوئي.
- استقصاء تأثير شدّة الضوء على مُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.
- سبب حاجة النبات إلى أيونات النترات والماغنيسيوم.

مصطلحات علمية

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

مصطلحات علمية

التمثيل الضوئي Photosynthesis: هو العملية التي تصنع النباتات بواسطتها الكربوهيدرات من المواد الأوَّلية غير العضويَّة، باستخدام الطاقة الضوئية.

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

تذكَّر

لاحظ أن الكلوروفيل «لا يجذب» الضوء، بل يمتصّ الطاقة من الضوء.

نشاط

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

نشاط ٧-٤

استقصاء حاجة عملية التمثيل الضوئي إلى الكلوروفيل

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتَقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **احرص على حماية عينيك بوضع النظارة الواقية.**

- **احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.**
- **يتميَّز الكحول الإيثيلي بأنه سريع الاشتعال. أطفئ لهب بنزن قبل وضع الأنبوبة التي تحتوي على الكحول الإيثيلي في الماء الساخن.**
- **استخدم ملقطًا للتعامُل مع ورقة النبات.**

١ أزل النشا من نبات ذي أوراق مبرقشة كما في الرسم التخطيطي وذلك بوضعه في خزانة لبضعة أيام، ثم ضعه في مكان دافئ ومُشمس لبضعة أيام.

٢ اكشف عن وجود النشا في إحدى أوراق النبات (النشاط ٧-٢).

٣ ارسم الورقة كما تظهر قبل التجربة وبعدها، مُبيّنًا لون أجزائها.

أسئلة

١ ما هو العامل الضابط في هذا الاستقصاء؟

٢ علامَ تستدلّ من نتائجك عن الكلوروفيل وعملية التمثيل الضوئي؟

أسئلة

ترد في كل وحدة لتقييم معرفة الطلاب واستيعابهم للعلوم.

أسئلة

١-٧ اذكر مثالًا واحدًا على مادة عضوية.

٢-٧ ما المواد غير العضوية التي يستخدمها النبات لصُنع الكربوهيدرات؟

٣-٧ ما المقصود بالكلوروفيل؟ وما دوره في النبات؟

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

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- المُعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التمثيل الضوئي.
- دور الكلوروفيل في عملية التمثيل الضوئي.
- تركيب ورقة النبات.
- كيفية تكيُّف أوراق النبات للقيام بعملية التمثيل الضوئي بكفاءة.
- كيفية استخدام النبات للكربوهيدرات التي يتم صنعها في عملية التمثيل الضوئي وتخزينها.
- سبب حاجة النبات إلى أيونات النترات وأيونات الماغنيسيوم.
- الكشف عن النشا في ورقة نبات.
- كيفية القيام بتجارب لاستقصاء الحاجة إلى الكلوروفيل والضوء وثاني أكسيد الكربون لحدوث عملية التمثيل الضوئي.
- أهمّية التجربة الضابطة.
- كيفية استقصاء تأثير شدة الضوء ودرجة الحرارة على مُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.

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

أسئلة نهاية الوحدة

١ تقوم النباتات بعملية تُسمّى عملية التمثيل الضوئي.

أ. اكتب المعادلة اللفظية لعملية التمثيل الضوئي.

ب. انسخ الجدول الآتي وأكمله:

الجُزيء	عدد ذرّات غاز الأكسجين في الجُزيء الواحد	عدد ذرّات الكربون في الجُزيء الواحد	عدد ذرّات الهيدروجين في الجُزيء الواحد
غاز ثاني أكسيد الكربون			
الماء			
الجلوكوز			
غاز الأكسجين			

ج. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التمثيل الضوئي.

قائمة رموز المواد الإثرائية لمادّة الأحياء			
النوع	المصطلحات العلمية	أسئلة اختيار من متعدِّد	الأنشطة الإثرائية
QR Code			

الوحدة السابعة

التغذية في النبات Plant nutrition

تغطّي هذه الوحدة:

- كيفية صنع الكربوهيدرات في النبات عن طريق عملية التمثيل الضوئي.
- تركيب ورقة النبات.
- دور الكلوروفيل في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تكيُّف ورقة النبات للقيام بعمليّة التمثيل الضوئي.
- كيفيّة الكشف عن النشا في ورقة نبات.
- استقصاء حاجة النبات إلى الكلوروفيل والضوء وغاز ثاني أكسيد الكربون لحدوث عملية التمثيل الضوئي.
- استقصاء تأثير شدّة الضوء على مُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.
- سبب حاجة النبات إلى أيونات النترات والماغنيسيوم.

٧-١ أنواع التغذية

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى تناول مواد غذائية متنوِّعة. تُستخدَم بعض هذه المواد الغذائية لبناء أجزاء جديدة، أو لترميم الأجزاء القديمة من أجسامها، أو لتحرير الطاقة اللازمة. تُعرف عملية تناول تلك المواد الغذائية باسم **التغذية Nutrition.**

لا يستطيع أيّ من الحيوانات والفطريات، وكذلك الإنسان، أن يصنع غذاءه بنفسه؛ فهو يتغذّى على **المواد العضوية Organic substances** (الكربوهيدرات والبروتينات والدهون) التي تصنعها النباتات. تتغذّى بعض الحيوانات على حيوانات أخرى، ولكن جميع المواد العضوية التي تنتقل من حيوان إلى حيوان آخر، صنعتها النباتات في الأصل. ستقوم بدراسة التغذية في الإنسان والحيوان في الوحدة الثامنة.

تقوم النباتات الخضراء بصنع غذائها بنفسها، وتستخدم في ذلك **مواد غير عضوية Inorganic substances** بسيطة تتمثَّل في غاز ثاني أكسيد الكربون والماء والأملاح المعدنية التي تحصل عليها من الهواء والتربة. تقوم النباتات باستخدام تلك المواد البسيطة لبناء مواد مُعقَّدة، فتنتج الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات التي تحتاج إليها.

مصطلحات علمية

المواد العضوية Organic substances: هي موادّ كيميائية مصدرها موادّ حيَّة، كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

المواد غير العضوية Inorganic substances: هي موادّ كيميائية بسيطة، مصدرها موادّ غير حيَّة، كالمعادن والماء.

٢-٧ التمثيل الضوئي

تصنع النباتات الخضراء سُكَّر الجلوكوز من غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، وفي الوقت ذاته يتم إنتاج غاز الأكسجين.

إذا قمت بخلط غاز ثاني أكسيد الكربون والماء معًا، فلن ينتج عن ذلك سُكَّر الجلوكوز أبدًا، إذ يجب توفير كمّية من الطاقة لهاتَين المادتَين كي تتفاعلا وتتَّحدا معًا. وتستخدم النباتات الخضراء طاقة ضوء الشمس للقيام بهذا التفاعُل الذي يُسمّى **التمثيل الضوئي Photosynthesis**، حيث يتمّ خلال هذه العملية بناء مُركّبات عضوية باستخدام الطاقة الضوئية.

مصطلحات علمية

التمثيل الضوئي Photosynthesis: هو العملية التي تصنع النباتات بواسطتها الكربوهيدرات من المواد الأوَّلية غير العضويَّة، باستخدام الطاقة الضوئية.

الكلوروفيل

لا يكفي سقوط أشعَّة الشمس على الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون لكي يتفاعلا معًا لإنتاج الجلوكوز، بل يجب امتصاص طاقة ضوء الشمس، ثم استخدامها في التفاعل. وتحتوي النباتات الخضراء على مادة تقوم بذلك، تُسمّى **الكلوروفيل Chlorophyll**.

الكلوروفيل صبغة خضراء اللون تمنح النباتات لونها الأخضر وتوجد داخل البلاستيدات الخضراء في الخلايا النباتية. فعندما يسقط ضوء الشمس على جُزيء الكلوروفيل، يمتصّ هذا الجُزيء بعضًا من طاقة الضوء ثم يُطلقها في سلسلة من التفاعُلات خلال عملية التمثيل الضوئي، وذلك لتفكيك الروابط الكيميائية في جُزيئات غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، وإعادة ربطها بطرق مختلفة لإنتاج الجلوكوز. ويحدث هذا بمساعدة الأنزيمات الموجودة داخل البلاستيدات الخضراء. إذ يحتوي الجلوكوز الناتج على طاقة كانت في الأصل مُختزَنة في ضوء الشمس، وتم تحويلها من طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التمثيل الضوئي.

مُعادلة عملية التمثيل الضوئي

تُكتب مُعادلة التمثيل الضوئي اللفظية كما يلي:

$$\text{ثاني أكسيد الكربون + الماء} \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء الشمس}} \text{جلوكوز + أكسجين}$$

لتحديد عدد الجُزيئات المُشارِكة في التفاعُل، يجب كتابة معادلة كيميائية موزونة. تذكَّر أن غاز ثاني أكسيد الكربون يحتوي على ذرَّتَين من غاز الأكسجين وذرَّة واحدة من الكربون، لذا فإن صيغته الجُزيئية هي CO_2. أما الصيغة الجُزيئية للماء فهي H_2O، والصيغة الجُزيئية لجُزيء الجلوكوز هي $C_6H_{12}O_6$. ويتكوَّن جُزيء الأكسجين من ذرَّتَي أكسجين، ولذا يُعبَّر عنه بالصيغة O_2.

وبناء على ذلك، تكون المُعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التمثيل الضوئي:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء الشمس}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

أسئلة

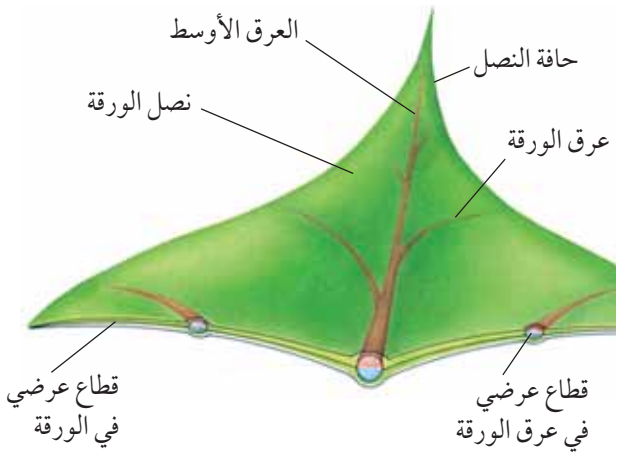
٧-١ اذكر مثالًا واحدًا على مادة عضوية.

٧-٢ ما المواد غير العضوية التي يستخدمها النبات لصُنع الكربوهيدرات؟

٧-٣ ما المقصود بالكلوروفيل؟ وما دوره في النبات؟

٧-٣ الأوراق

تحدث عملية التمثيل الضوئي داخل **البلاستيدات الخضراء Chloroplasts**، حيث توجد فيها الأنزيمات المسؤولة عن تسريع التفاعُلات الكيميائية، والكلوروفيل المسؤول عن إمداد عملية التمثيل الضوئي بالطاقة. توجد معظم البلاستيدات الخضراء عادة في خلايا الأوراق، وتُعدّ ورقة النبات مصنع الكربوهيدرات. ولهذا فهي تتكيَّف بتركيب خاصّ يسمح بحدوث عمليَّة التمثيل الضوئي في أسرع وقت ممكن وبكفاءة عالية.

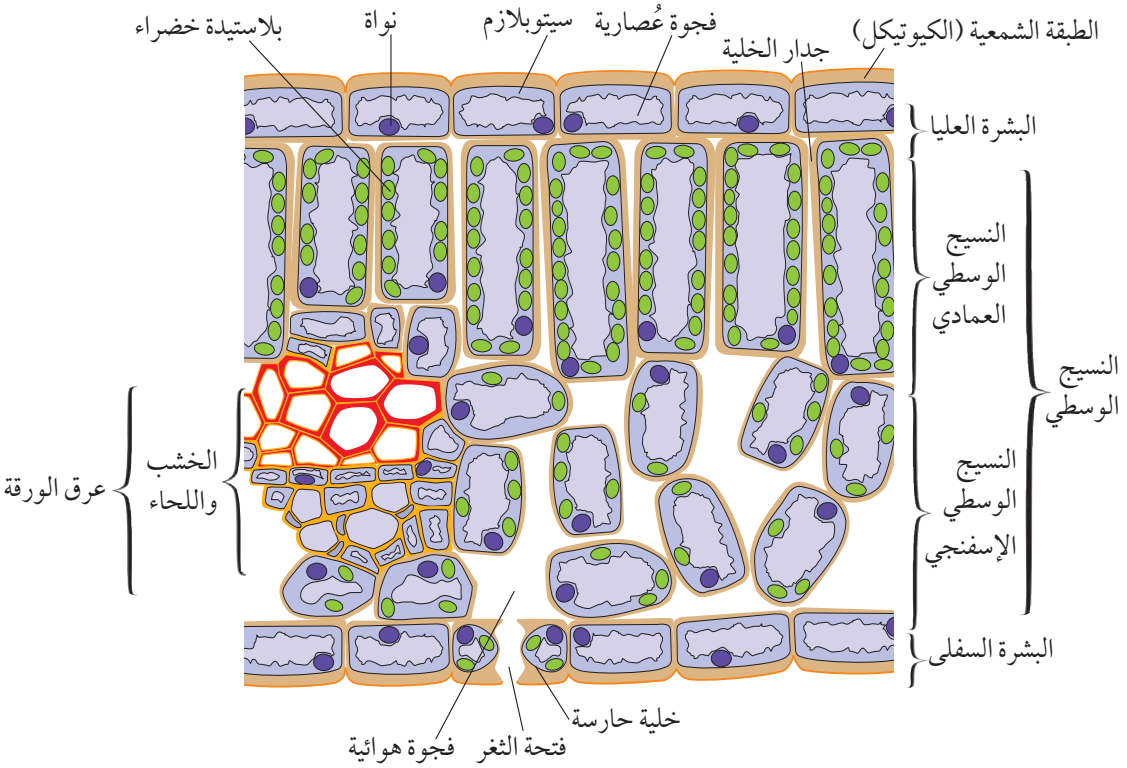


الشكل ٧-١ تركيب ورقة النبات

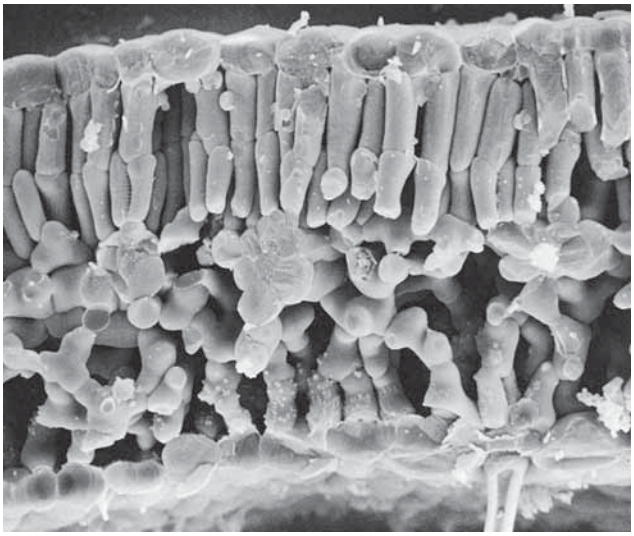
تركيب أوراق النباتات ذوات الفلقتَين

تتميَّز النباتات ذوات الفلقتَين بأوراق عريضة ورقيقة (ذات سمك قليل)، كنبات الورد. تتكوَّن الورقة من الجُزء العريض المُسطَّح من النبات والذي يُسمّى بنصل الورقة (الشكل ٧-١)، وهو يرتبط بالساق بواسطة عنق الورقة. وتمرّ عبر عنق الورقة **حزم وعائية Vascular bundles** تُشكِّل عروق الورقة. وتحتوي هذه الحُزم الوعائية على أنابيب دقيقة تُسمّى الخشب واللحاء، وهي تنقل المواد الغذائية والماء من الورقة وإليها. سوف نتناول موضوع الحزم الوعائية ودور الساق بمزيد من التفصيل في الوحدة التاسعة.

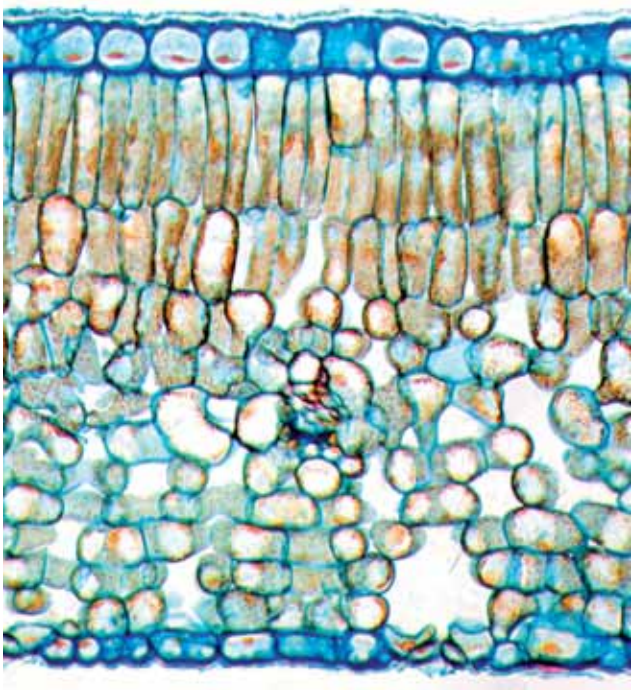
على الرغم من أن ورقة النبات تبدو رقيقة، إلا أنها تتكوَّن في الواقع من عدَّة طبقات من الخلايا. يمكنك أن ترى هذه



الشكل ٧-٢ قطاع عرضي في ورقة نبات ذي فلقتين



الصورة ٧ـ١ تمّ التقاطها بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (250 ×)، وهي تُظهر الخلايا داخل ورقة نبات



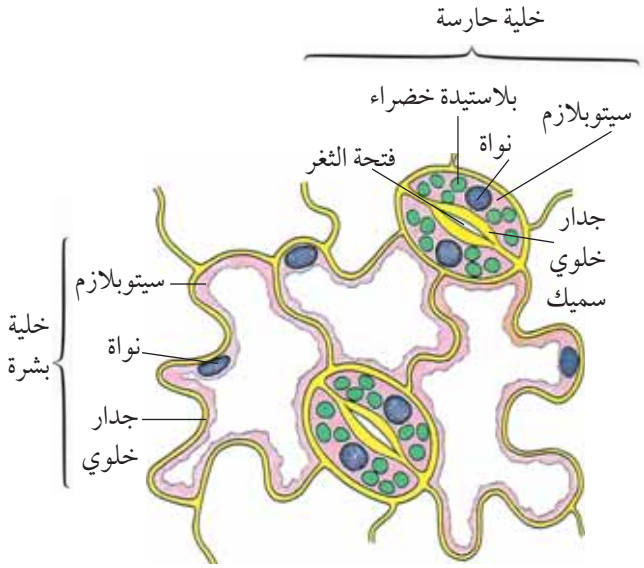
الصورة ٧ـ٢ تمّ التقاطها بواسطة مجهر ضوئي (225 ×)، وهي تُظهر قطاعًا عرضيًا في ورقة من نبات الشاي. حدِّد طبقات الخلايا المختلفة المُبَيّنة في الصورة كما تمَّت تسميتها في الشكل ٧ـ٢

الطبقات إذا نظرت إلى قطاع عرضي لورقة النبات تحت المجهر (الشكل ٧-٢، والصورتان ٧-١ و ٧-٢).

تُغطّي كلًا من الجُزء العلوي والجُزء السفلي من الورقة طبقة من الخلايا المتراصَّة معًا تُسمّى **البشرة Epidermis** (الشكل ٧-٢ و ٧-٣ والصورة ٧-٣). ولا تحتوي هذه الخلايا على البلاستيدات الخضراء، وتتمثَّل وظيفتها الرئيسية في حماية الطبقات الداخلية من خلايا الورقة. غالبًا ما تفرز خلايا طبقة البشرة العليا مادة شمعية تُسمّى **الكيوتيكل Cuticle**، تُسهم في منع تبخُّر الماء وفقدانه من الورقة. وقد توجد في بعض الأحيان طبقة شمعية تُغطّي البشرة السفلى من الورقة أيضًا.

توجد في البشرة السفلى فتحات صغيرة تُسمّى **الثغور Stomata**، ويحيط بكل منها زوج من الخلايا التي تُسمّى **الخلايا الحارسة Guard cells**. تتحكَّم الخليتان الحارستان في آليَّة فتح الثغر وإغلاقه، وتحتوي على بلاستيدات خضراء بعكس خلايا البشرة الأخرى التي تخلو منها.

تُسمّى الطبقات الوسطى من الخلايا في الورقة باسم **النسيج الوسطي Mesophyll** وهي تقع بين البشرة العليا والبشرة السفلى. وتحتوي جميع الخلايا في هذا النسيج على البلاستيدات الخضراء. ونرى أن الخلايا الأقرب



الشكل ٧ـ٣ منظر سطحي للبشرة السفلى لورقة نبات

إلى السطح العلوي من الورقة تترتَّب بشكل متراصّ على هيئة سياج أو سور، وتُسمّى **النسيج الوسطي العمادي Palisade mesophyll**. أما الخلايا التي تقع تحتها فتكون مستديرة الشكل ومُرتَّبة بشكل غير متراصّ، مع وجود فجوات هوائية كبيرة بينها، وتشكِّل ما يُعرف **بالنسيج الوسطي الإسفنجي Spongy mesophyll** (الشكل ٧-٢).

تمرّ مجموعة من العروق أو الحُزم الوعائية عبر النسيج الوسطي. ويحتوي كل عرق منها على **أوعية خشب Xylem vessels** كبيرة الحجم وذات جدران سميكة (الوحدة التاسعة، الشكل ٩-١) وظيفتها نقل الماء. وهناك أيضًا **أنابيب اللحاء Phloem tubes** التي تتميَّز بأنها صغيرة وذات جدران رقيقة (ذات سمك قليل) (الوحدة التاسعة، الشكل ٩-٣)، وهي تعمل على نقل سُكَّر السكروز والمواد الأخرى التي تقوم بصنعها الورقة.

الصورة ٧-٣ السطح السفلي لورقة نبات، يُظهر الخلايا المُتراصّة المُكوِّنة للبشرة السفلى. وتُمثِّل الفتحات البيضاويّة الشكل الثغور. بينما تُمثِّل الخليتان المُنحنيتان المُحيطتان بكل ثغر الخليَّتَين الحارستَين (450 ×)

أسئلة

٤-٧ أي نوع من خلايا ورقة النبات يصنع المادة الشمعية الكيوتيكل؟

٥-٧ ما وظيفة الطبقة الشمعية الكيوتيكل؟

٦-٧ ما المقصود بالثغور في ورقة النبات؟

٧-٧ ما المقصود بالخلايا الحارسة؟

٨-٧ اذكر **ثلاثة** أنواع من خلايا ورقة نبات تحتوي على البلاستيدات الخضراء، ونوعًا **واحدًا** لا يحتوي عليها.

تكيُّف أوراق النباتات

تتكيَّف أوراق النباتات لتتمكَّن من الحصول على غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وضوء الشمس.

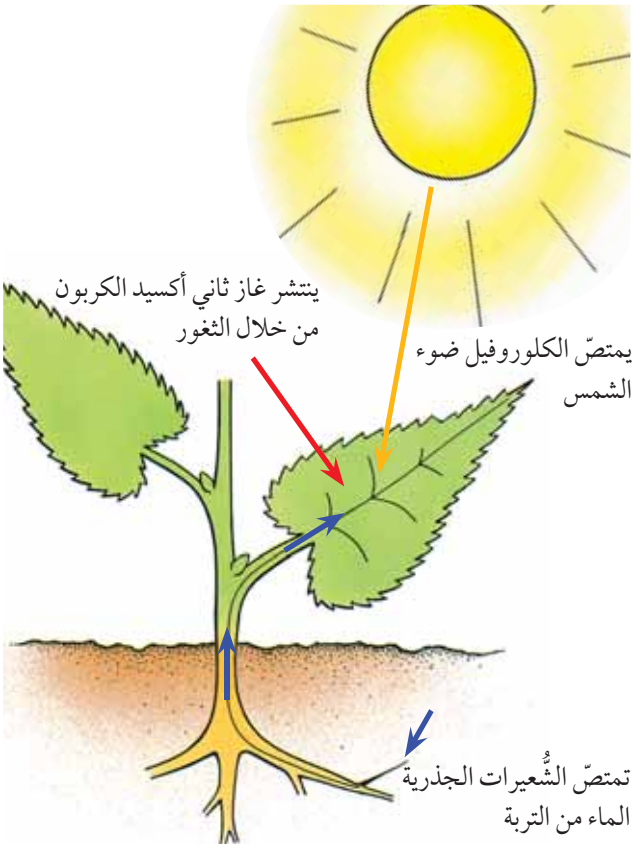
غاز ثاني أكسيد الكربون

تحصل أوراق النباتات على غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، على الرغم من وجوده في الهواء بنسبة قليلة تبلغ حوالي 0.04% فقط. لذلك، يجب أن تكون الورقة قادرة على امتصاص هذا الغاز بفاعلية كبيرة. ولهذا فهي تمتدّ في الهواء وعنقها مثبَّت بالساق. وتُساعد مساحة سطحها الكبيرة على تعريضها لأكبر قدر ممكن من الهواء (الشكل ٧-٤).

أمّا خلايا الورقة التي تحتاج إلى غاز ثاني أكسيد الكربون فهي خلايا النسيج الوسطي التي تقع في داخل الورقة. يمكن لغاز ثاني أكسيد الكربون الدخول إلى الورقة عبر الثغور، وذلك من خلال عملية الانتشار التي درستها في (الموضوع ٢-١ من الوحدة الثانية، الفصل الدراسي الأوَّل). ويوجد خلف كل ثغر **فجوات هوائية Air space** متَّصلة بعضها ببعض (الشكل ٧-٢) حيث توجد بين خلايا النسيج الوسطي الإسفنجي ليتمكَّن غاز ثاني أكسيد الكربون من الانتشار إلى جميع الخلايا في الورقة، ويمكنه بعد ذلك أن ينتشر من خلال جدار الخلية وغشاء الخلية إلى البلاستيدات الخضراء.

الماء

تحصل النباتات على الماء من التربة، حيث يتمّ امتصاصه بواسطة الشُّعيرات الجذرية في الجذور، ثم يُنقَل إلى الورقة عبر أوعية الخشب. وعند وصوله إلى الورقة، ينتقل من أوعية الخشب إلى خلايا النسيج الوسطي عن طريق الأسموزية، التي تمَّت دراستها في الموضوع ٢-٢ من الوحدة الثانية، الفصل الدراسي الأوَّل. يُظهر الشكلان (٧-٤ و٧-٥) المسار الذي يتَّخذه الماء خلال نقله في النبات.



الشكل ٧-٤ كيفية وصول المواد الأوَّليَّة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي إلى أوراق النبات

ضوء الشمس

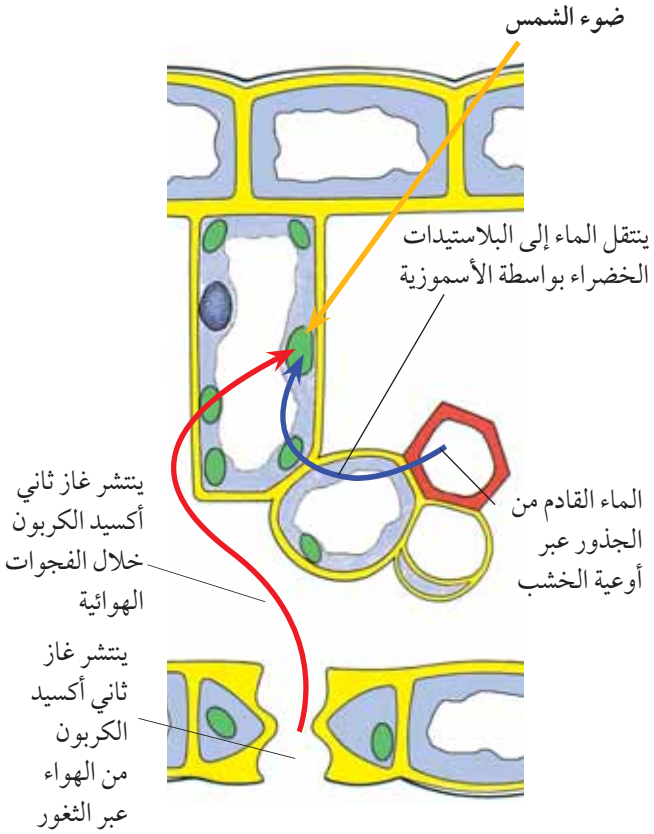
يساهم موقع ورقة النبات وسطحها العريض في حصولها على أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس. إذا تأمَّلت أحد أغصان الأشجار، سترى أن أوراقه مُرتَّبة بحيث لا تحجب الضوء عن بعضها البعض. ولهذا تتميَّز النباتات التي تعيش في أماكن مُظلَّلة غالبًا بأن لها أوراقًا كبيرة الحجم.

أمّا خلايا الورقة التي تحتاج إلى ضوء الشمس، فهي خلايا النسيج الوسطي داخل الورقة. وتسمح رقَّة الورقة لضوء الشمس باختراقها مباشرة، والوصول إلى جميع الخلايا بداخلها. وتُساعد خلايا البشرة في ذلك، لأنها رقيقة وشفّافة، وتخلو من البلاستيدات الخضراء.

تترتَّب البلاستيدات الخضراء الموجودة داخل خلايا النسيج الوسطي بطريقة تُمكِّنها من الحصول على أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس، وخاصة الخلايا الموجودة في طبقة النسيج الوسطي العمادي. ويمكن للبلاستيدات الخضراء أن تترتَّب جنبًا إلى جنب بشكل أفقي لتحقيق ذلك. ولكنَّها في ضوء الشمس الشديد، غالبًا ما تترتَّب بشكل عمودي، وهذا يُقلِّل من كمّية الضوء المُمتصّ.

تذكَّر

لاحظ أن الكلوروفيل «لا يجذب» الضوء، بل يمتصّ الطاقة الضوئية.



الشكل ٧-٥ كيفية حصول خلايا النسيج الوسطي العمادي على المواد الأوَّليَّة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي

يُبيِّن الجدول ٧-١ تكيُّف أوراق النباتات للقيام بعملية التمثيل الضوئي.

التكيُّف	الأهمّية
تمتد في الهواء ومُثَبّتة من عُنقها بالساق	تعرُّض أكبر قدر ممكن من الورقة لأشعَّة الشمس والهواء
السطح العريض لتركيب ورقة النبات	تعطي مساحة سطحية كبيرة للتعرُّض لضوء الشمس والهواء
رقيقة (ذات سمك قليل)	السماح لأشعَّة الشمس باختراقها والوصول إلى جميع الخلايا؛ ولغاز ثاني أكسيد الكربون بالانتشار إلى الداخل؛ ولغاز الأكسجين بالانتشار إلى الخارج بسرعة وفي أقلّ وقت ممكن
وجود الثغور في البشرة السفلى	السماح لغاز ثاني أكسيد الكربون بالانتشار إلى الداخل؛ ولغاز الأكسجين بالانتشار إلى الخارج
وجود فجوات هوائية في طبقة النسيج الوسطي الإسفنجي	السماح لغاز ثاني أكسيد الكربون بالانتشار إلى جميع الخلايا؛ ولغاز الأكسجين بالانتشار من جميع الخلايا إلى الخارج
عدم وجود بلاستيدات خضراء في خلايا البشرة	السماح لأشعَّة الشمس باختراق الورقة والوصول إلى طبقة النسيج الوسطي
احتواء البلاستيدات الخضراء على مادة الكلوروفيل	امتصاص الطاقة من ضوء الشمس، بحيث تُستخدم لتفاعُل CO_2 مع H_2O وحدوث عملية التمثيل الضوئي
انتظام خلايا طبقة النسيج الوسطي العمادي بشكل عمودي	تسهيل وصول ضوء الشمس إلى البلاستيدات دون أن يُعرقلها تراكم الجدران الخلوية
انتظام البلاستيدات الخضراء في الغالب داخل خلايا النسيج الوسطي العمادي بشكل أفقي	تعريض أكبر قدر ممكن من الكلوروفيل لأشعَّة الشمس
وجود جُزيئات الكلوروفيل على أغشية مُسطَّحة داخل البلاستيدات الخضراء	تعريض أكبر قدر ممكن من الكلوروفيل لأشعَّة الشمس
قُرب أوعية الخشب من خلايا النسيج الوسطي	تزويد الخلايا في الورقة بالماء الذي سيستخدم جُزء منه في عملية التمثيل الضوئي
قرب أنابيب اللحاء من خلايا النسيج الوسطي	نقل سُكَّر السكَّروز والمواد العضوية الأخرى التي تنتج من عملية التمثيل الضوئي

الجدول ٧-١ طُرق تكيُّف أوراق النباتات للقيام بعملية التمثيل الضوئي

نشاط ٧-١ (إثرائي)

استخدام المجهر الضوئي لمشاهدة الخلايا التي تُغطّي سطح ورقة النبات.

أسئلة

٧-٩ ما النسبة المئوية من غاز ثاني أكسيد الكربون التي يحتوي عليها الهواء؟

٧-١٠ كيف يدخل غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ورقة النباتات؟

٧-١١ كيف تحصل ورقة النبات على الماء؟

٧-١٢ أعط سببَين لأهمّية وجود مساحة سطحية كبيرة في أوراق النباتات.

٧-١٣ تتميَّز أوراق النبات بأنها رقيقة (ذات سمك قليل). ما أهمّية ذلك؟

٤-٧ المواد الناتجة عن عملية التمثيل الضوئي

يُعتبر الجلوكوز من أوائل المواد الكربوهيدراتية التي يتمّ تصنيعها في عملية التمثيل الضوئي، **فما مصير الجلوكوز الذي تصنعه خلايا النباتات خلال عملية التمثيل الضوئي؟ (الشكل ٧-٦)**

١. استخدام الجلوكوز للحصول على الطاقة

تعلَّمنا سابقًا أن جميع الخلايا تحتاج إلى الطاقة التي تحصل عليها من خلال عملية التنفُّس (الموضوع ٥-١ من الوحدة الخامسة، الفصل الدراسي الأوَّل). ويتمّ عادة تفكيك بعض جُزيئات الجلوكوز الذي تصنعه الورقة عن طريق عملية التنفُّس من أجل تحرير الطاقة منها.

٢. تخزينه على شكل نشا

لقد درست سابقًا أنّ الجلوكوز سُكَّر بسيط (الموضوع ٣-٢ من الوحدة الثالثة، الفصل الدراسي الأوَّل)، غير قابل للتخزين، للأسباب الآتية: أوَّلاً نشاطه الكيميائي، فهو قد يدخل في تفاعُلات كيميائية لا حاجة إليها. ثانيًا، جُزيئاته تذوب في الماء داخل الخلايا النباتية وخارجها، وبالتالي قد يتم فقدانها من الخلية. ثالثًا، ذوبان جُزيئاته يزيد من تركيز المحلول في داخل الخلية، فيؤثِّر على الأسموزية.

وهكذا يتمّ تحويل سُكَّر الجلوكوز إلى النشا ليتم تخزينه. والنشا نوع من الكربوهيدرات المُعقَّدة المُتعدِّدة، ذلك أنّ كل جُزيء من جُزيئاته يتضمّن العديد من جُزيئات الجلوكوز المُرتبطة معًا. وبما أنّها جُزيئات كبيرة الحجم، فهي لا تميل كثيرًا إلى التفاعُل، وليست قابلة للذوبان في الماء. وتعمل الخلايا النباتية على تحويل النشا إلى حُبيبات يسهل تخزينها في أجزاء مختلفة من النبات.

٣. استخدامه لصُنع البروتينات ومواد عُضوية أخرى

يمكن استخدام الجلوكوز لصُنع جميع المواد العضوية التي يحتاج النبات إليها. وتشمل هذه المواد الكربوهيدرات الأخرى مثل السكَّروز والسليلوز. ويمكن أيضًا استخدام الكربوهيدرات الناتجة عن التمثيل الضوئي لصُنع الدهون والزيوت، التي تُمثِّل مخزنًا للطاقة في النبات، وكذلك في الإنسان والحيوان. وهي تشمل جميع الزيوت النباتية التي تُستخدم في طهي الطعام كزيت الذرة، وفول الصويا والفول السوداني ودوّار الشمس واللوز والجوز والزيتون. وغالبًا ما توجد هذه الزيوت في البذور كمخزن للطاقة، حيث تقوم بتوفير الطاقة اللازمة لعملية الإنبات عندما تكون الظروف البيئية مُناسبة.

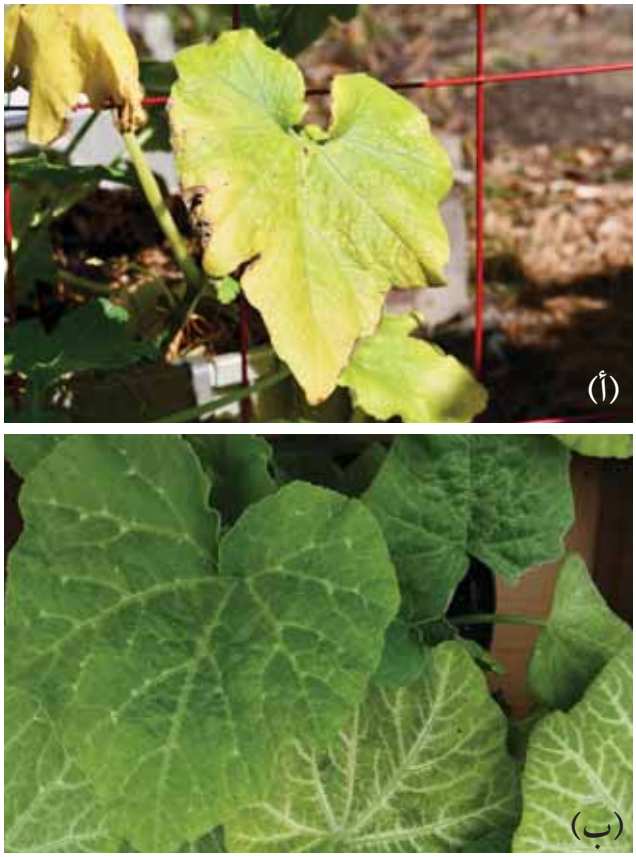
وتستخدم النباتات أيضًا السكَّريات التي صنعتَها في عملية التمثيل الضوئي لصُنع الأحماض الأمينية، التي تستخدمها في بناء البروتينات متى ما توفَّر عنصر النيتروجين. وعلى الرغم من أن النيتروجين يُشكِّل 78% من الهواء المُحيط بنا، إلا أنّ النباتات لا تستفيد منه في صورته الغازية لأن النباتات لا تمتلك الأنزيمات اللازمة لتثبيت النيتروجين. ولكن تستفيد النباتات من مصدر آخر للنيتروجين وهو أيونات النترات. تمتصّ النباتات أيونات النترات من التربة عبر الشُّعَيرات الجذرية. حيث تتفاعل هذه الأيونات مع الجلوكوز لصُنع أحماض أمينية في أوراق النبات، وترتبط بدورها معًا لتشكيل جُزيئات البروتين.

هناك مادة عضوية أخرى مُهمَّة تصنعها النباتات وهي الكلوروفيل وتحتاج لصنعها إلى عُنصر النيتروجين، بالإضافة إلى عُنصر آخر هو الماغنيسيوم، الذي يتمّ الحصول عليه من التربة.

يوضِّح الجدول ٧-٢ أثر نقص الأيونات على نموّ النبات وأجزائه. وتوضِّح الصورة ٧-٤ ما يحدث للنبات، عندما لا يحصل على كمّية كافية من النيتروجين. غالبًا ما يضيف المزارعون أيونات معدنية، على شكل أسمدة إلى التربة التي تنمو فيها المحاصيل الزراعية، للتأكّد من أن التربة لا تفتقر إلى تلك الأيونات الأساسية.

العنصر	مصدره	سبب الحاجة إليه	الآثار الناجمة عن نقصه
النيتروجين	أيونات النترات	لصنع الأحماض الأمينية، التي تدخل في تركيب البروتينات. صنع الكلوروفيل	ضعف في نموّ النبات، اصفرار الأوراق
الماغنيسيوم	أيونات الماغنيسيوم	لصنع الكلوروفيل	اصفرار بين عروق الأوراق

الجدول ٧ـ٢ أيونات الأملاح المعدنية التي تحتاج إليها النباتات

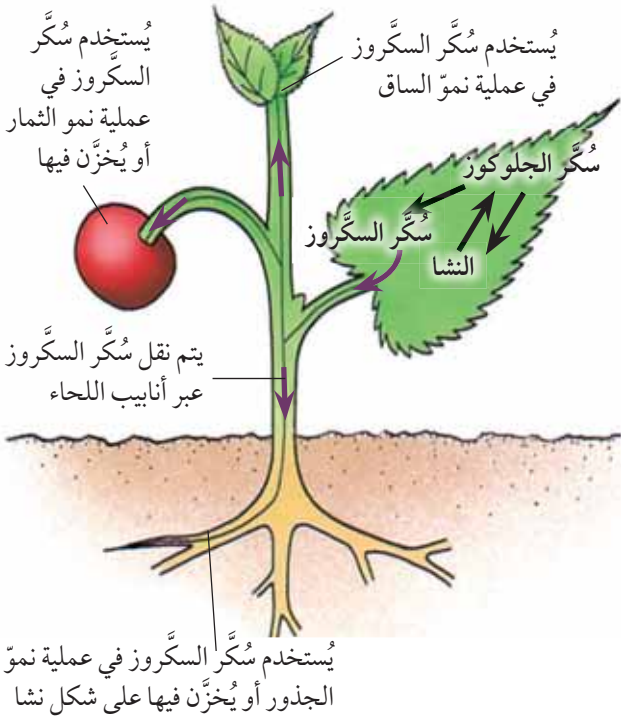


الصورة ٧ـ٤ أوراق النباتات التي ينقصها النيتروجين تكون صفراء اللون وصغيرة الحجم غالبًا (أ)، مقارنة بأوراق النباتات سليمة النمو والتي تنمو في تربة تحتوي على كمّية كافية من النيتروجين (ب)

٤. تحويله إلى سُكَّر السكَّروز الجاهز للنقل إلى بقيَّة أجزاء النبات

لا بُدّ من أن يكون حجم الجُزيء صغيرًا وقابلًا للذوبان في الماء ليتمّ نقله بسهولة. تمتلك جُزيئات الجلوكوز هاتَين الخاصّيَّتين، ولكن لسهولة تفاعُله مع المُركَّبات الأخرى يتمّ تحويله إلى سُكَّر أكثر تعقيدًا وهو السكَّروز (سُكَّر ثُنائي) ليتمّ نقله إلى أجزاء أخرى من النبات. فجُزيئات سُكَّر السكَّروز، صغيرة جدًّا وقابلة للذوبان في الماء، إلّا أنّها أقلّ تفاعُلاً من الجلوكوز. وتذوب جُزيئات سُكَّر السكَّروز في العُصارة الخلوية الموجودة في أوعية اللحاء، مما يسهِّل عملية نقلها وتوزيعها على مختلف أجزاء النبات (الشكل ٧-٦).

ويمكن أن يتمّ تحويل سُكَّر السكروز لاحقًا إلى سُكَّر جلوكوز مرَّة أخرى، ليتمّ تفكيكه بهدف إطلاق الطاقة المُخزَّنة فيه، أو تحويله إلى نشا وتخزينه، أو استخدامه لصُنع مواد أخرى ضرورية للنموّ.



الشكل ٧ـ٦ المواد الناتجة عن عملية التمثيل الضوئي

أسئلة

٧-١٤ لماذا يُعدُّ سُكَّر الجلوكوز غير قابل للتخزين في أوراق النبات؟

٧-١٥ اذكر المواد التي يحتاج إليها النبات ليتمكَّن من تحويل سُكَّر الجلوكوز إلى بروتينات.

٧-١٦ علِّل ضعف نموّ النبات في التربة التي تفتقر إلى أيونات النترات.

٧-١٧ كيف تحصُل بقيّة أجزاء النبات، كالجذور، على غذائها، وهي لا تقوم بعملية التمثيل الضوئي؟

نشاط ٧-٢

الكشف عن النشا في ورقة نبات

المهارة:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات

تُحوِّل أوراق النباتات بعضًا من سُكَّر الجلوكوز الذي تقوم بصُنعه في عملية التمثيل الضوئي إلى نشا. ويُعدّ وجود النشا في ورقة النبات، مؤشِّرًا على أنّها تقوم بعملية التمثيل الضوئي. تذكُر أن هذا النشاط قد تمّ إجراؤه في الصف الثامن. لقد تم استرجاع خطوات النشاط هنا لتذكيرك بها لأنَّك ستحتاج اليها عند قيامك باختبار وجود النشا في أوراق النبات في الأنشطة ٧-٣ و٧-٤ و ٧-٥.

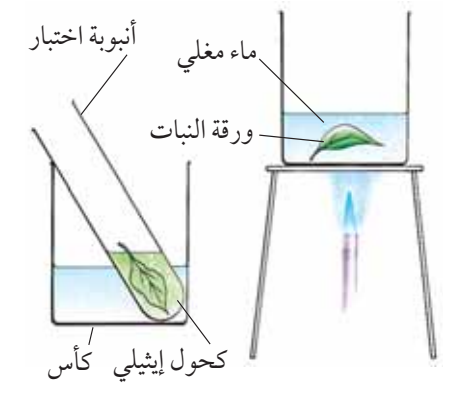
⚠ **احرص على حماية عينَيك بوضع النظّارة الواقية.**
- **احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.**
- **يتميَّز الكحول الإيثيلي بأنه سريع الاشتعال. لذا قم بإطفاء لهب بنزن قبل وضع الأنبوبة التي تحتوي على الكحول الإيثيلي في الماء الساخن.**
- **استخدم ملقطًا للتعامُل مع ورقة النبات.**

١ خذ ورقة خضراء اللون من نبات سليم النموّ، وضعها في كأس تحتوي على الماء المغلي لمُدَّة 30 ثانية. ثم أطفئ لهب بنزن.

٢ أخرج الورقة من الماء المغلي، سوف تجدها طرية جدًا. ضعها في أنبوبة تحتوي على كحول إيثيلي ثمّ ضع الأنبوبة في كأس الماء الساخن. يجب أن يبدأ الكحول الإيثيلي بالغليان. دع الأنبوبة جانبًا حتى يخرج الكلوروفيل من الورقة، ويصبح لون الكحول الإيثيلي أخضر.

٣ ستفقد الورقة لونها الأخضر وقد تصبح ليِّنة بتأثير الكحول الإيثيلي. أخرجها منه واغمسها في الماء الساخن مرَّة أخرى لتطريتها.

٤ افردها على بلاطة بيضاء، وغطِّها بمحلول اليود. سجِّل التغيير الذي طرأ على لون المحلول.



أسئلة

١ لماذا يتمّ وضع الورقة في الماء المغلي؟

٢ لماذا أصبح لون الكحول الإيثيلي أخضر؟

٣ لماذا وضعت الورقة في الكحول الإيثيلي بعد وضعها في الماء المغلي؟

٤ ما التغيير الذي طرأ على لون محلول اليود عندما أضفته إلى الورقة؟ كيف تفسر ذلك؟

٧-٥ استقصاء عملية التمثيل الضوئي

تعليمات مُهمّة حول الأنشطة العملية

استخدام محلول اليود للكشف عن وجود النشا.

١. إذا وضعتَ محلول اليود على ورقة نبات تحتوي على النشا مباشرة، فلن يتفاعل اليود، لأنَّ النشا يوجد داخل البلاستيدات الخضراء في الخلايا، الأمر الذي يُعرقِل مرور اليود عبر الأغشية والوصول إلى النشا، أضف إلى ذلك، أنَّ اللون الأخضر للورقة لا يسمح بظهور تغيُّر لون اليود بوضوح عند تفاعُله مع النشا.

٢. عليك، قبل إجراء تجربة الكشف عن النشا في ورقة نبات، أن تزيل أغشية الخلايا، والكلوروفيل منها. وقد تمّ توضيح الطريقة في النشاط ٧- ٢، حيث تُزال أغشية خلايا الورقة أوّلاً بوضع الورقة في الماء المغلي، ثم يُزال الكلوروفيل منها عبر إذابته بالكحول الإيثيلي الذي توضع الورقة فيه؛ ثم يتم وضعه في حمّام الماء المغلي لبضع دقائق.

استخدام التجارب الضابطة

١. تمّ استخدام التجارب الضابطة لتحديد المواد التي يحتاج إليها النبات للقيام بعملية التمثيل الضوئي في الأنشطة ٧- ٣ و٧- ٤ و٧-٥.

٢. تمّ في كل استقصاء توفير كل ما يحتاج إليه النبات من مواد، باستثناء مادة واحدة (النبات/العامل التجريبي). وتمّ تنفيذ إجراءات التجربة الاستقصائيَّة في الوقت نفسه على نبات آخر تمّ توفير كلّ ما يلزمه من مواد، بما في ذلك المادة التي يتمّ اختبارها (النبات/العامل الضابط).

٣. تُستخدَم في التجربة الضابطة، أحيانًا، ورقة نبات واحدة، أو حتى جزء من ورقة، من أوراق النبات التجريبي.

٤. يتمّ التعامُل مع كلا النباتَين (الضابط والتجريبي) أو أوراقهما بالطريقة نفسها تمامًا. وبالتالي، فإن أي اختلاف بينهما في نهاية الاستقصاء يجب أن يكون سببه المادة التي يتمّ اختبارها. يكون مُهِمًّا في أي استقصاء، تحديد المُتغيّرات، وتحديد أيّ منها سيتمّ تغييره، وأيّ منها سيتم ضبطه (تثبيته) لضمان دقّة النتائج.

٥. عند القيام باختبار الكشف عن وجود النشا في نهاية الاستقصاء، يتمّ اختبار ورقة من النبات التجريبي وأخرى من النبات الضابط، لمعرفة أيّ منهما قد صنعت النشا.

إزالة النشا من ورقة نبات

١. قبل إجراء أي استقصاء، يجب إزالة النشا. فإذا احتوت على النشا في بداية الاستقصاء، واحتوت عليه في نهاية الاستقصاء، لن يكون بالإمكان التأكُّد من حدوث عملية التمثيل الضوئي فيها بالفعل.

٢. لتحقيق ذلك تُترك النباتات في مكان مُظلِم (خزانة مُظلِمة) لمُدَّة 24 ساعة على الأقلّ حيث لا تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئي لعدم توفُّر الضوء. وبالتالي تستهلك كل النشا المُخزَّن في أوراقها من خلال عملية التنفُّس.

التعامُل مع النتائج غير المُتوقَّعة

١. قد تُصادف، في أي استقصاء تُجربه، نتائج غير مُتوقَّعة، وهي نتائج لا تتوافق مع النمط المُتوقَّع والمُلاحظ لنتائج تجربة ما.

٢. غالبًا ما تعود مثل هذه النتائج إلى حدوث خطأ تجريبي، أو إلى عدم التحكُّم في مُتغيِّر مُعيَّن بشكل صحيح.

٣. هناك إمكانية مُصادَفة نتائج غير مُتوقَّعة في النشاط ٧- ٦، مثلًا، لأنّ الخطأ في عَدّ الفقاعات الصغيرة أمر وارد ويصعُب القيام به بدقَّة كافية.

٤. لتجاوز الخطأ، يجب تكرار التجربة مرَّتين أُخريَين ممّا يسمح بتحديد نتيجة غير مُتوقَّعة، وحذفها.

٥. تتوزَّع النتائج أحيانًا ضمن مدى واسع، فيصعب تحديد النتيجة غير المُتوقَّعة. عندها، يتمّ أخذ المُتوسِّط الحسابي لتلك النتائج، فتكون قريبة من القيمة الحقيقية قدر الإمكان.

نشاط ٧-٣

استقصاء حاجة عملية التمثيل الضوئي إلى الضوء

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠
- **احرص على حماية عينيك بوضع النظارة الواقية.**
- **احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.**
- **يتميَّز الكحول الإيثيلي بأنه سريع الاشتعال. لذا قم بإطفاء لهب بنزن قبل وضع الأنبوبة التي تحتوي على الكحول الإيثيلي في الماء الساخن.**
- **استخدم ملقطًا للتعامُل مع ورقة النبات.**

١ أحضر نبات فاصوليا أو نبات فول أو أي نبات ينمو بشكل سليم، دع نباتك في خزانة بضعة أيام حتى يستهلك النشا المُخزَّن (إزالة النشا).

٢ أخرجه بعد ذلك من الخزانة، واختبر إحدى أوراقه كي تتحقَّق من عدم وجود نشا فيها (النشاط ٧-٢).

٣ باستخدام قطعة مطوية من الورق الأسود أو رقاقة ألومنيوم أكبر قليلًا من قياس أوراق النبات، قصّ الشكل الذي تريده فيه (انظر الرسم التخطيطي). ثبِّت قطعة الورق السوداء أو رقاقة الألومنيوم على إحدى أوراق النبات، بحيث تغطّي سطحَي ورقة النبات، وتأكَّد من أن الأطراف متماسكة معًا بإحكام. لا تقم بفصل الورقة عن النبات!

٤ دع النبات قُرب نافذة في مكان دافئ ومُشمس لبضعة أيام.

٥ افصل الورقة عن النبات، ثم أزل الغطاء (الورقة السوداء أو رقاقة الألومنيوم) عنها، وأجرِ اختبار الكشف عن النشا عليها، كما درست سابقًا بالوحدة الأولى في الصف الثامن.

٦ ارسم رسمًا تخطيطيًّا يُبيِّن مظهر ورقة النبات بعد إجراء اختبار النشا.

أسئلة

١ لماذا يجب إزالة كل النشا الموجود في النبات قبل بداية التجربة؟

٢ لماذا تُرك جزء من الورقة مكشوفًا؟

٣ اكتب استنتاجًا توصّلت إليه من التجربة.

نشاط ٧-٤

استقصاء حاجة عملية التمثيل الضوئي إلى الكلوروفيل

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتَقييم الملاحظات والبيانات

⚠
- احرص على حماية عينَيك بوضع النظّارة الواقية.
- احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.
- يتميَّز الكحول الإيثيلي بأنه سريع الاشتعال. أطفئ لهب بنزن قبل وضع الأنبوبة التي تحتوي على الكحول الإيثيلي في الماء الساخن.
- استخدم ملقطًا للتعامُل مع ورقة النبات.

١ أزل النشا من نبات ذي أوراق مبرقشة كما في الرسم التخطيطي وذلك بوضعه في خزانة لبضعة أيام، ثم ضعه في مكان دافئ ومُشمس لبضعة أيام.

٢ اكشف عن وجود النشا في إحدى أوراق النبات (النشاط ٧-٢).

٣ ارسم الورقة كما تظهر قبل التجربة وبعدها، مُبيّنًا لون أجزائها.

أسئلة

١ ما هو العامل الضابط في هذا الاستقصاء؟

٢ علامَ تستدلّ من نتائجك عن الكلوروفيل وعملية التمثيل الضوئي؟

نشاط ٧-٥

استقصاء حاجة عملية التمثيل الضوئي إلى غاز ثاني أكسيد الكربون

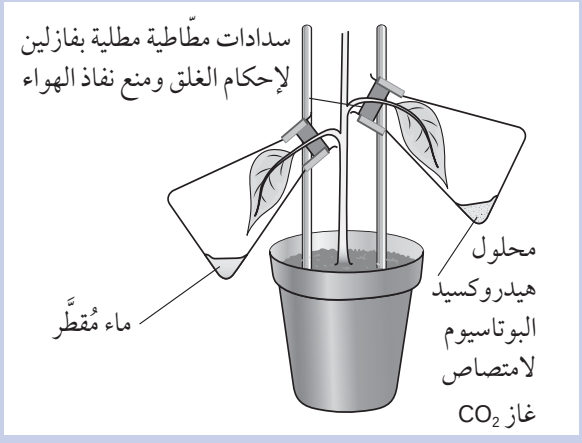
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠
- احرص على حماية عينَيك بوضع النظّارة الواقية.
- احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.
- يتميَّز الكحول الإيثيلي بأنه سريع الاشتعال. أطفئ لهب بنزن قبل وضع الأنبوبة التي تحتوي على الكحول الإيثيلي في الماء الساخن.
- استخدم ملقطًا للتعامُل مع ورقة النبات.

١ أزل النشا من النبات كما تعلَّمت سابقًا.

٢ ركِّب جهازك كما هو موضَّح في الرسم التخطيطي، وادعم كل دورق وثبِّته على النبات باستخدام حامل مشبك (مربط). كن حريصًا، وتحقَّق من عدم دخول الهواء إلى الدورقَين. دع النبات قُرب نافذة في مكان مُشمس ودافئ لبضعة أيام.



٣ اختبر وجود النشا في كل ورقة من الأوراق التي أخضعتها للتجربة.

أسئلة

١ لماذا تمّ وضع هيدروكسيد البوتاسيوم مع ورقة واحدة والماء مع الورقة الأخرى؟

٢ ما هو العامل الضابط في هذه التجربة؟

٣ لماذا تمّ وضع الفازلين حول السدادات المطاطية؟

٤ ماذا تستنتج من نتائجك عن غاز ثاني أكسيد الكربون وعملية التمثيل الضوئي؟

نشاط ٦-٧

عملية التمثيل الضوئي في نبات مائي

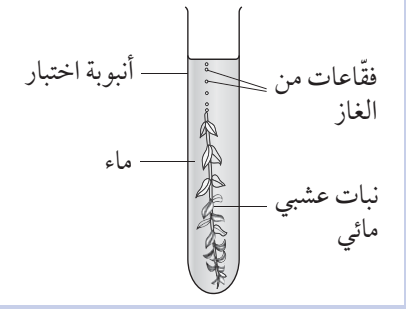
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات
- تقييم الطرائق

ستتعلَّم في هذا النشاط ما إذا كان وجود الضوء يؤثِّر على مُعدَّل التمثيل الضوئي في قطعة من نبات مائي. سوف تصمِّم تجربة لتعرف إن كان مُعدَّل التمثيل الضوئي يتغيّر عندما يكون النبات في الظلام، مُقارنة بوجوده في الضوء.

١ اكتب الفرضية التي ستقوم باختبارها في هذا الاستقصاء. يجب أن تكون الفرضية مُكوَّنة من جُملة واحدة، وأن تصف العلاقة التي تعتقد أنها قائمة بين وجود الضوء ومُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.

٢ استخدم الرسم التخطيطي أدناه لمُساعدتك في تصميم تجربتك. ضع تخطيطًا لكيفيَّة إجراء تجربتك، واكتبه على صورة قائمة بالنقاط. ثم أعد التفكير فيه، وأدخل عليه التعديلات اللازمة. أطلع معلِّمك عليه ثم ابدأ بالتنفيذ.



- ما الأجهزة والمواد الأخرى التي ستحتاج إليها لتجربتك؟
- ما العامل الذي ستُغيِّره في تجربتك؟ كيف ستُغيِّره؟
- ما العوامل التي ستُحافظ عليها في جميع الأنابيب أو الكؤوس في تجربتك؟ كيف ستحقِّق ذلك؟ لماذا ينبغي التحكُّم بهذه المُتغيِّرات؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ كيف؟ ومتى؟ هل ستكرِّر عملية القياس وتحسب المُتوسِّط الحسابي للقياسات؟
- كيف ستقوم بتسجيل نتائجك؟ (يُمكنك رسم جدول للنتائج مُسبقًا يكون جاهزًا لملئه).
- كيف ستعرض نتائجك؟ (يمكنك رسم محاور التمثيل البياني الذي تخطِّط لرسمه مُسبقًا.)
- ماذا تتوقَّع أن تكون نتائجك إذا كانت الفرضية التي وضعتها صحيحة؟ (يمكنك رسم مسودّة للتمثيل البياني الذي تعتقد أنك ستحصل عليه.)

نفِّذ تجربتك بعد مُوافقة من معلِّمك على تخطيطك. إذا أجريت بعض التغييرات عند التنفيذ، فعليك أن تسجِّل مُلاحظاتك على جميع التغييرات التي قد تجريها بعناية ودقّة.

٤ اكتب تفاصيل تجربتك على النحو الآتي:

- عنوان التجربة ونصّ الفرضية التي اختبرتها.
- رسم تخطيطي للجهاز الذي استخدمته، ووصف كامل لطريقة إجراء التجربة.
- تصميم جدول نتائج دقيق ومُرتَّب، وضعت عليه تسميات الأعمدة والصفوف بوضوح، بما في ذلك المُتوسِّط الحسابي إذا قمت بتكرار التجربة لأكثر من مرَّة.
- تمثيل بياني خطّي لنتائجك مُرتَّب ودقيق وضعت عليه تسميّات المحورَين السيني والصادي بوضوح.
- استنتاج تستخلص فيه إن كانت النتائج التي حصلت عليها تدعم فرضيّتك أو لا.
- تقييم توضِّح فيه دقَّة بياناتك، وأي سبب ممكن لعدم دقَّة بياناتك واستنتاجاتك والمُحدّدات الرئيسية التي واجهتك، والتي تعتقد أنها أثَّرت على دقَّة بياناتك.
- تقييم الطريقة التي أجريت بها تجربتك.

أسئلة

١ أ. ما الغاز الذي أطلقه النبات المائي؟

ب. اشرح إجابتك.

ج. إذا أمكنك جمع هذا الغاز، فكيف تختبره لتتحقَّق من صحَّة إجابتك؟

٢ صف الفرق بين عدد فقّاعات الغاز المُنطلقة في الدقيقة الواحدة عند وضع النبات في الظلام، وعند وضعه في الضوء.

٣ اقترح تفسيرًا للنتائج التي حصلت عليها.

توسَّع

- في هذه التجربة، قمت باختبار ظرفَين بيئيَّين فقط، هما الضوء والظلام. هل هذه مقارنة واقعية؟ اشرح إجابتك.
- فكِّر في أهمّية النباتات المائية والنباتات الأخرى لحياة الإنسان والحيوان على الأرض. كيف سيكون الهواء المُحيط بنا لو لم تكن هناك نباتات؟

نشاط ٧-٧

استقصاء تأثير شدَّة الضوء على عملية التمثيل الضوئي

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

سوف يُزوِّدك مُعلِّمك ببعض كرات الطحالب (طحالب خضراء ملفوفة في هلام مصنوع من ألجينات الصوديوم)، أو نبات عُشبي مائي. في حال عدم توفر أيٍّ منهما، يمكنك استخدام أوراق نباتات أخرى.

يمكن استخدام أوراق لف تسمح بمرور نسب مختلفة من الضوء. لكن عليك قبل بدء التجربة قياس كمّية الضوء التي تمرّ عبر الورق باستخدام مجسّ ضوئي.

اقرأ جميع التعليمات قبل بدء التجربة

١ استخدم ثلاث زجاجات ذات غطاء لولبي. لفّ كل زجاجة على النحو التالي: الزجاجة الأولى بورق اللف الأسود، الثانية بورق الرسم الشفاف أو ورق الزبدة، الثالثة بدون لفّ. اختر مواد لفّ مختلفة توفِّر نطاقًا مُناسِبًا لمرور الضوء.

٢ ضع نفس العدد من كرات الطحالب، أو نفس المقدار من النبات العشبي المائي في كل زجاجة.

٣ أضف الماء. قس مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام مجسّ ثاني أكسيد الكربون. ضع الأغطية على الزجاجات.

٤ ضع الزجاجات على مسافات مُتساوية، بعيدًا عن مصباح كهربائي.

٥ أضئ المصباح، واترك الزجاجات في مكانها لمدة 30 min.

٦ مع انتهاء الوقت المُحدَّد، قس مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام المجسّ.

اكتب تفاصيل تجربتك على النحو الآتي:

١ اكتب الفرضية التي ستقوم باختبارها في هذا الاستقصاء. يجب أن تكون الفرضية في جملة واحدة، وأن تصف العلاقة التي تعتقد أنها قائمة بين شدَّة الضوء ومُعدَّل التمثيل الضوئي. قد يساعدك استذكار نشاط مُماثِل تمّ إجراؤه في الصف الثامن، على تصميم تجربتك.

٢ عندما تكتمل فكرة كيفية إجراء تجربتك، اكتبها على صورة نقاط. ثم أعد التفكير فيها، وأدخل على خطَّتك التحسينات اللازمة. وبعد أن تقتنع بجاهزيتها للتطبيق أطلع مُعلِّمك لنيل مُوافقته على إجرائها.

- ما الأجهزة والمُعدّات والمواد التي ستحتاج إليها لإجراء تجربتك؟
- ما الذي ستغيِّره في تجربتك؟ كيف ستفعل ذلك؟
- ما الذي ستبقيه ثابتًا في جميع الأنابيب أو الكؤوس في تجربتك؟ كيف ستفعل ذلك؟ وما أهمّية التحكُّم بهذه المُتغيِّرات؟
- ما الذي ستقيسه في تجربتك؟ وكيف؟ ومتى؟
- هل ستُكرِّر القياسات وتحسب مُتوسِّطها الحسابي؟
- كيف ستقوم بتسجيل نتائجك؟ (يمكنك تكوين جدول لملئه).
- كيف ستعرض نتائجك؟ (يمكنك رسم محورَي التمثيل البياني الذي ستُخطِّط لرسمه).
- ما النتائج التي ستحصل عليها إذا كانت فرضيتك صحيحة؟ (يمكنك رسم مُسوَّدة للتمثيل البياني الذي تعتقد أنك ستحصل عليه).

٣ بعد حصولك على موافقة مُعلِّمك، يُمكنك أن تُجري تجربتك. إذا قمت ببعض التغييرات عند التنفيذ، فعليك ان تُسجِّل مُلاحظاتك على جميع التغييرات التي قد تجريها بعناية ودقّة. سجِّل مُلاحظات دقيقة حول جميع التغييرات التي تجريها.

٤ اكتب تفاصيل تجربتك على النحو الآتي:

- عنوان التجربة ونصّ الفرضية التي اختبرتها.
- رسم تخطيطي للجهاز الذي استخدمته، ووصف كامل لطريقة إجراء التجربة.
- تصميم جدول نتائج مُنظَّم مع تسميات الأعمدة والصفوف بعناية.
- تمثيل بياني خطّي لنتائجك، مع تسميات المحورَين دقيق وواضح.
- استنتاج تُبيِّن فيه ما إذا كانت نتائجك تدعم فرضيتك أو لا.
- تقييم دقَّة بياناتك، وذكر أي أسباب مُحتَملة لعدم التأكُّد منها أو من استنتاجك.
- تقييم لطريقتك.

نشاط ٧-٨

استقصاء أثر درجة الحرارة على عملية التمثيل الضوئي

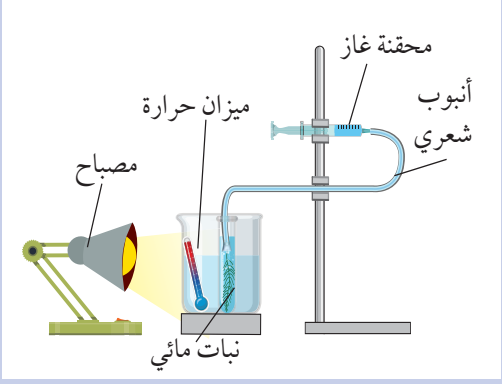
المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • احرص على حماية عينَيك بوضع النظّارة الواقية.
• احذر عند التعامُل مع الماء المغلي.

قبل البدء، اقرأ خطوات العمل، وصمِّم جدول نتائج مُناسبًا لتسجيل نتائجك فيه. حدِّد الوحدات التي ستستخدمها، ومجموعة مناسبة من القياسات، ودرجة مناسبة من الدقَّة لاستخدامها.

١ ركِّب الجهاز الموضَّح في الرسم التخطيطي باستخدام الماء في درجة حرارة الغرفة.



٢ استخدم ميزان حرارة لقياس درجة حرارة الماء بدقَّة. وسجِّل الدرجة في جدول النتائج.

٣ سجِّل قياس حجم الغاز في المحقنة عند بدء التجربة. اضبط ساعة التوقيت لمدة دقيقتَين، وسجِّل القياس النهائي لحجم الغاز في المحقنة.

٤ سخِّن بعض الماء، واستخدم ماصّة لتأخذ القليل من الماء في الكأس الزجاجية، وضع مكانه ماء ساخنًا، واستمر بفعل ذلك حتى ترى أن درجة الحرارة التي يقيسها الميزان قد تغيّرت. دعِ الجهاز مُدَّة 5 دقائق بما يسمح للنبات بالتكيُّف مع مُحيطه الجديد.

٥ كرِّر الخطوات ٢ و ٣ و ٤ حتى تحصل على بيانات من تجارب مُكرَّرة عند خمس درجات حرارة مختلفة، عليك ان تُحدِّد درجات الحرارة التي توفِّر لك نطاقًا مناسبًا من القياسات، ودرجة مناسبة من الدقَّة.

أسئلة

١ مَثِّل نتائجك تمثيلًا بيانيًا خطّيًا، وتحقَّق من أن محور درجة الحرارة يمتدّ من 10- °C إلى 80 °C. حدِّد بياناتك على التمثيل البياني، وارسم الخطّ البياني الأنسب لتمثيل النتائج. استخدم هذا الخط لوصف تأثير درجة الحرارة على مُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.

٢ اقترح تفسيرًا لنتائجك.

٣ قم بمدّ الخطّ البياني للتنبُّؤ بما سيحدث إذا تمّ تغيير درجة الحرارة كما هو موضَّح أدناه، واشرح هذا التنبُّؤ:

أ. رفع درجة حرارة الماء إلى 80 °C.

ب. خفض درجة حرارة الماء إلى 10- °C.

٤ اقترح طريقة لتحسين درجة دقّة نتائج هذه التجربة.

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- المُعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التمثيل الضوئي.
- دور الكلوروفيل في عملية التمثيل الضوئي.
- تركيب ورقة النبات.
- كيفية تكيُّف أوراق النبات للقيام بعملية التمثيل الضوئي بكفاءة.
- كيفية استخدام النبات للكربوهيدرات التي يتمّ صنعها في عملية التمثيل الضوئي وتخزينها.
- سبب حاجة النبات إلى أيونات النترات وأيونات الماغنيسيوم.
- الكشف عن النشا في ورقة نبات.
- كيفية القيام بتجارب لاستقصاء الحاجة إلى الكلوروفيل والضوء وثاني أكسيد الكربون لحدوث عملية التمثيل الضوئي.
- أهمّية التجربة الضابطة.
- كيفية استقصاء تأثير شدّة الضوء ودرجة الحرارة على مُعدَّل عملية التمثيل الضوئي.

أسئلة نهاية الوحدة

١ تقوم النباتات بعملية تُسمّى التمثيل الضوئي.

أ. اكتب المُعادلة اللفظية لعملية التمثيل الضوئي.

ب. انسخ الجدول الآتي وأكمله:

الجُزيء	عدد ذرّات الأكسجين في الجُزيء الواحد	عدد ذرّات الكربون في الجُزيء الواحد	عدد ذرّات الهيدروجين في الجُزيء الواحد
غاز ثاني أكسيد الكربون			
الماء			
الجلوكوز			
غاز الأكسجين			

ج. اكتب المُعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التمثيل الضوئي.

د. في أي أجزاء النبات تحدث عملية التمثيل الضوئي؟

هـ. صف كيفية دخول المادَّتَين اللتَين تشغلان الجهة اليسرى من المُعادلة الكيميائية في الجزئية (ج) إلى النبات.

و. ما مصدر الطاقة الذي تحتاج إليه عملية التمثيل الضوئي؟

ز. ما الدور الذي يؤدّيه الكلوروفيل في عملية التمثيل الضوئي؟

٢ ذهب أحد المُزارعين لشراء كمّية من التربة لحديقته. كُتب على كيس التربة الذي اشتراه النصّ الآتي:

تُربة ممتازة

للحصول على أفضل الأزهار والنباتات في حديقتك!

تحتوي التربة الممتازة على سماد مُدعَّم (غني) بالأملاح المعدنية غير العضوية التي تحتاج إليها نباتاتك لتنمو بصورة سليمة. وهي غنية بالنترات وأيونات الماغنيسيوم لتوفّر النموّ الصحّي والسليم لنباتاتك!

أ. ما المقصود بمصطلح «غير عضوي»؟

ب. اشرح سبب حاجة النباتات إلى أيونات النترات والماغنيسيوم؟ ما أثر نقصها على النبات؟

ج. لماذا لا تستطيع النباتات امتصاص غاز النيتروجين من الهواء ؟

د. كيف تحصل النباتات على الأملاح المعدنية من التربة؟

٣ قامت عالمة نبات بإجراء استقصاء يضمّ مجموعة نباتات من بيئات مختلفة. ولاحظت أن النباتات، لديها بعض أوجُه التشابُه وبعض أوجُه الاختلاف. اقترح سببًا لكل من الملاحظات الآتية:

أ. تميل أوراق النباتات التي تعيش في مُناخات حارَّة ومُشمسِة إلى أن تكون أصغر حجمًا، وتترتَّب البلاستيدات الخضراء فيها بشكل عمودي.

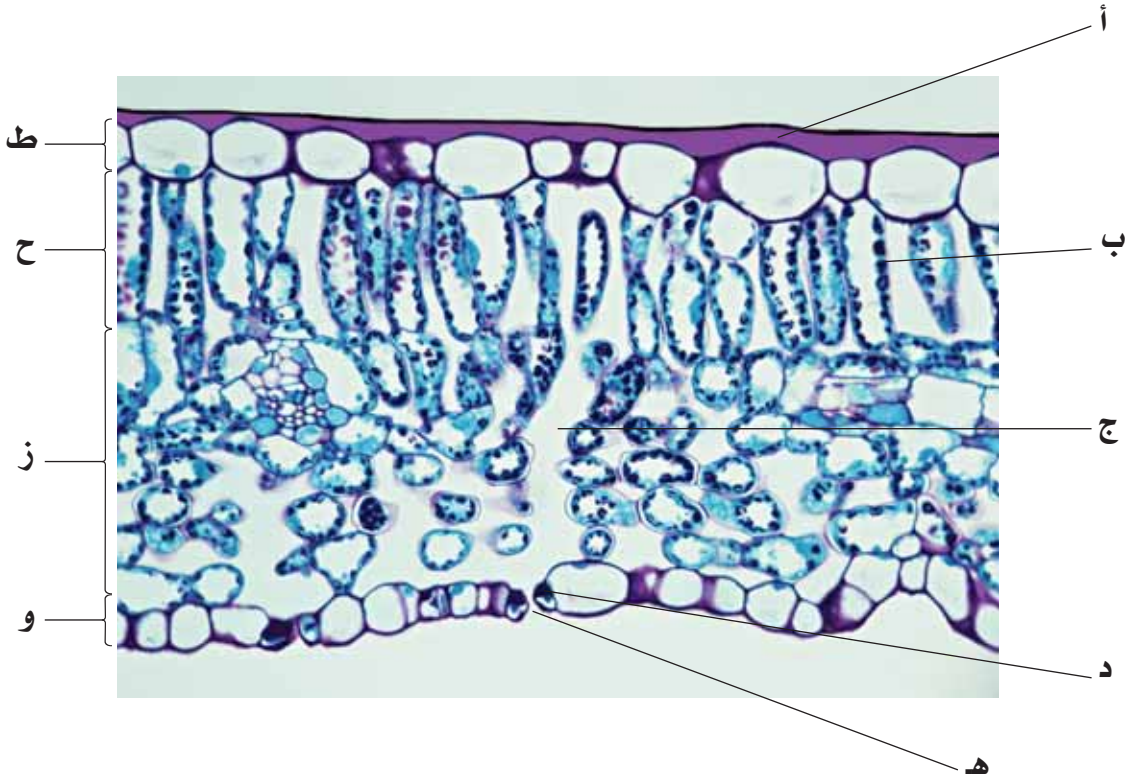
ب. تكون أوراق النباتات التي تعيش في المناطق الظليلة كبيرة الحجم.

ج. أوراق جميع النباتات رقيقة.

د. تحتوي أوراق النباتات على حُزم وعائيَّة في طبقات النسيج الوسطي.

هـ. توجد ثغور في البشرة السفلى لأوراق النبات.

٤ يوضِّح الشكل أدناه صورة مجهرية لقطاع عرضي في ورقة من نبات الزنبق.



أ. أيُّ الحروف يُشير إلى:

١. خليَّة حارسة؟

٢. فجوة هوائية؟

٣. بلاستيدة خضراء؟

٤. موقع الطبقة الشمعية الشفّافة (الكيوتيكل)؟

٥. فتحة الثغر؟

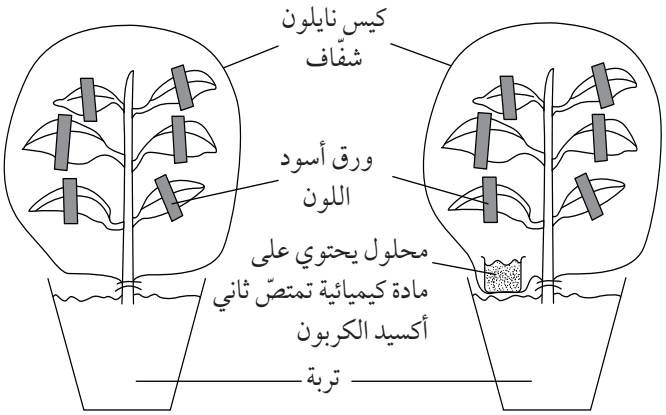
ب. اذكر اسم كلّ من الطبقات المُشار إليها بالحروف (**و**، **ز**، **ح**، **ط**).

ج. لماذا لا توجد بلاستيدات خضراء في الطبقة (**ط**)؟

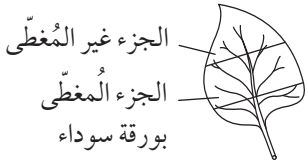
د. ما وظيفة الطبقة (**ط**)؟

هـ. لماذا توجد فجوات هوائية في الطبقة (**ز**)؟

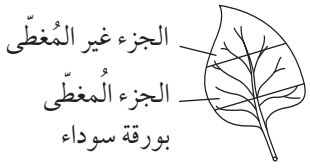
٥ قام أحد الطلاّب بتركيب جهاز التجربة الآتي:



وضع الطالب كلًّا من النباتَين في كيس نايلون شفّاف، وتركهما مُعرَّضَين للضوء الساطع على مدى يومَين. بعد ذلك، أزال ورقة من كل نبات، كما هو موضَّح أدناه. وتمّ اختبار الورقتَين للكشف عن وجود النشا فيهما.



ورقة من النبات (أ) مع مادة كيميائية تمتصّ ثاني أكسيد الكربون



ورقة من النبات (ب) بدون مادة كيميائية تمتصّ ثاني أكسيد الكربون

أ. قبل اختبار الكشف عن النشا، يجب وضع الأوراق في الماء المغلي أولًا، ثم في الكحول الإيثيلي الساخن. اشرح سبب ضرورة كل خطوة من هاتَين الخطوتَين.

ب. اكتُب اثنيَن من إجراءات الأمن والسلامة عليك اتِّباعهما عند القيام بهذه التجربة.

ج. صف اختبار الكشف عن النشا، بما في ذلك النتائج الإيجابية والسلبية.

د. انسخ الرسوم التخطيطية لكلّ من الورقتَين في دفترك، واستخدم الألوان لتُبيّن ما تتوقَّع أن تراه بعد تنفيذ اختبار الكشف عن النشا.

هـ. ما الاستنتاجات التي يجب أن يستخلصها الطالب من النتائج؟

٦ ينتج سُكَّر الجلوكوز عن عملية التمثيل الضوئي.

أ. ما العملية التي تستهلك سُكَّر الجلوكوز؟

ب. تُحوِّل ورقة النبات في بعض الأحيان الجلوكوز إلى النشا.
اذكر **سببَين** يجعلان أوراق النباتات تُخزِّن الجلوكوز على شكل نشا.

ج. اذكر **ثلاث** مواد عضوية أخرى يتمّ تحويل الجلوكوز إليها.

د. لا تنحصر الحاجة إلى سُكَّر الجلوكوز فقط في الورقة حيث يتمّ إنتاجه، ولا بُدّ من انتقاله إلى أجزاء أخرى من النبات. ولكي يحدث ذلك يجب تحويله إلى مادة أخرى.

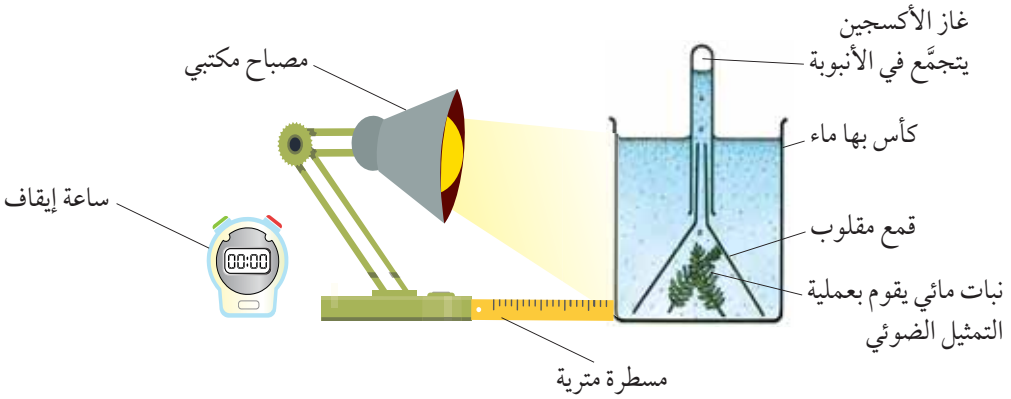
١. ما اسم المادَّة التي يتمّ تحويل سُكَّر الجلوكوز إليها؟

٢. ما أهمّية عملية التحويل؟

٣. ما التركيب المسؤول عن نقله؟

٤. اذكر **استخدامَين** لهذه المادَّة في النبات.

٧ قام أحد الطلاب بإعداد تجربة لاستقصاء عملية إنتاج غاز الأكسجين في نبات عُشبي مائي.



استخدم الطالب مصباح مكتب كمصدر للضوء، وقام بحساب عدد فقّاعات الغاز التي تنتج في دقيقة واحدة. ثم قام بتحريك المصباح المكتبي إلى مسافة أخرى عن النبات وكرَّر التجربة. واصل فعل ذلك حتى حصل على النتائج الآتية:

المسافة بين النبات العشبي المائي والمصباح (cm)	عدد فقّاعات الغاز الناتجة في الدقيقة الواحدة			المُتوسِّط الحسابي لعدد فقّاعات الغاز الناتجة في الدقيقة الواحدة (مُقرّبًا إلى منزلة عشرية واحدة)
	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	
10	105	99	132	
20	106	57	110	
30	81	79	84	
40	40	45	46	
50	28	34	31	

أ. لماذا كرَّر الطالب التجربة ثلاث مرّات؟

ب. انقل الجدول إلى دفترك. ظلِّل النتائج التي يُحتمَل ألّا تكون دقيقة، وأكمل العمود الأخير.

ج. مثِّل النتائج بيانيًّا.

د. اقترح مُتغيّرًا كان على الطالب أن يضبطه.

هـ. استخلص استنتاجًا من النتائج التي تم الحصول عليها.

الوحدة الثامنة

الهضم في الإنسان Digestion in Humans

تغطّي هذه الوحدة:

- أسباب الحاجة إلى هضم الطعام الذي نتناوله.
- تركيب القناة الهضمية، ووظائف كل جزء منها.
- وظائف أنزيمات الأميليز والبروتييز والليبيز وأماكن إفرازها.
- وظائف حمض الهيدروكلوريك في العُصارة المَعِديَّة.
- دور العُصارة الصفراوية.
- أهمَّية الخملات وتركيب الخملة.
- دور الشُّعَيرات الدموية والأوعية اللمفاوية في الخملات.

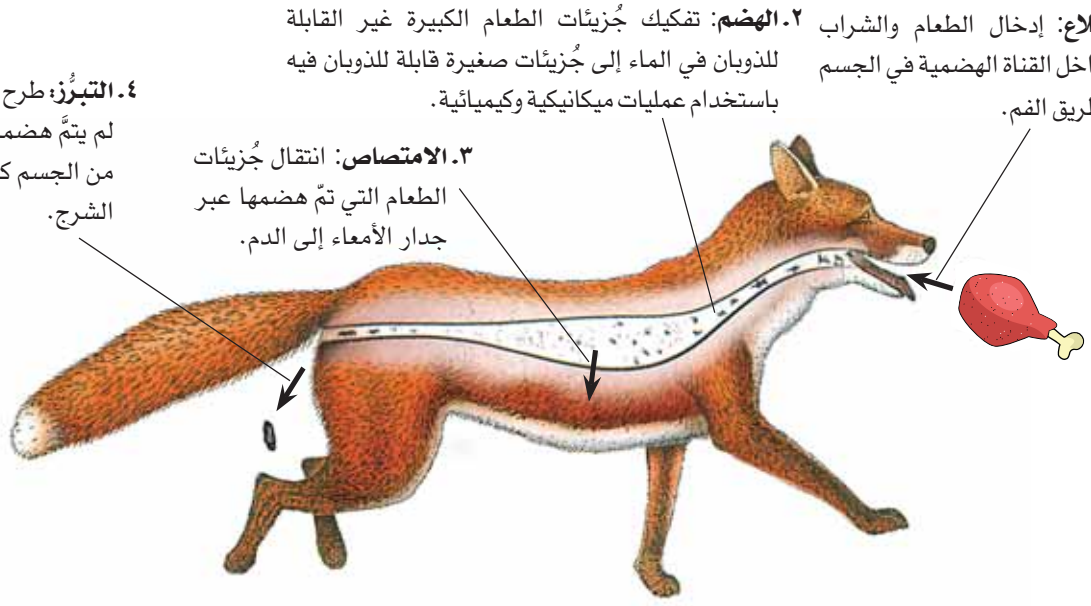
٨-١ الهضم

يحصل الإنسان والحيوان على الطاقة بتناول كائنات حيَّة أخرى أو مواد عضوية كما درست سابقًا (الفصل الدراسي الأول، الوحدة الرابعة). تمتلك الثدييات جهازًا هضميًّا مُتخصِّصًا، يقوم بهضم الطعام ومعالجته، لتتمكَّن الخلايا من تفكِّيكه وتحرير الطاقة المُخَتَزنة فيه.

ويشمل هذا الجهاز **القناة الهضمية Alimentary canal** وهي أنبوب طويل يمتدّ من الفم إلى فتحة الشرج (الشكل ٨-١). ولكي يتمكَّن الجسم من الاستفادة من الطعام، لا بُدّ من انتقاله من القناة الهضمية إلى مجرى الدم في عملية تُسمّى **الامتصاص Absorption**. ولذا يجب أن تكون جُزيئات الطعام صغيرة جدًّا بحيث تنفذ عبر جدران القناة الهضمية، لكي يتمّ امتصاصها.

يحتوي الطعام الذي تتناوله الثدييات عادة على جُزيئات كبيرة من البروتينات والكربوهيدرات والدهون. ولا بُدّ من تفكيك هذه الجُزيئات إلى جُزيئات صغيرة في عملية تُسمّى **الهضم Digestion**، ليُسهِّل عملية امتصاصها.

يُبيِّن (الشكل ٨-٢) آليَّة هضم الدهون والبروتينات والكربوهيدرات.



الشكل ٨ـ١ مراحل عملية هضم الطعام في الحيوانات الثديية

تتفكَّك جُزيئات الكربوهيدرات الكبيرة، مثل النشا، إلى سُكَّريات بسيطة، وتتفكَّك البروتينات إلى أحماض أمينية، والدهون إلى أحماض دهنية وجليسرول (الجدول ٨-١).

تكون السكَّريات البسيطة والماء والفيتامينات والأملاح المعدنية، على شكل جُزيئات صغيرة يمكن امتصاصها كما هي، ولا تحتاج إلى هضم.

المادة الغذائية	الأنزيم الذي يُفككها	الجُزيئات الصغيرة
النشا	الأميليز	سُكَّريات بسيطة
البروتين	البروتييز	أحماض أمينية
الدهون	الليبيز	أحماض دهنية وجليسرول

الجدول ٨ـ١ وظائف أنزيمات الهضم

الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي

غالبًا ما يكون الطعام الذي يأكله الإنسان والحيوان على شكل قطع كبيرة. لذلك تحتاج تلك القطع إلى تفتيت بواسطة الأسنان، وحركة التقليب في القناة الهضمية، بما يُسمّى **الهضم الميكانيكي Mechanical digestion.**

وبعد أن يتمّ طحن قطع الطعام الكبيرة، تتفكَّك جُزيئاتها إلى جُزيئات صغيرة، فيما يُسمّى **الهضم الكيميائي Chemical digestion**. ويتضمَّن ذلك حدوث تغيُّر كيميائي من خلال تحويل الجُزيئات غير القابلة للذوبان في الماء إلى جُزيئات قابلة للذوبان فيه بمساعدة الأنزيمات. يُلخِّص (الشكل ٨-٢) كيف يعمل الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي معًا لإنتاج جُزيئات صغيرة يستفيد الجسم منها.

مصطلحات علمية

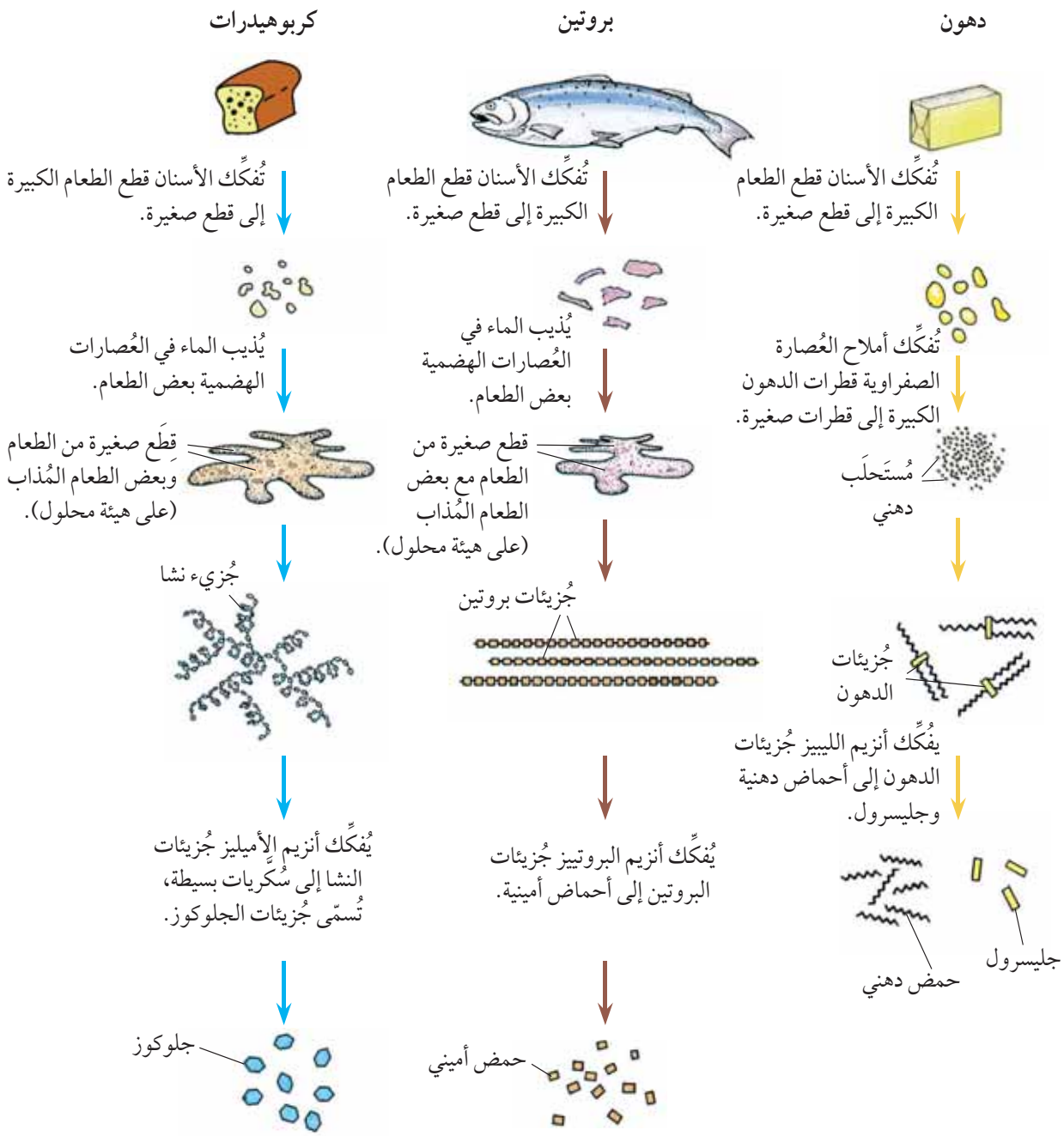
الابتلاع Ingestion: إدخال الطعام والشراب إلى داخل القناة الهضمية في الجسم عن طريق الفم.

الهضم Digestion: تفكيك جُزيئات الطعام الكبيرة غير القابلة للذوبان في الماء إلى جُزيئات صغيرة قابلة للذوبان فيه، باستخدام عمليات ميكانيكية وكيميائية.

الامتصاص Absorption: انتقال جُزيئات الطعام التي تمّ هضمها عبر جدار الأمعاء إلى الدم.

الهضم الميكانيكي Mechanical digestion: تفكيك الطعام إلى أجزاء صغيرة دون حدوث تغيُّر كيميائي في جُزيئات الطعام.

الهضم الكيميائي Chemical digestion: تفكيك الجُزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جُزيئات صغيرة قابلة للذوبان بمساعدة الأنزيمات.



الشكل ٨ـ٢ هضم أنواع مختلفة من المواد الغذائية

أسئلة

٨-١ ما المقصود بالهضم؟

٨-٢ سمِّ بعض أنواع الأطعمة التي لا تحتاج إلى هضم.

٨-٣ ما المواد الناتجة من هضم المواد الغذائية الآتية: (أ) النشا، (ب) السمك، (ج) الشحوم؟

٨-٤ قارن بين الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي.

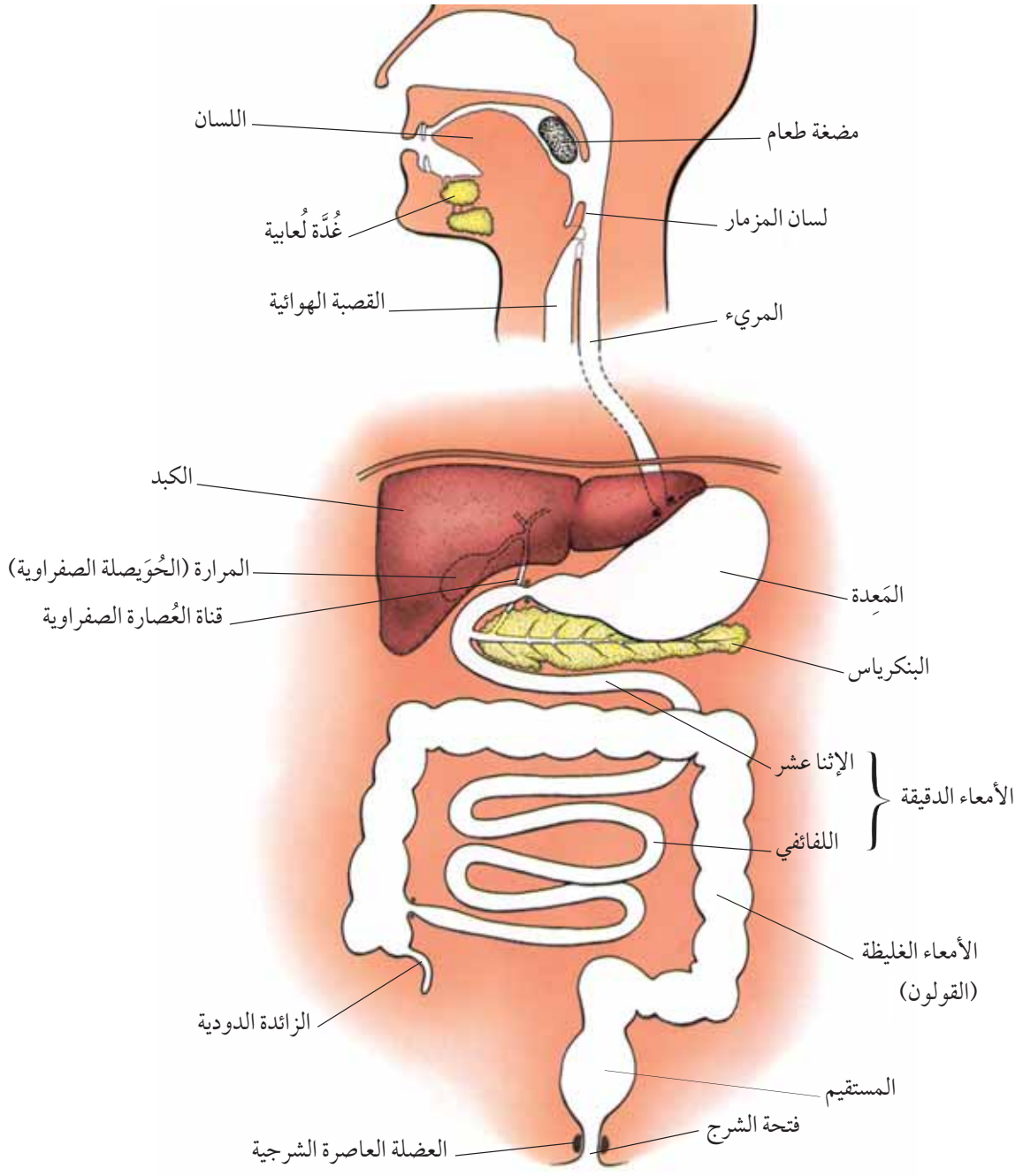
٨-٢ القناة الهضمية

القناة الهضمية Alimentary canal عبارة عن أنبوب طويل يمتدّ من الفم إلى فتحة الشرج، وهي جُزء من **الجهاز الهضمي Digestive system** الذي يشمل أيضًا الكبد والبنكرياس ومُلحقاته الأخرى.

يؤدّي كل قسم من القناة الهضمية دورًا في عمليات الهضم والامتصاص والتبرُّز. ويُبيّن (الشكل ٨-٣) الأعضاء الرئيسية المُكوِّنة للجهاز الهضمي عند الإنسان.

الفم

يُشارِك الفم والشفتان واللسان في ابتلاع الطعام. وتعمل الأسنان على تقطيع الطعام أو طحنه إلى أجزاء صغيرة، ممّا يزيد من مساحة سطحه. يمزج اللسان الطعام مع اللعاب، ويحوِّله إلى **مضغة bolus**، يتمّ ابتلاعها.



الشكل ٨-٣ الجهاز الهضمي عند الإنسان

تُفرِز **الغدد اللعابية Salivary glands** اللعاب، وهو مزيج من الماء والمخاط وأنزيم **الأميليز Amylase**. يُساهم الماء في إذابة المواد داخل الطعام، فيساعدنا بذلك على تذوُّقها. ويُساعد المخاط على تماسُك الطعام الممضوغ ليُشكِّل مضغة، مع إكسابه لُزوجة، تُسهِّل مروره في المريء. يبدأ أنزيم الأميليز بهضم النشا في الطعام، فيحوِّله إلى سُكَّر المالتوز. وعادة، لا يتوفَّر ما يكفي من الوقت ليُكمل عمله، لأن الطعام لا يبقى في الفم فترة طويلة جدًّا. ومع ذلك، إذا مضغت طعامًا نشويًّا (مثل قطعة خبز) لفترة طويلة، ستكون قادرًا على تذوُّق المالتوز الحلو الناتج.

المريء

يتَّصل بالجزء الخلفي من الفم أنبوبان يتَّجهان إلى الأسفل، هُما: **القصبة الهوائية Trachea** من الأمام، التي تنقُل الهواء إلى الرئتَين، وخلفها **المريء Oesophagus** الذي ينقل الطعام إلى المعدة.

عندما تبتلع الطعام، تُغطّي قطعة غضروفية تُسمّى **لسان المزمار Epiglottis** مدخل القصبة الهوائية، فتمنع دخول الطعام إلى الرئتَين.

وتقع عند مدخل المَعِدة في نهاية المريء، حلقة عضلية تُسمّى العضلة العاصرة، تسمح للطعام بدخول المَعِدة عندما تنبسط.

المَعِدة

تتمتَّع المَعِدة بجدار عضلي قوي، ينبسط وينقبض لتقليب الطعام ومزجه مع الأنزيمات والمخاط.

ويحتوي جدار المعدة على **خلايا كأسية Goblet cells** تفرز المخاط. كما يحتوي على خلايا أخرى تفرز أنزيمات **البروتييز Protease**، وخلايا أخرى تفرز حمض الهيدروكلوريك.

الأنزيم الرئيسي في المَعِدة هو نوع من أنواع أنزيمات البروتييز يُسمّى الببسين، يبدأ بهضم البروتينات من خلال تفكيكها إلى عديد الببتيد، وتعمل أنزيمات البروتييز بشكل أفضل في الوسط الحمضي. ويعمل الحمض أيضًا على قتل الميكروبات الموجودة في الطعام من خلال إتلاف أنزيماتها ومسخها.

تستطيع المَعِدة تخزين الطعام لفترة طويلة. وتفتح العضلة العاصرة عند قاعدتها بعد ساعة أو ساعتَين من دخول الطعام إليها. وهذا يسمح للطعام السائل واللزج الذي تمّ هضمه جُزئيًّا والذي يُسمّى **الكيموس Chyme**، وللمخاط، بالانتقال إلى الإثني عشر.

الأمعاء الدقيقة

الأمعاء الدقيقة Small intestine تُشكِّل جُزءًا من القناة الهضمية، وهي تقع بين المعدة والأمعاء الغليظة، ويبلغ طولها حوالي خمسة أمتار. وقد أُطلِق عليها هذا الاسم لأنها ضيّقة للغاية.

يتمّ في الأمعاء الدقيقة إفراز العديد من الأنزيمات التي تُصنَع في **البنكرياس Pancreas**، وهي غدَّة كبيرة الحجم، تقع تحت المعدة. ويصل أنبوب يُسمّى **القناة البنكرياسية Pancreatic duct**، البنكرياس بالإثني عشر. ويتدفَّق في هذه القناة سائل يفرزه البنكرياس يُسمّى العُصارة البنكرياسية.

يحتوي هذا السائل على العديد من الأنزيمات، بما فيها الأميليز والبروتييز والليبيز. يُفكِّك الأميليز النشا إلى سُكَّريات بسيطة، ويُفكِّك البروتييز البروتينات إلى أحماض أمينية، ويُفكِّك **الليبيز Lipase** الدهون إلى أحماض دهنية وجليسرول.

لا تعمل هذه الأنزيمات في أوساط حمضية، بينما مزيج الطعام الذي يأتي من المعدة، يحتوي على حمض الهيدروكلوريك. وبالمقابل، تحتوي العُصارة البنكرياسية على بيكربونات الصوديوم التي تُعادل الوسط الحامضي.

العُصارة الصفراوية

وبالإضافة إلى العُصارة البنكرياسية، فإن هناك سائلاً آخر يتدفَّق إلى الأمعاء الدقيقة يُسمّى **العُصارة الصفراوية Bile**، وهي سائل مائي قلوي أخضر مائل إلى الأصفر،

يُساهم في مُعادلَة المزيج الحمضي القادم من المَعِدة. تُفرَز العُصارة الصفراوية من الكبد، وتُخزَّن في المرارة (الحويصلة الصفراوية)، وتنتقل إلى الأمعاء الدقيقة عبر قناة العُصارة الصفراوية.

لا تحتوي العُصارة الصفراوية على أية أنزيمات. ومع ذلك فإنها تُساهم في هضم الدهون، عن طريق تفتيت قطرات الدهون الكبيرة إلى قطرات صغيرة جدًّا، ممّا يزيد من مساحة سطحها، فيسهُل على أنزيم الليبيز في العُصارة البنكرياسية هضمها وتحويلها إلى أحماض دهنية وجليسرول. وتسمّى هذه العملية **بالاستحلاب Emulsification**، الذي يحدث بفعل أملاح العُصارة الصفراوية. والاستحلاب نوع من أنواع الهضم الميكانيكي.

تحتوي العُصارة الصفراوية أيضًا على بيكربونات الصوديوم، التي تُساعد على مُعادلة الكيموس الحمضي الآتي من المعدة، وتوفِّر بالتالي رقمًا هيدروجينيًّا مُناسبًا لنشاط أنزيمات العُصارة البنكرياسية.

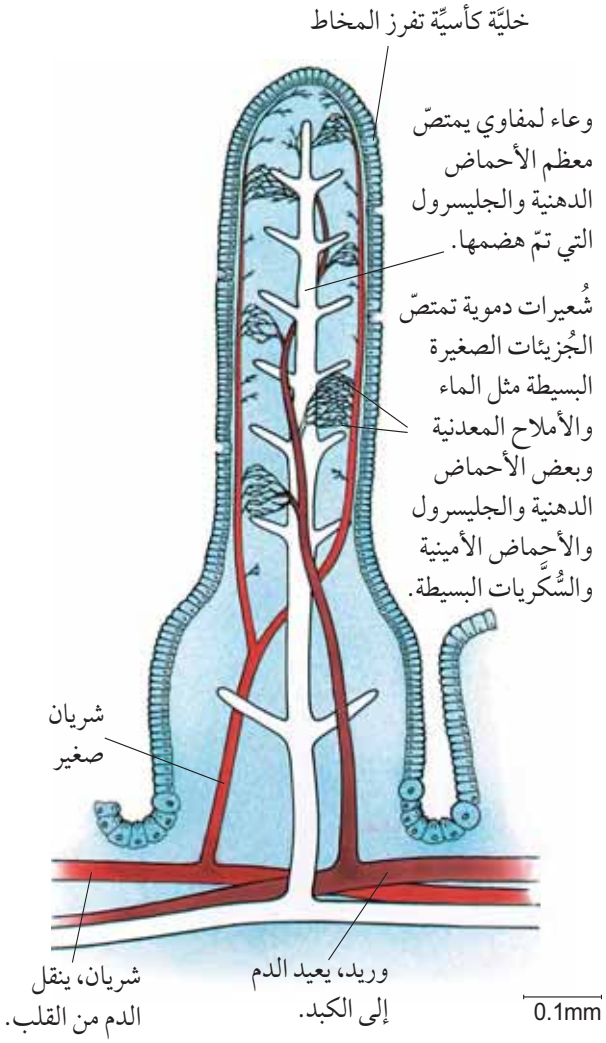
الخملات

وإضافة إلى أنزيمات البنكرياس، تفرز الأمعاء الدقيقة أنزيماتها الخاصَّة من خلايا مُعيَّنة تقع في جدرانها.

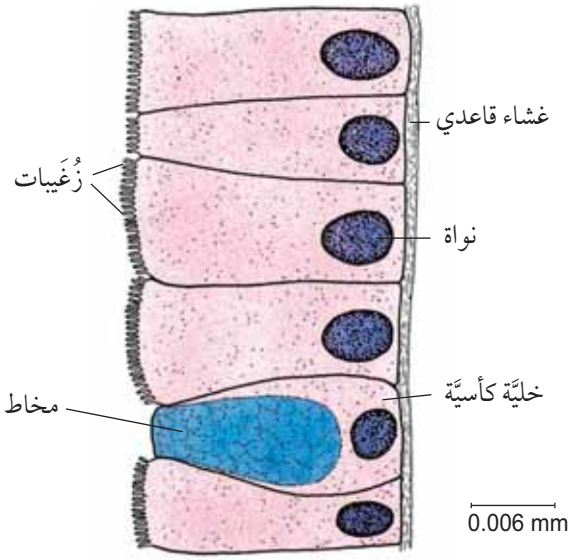
يُغطّي الجدار الداخلي للأمعاء الدقيقة ملايين النتوءات الدقيقة التي تُسمّى **بالخملات Villi**، ويبلغ طول الخملة الواحدة (1 mm) تقريبًا (الشكل ٨-٤، ٨ -٥، والصورة ٨-١).

تفرز الخلايا التي تُغطّي الخملات أنزيمات، لا تنتقل إلى داخل الأمعاء الدقيقة، بل تبقى قريبة من الخلايا التي أفرزتها، وتُكمِل هضم الطعام.

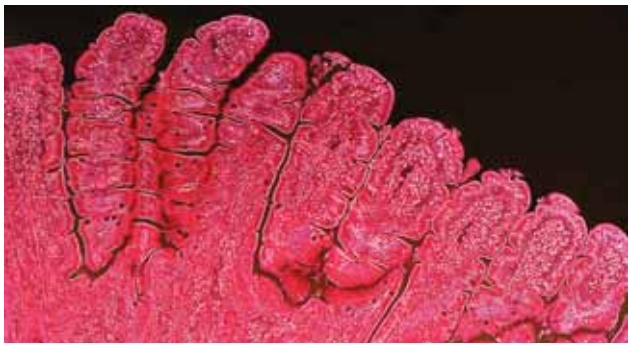
يُفكِّك أنزيم المالتيز، المالتوز إلى جلوكوز. وتُفكِّك أنزيمات البروتييز عديد الببتيد إلى أحماض أمينية. ويُكمل الليبيز تفكيك الدهون إلى أحماض دهنية وجليسرول.



الشكل ٨-٤ قطاع طولي في خملة



الشكل ٨-٥ تركيب سطح الخملة

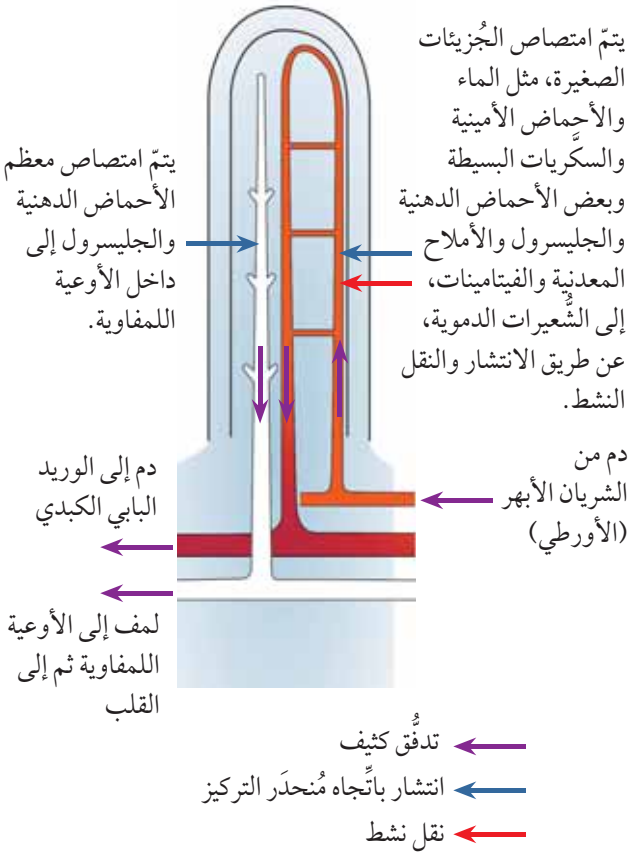


الصورة ٨ـ١ تُظهِر هذه الصورة المجهرية الخملات في الأمعاء الدقيقة. يبلغ طول كل خملة حوالي (0.5-1.5 mm)

امتصاص الطعام الذي تمّ هضمه

تمّ حتى الآن تفكيك معظم الكربوهيدرات إلى سُكَّريات بسيطة، والبروتينات إلى أحماض أمينية، والدهون إلى أحماض دهنية وجليسرول. وتكون هذه الجُزيئات صغيرة بما يكفي لكي تنفذ عبر جدران الأمعاء الدقيقة، ومنها إلى مجرى الدم، فيما يُسمّى **الامتصاص Absorption** (الشكل ٨-٦).

تتكيَّف الأمعاء الدقيقة لتقوم بعملية الامتصاص بكفاءة عالية. ويعرض الجدول (٨-٢) بعض مميّزاتها. ويتمّ في الأمعاء الدقيقة أيضًا، امتصاص الماء والأملاح المعدنية والفيتامينات، وهي تمتصّ 5-10 L من الماء يوميًّا.



الشكل ٨ـ٦ امتصاص المواد الغذائية التي تم هضمها إلى داخل الخملات

طرق تكيُّف الأمعاء الدقيقة	كيف تُساعد على الامتصاص
طويلة جدًّا، تبلغ نحو (5 m) في الإنسان البالغ	توفِّر كثيرًا من الوقت لإتمام عملية الهضم، ولامتصاص الطعام الذي تمّ هضمه خلال مروره ببطء
بها خملات، وكل خملة مُغطّاة بخلايا ذات نتوءات صغيرة على سطحها، تُسمّى الزُغيبات.	تُكسب السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة مساحة سطحية كبيرة جدًّا ممّا يزيد من سرعة امتصاص المواد الغذائية
تحتوي الخملات على شُعَيرات دموية	تنتقل السكّريات البسيطة، والأحماض الأمينية، والماء، والأملاح المعدنية، والفيتامينات، وبعض الأحماض الدهنية، والجليسرول، إلى مجرى الدم، الذي ينقلها إلى الكبد، ثم إلى مختلف أنحاء الجسم
تحتوي الخملات على أوعية لمفاوية، وهي جزء من الجهاز اللمفاوي	يتمّ امتصاص معظم الأحماض الدهنية والجليسرول إلى الأوعية اللمفاوية
للخملات جُدران رقيقة بسمك خلية واحدة	يمكن للمواد الغذائية التي تمَّ هضمها النفاذ بسهولة عبر الجدار للوصول إلى الشُّعيرات الدموية والأوعية اللمفاوية

الجدول ٨ـ٢ تكيُّف الأمعاء الدقيقة مع امتصاص المواد الغذائية التي تمَّ هضمها

يوضِّح الجدول (٨-٣) مُلخّصًا لعملية الهضم الكيميائي في القناة الهضمية عند الإنسان.

أجزاء القناة الهضمية	العُصارة المُفرَزة	مكان إنتاجها	الأنزيمات في العُصارة	مادة التفاعُل	المواد الناتجة	مواد أخرى في العُصارة	وظائف المواد الأخرى
الفم	اللعاب	الغُدد اللعابية في الفم	الأميليز	النشا	السُّكَّريات البسيطة	—	—
المريء	—	—	—	—	—	—	—
المَعِدة	العُصارة المَعدية	خلايا في جُدران المَعِدة	البروتييز	البروتينات	الأحماض الأمينية (عديد الببتيد)	حمض الهيدروكلوريك	وسط حمضي مناسب لنشاط أنزيم البروتييز؛ قتل الميكروبات في الطعام
الأمعاء الدقيقة (الإثنا عشر)	العُصارة البنكرياسية	البنكرياس	الأميليز	النشا	السُّكَّريات البسيطة (الجلوكوز)	—	—
			البروتييز	البروتينات	الأحماض الأمينية	—	—
			الليبيز	الدهون	الأحماض الدهنية والجليسرول	—	—
	العُصارة الصفراوية	الكبد، وتخزَّن في المرارة (الحُويصلة الصفراوية)	—	—	—	—	تُحوِّل أملاح العُصارة الصفراوية الدهون إلى مُستحلَب دهني، وتُعادل حموضة العُصارة المعِديَّة
الأمعاء الدقيقة (اللفائفي)	لا تفرز أي عُصارة؛ تبقى الأنزيمات في الخلايا التي تُغطّي الخملات أو عليها	الخلايا الكأسية التي تُغطّي الخملات	الأميليز	النشا	الجلوكوز	—	—
			البروتييز	البروتينات	الأحماض الأمينية	—	—
			الليبيز	الدهون	الأحماض الدهنية والجليسرول	—	—
تحتوي جميع العُصارات الهضمية على الماء والمخاط. يُسهِّل الماء عملية هضم الجُزيئات الكبيرة إلى جُزيئات صغيرة. كما أنه مُذيب للمواد الغذائية والأنزيمات. يعمل المخاط كمادة لزجة تُسهِّل مرور الطعام، وهو يُشكِّل غطاء للسطح الداخلي للقناة الهضمية، وبالتالي يمنع الأنزيمات من هضم خلايا القناة الهضمية.							

الجدول ٨ـ٣ مُلخّص لعملية الهضم الكيميائي في القناة الهضمية عند الإنسان.

الأمعاء الغليظة

أُطلِق على **الأمعاء الغليظة Large intestine** هذا الاسم لأنها أوسع من الأمعاء الدقيقة.

لا يمكن أن يتمّ هضم جميع الأطعمة التي نتناولها، ولا يمكن أن تمتصّ الأمعاء الدقيقة الطعام الذي لم يتمّ هضمه. لذا ينتقل إلى ما بعد الزائدة الدودية، ليصل إلى الجزء الأوَّل من الأمعاء الغليظة، الذي يُسمّى القولون. ولا تقوم الزائدة الدوديّة في الإنسان بأي وظيفة في عملية الهضم. يتمّ امتصاص المزيد من الماء والأملاح في القولون. ولكنه أقلّ امتصاصًا للماء، مُقارنَة بالأمعاء الدقيقة.

ومع وصول الطعام إلى الجُزء الأخير من الأمعاء الغليظة، المُسمّى المستقيم، تكون معظم المواد القابلة للامتصاص قد انتقلت إلى مجرى الدم. وما يتبقّى هو الطعام الذي لا يتمَّ هضمه، والبكتيريا، وبعض الخلايا الميتة من داخل القناة الهضمية. ويُشكِّل هذا المزيج البراز، الذي يمرّ على فترات عبر فتحة الشرج، بعملية تُسمى **التبرُز Egestion**.

نشاط ٨-١

تصميم نموذج يُحاكي عملية الامتصاص

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل

يُفكّك الطعام إلى جُزيئات صغيرة في القناة الهضمية، ويتمّ بعد ذلك امتصاص تلك الجُزيئات إلى مجرى الدم عبر جدران الأمعاء الدقيقة.

سوف تستخدم في هذا النشاط أنابيب الديلسة لتمثيل جدران القناة الهضمية.

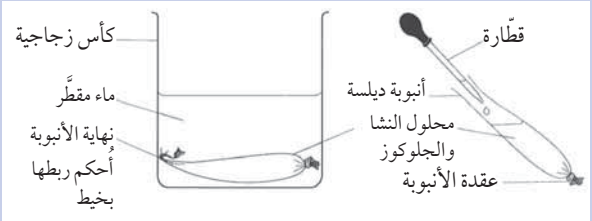
١ بلِّل قطعة من أنبوبة الديلسة، وافركها بين أصابعك لتتمكَّن من فتحها. اربط بحرص عقدة بإحدى نهايتَها.

٢ استخدم قطّارة لملء الأنبوبة بمحلول النشا وسُكَّر الجلوكوز.

٣ أحكم ربط نهاية الأنبوبة بخيط.

٤ اشطف الأنبوبة بالماء برفق لإزالة أية ترسُّبات من النشا أو الجلوكوز على سطحها.

٥ ضع الأنبوبة في كأس زجاجية، وأضف كمّية كافية من الماء المقطَّر لتغطيتها. ودعِ الجهاز جانبًا لمُدَّة 20 دقيقة تقريبًا.



٦ خذ عيّنة من السائل خارج الأنبوبة، واكشف عن النشا. انسخ الجدول التالي، واكتب نتيجتك واستنتاجك.

٧ خذ عيّنة ثانية من خارج الأنبوبة، واكشف عن السكَّر المُختزَل (الجلوكوز). سجِّل نتيجتك واستنتاجك كما سبق.

٨ أعدِ الخُطوتَين ٦، ٧، لاختبار السائل في داخل الأنبوبة.

	اختبار النشا		اختبار السكَّر المُختزَل	
	النتيجة	الاستنتاج	النتيجة	الاستنتاج
السائل في الكأس				
السائل في الأنبوبة				

أسئلة

١ أيُّ جزء من الجهاز الذي استخدمته في هذا النشاط يُمثِّل كلًّا من الآتي:

أ. جدار القناة الهضمية.

ب. محتويات القناة الهضمية.

ج. الدم.

٢ أ. هل كان النشا قادرًا على الانتقال عبر أنبوبة الديلسة؟

ب. هل كان الجلوكوز قادرًا على الانتقال عبر أنبوبة الديلسة؟

ج. اقترح سببًا لتلك النتائج.

٣ ما اسم العملية التي انتقلت من خلالها المواد عبر أنبوبة الديلسة.

٤ اشرح كيف توضِّح نتائجك ضرورة هضم النشا في جهازك الهضمي ليتمكَّن من الانتقال منه إلى الدم.

التمثيل الغذائي

يتمّ نقل المواد الغذائية التي تمّ امتصاصها عبر الخملات إلى الكبد، حيث تتمّ عملية معالجتها. يتمّ تفكيك بعضًا منها، والبعض الآخر يُحوَّل إلى موادّ أخرى، ومنها ما يتمّ تخزينه، ومنها ما لايحدث له تغيير أبدًا.

تُنقَل المواد الغذائية الذائبة في بلازما الدم إلى أجزاء أخرى من الجسم، حيث تعمل الخلايا على استهلاكها واستخدامها في عملية تُسمّى **التمثيل الغذائي Assimilation.**

وتؤدّي الكبد دورًا مُهمًّا في أيض الجلوكوز. فإذا ارتفع مستوى الجلوكوز في الدم، تُحوِّل الكبد بعضًا منه إلى كربوهيدرات مُعقَّدة وهو الجلايكوجين، وتقوم بتخزينه (الفصل الدراسي الأوَّل، الوحدة السادسة).

مصطلحات علمية

التبرُّز Egestion: طرح الطعام الذي لم يتمَّ هضمه أو امتصاصه من الجسم، كبراز، عبر فتحة الشرج.

التمثيل الغذائي Assimilation: انتقال جُزيئات الطعام التي تمّ هضمها من الجسم إلى خلاياه، ليتمّ استخدامها ولتصبح جزءًا من الخلية.

أسئلة

٥-٨ اذكر اسم **جُزأين** من القناة الهضمية يفرزان أنزيم الأميليز. ثم وضِّح وظيفة الأميليز.

٦-٨ لماذا تفرز جدران المَعِدة حمض الهيدروكلوريك؟

٧-٨ اذكر **عُصارتَين** هضميَّتَين تُفرزان إلى الأمعاء الدقيقة.

٨-٨ كيف تُساهم أملاح العُصارة الصفراوية في الهضم؟

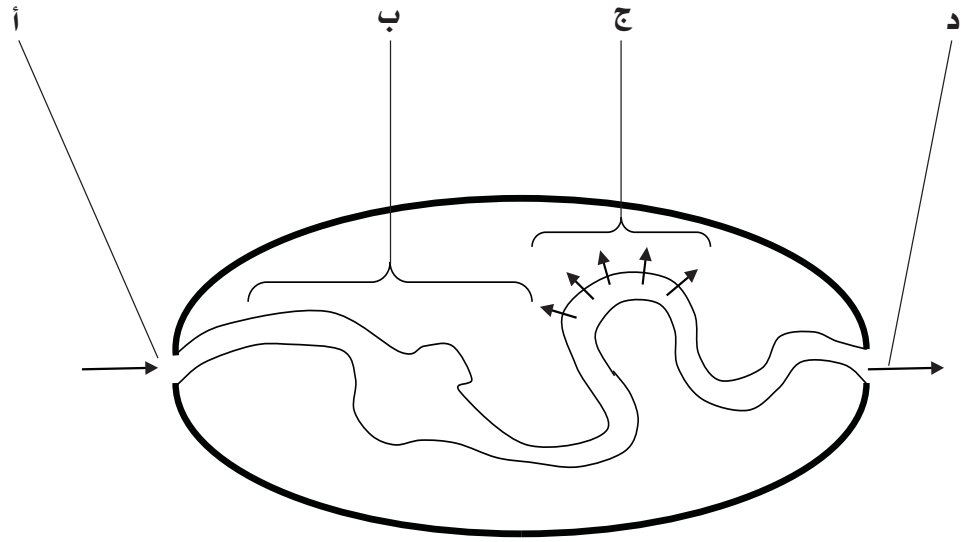
مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- أسباب الحاجة إلى هضم الطعام قبل امتصاصه.
- وظائف أنزيمات الأميليز والبروتييز والليبيز.
- تركيب ووظائف القناة الهضمية والأعضاء الأخرى في الجهاز الهضمي.

أسئلة نهاية الوحدة

١ يُبيّن الشكل أدناه رسمًا تخطيطيًّا مُبسّطًا للقناة الهضمية.



أ. اكتب رمز الجزء الذي تحدث فيه العمليات الآتية:

١. الامتصاص.

٢. التبرُّز.

٣. الهضم الكيميائي.

٤. الابتلاع.

ب. اكتُب تعريف كلّ من المُصطلحات العلمية الواردة في سؤال الجُزئيَّة (أ).

٢ كتب أحد الطلاب الفقرة الآتية:

> عندما يأكل شخص ما الخبز، يحدث الجزء الأول من عملية الهضم في الفم، حيث تقطع الأسنان الخبز إلى قطع صغيرة، ثم تذوب في العُصارات الهضمية. بعدها يقوم أحد الأنزيمات بتفكيك الجُزيئات الكبيرة إلى جُزيئات صغيرة، يمكن امتصاصها وتمثيلها غذائيًّا.

أ. وضِّح الفرق بين الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي.

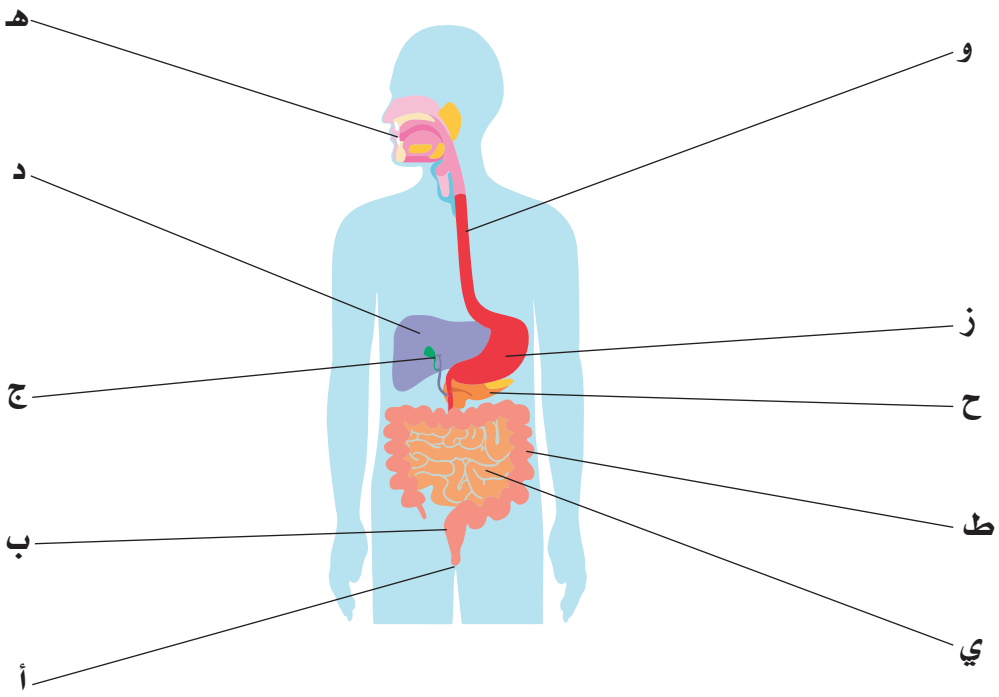
ب. اكتب الفقرة على دفترك ثم:

١. ضع خطًّا باللون الأحمر تحت العمليات التي تتدرّج ضمن الهضم الميكانيكي.

٢. ضع خطًّا باللون الأزرق تحت العمليات التي تتدرّج ضمن الهضم الكيميائي.

ج. اشرح ما قصدهُ الطالب بمصطلح «التمثيل الغذائي».

٣ يُوضِّح الشكل أدناه رسمًا تخطيطيًّا للجهاز الهضمي عند الإنسان.



أ. سمِّ كل جزء من الأجزاء من (أ) إلى (ي) على الرسم.

ب. اكتب رمز الجزء من الجهاز الهضمي حيث:

١. توجد العُصارة المعِدية.

٢. تُنتَج العُصارة الصفراوية.

٣. تُخزَّن العُصارة الصفراوية.

٤. تُنتَج العُصارة البنكرياسية.

٥. يوجد أنزيم البروتييز في وسط حمضي.

٤ في القرن التاسع عشر، أجرى الطبيب ويليام بومونت تجارب على الهضم عندما أصيب أحد مرضاه بطلق ناري تسبّب بجرح مفتوح (بثقب) في مَعِدته. استطاع بومنت أن يستخرج عُصارة مَعِدة مريضه عبر هذا الثقب؛ وبعد تحليلها تبيّن أنها حمضية.

أ. ما اسم الحمض الذي وجده بومونت في عصارة المَعِدة؟

ب. ما وظيفة هذا الحمض.

وضع بومونت أيضًا طعامًا في مَعِدة مريضه عن طريق الثقب، وسحبه مرّة أخرى بعد فترة مُحدَّدة من الوقت. فوجد أن الطعام في العصير المعِدي قد تمّ هضمه جُزئيًّا.

ج. ما الأنزيم الموجود في عصير مَعِدة المريض؟

د. اذكر اسم مادة التفاعُل والمادة الناتجة لهذا الأنزيم.

استخلص بومونت بعض العُصارة المعِدية من المريض، وتركها جانبًا لتبرد. ثم أعاد التجربة بوضع الطعام في العُصارة المعِدية الباردة لنفس الفترة الزمنية. فوجد أن الطعام لم يتمّ هضمه هذه المرّة.

هـ. اقترح سببًا للفرق الذي وجده بومونت بين الطعام الذي وُضِع في معدة المريض، والطعام الذي وُضِع في العُصارة المعِدية المُستخلَصة.

٥ اكتُب لكلّ مجموعة ثلاثية من المُصطلحات العلمية أدناه، جُملة تستخدم فيها جميع المصطلحات بشكل صحيح (ليس شرطًا أن ترد بالترتيب نفسه).

أ. الغُدَّة اللُّعابية – أنزيم الأميليز – المالتوز.

ب. المريء – لسان المزمار – الفم.

ج. المَعِدة – الكيموس – الأمعاء الدقيقة.

د. الخلايا الكأسية – أنزيم البروتييز – حمض الهيدروكلوريك.

هـ. البنكرياس – بيكربونات الصوديوم – مُتعادل.

و. العُصارة الصفراوية – المرارة (الحويصلة الصفراوية) – استحلاب.

٦ طابق بين الأنزيم ومادة التفاعُل والمواد الناتجة، ورتِّبها بشكل صحيح.

أميليز	دهون	سُكَّر بسيط (مالتوز)
بروتييز	نشا	أحماض دهنية وجليسرول
ليبيز	بروتينات	أحماض أمينية

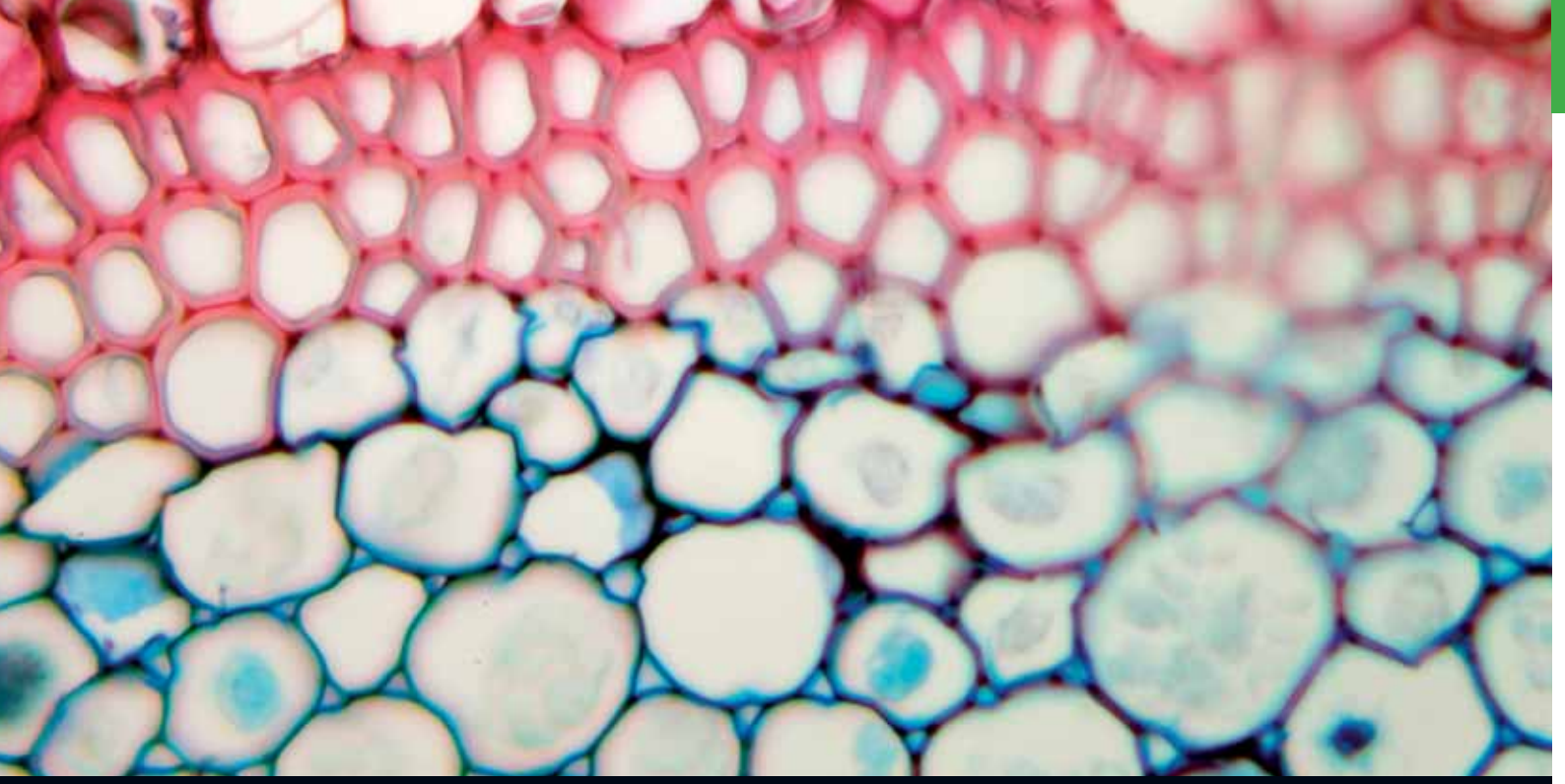
٧ انسخ الجُمل التالية عن الأمعاء الدقيقة، وأكملها باستخدام كلمات القائمة. يمكنك استخدام كل كلمة مرّة أو أكثر، أو عدم استخدامها.

الإثنا عشر	**الخملات**	**الأمعاء الدقيقة**	**الجليسرول**	**الجلوكوز**
البنكرياس	**العُصارة الصفراوية**	**الأنزيمات**	**الأحماض الدهنية**	**أوعية لمفاوية**
الخلايا الكأسية	**شُعيرة دموية**	**التمثيل الغذائي**	**الكبد**	**المساحة السطحية**
الامتصاص	**زُغيبات**	**الماء**	**الفيتامينات**	**اللفائفي**

تتكوّن الأمعاء الدقيقة من جُزأين، _____ و _____ . وقد تكيّفت لتحدث عملية _____ بكفاءة عالية.

الجدار الداخلي للأمعاء الدقيقة مُغطّى بنتوءات صغيرة تُسمّى _____ . ولكل خملة نتوءات أصغر تُسمّى _____ . وهذا يزيد من _____ للأمعاء الدقيقة، ممّا يزيد من سرعة امتصاص المواد الغذائية.

تفرز خلايا سطح الخملات أيضًا _____ لتكمل الهضم الكيميائي، وتفرز _____ المخاط. تحتوي الخملات أيضًا على _____ تمتصّ بعض الأحماض الدهنية والجليسرول، و _____ تمتصّ نواتج الهضم الأخرى، وتنقلها إلى _____ وبقية أنحاء الجسم.



الوحدة التاسعة

النقل في النبات Transport in plants

تغطّي هذه الوحدة:

- أسباب حاجة النبات إلى جهاز نقل.
- موقع النسيج الوعائي الخشبي ووظيفته.
- آليّة امتصاص ونقل الماء في النبات.
- العلاقة بين المساحة السطحية للشُّعيرات الجذرية ومُعدَّل امتصاص الماء والأيونات.
- عملية النتح.
- تأثير درجة الحرارة والرطوبة على مُعدَّل عملية النتح.
- آليّة نقل سُكَّر السكّروز والأحماض الأمينية في النبات.

٩-١ جهاز النقل في النبات

تحصل جميع الكائنات الحيَّة على المواد التي تحتاج إليها من البيئة الخارجية. وأهمّ ما تحتاج إليه النباتات، هو غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وأيونات الأملاح.

للنباتات أشكال مُتفرِّعة تمنحها مساحة سطحية كبيرة مُقارنة بحجمها. ممّا يجعل معظم الخلايا النباتية قريبة من السطح الخارجي، ليتمكّن غاز ثاني أكسيد الكربون من الوصول إليها بشكل سهل وسريع عن طريق عملية الانتشار من الهواء.

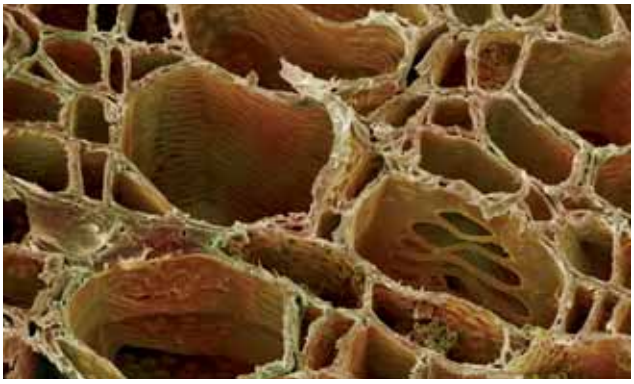
وتمتصّ الجذور الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من التربة، ثم تقوم بنقلها وتوزيعها على أجزاء النبات المختلفة عبر أوعية نقل مُتخصِّصة تُسمّى **الخشب Xylem**.

وتحتوي النباتات أيضًا على أنابيب نقل أخرى تُسمّى **أنابيب اللحاء Phloem tubes** وهي المسؤولة عن نقل سُكَّر السكَّروز والأحماض الأمينية من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات. حيث تُصنَّع إلى أجزاء أخرى من النبات، مثل جذوره وأزهاره.

١. أوعية الخشب

يتكوَّن **وعاء الخشب Xylem vessel** من مجموعة من الخلايا الميتة والمُجوّفة، المُتراصّة معًا. ومع تلاشي الجدران العرضية بين الخلية والخلية الأخرى ينتج أنبوب طويل مفتوح، كما في الصورة ٩-١ والشكل ٩-١. وتمتد أوعية الخشب هذه من الجذور إلى الساق، وصولاً إلى الأوراق.

لا تحتوي خلايا أوعية الخشب على السيتوبلازم أو الأنوية، بل تتكوَّن جُدرانها من مادّتَي السليلوز و**اللجنين Lignin**. وتتميَّز مادة اللجنين بأنها قويَّة جدًّا، ممّا يؤدّي إلى دعم النباتات وإبقائها في وضع قائم.



الصورة ٩-١ صورة مجهرية التُقِطت باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح لأوعية الخشب (1800 ×)

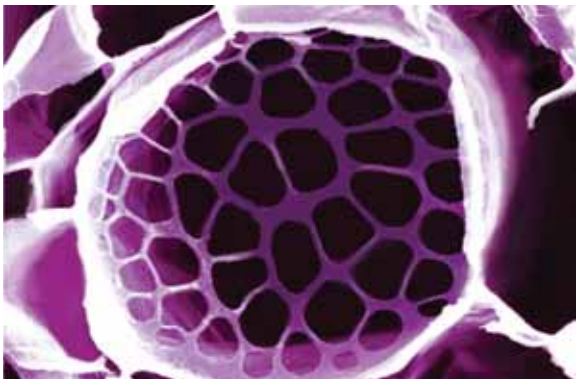
الشكل ٩-١ قطاعان طولي وعرضي لوعاء الخشب

نشاط ٩-١ (إثرائي)

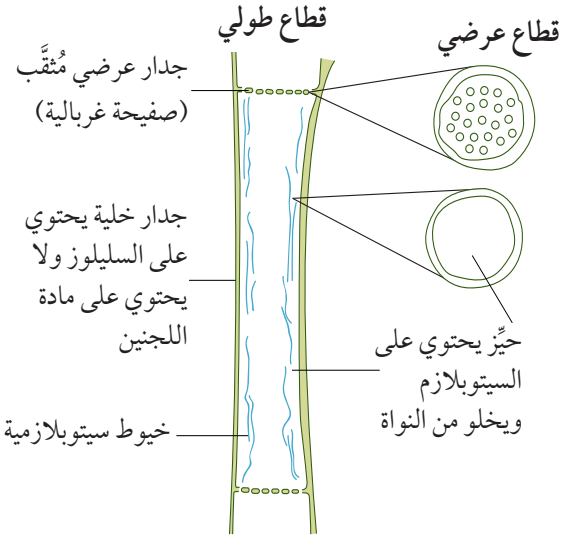
تحديد موقع أوعية الخشب في الجذور والسيقان والأوراق.

٢. أنابيب اللحاء

تتكوَّن **أنابيب اللحاء Phloem tubes**، من مجموعة من الخلايا المُتّصلة بعضها ببعض، إلا أنها لم تفقد جُدرانها العرضية بشكل كلّي، فتظهر مُثقَّبة. وتُسمّى هذه الجدران بالصفيحة الغربالية، ولذلك تُسمّى الخلايا المُكوّنة للأنبوب **بالخلايا الغربالية Seive cells**. وهي تحتوي على السيتوبلازم، ولكنها تخلو من الأنوية، ولا تحتوي جُدران خلاياها على اللجنين. لذلك تُعتبر من الخلايا الحية.



الصورة ٩-٢ صورة مجهرية التُقِطت باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح تُظهِر أنابيب اللحاء الغربالية (1000 ×)

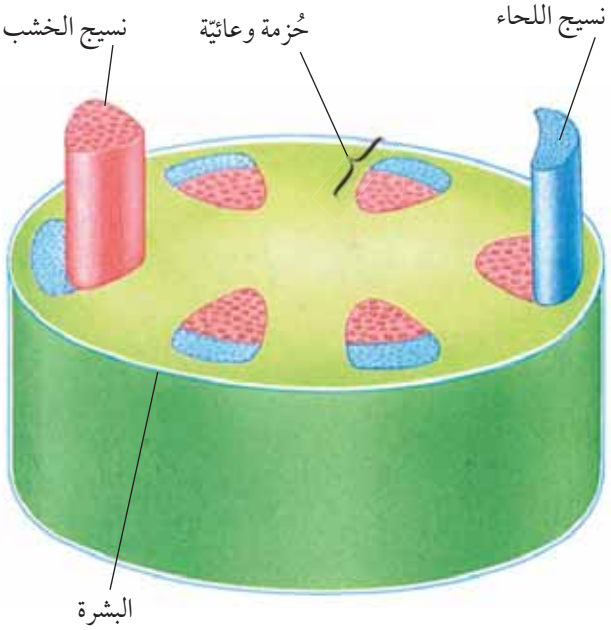


الشكل ٩-٢ قطاعان طولي وعرضي لأنبوب اللحاء

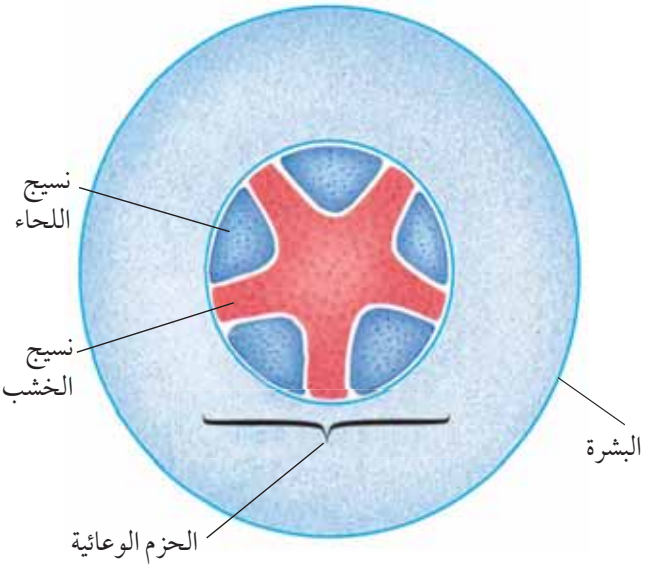
الحُزم الوعائيَّة

توجد أوعية الخشب وأنابيب اللحاء مُتقاربة لتكوِّن معًا **حُزمة وعائيَّة Vascular bundle**.

يظهر في الشكلَين ٩-٣ و ٩-٤ ترتيب الحُزم الوعائيَّة في كلّ من جذور وسيقان النباتات ذوات الفلقتَين. ونُلاحظ أنها تشغل مركز الجذر، مُكوِّنة الأسطوانة الوعائية، بينما تترتَّب الحُزم الوعائية في الساق في حلقة قريبة من الطبقة الخارجية. توجد الحُزم الوعائية أيضًا داخل الأوراق (الشكل ٧-١)، وهي تُساهِم في توفير الدعامة للنبات.



الشكل ٩-٤ قطاع عرضي يُوضِّح ترتيب الحُزم الوعائية في ساق نبات ذي فلقتَين



الشكل ٩-٣ قطاع عرضي يُوضِّح ترتيب الحزم الوعائية في جذر نبات ذي فلقتَين

أسئلة

٩-١ ما المواد التي تنقلها أوعية الخشب؟

٩-٢ ما المواد التي تنقلها أنابيب اللحاء؟

٩-٣ ما المقصود بالحُزمة الوعائية؟

نشاط ٩-٢

التعرُّف على الجزء المسؤول عن نقل الماء والمواد المذابة في ساق النبات

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات
- طرق التقييم

⚠ • **توخَّ الحذر عند استخدام الشفرة الحادَّة للحصول على قطاعات في الساق.**

١ خذ نباتًا مُناسبًا، مثل الفجل أو البقدونس، بجذور سليمة، واغسل الجذور جيّدًا.

٢ اغمس جذور النبات في كأس تحتوي على ماء مُلوَّن بمُلوِّن طعام أحمر أو أزرق، ودعِ الكأس طوال الليل.

٣ جهِّز مجهرًا ضوئيًّا.

٤ أزل النبات من محلول الماء المُلوَّن، واغسل الجذور جيّدًا بالماء.

٥ استخدم شفرة لقطع ساق النبات من المُنتصف. توخَّ الحذر عند استخدام الشفرة، ولا تلمس حوافها الحادة.

٦ قُصَّ قطاعات عرضية رقيقة جدًّا في الساق. حاول أن تجعلها رقيقة للغاية بحيث يمكنك الرؤية من خلالها. ليس من الضروري أن تكون القطاعات على شكل دوائر كاملة.

٧ اختر أكثر القطاعات رقّة (أقلّها سمكًا)، وثبِّته في قطرة ماء على شريحة مجهر، وغطِّها بغطاء الشريحة.

٨ افحص القطاع تحت المجهر. ثم ارسم ما تُشاهده، وضع البيانات عليه.

أسئلة

١ أي أجزاء الساق يحتوي على الماء المُلوَّن؟ كيف تفسِّر وصول الماء المُلوَّن إلى هذا الجزء؟

٢ فسِّر غسل جذور النبات في الحالتَين الآتيتَين:

أ. قبل وضعها في محلول الماء المُلوَّن.

ب. قبل تحضير قطاعات عرضية من الساق.

٣ صمِّم تجربة لاستقصاء تأثير عامل واحد (مثل، شدَّة الضوء أو درجة الحرارة أو سرعة الرياح) على مُعدَّل انتقال الماء المُلوّن إلى أعلى الساق.

- اكتب الفرضية المُلائمة للعامل المُتغيِّر الذي قمت باختياره.
- ما العامل المُتغيِّر والعامل الثابت في استقصائك؟
- عندما تنتهي من وضع خطّتك للاستقصاء، اطلب إلى مُعلِّمك التحقُّق منها وتدقيقها، ثم قم بإجراء تجربتك. سجِّل نتائجك واعرضها.
- اكتب استنتاجاتك وناقشها في ضوء معرفتك عن آليَّة النقل في النباتات.
- قيّم دقّة نتائجك.
- حدِّد الأسباب المُحتملة لعدم دقَّة النتائج أو الاستنتاج الذي توصَّلت إليه؟
- اقترح طُرقًا لتحسين أداء تجربتك، في المرّات القادمة.

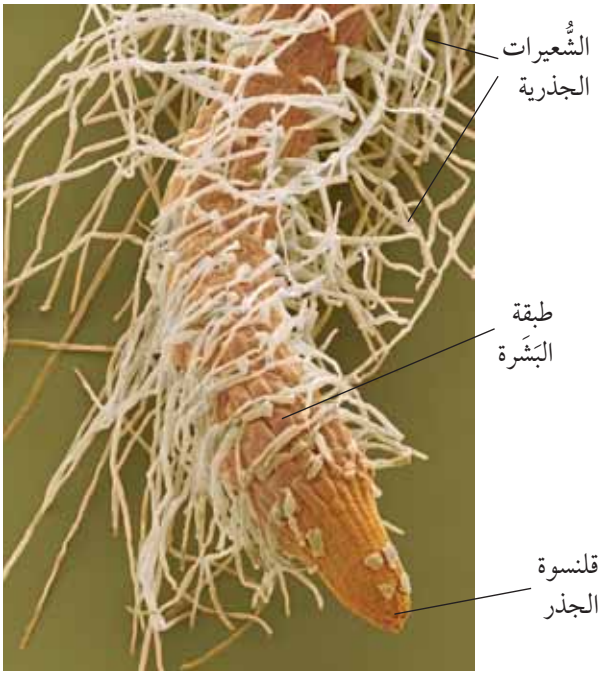
٩-٢ امتصاص الماء ونقله

تمتلك جذور النباتات **شُعَيرات جذرية Root hairs** وظيفتها امتصاص الماء وأيونات الأملاح المعدنية من التربة.

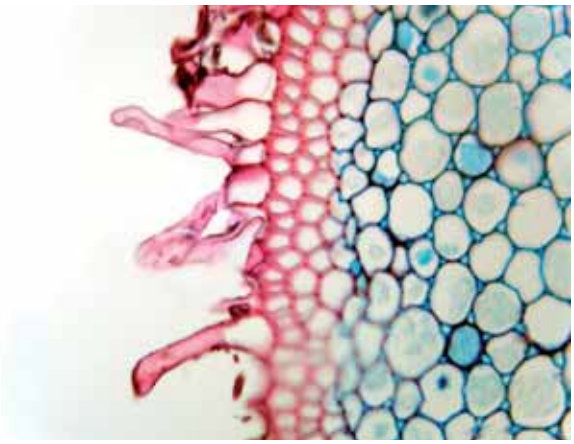
وتوضِّح الصورة ٩-٣ **قمَّة جذر** نبات **Root tip** بعد التكبير. وهي مُغطّاة من طرفها بما يُسمّى **قلنسوة الجذر Root cap**، وتتكوَّن من طبقة من الخلايا البرنشيمية، تحمي الجذر أثناء نموِّه في التربة. وتُغطّي باقي السطح الخارجي للجذر طبقةٌ من الخلايا تُسمّى طبقة البشرة.

أما الشُّعيرات الجذرية فهي تمتدّ بعيدًا عن قمّة الجذر نتيجة استطالتها من خلايا البشرة (الصورتان ٩-٣ و٩-٤). ولا تعيش الشُّعيرات الجذرية لفترات طويلة من الزمن، إذ تحلُّ محلّها شُعيرات جديدة مع نموّ الجذر.

تتَّصف الشُّعيرات الجذرية بأنَّها صغيرة جدًّا، ولكنَّها كثيرة العدد ممّا يؤدّي إلى توفير مساحة سطحية كبيرة جدًّا، تزيد من سرعة امتصاصها للماء والأيونات المختلفة.



الصورة ٩-٣ قمّة جذر (400×)

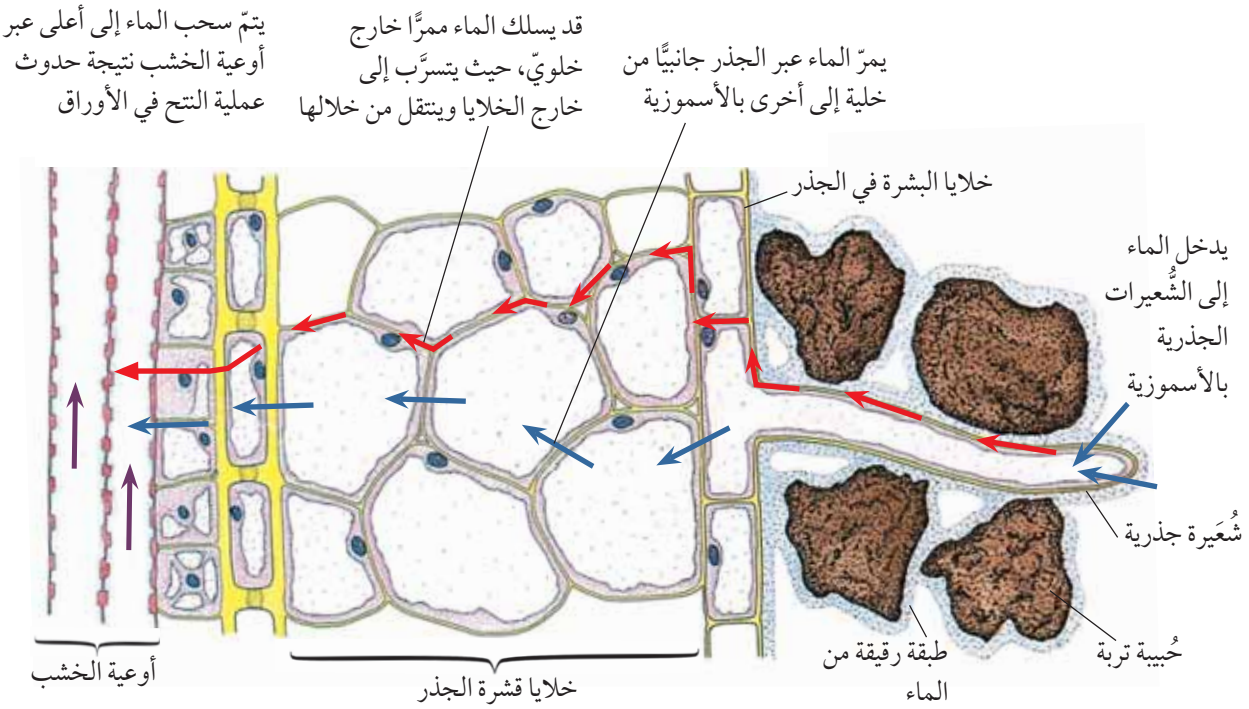


الصورة ٩ـ٤ جزء من قطاع عرضي لجذر يُبيِّن الشُّعيرات الجذرية (100 ×)

ينتقل الماء من التربة إلى الشُّعيرات الجذرية بالأسموزية. حيث تتميَّز الشُّعيرات الجذرية بوجود فجوات عُصارية كبيرة تحتوي على محلول عالي التركيز، بينما تحوي التربة محلولاً مُنخفِض التركيز، ممّا يؤدّي إلى انتشار الماء إلى داخل الشُّعيرات الجذرية، باتِّجاه مُنحدَر تركيزه (من الجهد العالي للماء إلى الجهد المُنخفِض)، عبر غشاء الخلية شبه المنفِذ (الفصل الدراسي الأول، الوحدة الثانية، الموضوع ٢-٢).

تقع الشُّعيرات الجذرية في النباتات العشبية ثُنائية الفلقة مثل الفاصوليا، عند حافة الجذر أو عند الطرف، بينما يقع النسيج الوعائي الخشبي في المركز، وقبل أن يتمّ نقل الماء إلى بقية أجزاء النبات، يجب أن يتمّ نقله أولًا إلى أوعية الخشب في الجذر، وهذا ما يُسمّى بالنقل الجانبي للماء والأملاح في جذور النباتات.

يُوضِّح الشكل ٩-٥ المسارات التي يسلكها الماء من الشُّعيرات الجذرية عبر خلايا **القشرة Cortex** إلى أوعية الخشب. حيث ينتقل الماء عبر جدران الخلايا وأغشيتها مرورًا بخلايا قشرة الجذر عن طريق الأسموزية للوصول إلى أوعية الخشب. ويمكن أن يسلك الماء مسارًا خارج خلوي حيث يتسرَّب إلى خارج الخلايا وينتقل من خلالها؛ أو قد يتسرَّب إلى داخل جدران الخلايا ليصل إلى أوعية الخشب، دون أن يدخل فعليًّا إلى داخل الخلايا. وحين يصل الماء إلى أوعية الخشب ينتقل، عبر الساق، إلى أعلى نحو طبقة النسيج الوسطي في الأوراق.



الشكل ٩ـ٥ النقل الجانبي للماء والأملاح في جذور النباتات

عندما يصل الماء إلى النسيج الوعائي الخشبي، ينتقل إلى الأعلى في أوعية الخشب بنفس الطريقة التي ينتقل بها الشراب إلى فمك عبر ماصّة الشرب. عندما تقوم بالسحب عبر الماصّة، فأنت تخفض الضغط على الجزء العلوي من الماصّة، وترفع من الضغط على السائل في الجزء السفلي من الماصّة، لذلك يتدفَّق الشراب إلى أعلى نحو فمك.

يحدث الأمر نفسه مع الماء في أوعية الخشب. ينخفض الضغط في جُزئها العلوي، بينما يبقى الضغط في جُزئها السفلي مُرتفعًا. لذلك يتدفَّق الماء إلى الأعلى في أوعية الخشب تلك.

ولكن كيف يحدث انخفاض الضغط في الجزء العلوي من أوعية الخشب؟ يحدث ذلك بسبب عملية النتح.

أسئلة

٤-٩ اشرح كيفية انتقال الماء إلى الشُّعيرات الجذرية.

٣-٩ عملية النتح

النتح Transpiration هو عملية فقدان بخار الماء من النبات عبر ثغور الأوراق.

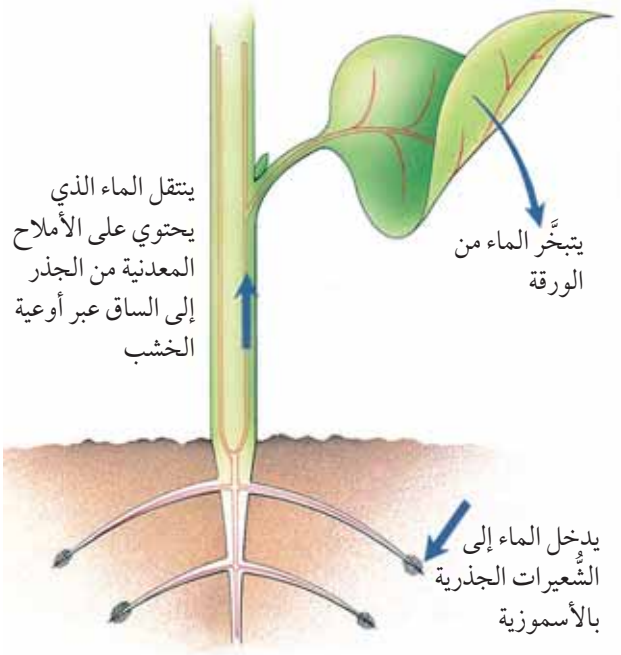
بالعودة إلى الشكل ٧-٣، ترى أن هناك فتحات على سطح الورقة تُسمّى الثغور. يحتوي السطح السفلي من الورقة عادةً على المزيد من **الثغور Stomata**، وتحديدًا في طبقة البشرة السفليَّة. وتغطّي طبقة رقيقة من الماء سطح كلّ خلية من خلايا طبقة النسيج الوسطي الموجودة داخل الورقة.

يتبخَّر بعض الماء الموجود على أسطح هذه الخلايا، وينتقل البخار من داخل الورقة إلى الهواء المُحيط بها عبر الثغور بواسطة عملية الانتشار. ينتقل الماء من الأوعية الخشبية في عُروق الورقة إلى خلايا النسيج الوسطي بالأسموزية، لتعويض الماء المفقود بالتبخُّر.

تُعرف حركة انتقال الماء من الجذور، عبر أوعية الخشب، إلى خلايا النسيج الوسطي ثم الخروج من خلال الثغور، باسم **تيّار النتح Transpiration stream** (الشكل ٩-٦).

مصطلحات علمية

النتح Transpiration: هو عملية فقدان بُخار الماء من أوراق النبات عن طريق تبخُّر الماء عند أسطح خلايا النسيج الوسطي، ممّا يؤدّي إلى انتشار بُخار الماء عبر الثغور.



الشكل ٩-٦ تيار النتح

مُنحدر جهد الماء

يؤدّي فقدان الماء المُستمرّ من الأوراق إلى خفض مقدار الضغط في الجُزء العلوي من أوعية الخشب، ما يُسبِّب تدفُّق الماء عبرها إلى أعلى. والسبب الرئيسي لحدوث ذلك هو عملية النتح.

قد علمت سابقًا أن الماء ينتقل باتِّجاه مُنحدَر التركيز للماء، من منطقة جهد الماء العالي إلى منطقة جهد الماء المُنخفِض (الوحدة الثانية، الموضوع ٢-٢). وفي النبات، يتحرَّك الماء باتِّجاه مُنحدَر جهد الماء من مكان إلى آخر،

بدءًا من جهد الماء الأعلى للمحلول الموجود في التربة، إلى جهد الماء المُنخفِض في الهواء المحيط.

يحدث انخفاض قيمة جهد الماء في الأوراق نتيجة فقدان بخار الماء منها إلى الهواء المُحيط بها بواسطة عملية النتح. وينتج من ذلك قوة **سحب بالنتح Transpiration pull** من الأعلى، تُسبِّب سحب الماء إلى أعلى النبات.

ترتبط جُزيئات الماء بعضها مع بعض بفعل خاصّية (قوى) **التماسُك Cohesion**، كما ترتبط جُزيئاته مع جدران أوعية الخشب بفعل خاصّية (قوى) **التلاصُق Adhesion**، وهذا ما يساعد على سحب جُزيئات الماء في أوعية الخشب إلى الأعلى كعمود واحد دون تفكُّك.

تُلخِّص النقاط الآتية طريقة تَكيُّف تركيب النبات ليتلاءم مع قُدرته على امتصاص الماء من التربة، ونقله إلى أعلى عبر النبات:

- تُوفِّر خلايا الشُّعيرات الجذرية مساحة سطحية كبيرة جدًّا لامتصاص الماء، ممّا يزيد من كمّية الماء التي تعبر إلى داخل النبات.
- تُوفر أوعية الخشب المُجوَّفة والضيّقة مسارًا سهلاً لتدفُّق الماء بشكل مُتواصل من الجذور إلى أعلى النبات.
- تُساعد الفجوات الهوائية التي تقع داخل النسيج الوسطي الإسفنجي، على توفير مساحة سطحية كبيرة من خلايا النسيج الوسطي المحاطة بطبقة الماء الرقيقة، ممّا يزيد من مُعدَّل تبخُّر الماء إلى الهواء، وبالتالي سحب المزيد من الماء من أوعية الخشب المُجاوِرة، وبالتالي سحب الماء من الجذور إلى الأعلى.
- عندما تكون الثغور مفتوحة، وتسمح بانتشار بخار الماء بسهولة إلى خارج الورقة، ينخفض جهد الماء داخلها، ممّا يدفع المزيد من الماء إلى التبخُّر من أسطح خلايا النسيج الوسطي.

نشاط ٩-٣

تحديد سطح الورقة الذي يتمّ فقدان معظم الماء من خلاله

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

ملاحظة: تكون ورقة كلوريد الكوبالت زرقاء اللون عندما تكون جافّة، وزهريّة (وردية) اللون عندما تكون رطبة.

⚠
- **كلوريد الكوبالت مادّة سامّة.**
- **استخدم الملقط عند التعامُل معها، واغسل يدَيك جيدًا بعد استخدامها.**

١ استخدم نباتًا سليمًا ذا نموّ جيد مزروع في أصيص ويُروى باستمرار، وله أوراق ذات شُعيرات خفيفة. ثبِّت مُربّعًا صغيرًا من ورق كلوريد الكوبالت الأزرق على كل من سطحَي ورقة نبات واحد باستخدام شريط لاصق شفّاف. تأكَّد من عدم وجود فراغات هوائية حول ورقة كلوريد الكوبالت.

٢ دع ورقة كلوريد الكوبالت على ورقة النبات لبضع دقائق.

أسئلة

١ أي قطعة من ورق كلوريد الكوبالت تحوَّلت إلى اللون الوردي أوَّلاً؟ على ماذا يدلُّ ذلك؟

٢ لماذا يفقد هذا السطح الماء أسرع من السطح الآخر؟

٣ فسِّر: ضرورة استخدام الملقط عند التعامُل مع ورق كلوريد الكوبالت.

قياس مُعدَّل عملية النتح

من السهل قياس مُعدَّل امتصاص الماء مُقارنة بقياس مُعدَّل تبخُّر الماء من أوراق النباتات. حيث يعتمد مُعدَّل امتصاص النبات للماء على مُعدَّل عملية النتح. فكلّما زاد مُعدَّل النتح في النبات، زاد معدَّل امتصاصه للماء.

يوضِّح الشكل ٩-٧ الجهاز الذي يمكن استخدامه لقياس مُعدَّل النتح في ظروف بيئية مختلفة، ويُطلَق عليه اسم جهاز **البوتومتر Potometer**. من خلال تسجيلك لسرعة تحرُّك السطح المُقعّر بين الهواء والماء على طول الأنبوبة الشعرية، يمكنك مقارنة مقدار مُعدَّل امتصاص النبات للماء في ظروف بيئية مختلفة. وهُناك أيضًا مجسّات إلكترونيَّة يمكن استخدامها لقياس مُعدَّل النتح، وهي مُتوفِّرة في مدرستك.

العوامل التي تُؤثِّر على مُعدَّل عملية النتح

يزيد مُعدَّل النتح بارتفاع درجة الحرارة وانخفاض نسبة الرطوبة.

درجة الحرارة

تشهد الأيام الحارّة، تبخُّر الماء بسرعة من أوراق النبات. أي إن مُعدَّل النتح يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة.

درجة الرطوبة

تُعبِّر درجة الرطوبة عن كمّية بخار الماء الموجودة في حجم معيَّن من الهواء. وكلّما ارتفعت درجة رطوبة الهواء، انخفضت سرعة تبخُّر الماء من أوراق النبات وذلك لانخفاض مُنحدَر التركيز بين الفجوات الهوائية داخل الورقة والهواء الرطب خارجها، ممّا يُقلِّل من مُعدَّل انتشار بخار الماء إلى الخارج.

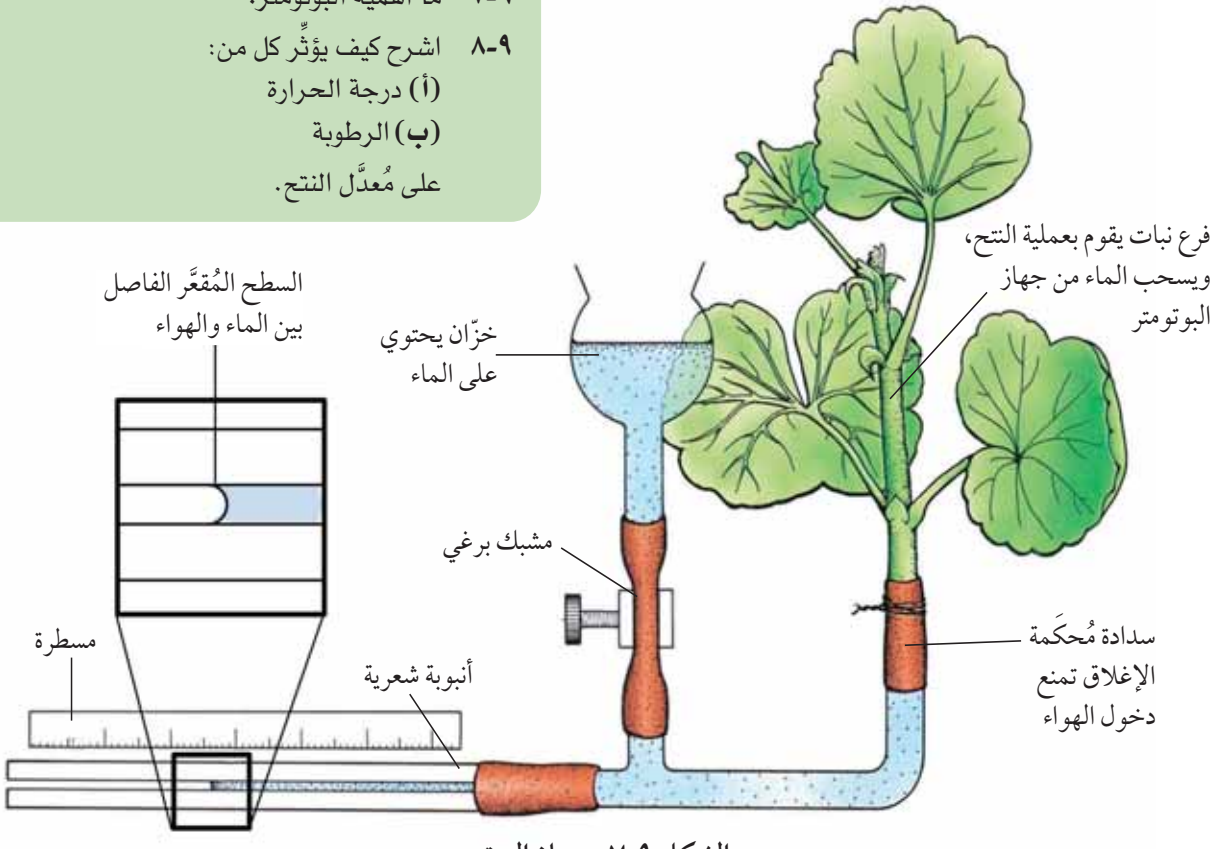
أسئلة

٥-٩ ما المقصود بالنتح؟

٦-٩ ما المقصود بالثغور؟

٧-٩ ما أهمّية البوتومتر؟

٨-٩ اشرح كيف يؤثِّر كل من:
(أ) درجة الحرارة
(ب) الرطوبة
على مُعدَّل النتح.



الشكل ٩-٧ جهاز البوتومتر

نشاط ٩-٤

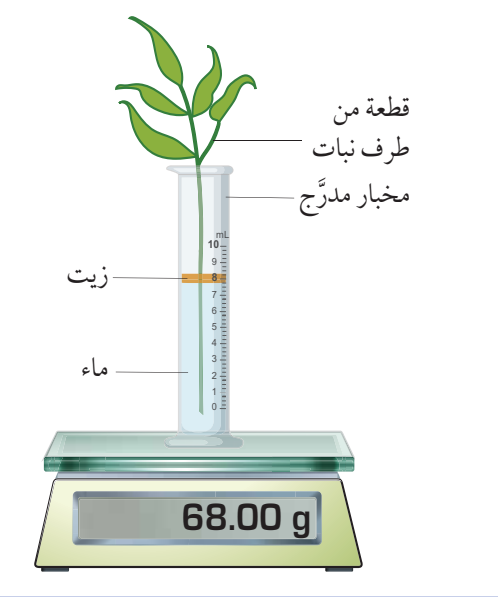
قياس مُعدَّل النتح في ساق النبات

المهارة:

- الملاحظة والقياس والتسجيل

١ اقطع قطعتَين من طرف ساق نبات بأوراقهما، بطول 8 cm، أو استخدم ساق نبات يعطيك إياها مُعلِّمك.

٢ ضع كل قطعة ساق في مخبار مُدرَّج، واملأهما بالماء إلى نفس المستوى. سجِّل مقياس مستوى الماء في البداية.



٣ استخدم قطّارة لإضافة الزيت إلى سطح الماء في كل مخبار، لتكوين حاجز يمنع تبخُّر الماء.

٤ غطِّ أوراق إحدى الساقَين بالفازلين.

٥ زن كلًّا من المخبارَين، وسجِّل كتلة البداية.

٦ سجِّل مقياس مستوى الماء، وقيمة الكتلة، لكلّ من المخبارَين، بعد أسبوع.

أسئلة

١ أيّ قطعة ساق سجّلَت نقصًا أكبر في الكتلة؟ ما سبب ذلك؟

٢ هل تُلاحظ أي فرق آخر بين قطعتَي الساق؟

٣ هل تعتقد أن هذه طريقة مناسبة لقياس مُعدَّل النتح؟ كيف يمكن تطويرها؟

نشاط ٩-٥

استخدام جهاز البوتومتر لمُقارنة مُعدَّلات النتح في ظروف مختلفة

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

١ قم بإعداد جهاز البوتومتر كما في الشكل ٩-٧. يجب أن يتلاءم قطر ساق النبات تمامًا مع السدادات المطّاطية، بحيث يمكن إدخالها فيها دون تكوين فجوات هوائية. يمكن استخدام الفازلين لإحكام الغلق.

٢ املأ الجهاز بالماء عن طريق فتح المشبك.

٣ أغلق المشبك مرَّة أخرى ودع الجهاز في مكان جيّد الإضاءة والتهوئة.

٤ عندما يصل السطح المُقعَّر الفاصل بين الهواء والماء إلى بداية المقياس، ابدأ بتسجيل موقعه كل دقيقتَين.

٥ عندما يصل السطح المُقعَّر الفاصل بين الهواء والماء إلى نهاية المقياس، أعد ملء الجهاز بالماء من الخزّان كما كان من قبل.

٦ والآن كرِّر تنفيذ عملية الاستقصاء، ولكن بعد تعريض الجهاز لظروف مختلفة مثل:

- تعريضه لهواء المروحة.
- وضعه في خزانة.
- وضعه في ثلّاجة.
- وضعه في هواء جاف جدًّا أو رطب جدًّا.

٧ مثِّل النتائج التي حصلت عليها بيانيًّا.

أسئلة

١ أي العوامل الخارجية سجّلت فيها:
(أ) أعلى مُعدَّل للنتح؟
(ب) أدنى مُعدَّل للنتح؟

٢ استخدمت جهاز البوتومتر لمُقارنة مُعدَّل امتصاص الماء في ظروف مختلفة. هل تعتقد أن هذه الطريقة مناسبة لقياس مُعدَّل النتح؟ اشرح إجابتك.

٤-٩ نقل الغذاء الجاهز في النبات

تقوم الأوراق بصنع الكربوهيدرات عن طريق عملية التمثيل الضوئي. وهي تستخدم بعض الكربوهيدرات في صُنع الأحماض الأمينية والبروتينات والزيوت والمواد العضوية الأخرى.

بعض المواد الغذائية العضوية، وخاصّة السكّريات، التي يصنعها النبات، تُنقل عبر أنابيب اللحاء، من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات، وهذا ما يُسمّى **بالانتقال Translocation**. وبالتالي فإن عُصارة أنابيب اللحاء تحتوي على الكثير من سُكَّر السكّروز.

مصطلحات علمية

الانتقال Translocation: انتقال سُكَّر السكّروز والأحماض الأمينية من مكان إنتاجها (المصدر) إلى مكان تخزينها، أو مكان استهلاكها في التنفُّس والنموّ (المصبّ).

المصدر والمصبّ

يُسمّى جُزء النبات الذي يتمّ نقل سُكَّر السكّروز والأحماض الأمينية منه إلى الأجزاء الأخرى من النبات باسم **المصدر Source**. ويُسمّى جُزء النبات الذي يتمّ نقل تلك المواد إليه باسم **المَصبّ Sink**.

وعندما يكون النبات نشطًا في عملية التمثيل الضوئي وفي النموّ، فإن الأوراق تُمثِّل المصدر الرئيسي للمواد المنتقلة. فالأوراق تنتج باستمرار سُكَّر الجلوكوز، الذي تقوم بتحويله إلى سُكَّر السكّروز ليتمّ نقله في أنابيب اللحاء إلى جميع أجزاء النبات، والتي تُسمّى المصبّ، وتشمل الجذور والأزهار. وقد تقوم الجذور بتحويل بعض السكّروز إلى نشا وتخزينه، في حين تستخدم الأزهار سُكَّر السكّروز في صنع سُكَّر الفركتوز الذي يدخل في تكوين الرحيق. وفي وقت لاحق، خلال نموّ الثمار، تُستخدم كمّيات كبيرة جدًّا من سُكَّر السكّروز لإنتاج الفواكه الحلوة والغنية بالعصير.

يمكن للحاء أن ينقل سُكَّر السكّروز في أي اتّجاه إلى أعلى أو إلى أسفل النبات، ولكن ذلك لا ينطبق على نقل الماء عبر أوعية الخشب. فالماء وما فيه من الأملاح الذائبة ينقل فقط إلى الأعلى. ينتقل الماء في اتّجاه واحد فقط، من الجذور نحو الأوراق والزهور والثمار. وصعود الماء إلى الأعلى يحدث بسبب قوة سحب النتح من سطح الورقة، حيث يتبخَّر الماء من خلال الثغور.

ملخص

ما يجب أن تعرفه:

- أسباب حاجة النباتات إلى جهاز النقل.
- تحديد مواقع نسيج الخشب ونسيج اللحاء في كل من الجذور والسيقان والأوراق.
- كيفيّة نقل الأوعية الخشبية للماء ولأيونات الأملاح المعدنية.
- تكيُّف الشُّعيرات الجذرية لامتصاص الماء والأيونات.
- مفهوم عملية النتح والظروف التي تؤثِّر على سرعة حدوثها.
- آليّة انتقال الماء إلى أعلى النبات عبر أوعية الخشب نتيجة حدوث عملية النتح.
- دور أنابيب اللحاء في نقل سُكَّر السكّروز والأحماض الأمينية.
- آليّة نقل الغذاء الجاهز من المصدر إلى المصبّ.

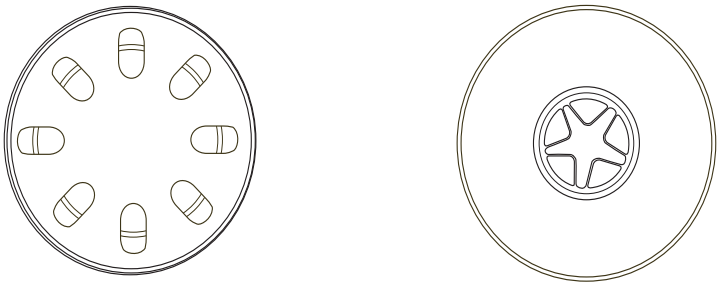
أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. صِل كل ميزة من الميزات التالية بالجزء الصحيح من أجزاء الحزمة الوعائية.

تنقل سُكَّر السكَّروز والأحماض الأمينية	
تنقل الماء والأملاح المعدنية المُذابة فيه	
تتكوّن من خلايا ميتة ومُجوَّفة	
تتكوَّن من خلايا حيّة	أنابيب اللحاء
تتكوَّن خلاياها من سيتوبلازم بدون أنوية	
لا تحتوي خلاياها على سيتوبلازم ولا أنوية	
لا تحتوي على جدران عرضية	أوعية الخشب
تمتلك خلاياها جدرانًا من السليلوز بدون مادة اللجنين	
تتكوَّن جدران خلاياها من سليلوز ولجنين	
تمتلك الجدران العرضية لخلاياها صفائح غربالية	

ب. اذكر **وظيفتَين** لأوعية الخشب بالإضافة إلى قيامها بنقل الماء.

ج. تُوضِّح الرسوم التخطيطية الآتية قطاعَين عرضيّين في نبات ما.



(أ) (ب)

١. انسخ الشكل **(أ)** إلى دفترك، ثم ضع عنوانًا للرسم التخطيطي الخاصّ بك، مُبيّنًا من أي جزء من أجزاء النبات أُخِذ هذا القطاع. اكتب تسمية كل من نسيج الخشب ونسيج اللحاء.

٢. انسخ الشكل **(ب)** إلى دفترك، ثم ضع عنوانًا للرسم التخطيطي الخاصّ بك، مُبيّنًا من أي جزء من أجزاء النبات أُخِذ هذا القطاع. اكتب تسمية كل من نسيج الخشب ونسيج اللحاء.

٢ رتِّب الجُملَ الآتية ترتيبًا صحيحًا، ثم املأ الفراغ.

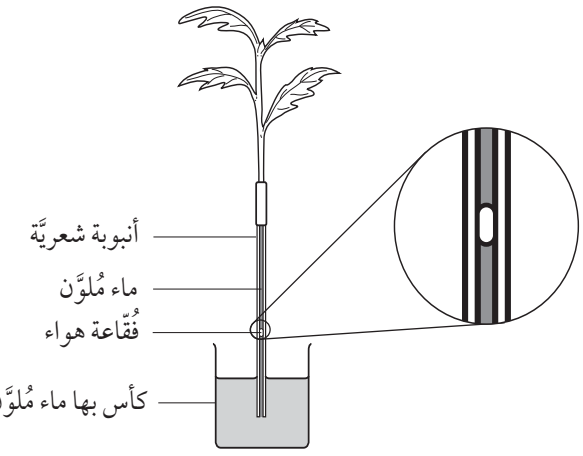
أ. ينتقل الماء عن طريق _____ عبر قشرة الجذر.

ب. بعد ذلك يتمّ سحبه إلى الأعلى عبر أوعية _____ بسبب عملية _____ ، حيث تحدث عملية تبخُّر الماء في الجزء العلوي (أو في أوراق النبات) من النبات.

ج. تمتلك قمم جذور النبات خلايا _____ _____؛ ذات امتدادات طويلة تُوفِّر زيادة _____ _____، ممّا يزيد من مُعدَّل امتصاص الماء من التربة.

د. ينتقل الماء من التربة إلى خلية الشُّعَيرة الجذرية عن طريق _____. تمتلك هذه الخلية _____ ماء مُنخفِضًا، وهكذا ينتشر الماء باتِّجاه _____ _____.

٣ استخدمت إحدى الطالبات جهاز البوتومتر لاستقصاء تأثير شدّة الضوء على مُعدَّل امتصاص الماء بواسطة ساق نبات ورقي. قامت الطالبة بإعداد الجهاز كما هو مُوضَّح أدناه.



أ. ما اسم العملية التي تؤدّي إلى تبخُّر الماء من الأوراق؟

ب. ماذا تتوقَّع أن يحدث لموقع فقّاعة الهواء أثناء حدوث تلك العملية؟

ج. قامت الطالبة بتغيير شدة الضوء باستخدام مصباح كهربائي وضعته على مسافات مختلفة من النبات. يُبيِّن الجدول أدناه النتائج التي حصلت عليها الطالبة.

البُعْد عن المصباح (mm)	المسافة التي قطعتها فقّاعة الهواء (mm)	الزمن (minutes)	مُعدَّل امتصاص الماء (mm/minute)
10	20	2	10.0
20	18	5	3.6
30	10	5	2.0
40	6	5	
50	2	10	

١. احسب القيمتَين الناقصتَين.

٢. مثِّل النتائج بيانيًّا.

٣. صف تأثير زيادة شدّة الضوء على مُعدَّل امتصاص الماء. يمكنك استخدام أرقام من الجدول لدعم إجابتك.

د. اذكر عاملَين **بيئيَّين** يجب على الطالبة الحفاظ على ثباتهما أثناء تنفيذها للاستقصاء.

٤ اكتب جملة تربط بين كل زوج من المصطلحات الآتية، يمكن استخدام كل من المصطلحَين بأي ترتيب تراه مُناسبًا في كل جملة تكتبها.

أ. الثغور – تيار النتح

ب. التماسُك – النسيج الوعائي الخشبي

ج. جهاز البوتومتر – درجة الرطوبة

د. درجة حرارة مُرتفعة – الخلايا الحارسة

هـ. النسيج الوسطي – بخار الماء

و. جهد الماء – عملية التبخُّر

٥ ينقل اللحاء سُكَّر السكَّروز والأحماض الأمينية من مكان إنتاجهما إلى مكان استخدامهما في النبات.

أ. ما المُصطلح المُستخدَم لوصف عملية نقل السكَّروز والأحماض الأمينية هذه؟

ب. ما المُصطلح المُستخدَم للمكان الذي يتمّ فيه إنتاج كلّ من سُكَّر السكَّروز والأحماض الأمينية؟

ج. ما المُصطلح المُستخدَم للمكان الذي يتمّ فيه استهلاك كلّ من سكَّر السكروز والأحماض الأمينية؟

د. اختر المُصطلح الذي ذكرته عند إجابتك على الجُزئية (ب) أو الجُزئية (ج) أعلاه، لوصف كلّ مما يأتي:

١. حبّة بطاطا.

٢. ورقة نبات في يوم صيفي مُشمس.

٣. برعُم في طور النموّ في فصل الربيع.

٤. نصل ورقة نبات عشبي.

٥. ثمرة في طور النمو.

الوحدة العاشرة

التَّحكُّم و التنظيم في النبات

Control and coordination in plants

تغطّي هذه الوحدة:

- كيفية استجابة النبات للمُنبِّهات.
- الانتحاء الأرضي والانتحاء الضوئي.
- دور هرمون الأوكسين في نموِّ الساق.

١٠-١ التحكُّم والاستجابة في النباتات

تستجيب النباتات للبيئة الخارجية، كما يستجيب الإنسان والحيوان، ولكن غالبًا ما تكون استجابتها أبطأ بكثير.

وهي تستجيب عُمومًا للمُنبِّهات بتغيير مُعدَّل نموّها أو اتِّجاهها. حيث تنمو باتِّجاه المُنبِّه **Stimulus** كما يظهر في صورة الوحدة أعلاه أو في الاتِّجاه المُعاكِس. ويُسمّى النموّ في اتِّجاه المُنبِّه بالاستجابة الإيجابية، والنموّ بالاتِّجاه المُعاكِس بالاستجابة السلبية.

تُسمّى استجابة النبات لأي مُنبِّه خارجي، **بالانتحاءات Tropisms**. والانتحاء هو استجابة نموّ النبات أو جزء منه باتِّجاه المُنبِّه أو عكس اتِّجاهه.

يُعدُّ الضوء والجاذبية الأرضية من المُنبِّهات المُهمّة للنبات، وتُسمّى استجابة النبات للضوء **بالانتحاء الضوئي Phototropism**. أما استجابة النبات للجاذبية الأرضية فتُسمّى **بالانتحاء الأرضي Gravitropism**. حيث تنمو السيقان عادة باتِّجاه الضوء، في حين لا تستجيب الجذور عادة للضوء، لكنَّ القليل منها ينمو بالاتِّجاه المُعاكِس له.

مصطلحات علمية

المُنبِّه Stimulus: تغيُّرٌ في بيئة الكائن الحي، يستشعره هذا الكائن، مثل تغيُّر شدّة الضوء أو درجة الحرارة.

الشكل ١٠ـ١ استجابة الجزء الخُضَري من نبات الكوليوس (Coleus) للجاذبيَّة الأرضيَّة

وتميل السيقان لأن تنمو باتِّجاه مُعاكِس للجاذبية الأرضية، في حين تنمو الجذور باتِّجاهها (الشكلان ١٠-١ و١٠-٢).

من المُهِمّ جدًّا للنبات أن تنموَ جذوره وسيقانه في الاتِّجاهات المُناسبة. حيث يجب أن تنمو السيقان إلى أعلى باتِّجاه مُعاكِس للجاذبية الأرضية، وباتِّجاه الضوء كي تتمكَّن الأوراق التي تحملها الساق من الامتداد في الهواء والتعرُّض لضوء الشمس. وكلما زاد تعرُّض الأوراق لضوء الشمس، كان قيامها بعملية التمثيل الضوئي أفضل. وتحتاج الأزهار أيضًا لأن تُحمَل إلى الأعلى في الهواء، لكي تُلقِّحها الحشرات والطيور والرياح.

بالمُقابِل، تحتاج الجُذور إلى النموّ باتِّجاه الأسفل في التربة، لتُثبِّت النبات، وتمتصّ الماء والأملاح المعدنية من بين حُبَيباتها.

مصطلحات علمية

الانتحاء الأرضي Gravitropism: استجابة نموّ أجزاء من النبات باتِّجاه الجاذبيَّة الأرضيَّة، أو بالاتِّجاه المُعاكِس.

الانتحاء الضوئي Phototropism: استجابة نموّ أجزاء من النبات باتِّجاه مصدر الضوء، أو بالاتِّجاه المُعاكِس.

مهما يكن الاتِّجاه الذي تُزرع فيه البذور، ينمو الجُذير دائمًا باتِّجاه الأسفل.

الشكل ١٠ـ٢ استجابة الجذر للجاذبيَّة الأرضيَّة

نشاط ١٠-١

استقصاء كيفية استجابة السيقان للضوء

المهارات:

- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

١ سمّ ثلاثة أطباق بتري (أ)، (ب)، (ج). غطِّ قاع كلّ منها بطبقة قطن أو ورقة ترشيح مُبلّلة، وضع ثماني بذور من البازلّاء أو الفاصوليا في كل طبق.

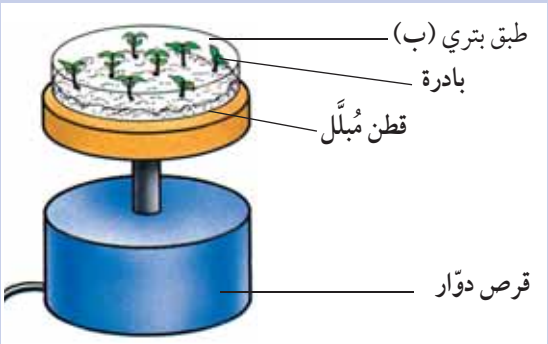
٢ دع الأطباق الثلاثة في مكان دافئ ليوم أو يومَين، حتى تبدأ البذور بالإنبات. تأكَّد من عدم جفافها.

٣ ضع الطبق (أ) في صندوق غير مُنفِذ للضوء، مع شقّ صغير على أحد جوانبه، بحيث تتعرَّض البادرات للضوء من جهة واحدة فقط.

٤ ضع الطبق (ب) على قرص دوّار Clinostat (انظر الشكل) في مكان مُضيء. سيدير القرص الدوّار البادرات، بحيث تتعرَّض للضوء من جميع الجهات بالتساوي. إذا لم يتوفر لديك قرص دوّار، أدر الطبق باليد ثلاث مرّات أو أربعًا في اليوم، لتُحقِّق النتيجة نفسها.

٥ ضع الطبق (ج) في صندوق غير مُنفِذ للضوء نهائيًّا.

٦ اترك الأطباق لمُدَّة أسبوع كامل، وتأكَّد من عدم جفافها.



٧ ارسم بادرة واحدة من كل طبق، وضع عليها البيانات.

أسئلة

١ كيف استجابت البادرات في الطبق (أ) للضوء المُنبَعِث من جهة واحدة؟ ما اسم تلك الاستجابة؟

٢ لماذا وُضِع الطبق (ب) على قرص دوّار، ولم يتمّ الاكتفاء بتركه في مكان مُضيء فقط؟

٣ اشرح ما حدث للبادرات في الطبق (ج).

٤ ما الطبق الذي يُمثِّل التجربة الضابطة؟

نشاط ١٠-٢

استقصاء كيفية استجابة الجذور للجاذبية الأرضية

المهارات:

- التخطيط
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات
- طرائق التقييم

سوف تصمِّم هذا الاستقصاء بنفسك. يمكنك استخدام تقنيات مُماثلة لتلك المُستخدَمة في النشاط ١٠-١. سوف تقوم في هذا الاستقصاء باختبار الفرضية الآتية:

تنمو الجذور باتِّجاه الجاذبية الأرضية.

اشرح في خطّتك أسباب اختيارك لأيِّ مُتغيِّرات ستُغيِّرها، وأي مُتغيِّرات ستُبقيها ثابتة (ضابطة)، واذكُر ما سوف تختاره من أدوات وقياسات. بعد أن تكتب خطَّتك، اطلب إلى مُعلِّمك المُوافقة عليها قبل تنفيذها. اكتبها بالطريقة المعتادة، بما في ذلك المناقشة والتقييم. يجب أن يتضمَّن تقييمك الأسباب المُحتَملة لعدم الدقّة في تجربتك، وكيف يمكنك تحسين ذلك إذا كنت ستُكرِّر الاستقصاء مرّة أخرى.

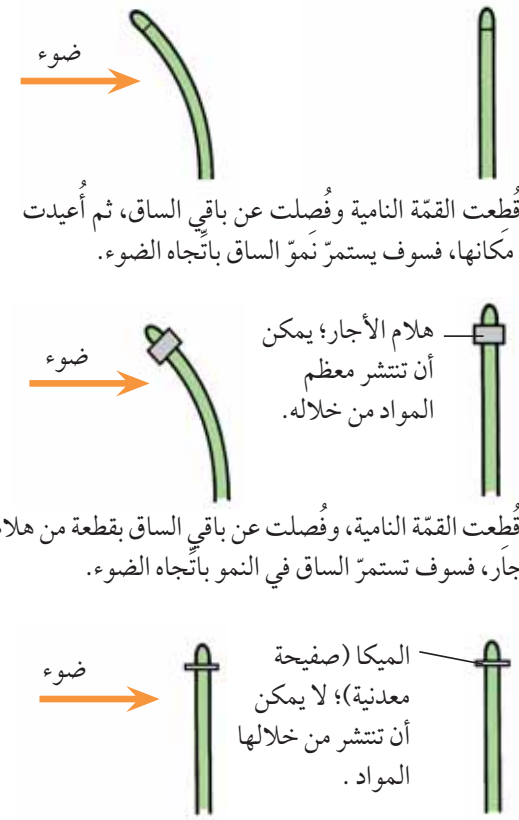
١٠-٢ الهرمونات النباتية

درست في الوحدة السادسة، في الفصل الدراسي الأوَّل، أن استجابة الكائن الحي للمُنبِّه، تتطلَّب مُستقبِلاً يلتقط المُنبِّه، وعضو استجابة يستجيب له، ونوعًا من نظام التواصُل بينهما. في الثدييات، غالبًا ما يكون المُستقبِل جُزءًا من عضو حسّي، ويكون عضو الاستجابة عضلة أو غدَّة، تنتقل المعلومات بينهما عن طريق الأعصاب، وأحيانًا عن طريق الهرمونات.

لا تمتلك النباتات جهازًا عصبيًّا، فكيف تتمكَّن من الاستجابة للمُنبِّهات مثل الضوء والجاذبيّة الأرضيّة؟

يتمّ التحكُّم بالانتحاءات في النبات عن طريق مواد كيميائيّة شبيهة بالهرمونات. وتشكِّل تلك الانتحاءات أمثلة على التحكُّم الكيميائي في نموّ النبات.

يُبيِّن (الشكل ١٠-٣) تجربة يمكن تنفيذها لاستقصاء أثر المنبِّه الضوئي على نموّ الساق. تقع المنطقة الحسّاسة للضوء في قمّة الساق، وتُسمّى القمَّة النامية، وهي المكان الذي يوجد به المُستقبِل. بينما يقع جزء الساق الذي يستجيب للمُنبِّه تحت القمّة النامية مباشرة. وهو يُمثِّل منطقة الاستجابة. يجب أن يحدث اتِّصال بين هذَين الجُزأين عن طريق مواد كيميائيَّة تُسمّى الهرمونات النباتية.



إذا قُطعت القمّة النامية وفُصلت عن باقي الساق، ثم أُعيدت إلى مكانها، فسوف يستمرّ نموّ الساق باتِّجاه الضوء.

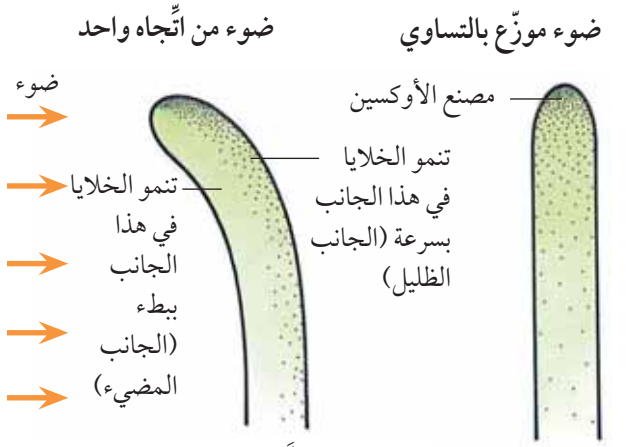
إذا قُطعت القمّة النامية، وفُصلت عن باقي الساق بقطعة من هلام الأجار، فسوف تستمرّ الساق في النمو باتِّجاه الضوء.

لكن إذا فصلت صفيحة الميكا القمّة النامية عن باقي الساق، فإنَّ الساق لن تنمو باتِّجاه الضوء. من هنا نستنتج أن الاستجابة للضوء سببها مادة (هرمونات نباتية) تُصنع في القمَّة النامية (منطقة المُستقبِل)، وتتحرَّك باستمرار من قمَّة النبات نحو الأسفل (منطقة الاستجابة).

الشكل ١٠-٣ تجربة لاستقصاء الطريقة التي تستجيب فيها السيقان للضوء

هرمون الأوكسين

الأوكسين Auxin هو أحد أنواع الهرمونات النباتية. وهو يُصنع باستمرار في خلايا قمّة الساق. وينتشر إلى الجزء الواقع أسفل القمّة، ثمّ إلى بقية أنحاء الساق. يُسبِّب الأوكسين استطالة الخلايا الواقعة في الجهة الخلفية من القمّة مباشرة. وكلَّما زاد تركيزه، زادت سرعة نموّ الخلايا. ومع نموّها تصبح أكثر استطالة. وهي لا تنمو بدون هذا الهرمون. (الشكل ١٠-٤). عندما يسقط الضوء على الساق من جميع الجهات، يتوزَّع الأوكسين في قمّة الساق بالتساوي. وتنمو جميع الخلايا بالمُعدَّل نفسه تقريبًا. لذا تنمو الساق باستقامة إلى الأعلى. وهذا ما يحدث طبيعيًّا في النباتات التي تنمو في الطبيعة.



الشكل ١٠-٤ هرمون الأوكسين والانتحاء الضوئي

لكن عندما يسقط الضوء على الساق من جهة واحدة، يتركَّز الأوكسين في الجانب الظليل من القمّة. فتستطيل الخلايا فيه بسرعة أكبر من تلك التي في الجانب المضيء، ممّا يؤدّي الى انحناء الساق باتِّجاه الضوء.

هذا يُفسِّر سبب انحناء ساق نبات الكوليوس إلى الأعلى عند وضعه على جانبه في غرفة مُظلمة طوال الليل (الشكل ١٠-١). بما أنه لا يوجد ضوء، يمكننا الافتراض بوجود استجابة للجاذبية الأرضية، (ما الفرضيات الأخرى التي يمكن وضعها للتحقُّق من ذلك؟).

مع وجود الساق في وضع أفقي، يميل الأوكسين إلى التجمُّع على الجانب السفلي من الساق، ممّا يؤدّي إلى نمو أسرع فيه. لذلك تنحني الساق مُتَّجهة إلى الأعلى.

في حالة بادرات الفاصوليا المُبيّنة في (الشكل ١٠-٢)، يتجمَّع الأوكسين على السطح السفلي من الجُذَير. لكن التأثير هنا يكون عكس التأثير في ساق الكوليوس، ذلك أنَّ هذه الكمّية من الأوكسين تُبطىء النموّ على هذا الجانب. لذا ينحني الجُذير مُتَّجهًا إلى الأسفل (مُشكِّلاً انتحاءً أرضيًّا إيجابيًّا).

نشاط ١٠-٣

استقصاء تأثير هرمون الأوكسين على نموّ السيقان

المهارات:

- استخدام التقنيات العلمية والأجهزة والمُعدّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **استخدم عودًا خشبيًّا أو عودًا قُطنيًّا لمسح المواد على القمّة النامية للساق، وتجنَّب وصول إندول حمض الخليك (Indoleacetic Acid) IAA إلى أصابعك.**

سوف تستخدم في هذه التجربة نوعًا من الأوكسين يُسمّى إندول حمض الخليك IAA. وقبل أن تضعه على قمة نامية لنبات، يجب مزجه مع مادّة اللانولين لكي يلتصق عليها.

١ استنبت بذور ذُرة في ثلاثة أصص، وسمِّها (أ)، (ب)، (ج).

٢ امزج قليلاً من إندول حمض الخليك IAA مع قليل من اللانولين الدافىء. امسح المزيج برفق على جانب واحد، يكونُ هو نفسه من كل قمّة نامية في الأصيص (أ). ضع مُلصقًا يُبيِّن جانب القمّة النامية الذي وُضع عليه إندول حمض الخليّك.

٣ كرِّر ما قمت به مع الأصيص (ب)، لكن باستخدام اللانولين فقط، بدون إندول حمض الخليّك.

٤ دع الأصيص (ج) بلا مُعالجة.

٥ ضع الأصص الثلاثة على أقراص دوّارة (انظر الشكل ١٠ - ١) في مكان مُضيء، لمُدَّة يوم.

أسئلة

١ ماذا حدث للقمم في الأصص (أ)، (ب)، (ج)؟ اشرح السبب.

٢ ما سبب مسح القمم باللانولين في الأصيص (ب)؟

٣ لماذا وضعت الأصص الثلاثة على أقراص دوّارة؟

نشاط ١٠-٤

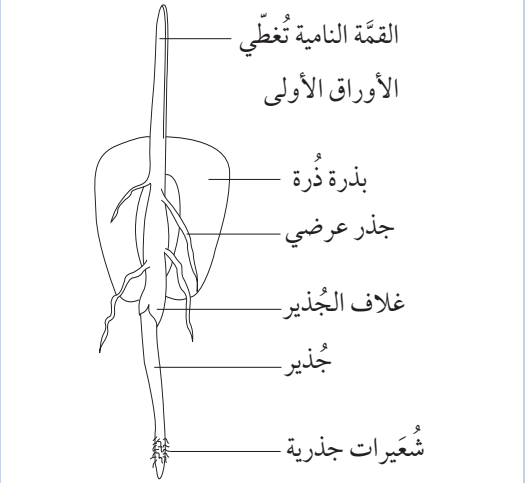
استقصاء لتحديد جزء الساق الحسّاس للضوء

المهارات:

- استخدام التقنيات العلميّة والأجهزة والمُعدَّات
- الملاحظة والقياس والتسجيل
- التفسير وتقييم الملاحظات والبيانات

⚠ • **توخَّ الحذر عند استخدامك المشرط.**

١ استنبت بضع بذور ذُرة في ثلاثة أصص، وسمِّها (أ)، (ب)، (ج). باعد جيدًا بين البذور. سوف تنمو من البذور سيقانًا ذات قمم نامية.



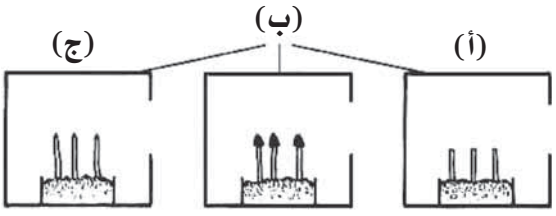
٢ اقطع القمّة النامية في الأصيص (أ).

٣ غطِّ القمّة النامية في الأصيص (ب) بقطعة ألومنيوم.

٤ قِس طول كل ساق في كل أصيص. واحسب مُتوسِّط الطول في كل أصيص، وسجِّله.

٥ ضع الأصص (أ)، (ب)، (ج) في صناديق غير مُنفذة للضوء، مع إضاءة من جانب واحد، كما في الرسم. اتركها ليوم أو يومَيْن.

صناديق غير منفذَة للضوء مع إضاءة من جانب واحد فقط.



سيقانًا أُزيلت قممها النامية عنها	سيقانًا تمَّت تغطية قممها النامية	سيقانًا تُركت قممها النامية ولم تتمّ معالجتها

٦ احسب مُتوسِّط الطول الجديد لمعرفة ما إذا كانت القمم النامية نمت أم لم تنمُ.

٧ ارسم جدول نتائج، وسجِّل نتائجك بالكامل.

أسئلة

١ فسِّر نموّ بعض السيقان وعدم نموّ بعضها الآخر.

٢ أي السيقان نمت باتِّجاه الضوء؟ وأيها لم ينمُ باتِّجاهه؟ فسِّر إجابتك.

أسئلة

١٠-١ أيّ جزء في الساق حسّاس للضوء؟

١٠-٢ أي جزء في الساق يستجيب للضوء؟

١٠-٣ كيف تتواصل هذه الأجزاء معًا؟ ما وجه الشبه والاختلاف بين التنظيم الهرموني في كل من النبات والثدييات؟

١٠-٤ كيف تؤدّي استجابة الساق الطبيعية للضوء إلى مُساعدة النبات؟

١٠-٥ كيف يستجيب الجذر للجاذبية الأرضية؟

مُلخّص

ما يجب أن تعرفه:

- مفهوم الانتحاء الأرضي والانتحاء الضوئي في النباتات.
- كيفية إجراء تجارب لاستقصاء الانتحاء الأرضي والانتحاء الضوئي في النباتات.
- دور هرمون الأوكسين في التحكُّم بالانتحاء الأرضي والانتحاء الضوئي.

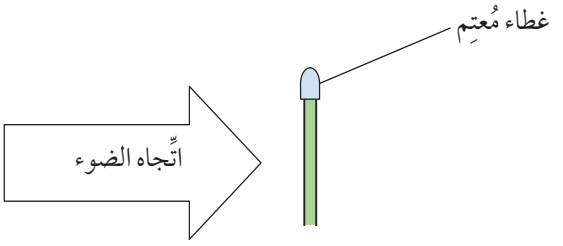
أسئلة نهاية الوحدة

١ صِل كل مصطلح بتعريفه.

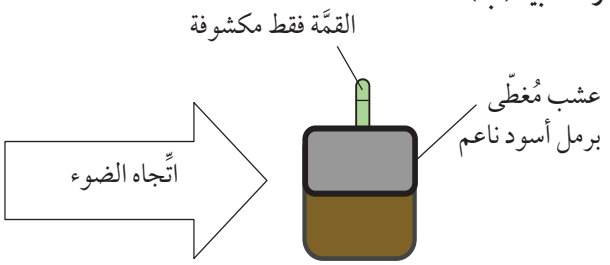
انتحاء	نموّ النبات استجابة لمُنبِّه خارجي
انتحاء ضوئي إيجابي	النموّ بالاتِّجاه المُعاكس للجاذبية
مُنبِّه	تغيُّر في بيئة الكائن الحي
مُستقبِل	جُزء النبات الذي يتحسّس التغيُّر في المُنبِّه
انتحاء أرضي إيجابي	النموّ باتِّجاه مصدر الإضاءة
انتحاء أرضي سلبي	النموّ باتِّجاه مصدر الجاذبية
منطقة استجابة	جزء النبات الذي يستجيب للمُنبِّه

٢ استقصى العالمان تشارلز وفرانسيس نموّ النباتات، ونشرا نتائج استقصائهما عام 1880. وقد استخدما بادرات عشبية، وأجريا تجربة تُماثِل التجربة المُبيَّنة أدناه.

بادرة عشبية (أ):



بادرة عشبية (ب):



اكتشف العالمان أن البادرة (أ) استمرَّت في النمو باستقامة إلى الأعلى، لكن البادرة (ب) نمت باتِّجاه مصدر الضوء.

أ. ما المُنبِّه في التجربة؟

ب. ماذا تُسمّى استجابة النموّ في البادرة (ب)؟

ج. حدِّد جزء البادرة الذي يُمثِّل:

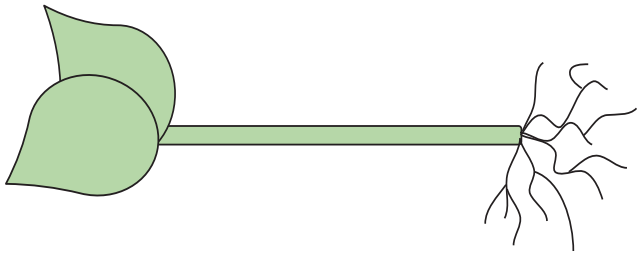
١. المُستقبِل.

٢. منطقة الاستجابة.

د. استنادًا إلى معرفتك بالهرمونات النباتية، فسِّر سبب اختلاف استجابات النموّ بين البادرة (أ)، والبادرة (ب). استخدم المُصطلحات العلمية الآتية في تفسيرك:

أوكسين	**مُستقبِل**	**استطالة**	

٣ وُضِع النبات المُبيَّن في الرسم التخطيطي أدناه على جانبه.



أ. انسخ الرسم إلى دفترك ثمّ ظلِّل المنطقة التي تحتوي على أعلى تركيز من هرمون الأوكسين، إذا تُرك النبات بهذا الوضع.

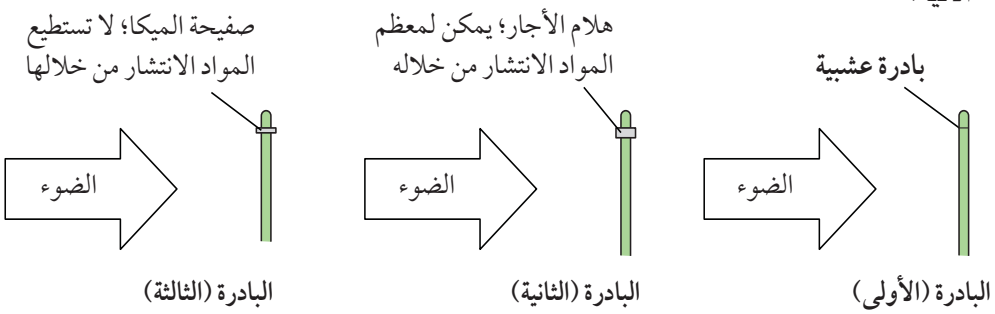
ب. أضف إلى الرسم أسهُمًا تُبيِّن اتِّجاه نموِّ كلّ من الجذر والساق.

ج- صف تأثير الأوكسين على نموّ الخلايا في:

١. الجذور.

٢. السيقان.

٤ في عام 1913 قام أحد العلماء باستقصاء نمو أحد النباتات واستجابته للضوء. أراد أن يعرف آليّة النمو. فأجرى التجربة الآتية:

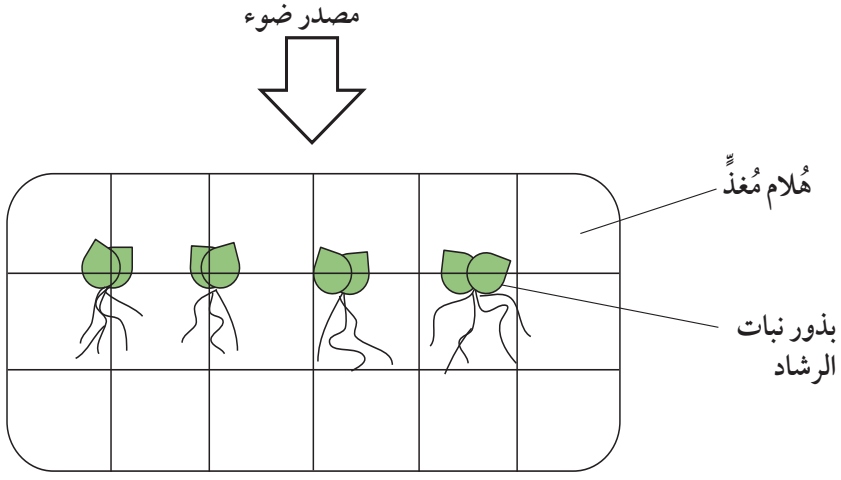


وضع العالم مصدرًا للضوء لجهة النباتات الثلاثة كما هو مُبيَّن في الرسم أعلاه.

أ- اقترح **عاملَين** يمكن ضبطهما في هذه التجربة.

ب- فسِّر بناء على معرفتك عن هرمون النبات ماذا سيحدث لنموّ كل نبتة؟

٥ استقصى عُلماء يعملون مع روّاد الفضاء في محطّة الفضاء الدولية International Space Station (ISS) نموّ النبات في الفضاء. قاموا باستنبات نبات رشاد أذن الفأر (Arabididopsis thaliana) على متن محطَّة الفضاء الدولية، وقارنوا نموّه مع نموّ نبات مُماثِل زُرع في مُختبَر على الأرض. تكون جاذبية بيئة محطَّة الفضاء الدولية ضعيفة (جاذبية صغرى)، مُقارنةً بالجاذبية على الأرض. أراد العلماء معرفة ما إذا كان ضعف (انخفاض) الجاذبية قد أثَّر على نموّ الجذور.



أ- ما نوع استجابة النموّ التي استقصاها العُلماء؟

ب- لماذا تحتاج الجذور إلى النموّ باتِّجاه الأسفل؟

ج- اقترِح **عاملَين** يجب على العلماء التحكُّم بهما.

د- وجد العلماء أن جذور نبات الرشاد على محطّة الفضاء الدولية تنمو باتِّجاه الأسفل في الهلام المُغذّي، رُغم أن الجذور تميل أن تكون أكثر التواءً من تلك التي تنمو على الأرض.

ما نوع الانتحاء الذي يُسبِّب نموّ الجذور باتِّجاه الأسفل في بيئة ذات جاذبية صغيرة جدًّا؟

مصطلحات علمية

الابتلاع Ingestion: إدخال الطعام والشراب إلى داخل القناة الهضمية في الجسم عن طريق الفم. (ص ٣٦)

الاستحلاب Emulsification: تفتيت قطرات الدهون الكبيرة فيزيائيًّا إلى قطرات صغيرة من الدهون. (ص ٤٠)

الامتصاص Absorption: انتقال جُزيئات الطعام التي تمّ هضمها عبر جدار الأمعاء إلى الدم. (ص ٣٥، ٤١)

الأمعاء الدقيقة Small intestine: قسم من القناة الهضمية؛ يتكوَّن من الإثني عشر واللفائفي؛ وهي موقع امتصاص جُزيئات الطعام التي تمّ هضمها. (ص ٣٩)

الأمعاء الغليظة Large intestine: قسم من القناة الهضمية؛ يتكوَّن من القولون والمستقيم؛ وهي موقع امتصاص المزيد من الماء والأملاح، ويتبقّى فيها الطعام الذي لم يتم هضمه. (ص ٤٣)

الأميليز Amylase: أنزيم يُحفِّز هضم النشا إلى سُكَّريّات بسيطة. (ص ٣٩)

أنابيب اللحاء Phloem tubes: أوعية ناقلة موجودة في النباتات، تنقل مواد غذائية عضوية صنعتها النباتات وتوصلها إلى جميع أجزاء النبات. (ص ١٩، ٤٩، ٥٠)

الانتحاء Tropism: استجابة نموّ النبات أو جزء منه لمُنبِّه خارجي، حيث ينمو النبات باتِّجاه المنبِّه أو عكس اتِّجاهه. (ص ٦٢)

الانتحاء الأرضي Gravitropism: استجابة نموّ أجزاء من النبات باتِّجاه الجاذبيَّة الأرضيَّة، أو بالاتِّجاه المُعاكِس. (ص ٦٢)

الانتحاء الضوئي Phototropism: استجابة نموّ أجزاء من النبات باتِّجاه مصدر الضوء، أو بالاتِّجاه المُعاكِس. (ص ٦٢)

الانتقال Translocation: انتقال سُكَّر السكَّروز والأحماض الأمينية من مكان إنتاجها (المصدر) إلى مكان تخزينها، أو مكان استهلاكها في التنفُّس والنمو (المصبّ). (ص ٥٨)

الأنزيم Enzyme: بروتين يعمل كعامل حفّاز حيوي في تفاعُلات الأيض. (ص ٣٩)

أوعية الخشب Xylem vessels: أوعية ناقلة في النبات تنقل الماء والأملاح من الجذور إلى أعلى نحو الأوراق. (ص ١٩، ٤٩، ٥٠)

الأوكسين Auxin: هرمون نباتي مسؤول عن استجابة النموّ للمُنبِّهات. (ص ٦٥)

البروتييز Protease: أنزيم يُحفِّز هضم البروتينات وتفكيكها إلى أحماض أمينية. (ص ٣٩)

البشرة Epidermis: الطبقة العُلْوية أو السُّفْلية من ورقة نبات. (ص ١٨)

البلاستيدة الخضراء Chloroplast: عُضيَّة تحتوي على الكلوروفيل وهي الموقع الذي يتمّ فيه عملية التمثيل الضوئي في الخلايا النباتية. (ص ١٧)

البنكرياس Pancreas: عضو مُرتبِط بالقناة الهضمية يفرز العُصارة البنكرياسية في الأمعاء الدقيقة. (ص ٣٩)

التبرُّز Egestion: طرح الطعام الذي لم يتمَّ هضمه أو امتصاصه من الجسم، كبراز، عبر فتحة الشرج. (ص ٣٦)

التغذية Nutrition: تناول مواد غذائية يحتاج إليها الكائن الحيّ، للحصول على الطاقة اللازمة وللنمو والتطوُّر. تحتاج النباتات إلى الضوء وثاني أكسيد الكربون والماء والأيونات. وتحتاج الحيوانات إلى المُركّبات العضوية والأيونات والماء. (ص ١٥)

التلاصُق Adhesion: ارتباط جُزيئات الماء مع جدار الوعاء الخشبي. (ص ٥٥)

التماسُك Cohesion: ارتباط جُزيئات الماء مع بعضها البعض. (ص ٥٥)

التمثيل الضوئي Photosynthesis: هو العملية التي تصنع النباتات بواسطتها الكربوهيدرات من المواد الأوَّلية غير العضويَّة، باستخدام الطاقة الضوئية. (ص ١٦)

التمثيل الغذائي Assimilation: انتقال جُزيئات الطعام التي تمّ هضمها من الجسم إلى خلاياه، ليتمّ استخدامها ولتصبح جُزءًا من الخلية. (ص ٤٤)

الثغور Stomata: فتحات في أوراق النباتات تسمح بانتشار الغازات إلى الداخل والخارج. (ص ١٨، ٥٤)

الحُزم الوعائية Vascular bundles: تراكيب تمتد عبر النبات، وتشمل أوعية النقل: أوعية الخشب وأنابيب اللحاء. (ص ١٧، ٥١)

الخلايا الحارسة Guard cells: خلايا على جانبَي الثغور، تتحكَّم بآلية فتح الثغر وإغلاقه. (ص ١٨)

الخملات Villi: نتوءات دقيقة، توجد في الأمعاء الدقيقة مثلاً، وهي تُوفِّر مساحة سطحية كبيرة. (ص ٤٠)

الشُّعيرات الجذرية Root hairs: امتدادات من خلايا بشرة جذر النبات، توفِّر مساحة سطحية كبيرة لزيادة امتصاص الماء. (ص ٥٢)

العُصارة الصفراوية Bile: مُستحلب للدهون في الجهاز الهضمي، تفرزه الكبد ويُخَزَّن في الحُوَيصلة الصفراوية (المرارة). (ص ٣٩)

الغدد اللُّعابية Salivary glands: غدد في الفم تفرز اللعاب. (ص ٣٩)

القناة الهضميَّة Alimentary canal: جزء من الجهاز الهضمي؛ وهي أنبوب طويل يمتد من الفم إلى فتحة الشرج، يتمّ خلاله هضم الطعام والشراب الذي يتم ابتلاعه وامتصاصه أو طرحه. (ص ٣٥)

الكلوروفيل Chlorophyll: صبغة خضراء مسؤولة عن امتصاص الطاقة الضوئية اللازمة لعملية التمثيل الضوئي. (ص ١٦)

الكيوتيكل Cuticle: طبقة شمعية تُغطّي ورقة النبات لمنع فقدان الماء منها وحمايتها من الضرر. (ص ١٨)

اللُّعاب Saliva: مزيج من الماء والمُخاط وأنزيم الأميليز. (ص ٣٩)

الليبيز Lipase: أنزيم يُحفِّز هضم الدهون إلى أحماض دهنية وجليسرول. (ص ٣٩)

المريء Oesophagus: قسم من القناة الهضمية. وهو أنبوب يمتد من الفم إلى المَعِدة. (ص ٣٩)

المَعِدة Stomach: عضو هضم في القناة الهضميَّة يُنتِج حمض المعدة وأنزيمات. (ص ٣٩)

المُنبِّه Stimulus تغيُّرٌ في بيئة الكائن الحي، يستشعره هذا الكائن، مثل تغيُّر شدّة الضوء أو درجة الحرارة. (ص ٦٢)

المواد العضوية Organic substances: هي موادّ كيميائية مصدرها موادّ حيَّة، كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون. (ص ١٥)

المواد غير العضوية Inorganic substances: هي موادّ كيميائية بسيطة، مصدرها موادّ غير حيَّة، كالمعادن والماء. (ص ١٥)

النتح Transpiration: هو عملية فقدان بُخار الماء من أوراق النبات عن طريق تبخُّر الماء عند أسطح خلايا النسيج الوسطي، ممّا يؤدّي إلى انتشار بُخار الماء عبر الثغور. (ص ٥٤)

النسيج الوسطي Mesophyll: هي الطبقة الوسطى من ورقة النبات؛ تتكوَّن من النسيج الوسطي العمادي والنسيج الوسطي الإسفنجي. (ص ١٨)

النسيج الوسطي الإسفنجي Spongy mesophyll: طبقة من ورقة النبات ذات فجوات هوائية كبيرة، تُمكِّن من انتشار الغازات. (ص ١٩)

النسيج الوسطي العمادي Palisade mesophyll: طبقة من ورقة النبات مُتكيِّفة بشكل رئيسي للقيام بعملية التمثيل الضوئي. (ص ١٨)

الهضم Digestion: تفكيك جُزيئات الطعام الكبيرة غير القابلة للذوبان في الماء إلى جُزيئات صغيرة قابلة للذوبان فيه، باستخدام عمليات ميكانيكية وكيميائية. (ص ٣٥)

الهضم الكيميائي Chemical digestion: تفكيك الجُزيئات الكبيرة غير القابلة للذوبان إلى جُزيئات صغيرة قابلة للذوبان بمساعدة الأنزيمات. (ص ٣٦)

الهضم الميكانيكي Mechanical digestion: تفكيك الطعام إلى أجزاء صغيرة دون حدوث تغيُّر كيميائي في جُزيئات الطعام. (ص ٣٦)

شكر وتقدير

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

©Daniela White Images/Getty Images; Eleanor Jones; DR KEITH WHEELER/ SCIENCE PHOTO LIBRARY; POWER AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY; MarieTDebs/Getty Images; Ed Reschke/Getty Images; Kateryna Kon/ Shutterstock; DR KEITH WHEELER/SCIENCE PHOTO LIBRARY; POWER AND SYRED / SCIENCE PHOTO LIBRARY; Ministry for Education, Oman; STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY; Paul Starosta/Getty Images

2021/3337:´GójE ºbQ

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

الأحياء

كتاب الطالب ٩

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

يتضمن كتاب الطالب:

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

إجابات الأسئلة مُتضمَّنة في دليل المعلّم.

يشمل منهج الأحياء للصف التاسع من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب النشاط
- دليل المُعلِّم

ISBN 978-99969-3-593-0
9 789996 935930 >

www.moe.gov.om