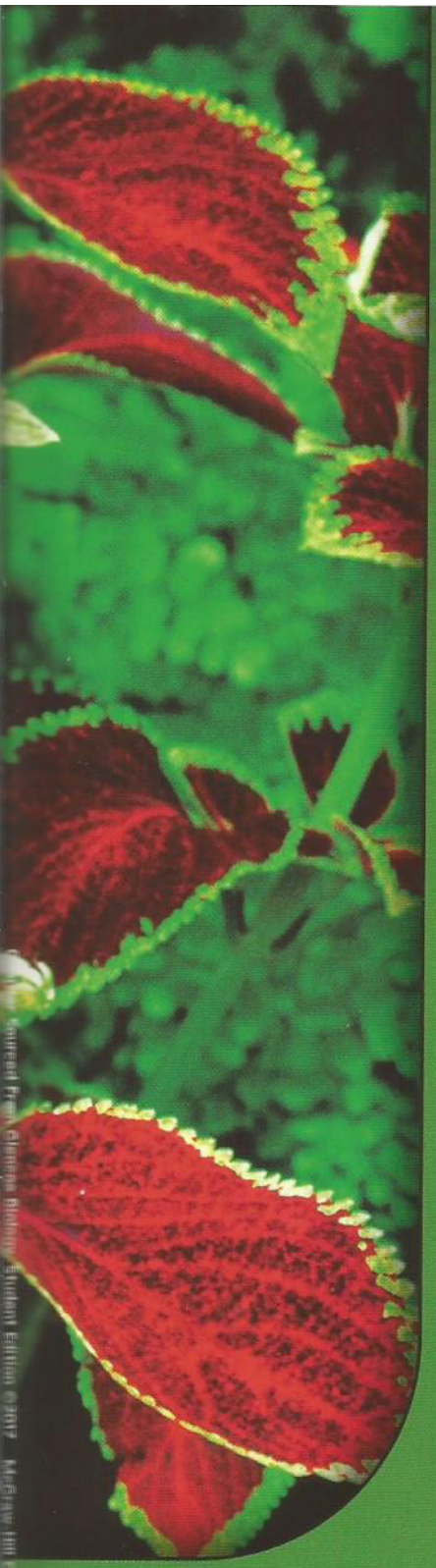


الوحدة 1

بنية النبات ووظائفه

التجربة الاستهلالية

ما التراكيب الموجودة في النباتات؟

تتمتع معظم النباتات بتراكيب تمتص الضوء وأخرى تمتص الماء والمواد الغذائية. ستطّلع في هذه التجربة على احدى النباتات وستلاحظ وتصف تراكيبه التي تساعده في البقاء على قيد الحياة.

المطويات®

أنشئ مطوية تحمل أسماء طبقات ورقة نبات، واستخدمها في تنظيم ملاحظاتك المتعلقة ببنية ورقة النبات ووظيفتها.

مقطع عرضي من ساق نبات الغمد
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: غير متوفر

مقطع عرضي من ورقة نبات الغمد
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×75

الموضوع المحوري الاتزان الداخلي

تعمل خلايا النبات وأنسجته معًا للحفاظ على البنية والاتزان.

الفكرة الرئيسة يعود السبب في الطبيعة المتنوعة للنباتات إلى تنوع تراكيبها.

القسم 1 • الخلايا والأنسجة النباتية

القسم 2 • الجذور والسيقان والأوراق

القسم 3 • هرمونات النباتات واستجاباتها

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

الخلايا والأنسجة النباتية

تمهيد للقراءة

الأسئلة الرئيسة

- ما الأنواع الرئيسة للخلايا النباتية؟
- ما الأنواع الرئيسة للأنسجة النباتية؟
- ما أوجه الاختلاف بين وظائف الخلايا والأنسجة النباتية؟

مفردات للمراجعة

الفجوة vacuole: حويصلة محاطة بغشاء تُستخدم للتخزين أو النقل

مفردات جديدة

الخلية البرنشيمية	parenchyma cell
الخلية الكولنشيمية	collenchyma cell
الخلية السكلرنشيمية	sclerenchyma cell
النسيج المولّد	meristem
الكامبيوم الوعائي	vascular cambium
الكامبيوم الفليني	cork cambium
البشرة	epidermis
الخلية الحارسة	guard cell
الخشب	xylem
العنصر الوعائي	vessel element
القصيبة	tracheid
اللحاء	phloem
عضو الأنبوب الغربالي	sieve tube member
الخلية المرافقة	companion cell
النسيج الأساسي	ground tissue

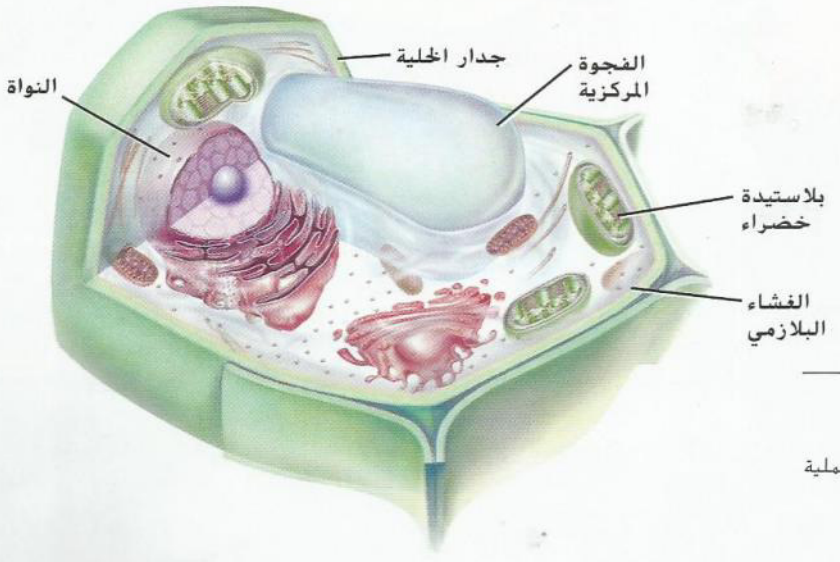
الفكرة الرئيسة **تُشكِّل الأنواع المختلفة من خلايا النبات أنسجته.**

الربط مع الحياة اليومية تدخل في تركيبة المباني مواد متنوعة. فتُستخدم مواد مختلفة لبناء الدرَج والسباكة والأبواب ونظام الكهرباء لأن لكلٍّ منها وظيفة مختلفة. وبالطريقة نفسها، فإنّ لتراكيب النبات المختلفة خلايا وأنسجة تعمل بكفاءة لتأدية مهام مُعيّنة.

الخلايا النباتية

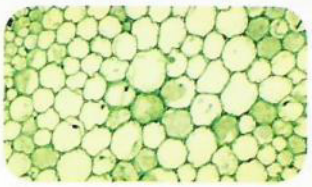
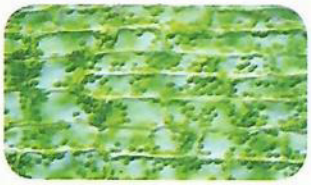
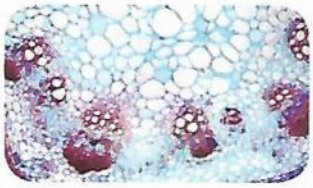
يمكنك التعرّف على خلية نباتية نموذجية، مثل تلك المُبيّنة في **الشكل 1**، من خلال وجود جدار خلية وفجوة مركزية كبيرة. قد يكون للخلايا النباتية أيضًا بلاستيدات خضراء، لكن ثمّة أنواع مختلفة كثيرة من الخلايا النباتية، التي يحوي كل منها وسيلة تكيّف واحدة أو أكثر تُمكّنها من تأدية وظيفة مُحدّدة. وتُشكِّل ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية معظم الأنسجة النباتية، فتؤدي هذه الخلايا معًا وظائف التخزين وإنتاج الغذاء وتوفر قوة ومرونة ودعمًا للنبات.

الخلايا البرنشيمية إنّ معظم الخلايا المرنة الرقيقة الجدران والموجودة في كل أنحاء النبات هي **خلايا برنشيمية**. وتُشكِّل الأساس لمعظم تراكيب النبات وتتميز بقدرتها على تأدية عدد كبير من الوظائف، منها التخزين والبناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية. تجدر الإشارة إلى أنّ هذه الخلايا كروية الشكل كما أنّ جدران الخلية تصبح مسطحة عندما تكون متراصّة بعضها فوق بعض، كما هو مُبيّن في **الجدول 1**. من الصفات المهمّة للخلايا البرنشيميّة أنها قادرة على الانقسام عند اكتمال نموها. فعندما تتلف نبتة، تنقسم الخلايا البرنشيمية للمساعدة في إصلاحها. يمكن أن يكون للخلايا البرنشيمية سمات خاصة، بحسب الوظيفة التي تؤديها، إذ أنّ لدى بعض الخلايا البرنشيمية العديد من البلاستيدات الخضراء، كما هو مُبيّن أيضًا في **الجدول 1**. إنّ هذه الخلايا موجودة غالبًا في الأوراق والسيقان الخضراء ويمكن أن تقوم بعملية البناء الضوئي، فتنتج الجلوكوز. لدى الخلايا البرنشيمية، مثل تلك الموجودة في الجذور والثمار، فجوات مركزية كبيرة يمكنها تخزين المواد مثل النشا أو الماء أو الزيوت.



■ **الشكل 1** من السمات الفريدة للخلية النباتية وجود جدار خلية وفجوة مركزية كبيرة. قد تحتوي الخلايا النباتية على بلاستيدات خضراء تتم فيها عملية البناء الضوئي.
استدلّ على سبب عدم اعتبار البلاستيدات الخضراء جزءًا من الخلايا النباتية كلها.

الجدول 1 الخلايا النباتية ووظائفها

نوع الخلية	مثال	الوظائف
البرنشيمية	 صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: 400× تخلو من البلاستيدات الخضراء  صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: 80× تحوي بلاستيدات خضراء	• التخزين • البناء الضوئي • تبادل الغازات • الحماية • إصلاح الأنسجة واستبدالها
الكولنشيمية	صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: 100× الكولنشيمية	• دعم الأنسجة المحيطة • توفير المرونة للنبتة • إصلاح الأنسجة واستبدالها
السكلرنشيمية	صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: 120× خلايا حجرية  صورة بالمجهر الضوئي، التكبير: غير متوفر ألياف	• الدعم • نقل المواد

الخلايا الكولنشيمية إذا كنت قد أكلت يومًا الكرفس، فإنّ الخلايا الكولنشيمية مألوفة لديك، إذ تُشكّل هذه الخلايا تلك الخيوط الطويلة التي يمكن أن تسحبها من ساق الكرفس. إنّ **الخلايا الكولنشيمية** هي خلايا نباتية متطاولة الشكل في معظم الأحيان وموجودة في صورة شرائط أو أسطوانات طويلة تدعم الخلايا المحيطة. كما يظهر موضّح في **الجدول 1**، قد يكون للخلايا الكولنشيمية جدران خلوية سميكة على نحو غير متساوٍ. عندما تنمو الخلية الكولنشيمية، قد تتمدد الأجزاء الرقيقة لجدار خليتها. بفضل نمط النمو هذا، تكون الخلايا الكولنشيمية مرنة وقابلة للتمدّد، ما يُمكّن النباتات من الانثناء من دون أن تنكسر. وللخلايا الكولنشيمية، تمامًا مثل الخلايا البرنشيمية القدرة على الانقسام عند اكتمال نموها.

الخلايا السكلرنشيمية على عكس الخلايا البرنشيمية والكولنشيمية، تفتقر **الخلايا السكلرنشيمية** إلى السيتوبلازم ومكوّنات حيّة أخرى عند اكتمال نموها، ولكنّ جدرانها السميكة الصلبة تبقى قائمة. توفّر هذه الخلايا الدعم للنبتة، ويُستخدم بعضها لنقل المواد داخل النبتة. فضلًا عن ذلك، تكوّن الخلايا السكلرنشيمية النسبة الأكبر من الخشب الذي نستخدمه في بناء مأوى أو صناعة وقود أو منتجات ورقيّة.

ثمّة نوعان من الخلايا السكلرنشيمية، وهما الخلايا الحجرية والألياف، كما هو مُبيّن في **الجدول 1**. ربما تكون قد أكلت بعض الخلايا الحجرية، فهي تُشكّل القوام الخشن لثمار الكمثرى. تُعرف الخلايا الحجرية أيضًا باسم الخلايا المتصلّبة. تتوزّع هذه الخلايا بشكل عشوائي في كل أجزاء النبتة، وهي أقصر من الألياف وذات شكل غير منتظم نوعًا ما. تنتج قساوة غلاف البذور وصلابة قشور الجوز عن وجود خلايا حجريّة. تقوم الخلايا الحجرية أيضًا بالنقل. أما خلايا الألياف، فهي إبرية الشكل ولها جدار خلية سميك وفيها فراغ داخلي صغير. عندما تلتصق نهايات الألياف معًا، تُشكّل نسيجًا قويًا ومرنًا. لقد استخدم الإنسان هذه الألياف في صناعة الحبال والكتّان والجنفاص وغيرها من الأقمشة لعدة قرون، كما هو مُبيّن في **الشكل 2**.

الشكل 2 استُخدمَتْ خلايا الألياف الموجودة في النباتات لصناعة منسوجات مثل الصندل المصري القديم المُبيّن أدناه.

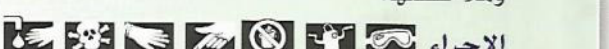
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة 1

ملاحظة الخلايا النباتية

كيف يمكن استخدام المجهر لتمييز أنواع الخلايا النباتية؟ تفحّص الأنواع الثلاثة المختلفة من الخلايا النباتية بتحضير شرائح لبعض أجزاء النبات الشائعة وملاحظتها.

الإجراء



تحذير: اليود مادة سامة إذا ابتُلعت ويمكن أن يصبغ الجلد والملابس.

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. احصل على **شريحة بطاطس** رقيقة وصغيرة **ومقطع عرضي رقيق لساق الكرفس** من معلمك.
3. ضع شريحة البطاطس على **شريحة زجاجية**، وأضف إليها قطرة من **اليود**، ثم غطِّها **بغطاء الشريحة**. استخدم **مجهرًا** لملاحظة شريحة البطاطس. وسجِّل ملاحظاتك.
4. ضع شريحة الكرفس على شريحة زجاجية وأضف إليها قطرة من **الماء** وغطِّها بغطاء الشريحة.
5. ضع قطرة من **الصبغة** عند إحدى حافتي غطاء الشريحة، ثم ضع **منشفة ورقية** عند الحافة المقابلة لسحب الصبغة من تحت الغطاء. استخدم مجهرًا لملاحظة شريحة الكرفس. سجِّل ملاحظاتك.
6. احصل على جزء صغير من **نسيج ثمرة الكمثرى**، وضعه على الشريحة وغطِّه بغطاء الشريحة.
7. باستخدام **ممحاة قلم رصاص**، اضغط بتروٍّ لكن بقوّة على غطاء الشريحة حتى يصبح نسيج ثمرة الكمثرى طبقة رقيقة مستوية. استخدم مجهرًا لملاحظة نسيج ثمرة الكمثرى. وسجِّل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع الخلية النباتية المتخصصة التي تلاحظها في كل شريحة.
2. **استدلّ** على سبب وجود أنواع مختلفة من الخلايا في البطاطس وساق الكرفس ونسيج الكمثرى.

الأنسجة النباتية

تذكَّر أنّ النسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا التي تعمل معًا لأداء وظيفة معيّنة. ويمكن أن يتكوّن النسيج النباتي من نوع أو أكثر من الخلايا، بناءً على وظيفته. ثمّة أربعة أنواع مختلفة من الأنسجة في النبات وهي المولّدة والجلدية والوعائية والأساسية.

النسيج المولّد يمكن أن تستمر النباتات خلال حياتها في إنتاج خلايا جديدة في أنسجتها المولّدة. تُكوّن الأنسجة الإنشائية **أنسجة مولّدة**، وهي مناطق تنقسم خلاياها بسرعة. وللخلايا الموجودة في الأنسجة المولّدة أنوية كبيرة وفجوات صغيرة أو لا توجد فيها فجوات على الإطلاق في بعض الحالات. عندما يكتمل نمو هذه الخلايا، يمكنها التطور إلى عدة أنواع مختلفة من الخلايا النباتية، بما فيها الخلايا الجذعية. إنّ الأنسجة المولّدة موجودة في مناطق مختلفة من النبتة وهي مُبيّنة في **الشكل 3**.

الأنسجة المولّدة القمّية إنّ الأنسجة المولّدة الموجودة عند قمم الجذور والسيقان تنتج خلايا تسبب زيادة في الطول، وهي أنسجة مولّدة قمّية، كما هو مُبيّن في **الشكل 3**. يُطلق على هذا النمو اسم النمو الأولي. بما أنّ النباتات ثابتة في مكانها عادةً، فإنّ السيقان والجذور تدخل بيئات مختلفة أو مناطق مختلفة من البيئات نفسها.

الأنسجة المولّدة البينية ثمة نوع آخر من أنواع النسيج المولّد، يُسمّى النسيج المولّد البيني. إنّ هذا النسيج المولّد موجود في موقع أو أكثر على طول سيقان العديد من ذوات الفلقة الواحدة. يُنتج النسيج المولّد البيني خلايا جديدة تسبب في طول الساق أو طول الأوراق. لو كان للحشائش نسيج مولّد قمي فقط، لتوقّفت عن النمو بعد عملية الجز الأولى، لكنها تستمرّ في النمو لأنها تحوي أكثر من نوع واحد من الأنسجة المولّدة.

الأنسجة المولّدة الجانبية ينتج الازدياد في قطر الجذر والساق من نموّ ثانويّ ينجم عن نوعين من النسيج المولّد الجانبي. يحدث النمو الثانوي في النباتات البذرية غير المزهرة وذوات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط.

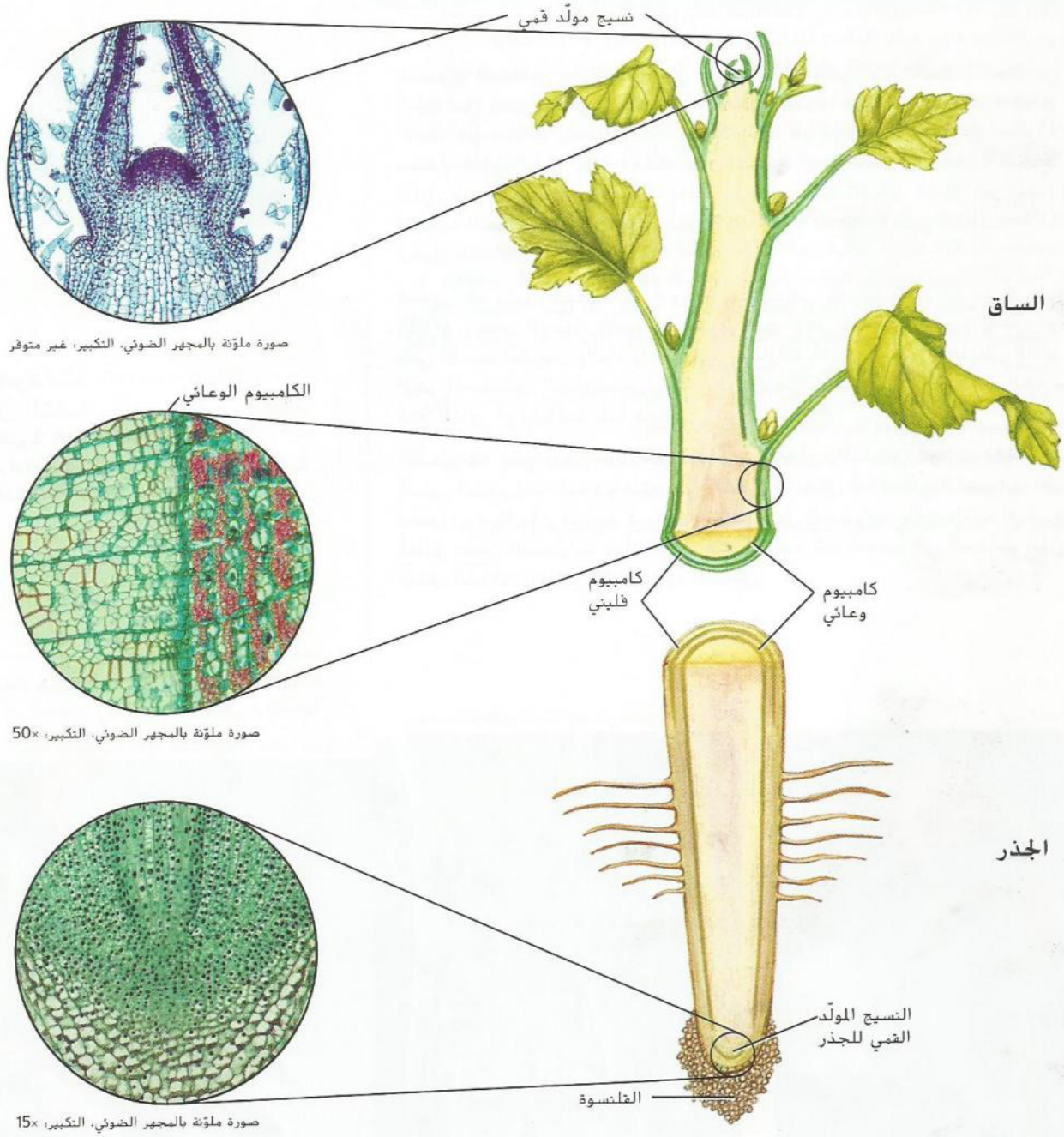
إنّ **الكامبيوم الوعائي**، المُبيّن أيضًا في **الشكل 3**، عبارة عن أسطوانة رقيقة من النسيج المولّد يمكن أن تمتد على طول الجذور والسيقان بأكملها. ويُنتج خلايا نقل جديدة في بعض الجذور والسيقان.

في بعض النباتات نسيج مولّد جانبي آخر، وهو **الكامبيوم الفليني**، الذي يُنتج خلايا تُكوّن جدرانًا خلوية صلبة. تُشكِّل هذه الخلايا طبقة خارجية واقية على السيقان والجذور، في حين تُشكِّل أنسجة الفلين اللحاء الخارجي على النباتات الخشبية مثل شجرة البلوط. تذكّر أنّ خلايا نسيج الفلين هي تلك التي لاحظها روبرت هوك عندما شاهدها بمجهره.

تصور الأنسجة المولّدة

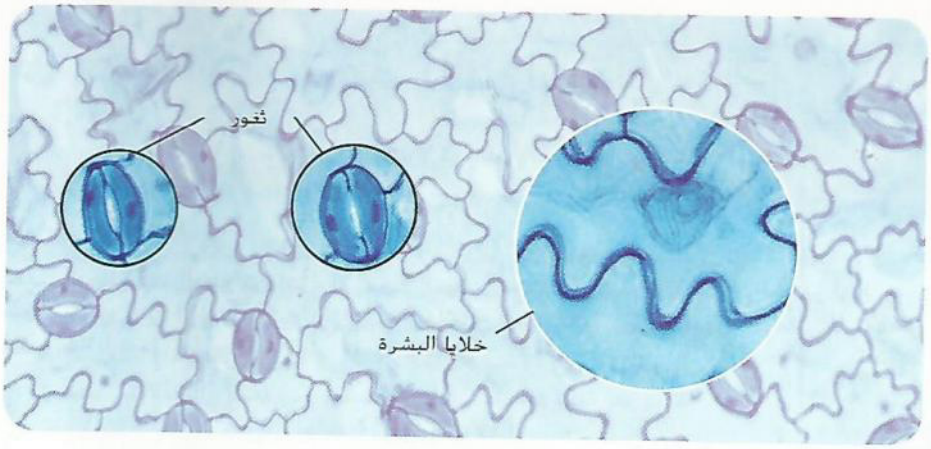
الشكل 3

يحدث معظم نمو النبتة من إنتاج الأنسجة المولّدة لخلايا جديدة. فالسيقان والجذور تزداد طولًا بسبب إنتاج الأنسجة المولّدة القمّية لخلايا جديدة غالبًا. أما الكامبيوم الوعائي للنبات، فيُنتج خلايا تعمل على زيادة قطر الجذر والساق.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×10



■ **الشكل 4** يتكوّن سطح الورقة من خلايا بشرة متراصّة تساعد في حماية النبتة وتمنع فقدان الماء. وتُفتَح الثغور وتُغلق للسماح للغازات بالدخول والخروج.

النسيج الجلدي — البشرة إنّ طبقة الخلايا التي تُكوّن الغطاء الخارجي على النبتة هي نسيج جلدي، يُعرف أيضًا باسم **البشرة**. تشبه خلايا البشرة قطع ألعاب الألغاز مع نتوءات وانخفاضات متشابكة، كما هو مُبيّن في **الشكل 4**. يمكن أن تفرز معظم خلايا البشرة مادة دهنية تُكوّن القشرة. ربما تتذكّر أنّ القشرة تساعد على تقليل فقدان الماء من النباتات وذلك بإبطاء عملية التبخر. فضلًا عن ذلك، يمكن للقشرة المساعدة على منع البكتيريا والكائنات الحية الأخرى المسببة للأمراض من دخول النبتة.

الثغور قد يكون للنباتات عدة وسائل تكيُّف في بشرتها. تذكّر أنّ بشرة معظم الأوراق وبعض السيقان الخضراء تحوي ثغور، وهي فتحات صغيرة يدخل من خلالها ثاني أكسيد الكربون والماء والأكسجين وغازات أخرى. تسمى الخليتان اللتان تُشكّلان الثغر **الخليتين الحارستين**. وينتج عن التغيّرات في شكل الخليتين الحارستين فتح الثغور أو إغلاقها، كما هو مُبيّن في **الشكل 4**.

الشعيرات تُنتج بعض خلايا البشرة على الأوراق والسيقان نتوءات تشبه الشعر تُسمّى الشعيرات، كما هو مُبيّن في **الشكل 5**. يمكن أن تعطي الشعيرات الأوراق مظهرًا زغبيًا وقد تساعد في حماية النبتة من الحشرات والحيوانات المفترسة. وقد تُطلق بعض الشعيرات مواد سامة عند لمسها، كما تساعد في الحفاظ على برودة بعض النباتات وذلك بعكس ضوء الشمس.

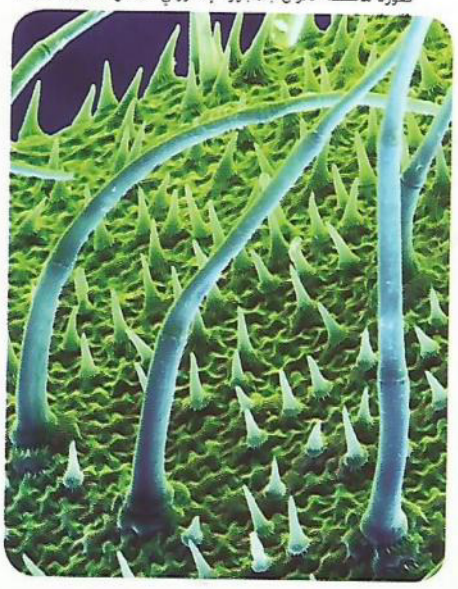
المفردات

أصل الكلمة

الشعيرة trichome

إن مرادفها في الانكليزية مشتقّ من الكلمة اليونانية *trickhma*، وتعني نمو الشعر.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×240



الشعيرات على ورقة نبتة

تكبير الصورة: غير متوفر

الشعيرات الجذرية

■ **الشكل 5** تساعد وسائل تكيُّف البشرة النباتات في البقاء على قيد الحياة. فالغدد الصغيرة الموجودة على قمم الشعيرات قد تحوي مواد سامة. وتزيد الشعيرات الجذرية مساحة سطح الجذر.

اشرح كيف تُعتبَر وسيلتا التكيُّف هاتان من آليات البقاء على قيد الحياة.

الشعيرات الجذرية تتمتع بعض الجذور بشعيرات جذرية، وهي امتدادات هشة تخرج من خلايا البشرة. وتزيد الشعيرات الجذرية، كما هو موضّح في **الشكل 5**، المساحة السطحية للجذر وتُمكّنه من امتصاص كمية من المواد أكبر مما لو خلا الجذر من هذه الشعيرات.

الأنسجة الوعائية يُعدّ نقل الماء والغذاء والمواد المذابة، في النبتة، الوظيفة الأساسية لنوعين من الأنسجة الوعائية هما الخشب واللحاء.

الخشب يدخل الماء الذي يحتوي على معادن مذابة عبر الجذور إلى النبتة. يُنقل الماء وما فيه من معادن مذابة في كل أجزاء النبتة من خلال نظام الخشب الذي يتدفق بشكل مستمر من الجذور حتى الأوراق. إنّ **الخشب** هو نسيج وعائي ناقل للماء يتألف من خلايا متخصصة تُسمّى العناصر الوعائية والقصيبات. عند اكتمال النمو، يتكوّن كل من العنصر الوعائي والقصيبة من جدار الخلية فحسب. يسمح عدم وجود السيتوبلازم عند النضج للماء بالتدفق بحرية عبر هذه الخلايا.

إنّ **العناصر الوعائية** عبارة عن خلايا أنبوبية تتراص طرفًا لطرف، فتشكّل شرائط من الخشب تسمى الأوعية. وتكون العناصر الوعائية مفتوحة عند طرفيها مع أشرطة تشبه الحاجز عند الفتحات. في بعض النباتات، تفقد العناصر الوعائية مكتملة النمو جدرانها الطرفية، ويسمح هذا للماء والمواد المذابة بالانتقال بحرية من عنصر وعائي إلى آخر.

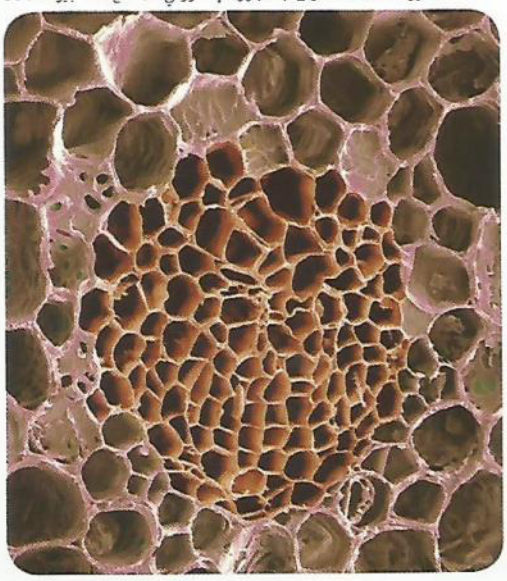
إنّ **الأنابيب الصغيرة (القصيبات)** هي خلايا أسطوانية طويلة ذات أطراف مثقبة. تصطفّ الخلايا طرفًا لطرف وتُشكّل شريطًا يشبه الأنبوب. للأنابيب الصغيرة المكتملة النمو جدران طرفية في الصورة A وB من **الشكل 6**. بخلاف بعض العناصر الوعائية المكتملة النمو الصورة C من **الشكل 6**. لهذا السبب، تكون الأنابيب الصغيرة أقل كفاءة من العناصر الوعائية عند نقل المواد. قارن بين تركيب الأنابيب الصغيرة والعناصر الوعائية في **الشكل 6**.

في النباتات معراة البذور أو النباتات البذرية غير الزهرية، يتكون الخشب في الغالب من أنابيب صغيرة. أما في النباتات البذرية الزهرية، فيتكون الخشب من قصيبات وأوعية. بما أنّ الأوعية أكثر كفاءة في نقل الماء والمواد، يفترض العلماء أنّ ذلك قد يفسّر سبب نمو النباتات الزهرية في بيئات مختلفة عديدة.

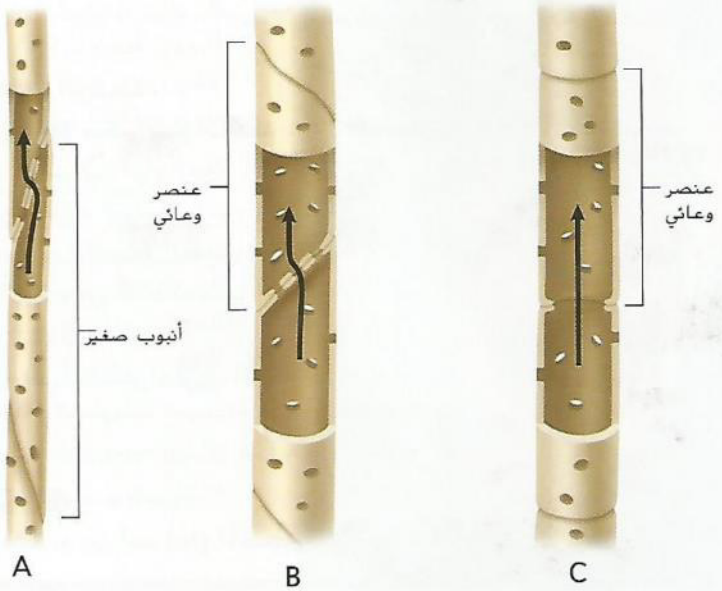
التأكد من فهم النص **اشرح** وظيفة كلّ من العناصر الوعائية والأنابيب الصغيرة.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالِم مروج تحتاج الحدائق وملاعب الجولف وملاعب الرياضة إلى مهارات عالِم المروج للمساعدة في الحفاظ على الحشائش التي تنمو فيها. فهو يتمتع بخلفية علمية تتضمن دراسة العلوم والإدارة والأعمال.

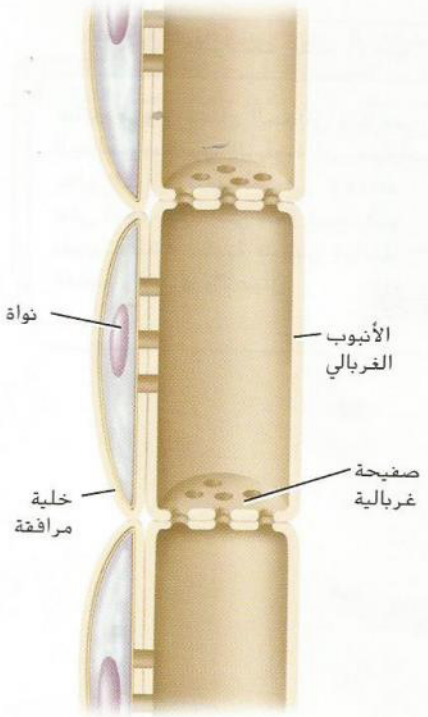


صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×350



الشكل 6 كلّ من الأنابيب الصغيرة والعناصر الوعائية هي الخلايا الناقلة في الخشب.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



■ **الشكل 7** لاحظ الثقوب الموجودة في الصفائح الغربالية بين الأنابيب الغربالية.

اللحاء إنّ النسيج الأساسي الذي ينقل الغذاء هو **اللحاء**، فهو ينقل السكريات المذابة ومركّبات عضويّة أخرى في كل أجزاء النبتة. تذكر أنّ الخشب ينقل فقط المواد بعيدًا عن الجذور. أمّا اللحاء، فينقل المواد من الأوراق والسيقان إلى الجذورتحذف هذة الجملة المظللة. الجدير بالذكر أنّه ثمّة خلايا حجرية وألياف مرتبطة باللحاء، على الرّغم من أنها لا تُستخدم في النقل وتتلخص وظيفة هذة الخلايا. السكلرنشيمية المتينة الدعم للنبتة.

يتكوّن اللحاء من نوعين من الخلايا. الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة. كما هو مُبيّن في **الشكل 7**. يحتوي **الأنبوب الغربالي** على السيتوبلازم، لكنه يفتقر إلى النواة والرايبوسومات عندما يكون مكتمل النمو. وبجوار الأنابيب الغربالية توجد ثمة **خلايا مرافقة**، لكل منها نواة. يفترض العلماء أنّ هذه النواة تساعد الأنبوب الغربالي مكتمل النمو. في النباتات الزهرية تراكيب تُسمّى الصفائح الغربالية موجودة عند طرف الأنابيب الغربالية. ولهذه الصفائح الغربالية ثقوب واسعة يمكن أن تتدفق المواد الغذائية من خلالها.

يتم أيض بعض الجلوكوز الذي تنتجه الأوراق والأنسجة الأخرى التي تقوم بعملية البناء الضوئي. لكن بعضه الآخر يتحوّل إلى نوع آخر من الكربوهيدرات، ويُنقل ليُخَزَّن في مناطق في النبتة تُسمّى المخازن. ومن الأمثلة على المخازن خلايا التخزين البرنشيمية الموجودة في قشرة الجذر التي سيتمّ التطرّق إليها في القسم التالي من هذه الوحدة. إضافةً إلى ذلك، يُسمّى نقل الكربوهيدرات المذابة في اللحاء من المصادر إلى المخازن والمواد الأخرى **الانتقال المكاني**.

الأنسجة الأساسية إنّ فئة الأنسجة النباتية التي لا تندرج تحت الأنسجة المولّدة أو الجلدية أو الوعائية هي الأنسجة الأساسية. وتتكوّن **الأنسجة الأساسية** من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وسكلرنشيمية ولها وظائف متنوعة، منها البناء الضوئي والتخزين والدعم. إضافةً إلى ذلك، يتكوّن معظم النبات من نسيج أساسي. يحتوي النسيج الأساسي في الأوراق والسيقان الخضراء على خلايا تتضمن العديد من البلاستيدات الخضراء التي تنتج الجلوكوز للنبات. وفي بعض السيقان والجذور والبذور، تحتوي خلايا النسيج الأساسي على فجوات كبيرة تخزن السكريات أو النشا أو الزيوت أو مواد أخرى. كما توفر الأنسجة الأساسية الدعم عندما تنمو بين أنواع أخرى من الأنسجة.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- ثمّة ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية.
- يرتبط تركيب الخلية النباتية بوظيفتها.
- ثمّة أنواع مختلفة عديدة من الأنسجة النباتية، وهي الأنسجة المولّدة والجلدية والوعائية والأساسية.
- الخشب واللحاء هي أنسجة وعائية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صِف** الأنواع المختلفة للخلايا النباتية الموجودة في الأنسجة النباتية.
2. **قارن وقابل** بين أنواع الخلايا النباتية.
3. **صِف** الشعيرة الجذرية واشرح وظيفتها.
4. **حدّد** موقع الكامبيوم الوعائي ووظيفته.
5. **قارن** بين نوعي خلايا الخشب المتخصصة.

التفكير الناقد

6. **أنشئ** جدولًا يلخص تراكيب الأنسجة النباتية المختلفة ووظائفها، وذلك باستخدام المعلومات الموجودة في هذا القسم.
7. **قيّم** ميزة عدم وجود جدران طرفية في العناصر الوعائية.

الكتابة في علم الأحياء

8. **ألّف** قصيدة عن أحد أنواع الأنسجة النباتية.

القسم 2

تمهيد للقراءة

الأسئلة الرئيسة

- كيف ترتبط تراكيب الجذور والسيقان والأوراق بوظائفها؟
- ما أوجه المقارنة بين تراكيب الجذور والسيقان والأوراق ووظائفها؟

مفردات للمراجعة

النسيج المولّد القمّي apical meristem: نسيج موجود عند أطراف الجذور والسيقان، يُنتج الخلايا المسؤولة عن الازدياد في الطول

مفردات جديدة

root cap	قلنسوة الجذر
cortex	القشرة
endodermis	الأدمة الباطنية
pericycle	الدائرة المحيطية
petiole	السُويقة
palisade mesophyll	النسيج المتوسط العمادي
spongy mesophyll	النسيج المتوسط الإسفنجي
transpiration	النتح

الجذور والسيقان والأوراق

الفكرة الرئيسة **ترتبط تراكيب النباتات بوظائفها.**

الربط مع الحياة اليومية يكون استخدام الشوكة لأكل سلطة الخس عادةً أكثر فعالية من استخدام الملعقة. لكن، إذا كنت تشرب حساء الطماطم، فستكون الملعقة أكثر فائدة من الشوكة. تُعدّ هذه أمثلة على التعبير الشائع "الأداة المناسبة للوظيفة المناسبة". وينطبق الشيء نفسه في الطبيعة. ويرتبط تنوع تراكيب النباتات بتنوع وظائفها.

الجذور

إذا سبق لك أن أكلت جزرًا أو فجلًا أو بطاطا حلوة، فهذا يعني أنك أكلت جزءًا من جذر نبتة. عادةً يكون الجذر أول تركيب ينمو من البذرة عند تبرعمها. في معظم النباتات، تمتص الجذور الماء والمعادن المذابة التي تنتقل بعد ذلك إلى باقي أجزاء النبات. إذا ما حاولت اقتلاع إحدى الأعشاب، فستكتشف وظيفة أخرى للجذور، هي أنها تُثبّت النبات في التربة أو ببعض النباتات أو الأجسام الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تدعم الجذور النبات لمقاومة تأثيرات الجاذبية والرياح الشديدة والماء الجاري.

في بعض النباتات، يكون النظام الجذري ضخمًا جدًا لدرجة أنه يُشكّل أكثر من نصف كتلة النبات. وتنمو جذور معظم النباتات من 0.5 m إلى 5 m نزولًا في التربة. لكنّ لبعض النباتات، مثل نبات المسكيت الذي ينمو في الجزء الجنوبي الغربي الجاف من الولايات المتحدة، جذور تنمو نزولًا حتى تصل إلى عمق 50 m في اتجاه الماء المتوفر. ثمّة نباتات أخرى، مثل بعض نباتات الصبّار، لها العديد من الجذور المتفرعة الضحلة نسبيًا التي تنمو انطلاقًا من الساق في كل الاتجاهات ليصل طولها إلى 50 m . ويُعدّ كلا نوعي الجذور من وسائل التكيُّف التي تساعد النبات في مواجهة محدودية الموارد المائية.

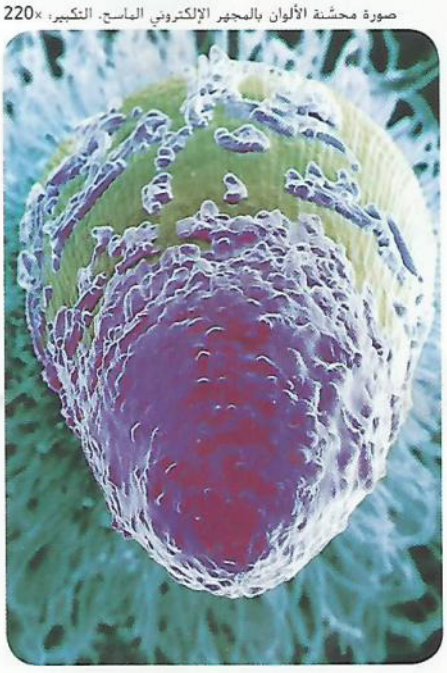
بنية الجذر ونموه تُغطّى قمة الجذر **بقلنسوة الجذر**، كما هو مبيّن في **الشكل 8**، وتتكوّن من الخلايا البرنشيمية التي تساعد على حماية أنسجة الجذر أثناء نموه. تُنتِج خلايا قلنسوة الجذر مادة لزجة، تُشكل مع الطبقة الخارجية للخلايا مادة مشحّمة، تُقلل من الاحتكاك أثناء نمو الجذر في التربة أو في شق في الرصيف أو في بعض المواد الأخرى. إضافةً إلى ذلك، تُستبدَل خلايا قلنسوة الجذر التي تعرضت للكشط أثناء نمو الجذر، بخلايا جديدة تُنتَج في النسيج المولّد القمّي للجذر. لقد ذكرنا في القسم 1 أنّ النسيج المولّد القمّي للجذر يُنتِج أيضًا خلايا تعمل على زيادة طول الجذر. تتطوّر هذه الخلايا إلى أنواع عديدة من أنسجة الجذور التي تؤدي وظائف مختلفة.

تعلّمت في القسم 1 أيضًا أنّ طبقة البشرة تغطي الجذر. تُنتِج بعض خلايا بشرة الجذر شعيرات جذرية تمتص الماء والمعادن المذابة. يُطلَق على الطبقة التي تقع تحت طبقة البشرة اسم **القشرة**، وهي تتألف من أنسجة أساسية مكونة من خلايا برنشيمية تساهم في نقل المواد النباتية وتخزينها. تقع القشرة بين البشرة والأنسجة الوعائية للجذر. كل الماء والمواد الغذائية التي تمتصها خلايا البشرة تنتقل عبر القشرة وذلك للوصول إلى الأنسجة الوعائية.

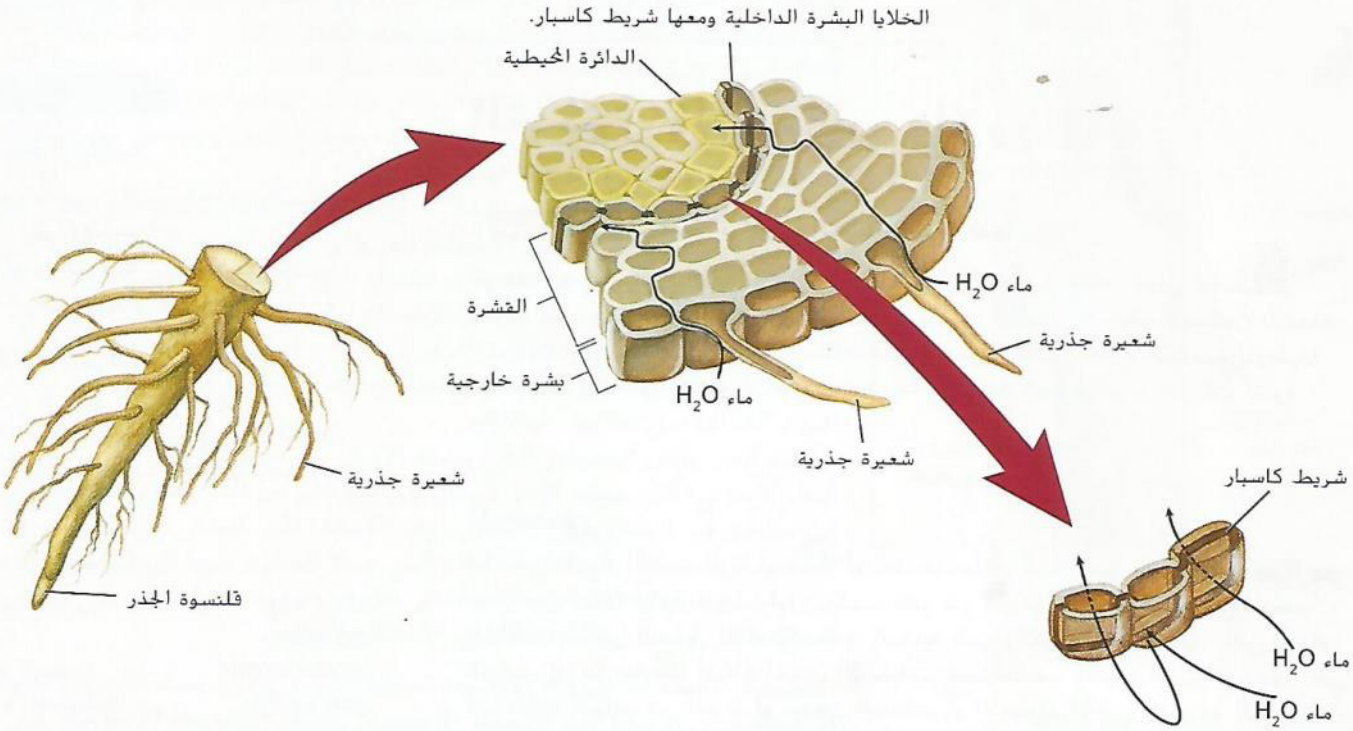
التأكد من فهم النص **اذكر** ثلاث وظائف للجذور.

■ **الشكل 8** تغطي قلنسوة الجذر قمة الجذر وتفقد الخلايا أثناء نمو الجذر في التربة.

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×220



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

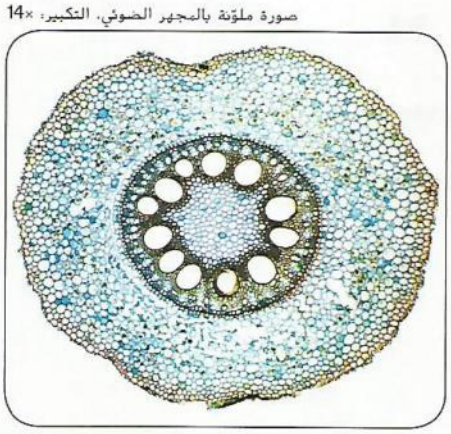


■ **الشكل 9** يُتيح تركيب جذور النباتات دخول الماء والمعادن المذابة إلى النبات ويتيح تحرّكها. **سلسل الأنسجة يمر عبرها الماء أثناء انتقاله من الشعيرة الجذرية إلى نسيج خشب جذر ما.**

ثمّة طبقة من الخلايا تسمى **البشرة الداخلية**، في الحد الداخلي للقشرة كما هو مبيّن في **الشكل 9**. يحيط بكل خلية من خلايا البشرة الداخلية شريط مقاوم للماء يسمّى شريط كاسبار، يشكّل جزءًا من جدار الخلية. يشبه موقع شريط كاسبار موقع الطين الذي يحيط بالطوب في جدران المباني. يُشكِّل شريط كاسبار حاجزًا يُرغِم الماء والمعادن المذابة على المرور عبر خلايا البشرة الداخلية بدلًا من المرور من حولها. بالتالي، تنظِّم الأغشية البلازمية لخلايا البشرة الداخلية المواد التي تدخل إلى الأنسجة الوعائية.

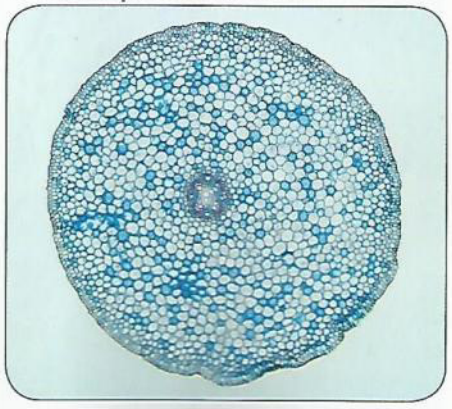
يُطلَق على طبقة الخلايا التي تجاور مباشرةً البشرة الداخلية في اتجاه مركز الجذر اسم **الدائرة المحيطية**، وهي نسيج يُنتِج جذورًا جانبية. في غالبية النباتات الثنائية الفلقة وفي بعض النباتات الأحادية الفلقة، يتكوّن كامبيوم وعائي من أحد أجزاء الدائرة المحيطية. تذكّر أنّ الكامبيوم الوعائي يُنتج أنسجة وعائية تسهم في ازدياد قطر الجذر. يقع النسيجان الوعائيان، الخشب واللحاء، في مركز الجذر. يمكن التمييز بين النباتات الأحادية الفلقة والنباتات الثنائية الفلقة، من خلال نمط الخشب واللحاء في جذورها. كما هو مبيّن في **الشكل 10**.

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×14



نبتة أحادية الفلقة

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: ×400



نبتة ثنائية الفلقة

■ **الشكل 10** في النباتات الأحادية الفلقة، تتناوب أشرطة الخشب وخلايا اللحاء، وتكون في العادة محيطةً باللب المركزي للخلايا الذي يسمى نخاع. يوجد الخشب عند مركز جذور النباتات الثنائية الفلقة، ويكون على شكل X. بينما توجد خلايا اللحاء بين ذراعي الشكل X.

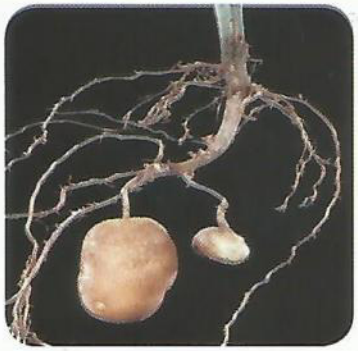
أنواع الجذور ثمة نوعان رئيسان من أنظمة الجذور، هما الجذور الوتدية والجذور الليفية. يتكوّن نظام الجذر الوتدي من جذر سميك بالإضافة إلى بعض الجذور الصغيرة المتفرعة جانبيًا. وتُخزّن بعض النباتات، مثل الفجل والبنجر والجزر، الغذاء في الخلايا البرنشيمية للجذر الوتدي، كما هو مبيّن في **الجدول 2**.

تتسم أنظمة الجذور الليفية، المبيّنة أيضًا في **الجدول 2**، بوجود عدد كبير من الجذور المتفرعة التي لها الحجم نفسه تقريبًا، والتي تنمو من نقطة مركزية. تُخزّن النباتات أيضًا الغذاء في أنظمة الجذور الليفية. مثال عليها البطاطا الحلوة.

تتكيَّف أنواع أخرى من الجذور، مبيّنة كذلك في **الجدول 2**، مع بيئات متنوّعة. ففي المناطق القاحلة، تُنتج بعض النباتات جذورًا كبيرة تخزّن الماء. تُطور أشجار السرو والقرم وبعض الأشجار الأخرى التي تعيش في الماء، جذورًا متحوّرة تساعد في إمداد الجذور المسمّاة الجذور التنفسية بالأكسجين. تتكوّن الجذور العرضية في أماكن لا تنمو فيها الجذور عادةً، ويمكنها القيام بوظائف مختلفة. على سبيل المثال، لبعض الأشجار الاستوائية جذور عرضية تساعد في دعم فروعها. تشبه هذه الجذور أثناء نموّها جذوع الأشجار.

مراجعة في ضوء ما قرأته عن تراكيب النبات، كيف ستجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

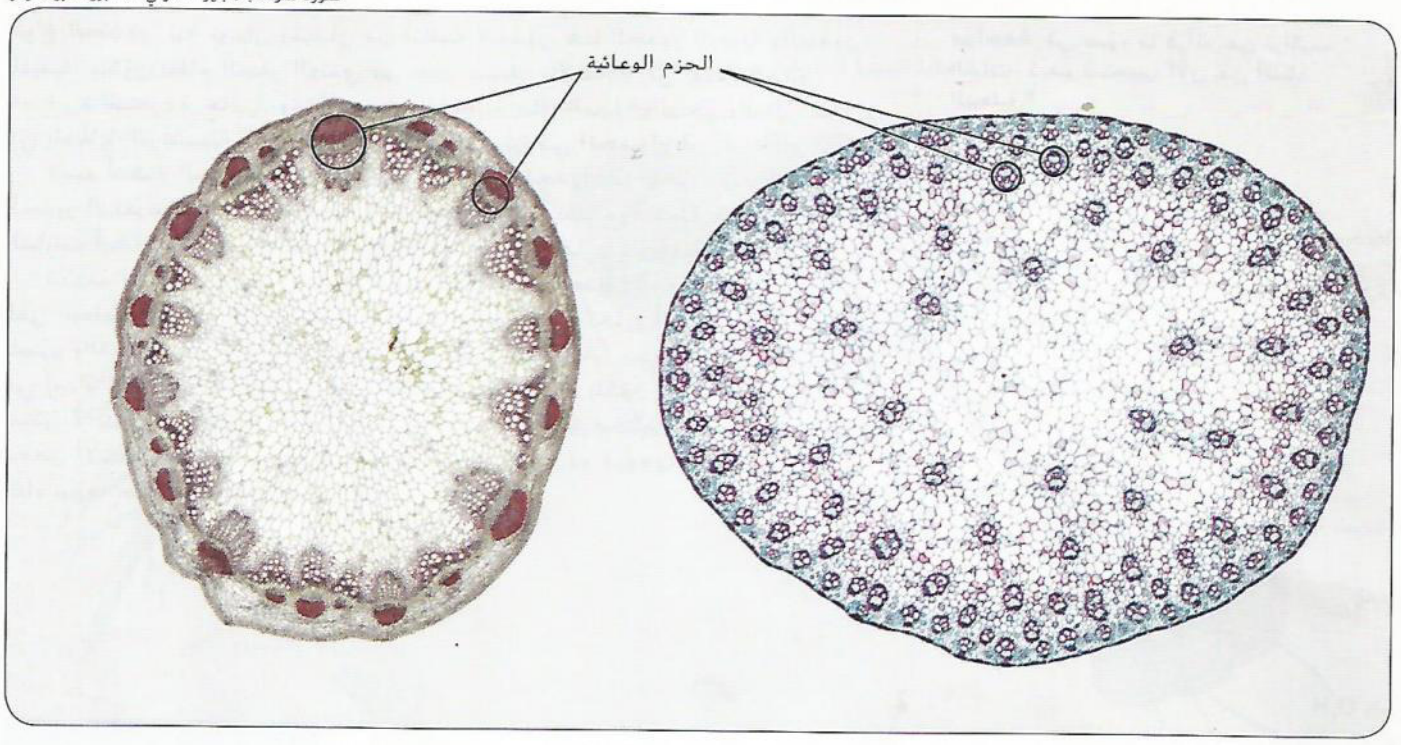
الجدول 2 أنظمة الجذور ووسائل تكيُّفها

النوع	نظام الجذر الوتدي	نظام الجذر الليفي	الجذر المتحوّر
المثال			
الوظيفة	• تثبيت النبات • تخزين الغذاء والماء	• تثبيت النبات • التخزين السريع للماء	تخزين الماء

النوع	الجذور المتحوّرة — الجذور التنفسية	الجذور العرضية — الجذور الدعامية
المثال		
الوظيفة	مدّ الجذور المغمورة بالأكسجين	دعْم سيقان النبات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: غير متوفر



نبتة أحادية الفلقة

نبتة ثنائية الفلقة

■ **الشكل 11** يتجمّع خشب ولحاء السيقان معًا في الحزم الوعائية. تنتشر الحزم الوعائية الموجودة في سيقان النباتات الأحادية الفلقة. تحتوي سيقان النباتات الثنائية الفلقة على حلقة واحدة، أو حلقات متحدة المركز، من الحزم الوعائية.

السيقان

قد تكون على علم بأنّ أوراق الهليون عبارة عن سيقان، لكنك قد تُفاجأ حين تعلم بوجود أنواع عديدة من سيقان النباتات. فبعض سيقان النباتات، كالهليون، تكون ملساء ومرنة وخضراء بسبب وجود البلاستيدات الخضراء، وبالتالي يمكنها القيام بعملية البناء الضوئي. يسمّى هذا النوع من السيقان "العشبية"، كما أنّ لأغلب النباتات السنوية هذا النوع من السيقان. تتميّز سيقان النخيل والخيزران، بكونها ليفيّة وصلبة. إنّ للأشجار والشجيرات والعديد من النباتات المعمّرة، سيقانًا خشبيّةً معمّرةً لا تقوم بعملية البناء الضوئي. يتمتّع بعض النباتات الأكثر قدمًا بسيقان مغطاة باللحاء، يمكن لهذا النسيج الفليني الصلب حماية الساق من الأضرار المادية ومن غزو الحشرات. لقد نجت بعض الأشجار من حرائق الغابات بأقل قدر ممكن من الأضرار بفضل اللحاء الذي يغطي جذوعها.

تركيب الساق ووظيفتها تتمثّل وظيفة ساق النبات الرئيسة في دعم أوراق النبات وتراكيبه التناسلية. فتنقل الأنسجة الوعائية في الساق الماء والمواد المذابة إلى أجزاء النبات كما توفّر له الدعم. إنّ الأنسجة مرتبة في صورة حزم أو مجموعات مُحاطة بخلايا برنشيمية. كذلك هو الحال بالنسبة إلى الجذور، يمكن استخدام نمط هذه الأنسجة للتمييز بين النباتات الأحادية الفلقة والنباتات الثنائية الفلقة، كما هو مبيّن في **الشكل 11**.

نمو الساق ينتج عن الخلايا التي يُنتجها النسيج المولّد القمّي إزديادًا في طول الساق. وقطر الساق. وترجع زيادة قطر الساق في النباتات، مثل المعمّرات الثنائيات الفلقة والمخروطيات، إلى إنتاج الكامبيوم الوعائي للخلايا. يمكن أن يؤدي إنتاج الخشب واللحاء على مدار العام، إلى إنتاج حلقات النمو السنوية. يمكن تخمين عمر الشجرة عن طريق عدّ حلقات النمو السنوية الموجودة في قاعدة جذعها، مثل تلك الموجودة في شجرة البلوط الأبيض المبيّنة في **الشكل 12**.

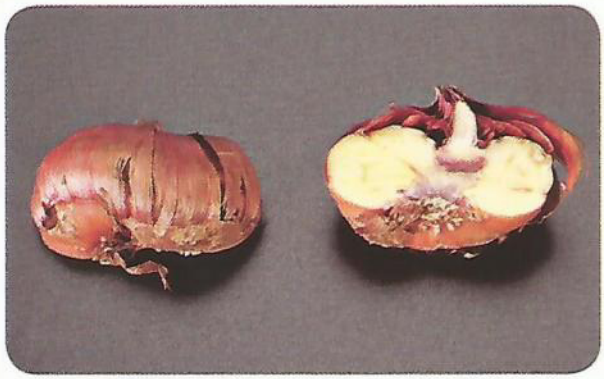
■ **الشكل 12** تتشكل حلقة النمو السنوية في ساق النباتات الخشبية، عند استئناف النمو. **استدلّ كيف يمكن أن تؤثر كمية الرطوبة المتوفرة في عرض حلقة النمو السنوية.**

أنواع السيقان تتمتع كل السيقان بوسائل تكيُّف تساعد النباتات على البقاء على قيد الحياة. في بعض النباتات، تُمكّن وسائل التكيُّف هذه السيقان من تخزين الفائض من الغذاء. وفي نباتات أخرى، تساعد على تحمل الجفاف أو البرد أو الحرارة. قد يكون من السهولة بمكان، أنّ تتعرّف على سيقان الطماطم وأشجار البلوط. إلا أنّ ثمة نباتات أخرى لها سيقان لا تشبه السيقان النموذجية.

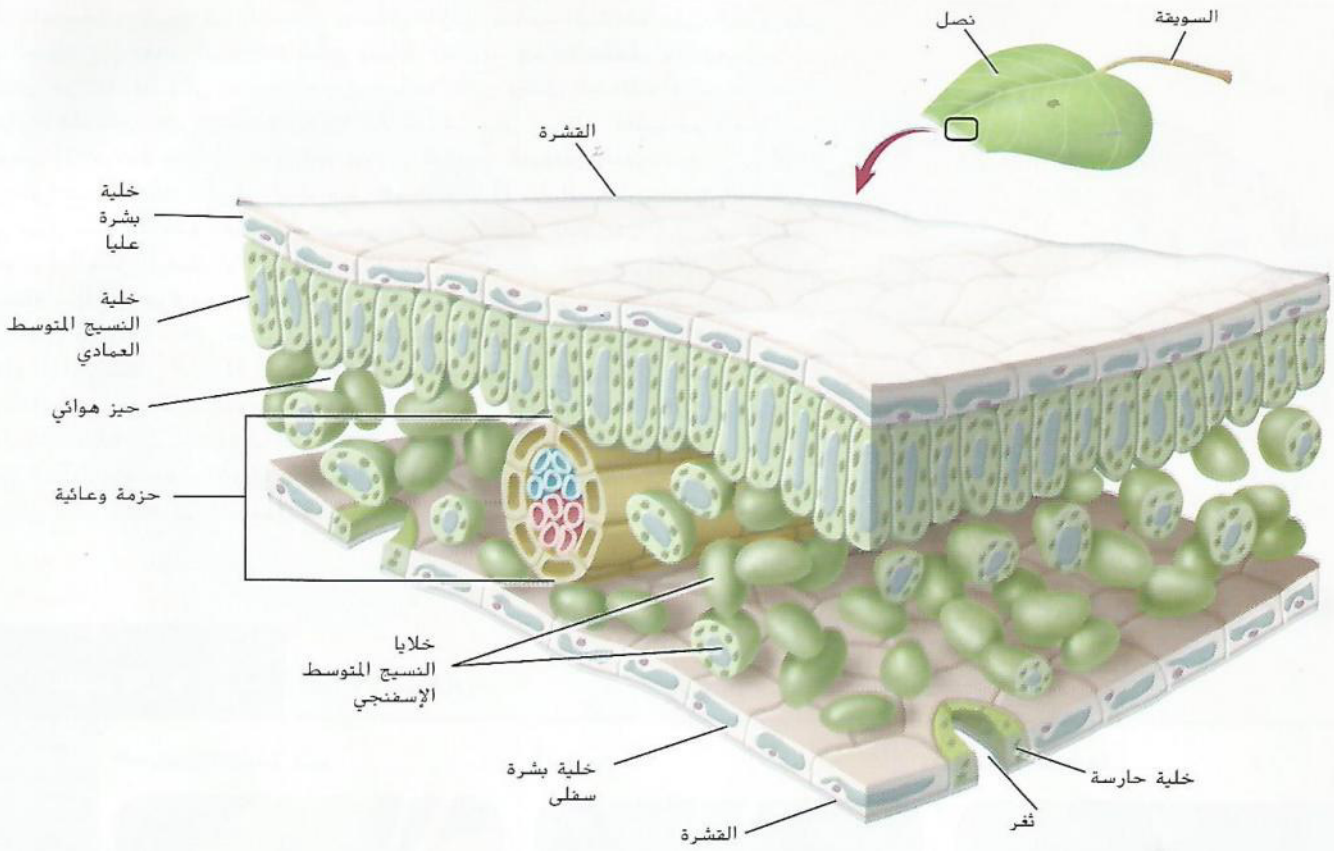
على سبيل المثال، تُمثّل البطاطس البيضاء نوعًا من السيقان يسمى الدرنة، وهي ساق منتفخة تنمو تحت الأرض مع براعم يمكن أن تنمو منها ثمار بطاطس جديدة. أما ساق البصل أو الخزامي أو الزنبق المخطط، فهي جزء من بصلة النبات. والبصلة ساق قصيرة مضغوطة محاطة بأوراق طريّة. لدى نباتات السوسن وبعض السراخس ريزومات، هي سيقان تنمو أفقيًّا تحت الأرض. يخزّن بعض الريزومات الغذاء. أما السيقان الجارية أو المدّادة، فهي سيقان تنمو على طول سطح التربة في الطبيعة، مثل تلك الموجودة في نباتات الفراولة وبعض الحشائش. إنّ الزعفران والدلبوث أمثلة على النباتات التي تُشكّل الكعوب. يتكوّن الكعب بالكامل تقريبًا من نسيج الساق، مع بعض الأوراق الحرشفية أعلى قمّته. ثمّة أمثلة على بعض أنواع السيقان هذه مبيّنة في **الجدول 3**.

الجدول 3 أنواع السيقان

النوع	الدرنة	الريزوم	الساق الجارية
المثال	البطاطس البيضاء	السوسن	نبات الغيلان
الوظيفة	تخزين الغذاء	• تخزين الغذاء • التكاثر اللاجنسي	التكاثر اللاجنسي

النوع	البصلة	الكعب
المثال	النرجس	 الزعفران
الوظيفة	تخزين الغذاء	تخزّين الغذاء

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 13** توضّح الأنسجة المختلفة للأوراق العلاقة بين التركيب والوظيفة.
استدلّ على سبب أهمية وجود قشرة شفافة للنبات.

الأوراق

تتخذ الأوراق أشكالًا وألوانًا متعددة، وتختلف ترتيباتها في النباتات باختلاف الأنواع. يمكن أن تتنوع أحجام الأوراق بدءًا من ورقة يبلغ قطرها 2 m حتى ورقة يقل طولها عن 1 mm. فضلًا عن ذلك، يتراوح عدد الأوراق التي ينتجها النبات، في الموسم الزراعي، بين قليل، كما في نبات النرجس البري، وصولًا إلى مئات الآلاف من الأوراق التي تنتجها شجرة الخشب الصلب الناضجة.

تركيب الورقة تتمثّل الوظيفة الرئيسة للأوراق في عملية البناء الضوئي، ويتلاءم تركيبها مع هذه الوظيفة بصورة جيدة. تحتوي معظم الأوراق على جزء مسطح يُسمى النصل يتميز بمساحة سطح كبيرة نسبيًا. وفقًا لنوع النبات، يمكن أن يصل بين النصل والساق عود يسمى **السويقة**. يربط النسيج الوعائي للسويقة بين الأنسجة الوعائية للساق والأنسجة الوعائية للورقة أو عروق الورقة. تفتقر بعض النباتات، كالأعشاب مثلًا، إلى السوَيقات، وتتّصل نصول أوراقها بالساق مباشرةً.

يتلاءم التركيب الداخلي لمعظم الأوراق جيدًا مع عملية البناء الضوئي. يبيّن **الشكل 13** الخلايا المتراصة بإحكام مباشرةً تحت طبقة البشرة العلوية للورقة. إنّ هذا المكان هو الأكثر عرضةً للضوء، لذلك فإنّ معظم عملية البناء الضوئي في هذه الخلايا التي تشبه الأعمدة. إنّها تحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء وتُكوّن نسيجًا يسمّى **النسيج المتوسط العمادي**، أو الطبقة العمادية. يوجد أسفل النسيج المتوسط العمادي **النسيج المتوسط الإسفنجي**، الذي يتألف من خلايا متباعدة غير منتظمة الشكل، يوجد بينها فراغات. يتحرّك كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء عبر الفراغات الموجودة في النسيج المتوسط الإسفنجي.
إضافةً غلى ذلك، تحتوي خلايا النسيج المتوسط الإسفنجي على بلاستيدات خضراء، لكنّ عددها في كل خلية هو أقل من عددها في النسيج المتوسط العمادي.

المفردات

أصل الكلمة

النسيج المتوسط *mesophyll*
meso- مُشتقة من الكلمة اليونانية *me-sos*، وهي تعني وسط
وكلمة *phyll-* مشتقة من الكلمة اليونانية *phyllon*، وهي تعني ورقة.