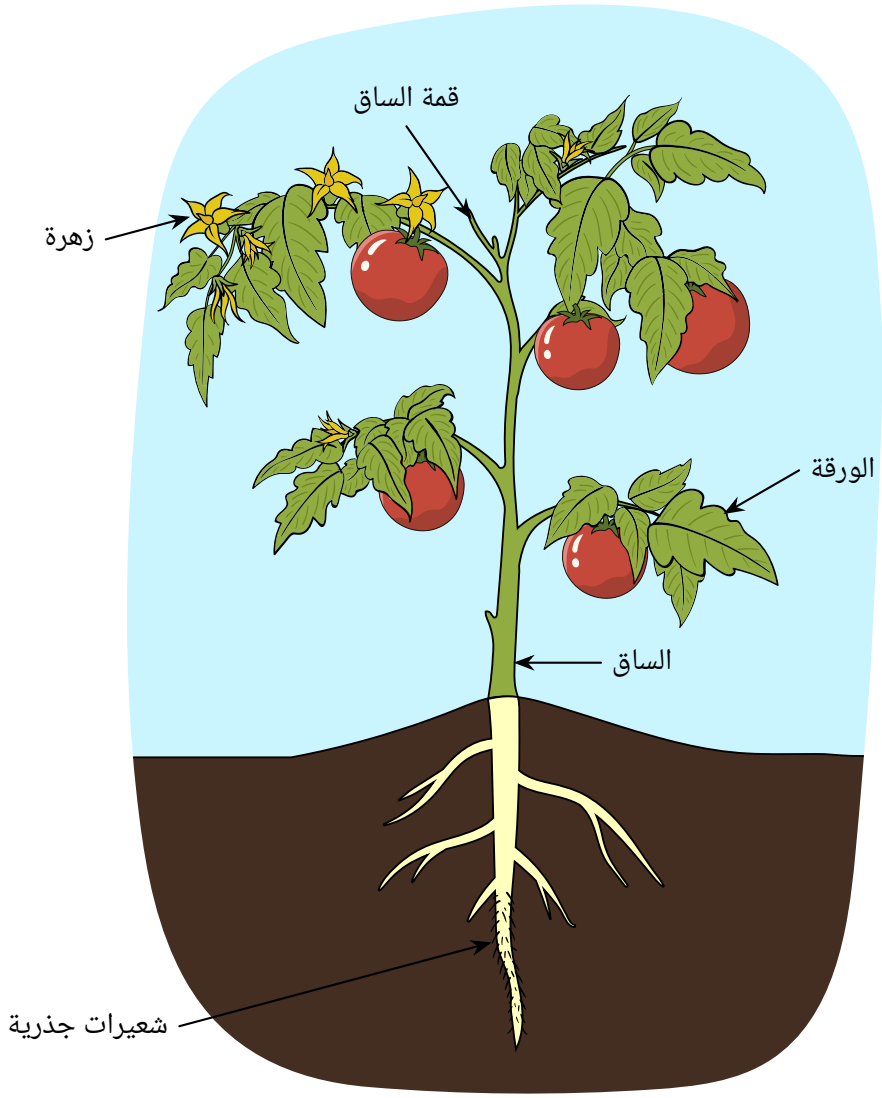
شارح: التراكيب المتخصصة في النباتات

في هذا الشارح، سوف نتعلَّم كيف نَصِف بنية ووظيفة التراكيب المتخصصة في النباتات.

الكثير من أنواع النباتات يعتبر كائنات حية معقَّدة ومتعدِّدة الخلايا. ونظرًا لوجود أكثر من 390 000 نوع من النباتات في جميع أنحاء العالم، فإنها متنوعة ومثيرة للاهتمام للغاية. يتكوَّن جميع النباتات من خلايا متخصصة تؤدِّي أدوارًا معيَّنة، وتعمل معًا لإبقاء النبات حيًّا مؤدِّيًا وظيفته على أكمل وجه. وهذا مهم بالنسبة إلينا، فبدون النباتات وقدرتها على إنتاج الأكسجين، لن يتمكَّن الإنسان من البقاء على قيد الحياة!

تتضمَّن مملكة النبات مجموعة كبيرة من الكائنات الحية، ومنها النباتات الزهرية مثل نبات الطماطم الموضَّح في الشكل 1، والأشجار مثل أشجار السكويا الساحلية الضخمة، وحتى النباتات الصغيرة غير الزهرية مثل نبات الحزاز! وكما هو الحال مع الحيوانات، تحتوي النباتات أيضًا على أعضاء. وتُعرَّف الأعضاء بأنها تراكيب تتكوَّن من عدة أنسجة متخصصة. وتشمل الأعضاء الرئيسية للنباتات الزهرية — مثل نبات الطماطم — الجذر والساق والأوراق، مثلما هو موضَّح في الشكل 1.

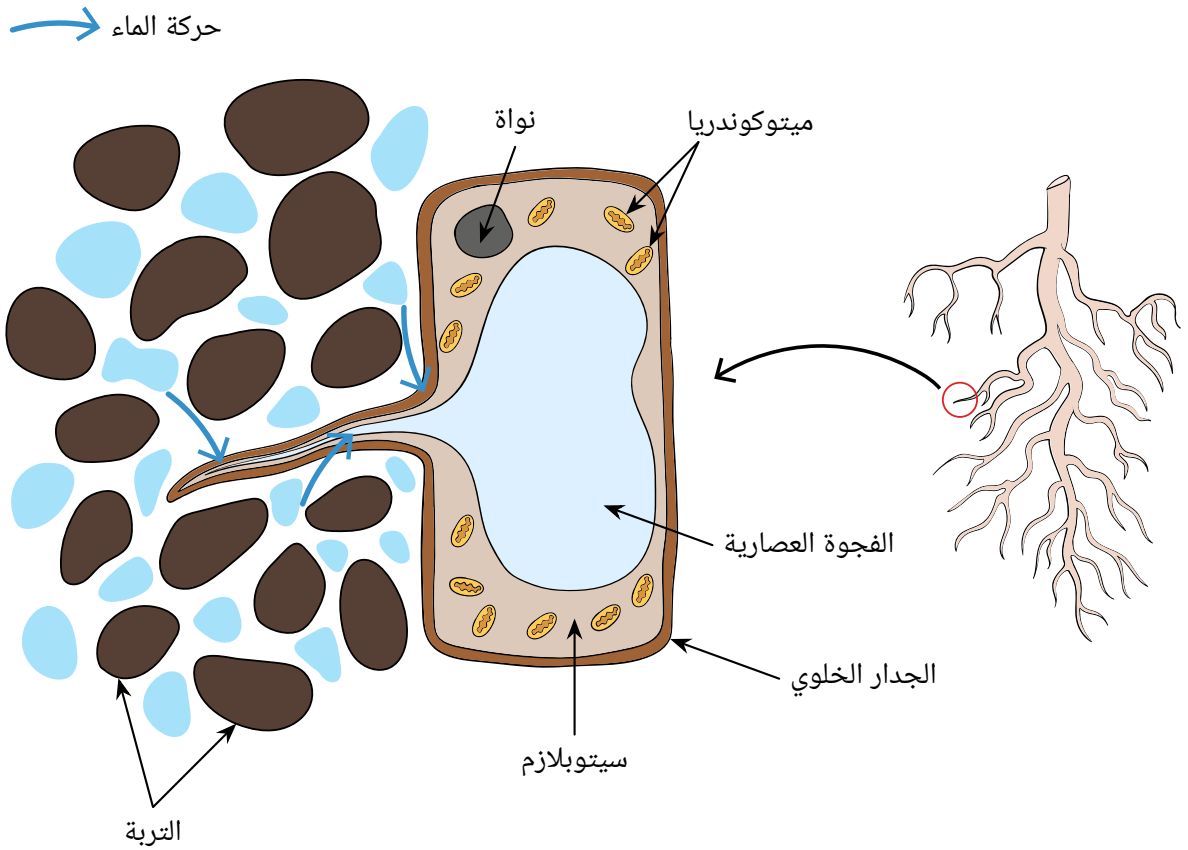


الشكل ١: مخطَّط لنبات الطماطم يوضِّح التركيب العام لأحد النباتات الزهرية الأعضاء الأساسية للنباتات الزهرية هي الجذور والساق والأوراق.

تعريف: الخلية المتخصصة

الخلية المتخصصة عبارة عن خلية تمايزت بتركيب معيَّن يُمكِّنها من أداء وظيفتها المحدَّدة.
وبالإضافة إلى الخلايا المتخصصة الموجودة في النباتات، تحتوي النباتات أيضًا على مناطق بها خلايا جذعية غير متخصصة تُسمَّى الخلايا المرستيمية. تُعَد النباتات كائنات حية مثيرة للاهتمام على وجه الخصوص؛ لأنها غالبًا ما تحتفظ بهذه الخلايا غير المتخصصة طوال فترة بقائها على قيد الحياة، وهو ما يسمح لها بالاستمرار في النمو ما دامت تعيش في ظروف ملائمة. يمكن أن تنقسم الخلايا المرستيمية بسرعة، وهو ما يتسبَّب في هذا النمو، وهي قادرة على التخصص إلى أي نوع من الخلايا النباتية. تقع الخلايا المرستيمية في أطراف الجذور والسيقان، فتلك هي المناطق التي تحدث بها معظم عمليات نمو النبات.
هيا نُلقِ نظرة على بعض الخلايا المتخصصة الموجودة في النباتات، بدءًا من الأسفل.
جذور النبات لها دور حاسم في تزويده بالمواد المهمة، مثل المعادن الأساسية والماء. والجذور نفسها عبارة عن أعضاء طويلة، متفرِّعة من النبات، تنتشر في مختلف أجزاء التربة المحيطة. وتتكوَّن الجذور من الشعيرات الجذرية، وهي خلايا

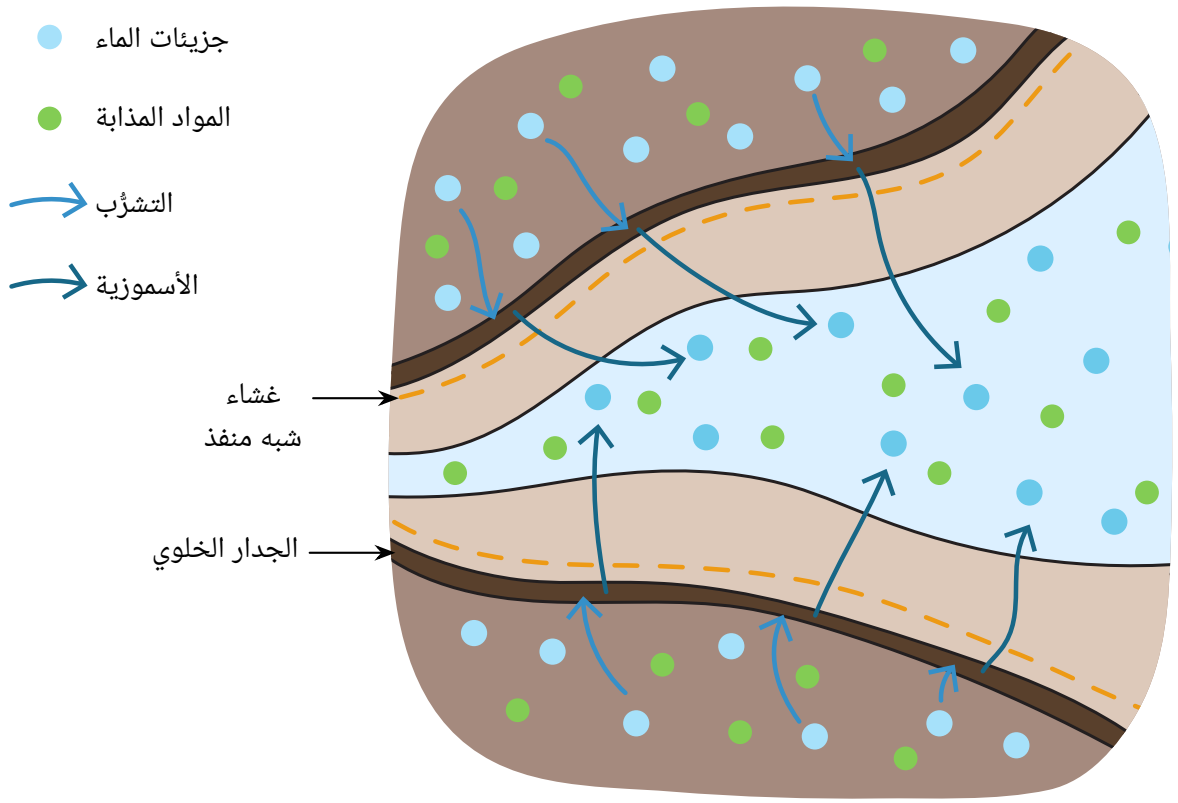
عالية التخصص تعمل على امتصاص الماء والمعادن. نلاحظ في الشكل 2 التركيب العام لجذر متفرِّع ولإحدى خلايا الشعيرات الجذرية.



الشكل ٢: جذور النبات، مع التركيز على خلية شعيرة جذرية واحدة تمتد خلية الشعيرة الجذرية عبر التربة لامتصاص الماء والمعادن.

هيا نُلقِ نظرةً على أوجه تكيُّف الشعيرات الجذرية بمزيد من التفصيل.
الشعيرات الجذرية، كما نرى في الشكل 2، لها امتدادات طويلة تخترق التربة. ويُعَد ذلك أحد أوجه التكيف التي تساعد على زيادة مساحة سطح الخلية، ما يؤدِّي بدوره إلى زيادة كمية الماء والمعادن التي يمكن أن تمتصها الخلية من التربة. تساعد الشعيرات الجذرية أيضًا على إرساء النبات في التربة، وتثبيته في الأرض، وتمكين الجذور من اختراق التربة بدرجة أكبر.
بعض المعادن التي يحتاج إليها النبات يجب أن يُنقل بواسطة النقل النشط إلى الخلية. لذا، تحتوي الشعيرة الجذرية على الكثير من الميتوكوندريا، التي توفِّر الطاقة اللازمة لفعل ذلك. من المثير للاهتمام أن النبات يستبدل الشعيرات الجذرية باستمرار؛ لذا، فتلك الخلايا لا تظل حية أكثر من بضعة أيام أو أسابيع!
ومقارنةً بغيرها من الخلايا النباتية، فإن الشعيرات الجذرية لها جدار خلوي رقيق. وهذا يسهِّل حركة الماء من التربة إلى الخلية، كما هو موضَّح في الشكل 2. يسمح السليولوز، وهو أحد المكوِّنات الرئيسية لهذه الجدران الخلوية، بحركة الماء والمعادن. أما غيره من البوليمرات التي تشكِّل الجدران الخلوية، مثل اللجنين أو الكيوتين، فلا يسمح بذلك. وتمتص الشعيرة الجذرية الماء من خلال عملية تُعرَف بالتشرُّب. ويحدث التشرُّب عندما تقوم الجسيمات الصلبة للشعيرات الجذرية بامتصاص الماء، ما يؤدِّي إلى انتفاخها وزيادة حجمها. وتكون خلايا الشعيرات الجذرية مُغطاة بطبقة رقيقة لها قدرة عالية على جذب جزيئات الماء، وهذا يحفِّز الماء على النفاذ إلى الجدران الخلوية للشعيرات الجذرية من خلال التشرُّب. وتتمكَّن جزيئات الماء من عبور الفراغات الموجودة في الغشاء شبه المنفذ من خلال ما يُعرَف بالخاصية الأسموزية.
تحتوي خلايا الشعيرات الجذرية على فجوة عصارية كبيرة، وهي «كيس» مملوء بسائل يساعد في الحفاظ على الشكل والتركيب. تحتوي الفجوة العصارية أيضًا على تركيز عالٍ من المواد المذابة، ما يحفِّز حركة الماء من الجدران الخلوية إلى

الفجوة العصارية من خلال الخاصية الأسموزية. ونظرًا لوجود تركيز عالٍ من المواد المذابة، يُقال إن جهد الماء في الفجوة العصارية منخفض. يوضِّح الشكل 3 حركة الماء من التربة إلى إحدى خلايا الشعيرات الجذرية.



الشكل ٣: مخطَّط يوضِّح شكلًا مقربًا لحركة الماء من منطقة تركيزُ المواد المذابة فيها منخفض نسبيًّا (التربة) إلى منطقةٍ تركيزُ المواد المذابة فيها مرتفع نسبيًّا (الفجوة العصارية في خلية الشعيرة الجذرية).

يوضِّح الشكل 3 كيف يتحرَّك الماء من التربة إلى الفجوة العصارية لإحدى خلايا الشعيرات الجذرية عن طريق الخاصية الأسموزية. والخاصية الأسموزية هي حركة الماء من منطقةٍ تركيزُ المواد المذابة فيها منخفض (حيث يكون تركيز الماء مرتفعًا) إلى منطقةٍ تركيزُ المواد المذابة فيها مرتفع (حيث يكون تركيز الماء منخفضًا). وهي عملية سلبية، ما يعني أنها لا تتطلَّب طاقة. وكلما ازداد تركيز المواد المذابة، ازداد أيضًا «الضغط الأسموزي» الذي يسبِّب حركة الماء.
في العموم، يمكن أن تمر الجزيئات الصغيرة، مثل الماء والأملاح، عبر الأغشية، لكن المواد الكبيرة، مثل السكريات والبروتينات، لا تستطيع المرور عبرها. ونظرًا لأنها تسمح لبعض الجزيئات بالعبور وتمنع جزيئات أخرى من ذلك، فإن أغشية الخلايا تُعرَّف بأنها شبه منفذة أو تتسم بالنفاذية الاختيارية.

تعريف: الخاصية الأسموزية

الخاصية الأسموزية هي حركة الماء من منطقة ذات تركيز منخفض للمواد المذابة إلى منطقة ذات تركيز مرتفع للمواد المذابة عبر غشاء شبه منفذ.

مصطلح رئيسي: شبه منفذ

يكون التركيب شبه منفذ إذا سمح بمرور بعض الجزيئات أو المواد دون غيرها.

تعريف: الضغط الأسموزي

الضغط الأسموزي هو الضغط الذي يحرِّك الماء عبر غشاء شبه منفذ.

مثال ١: تذكُّر أوجه تكيُّف خلية شعيرة جذرية

أيٌّ من الآتي **لا** يُعَدُّ من أوجه تكيُّف خلايا الشعيرات الجذرية لأداء وظيفتها؟

أ. لديها جدران رقيقة للسماح للماء والمعادن بالانتقال إلى داخل الخلية.

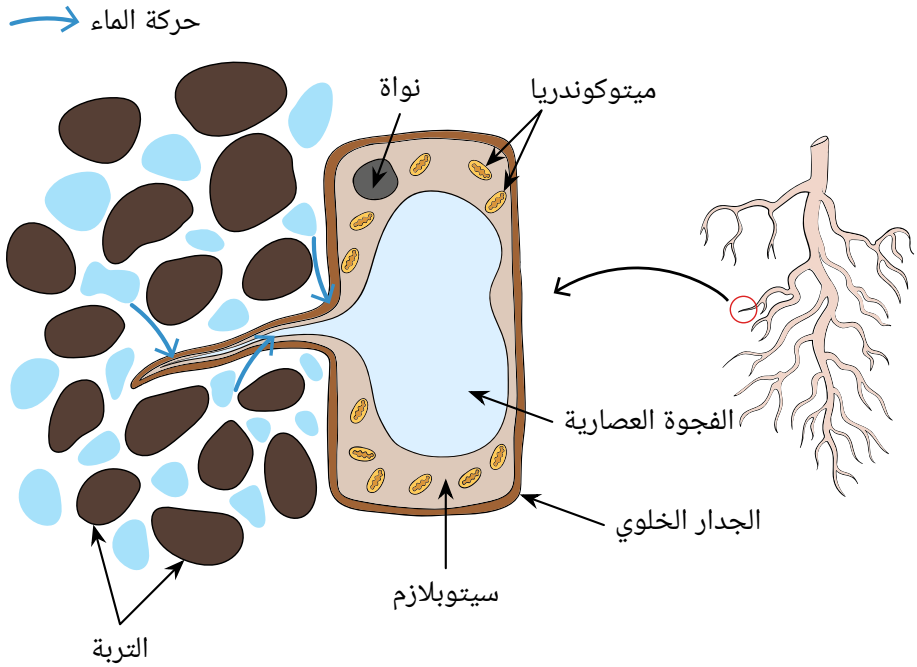
ب. كثيرة العدد لزيادة امتصاص الماء والمعادن.

ج. تحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء التي تقوم بعملية البناء الضوئي وتوفِّر الجلوكوز للجذر.

د. جهدها المائي منخفض داخل الفجوة العصارية للشُّعَيرة الجذرية، وهذا يُسهِّل انتقال الماء إليها.

الحل

تُعَد خلايا الشعيرات الجذرية خلايا عالية التخصص، وتوجد في جذر النبات. وهي تتسم بالعديد من أوجه التكيف لمساعدتها على أداء وظيفتها الأساسية؛ أي امتصاص الماء والمعادن من التربة المحيطة لإبقاء النبات على قيد الحياة والحفاظ على صحته.



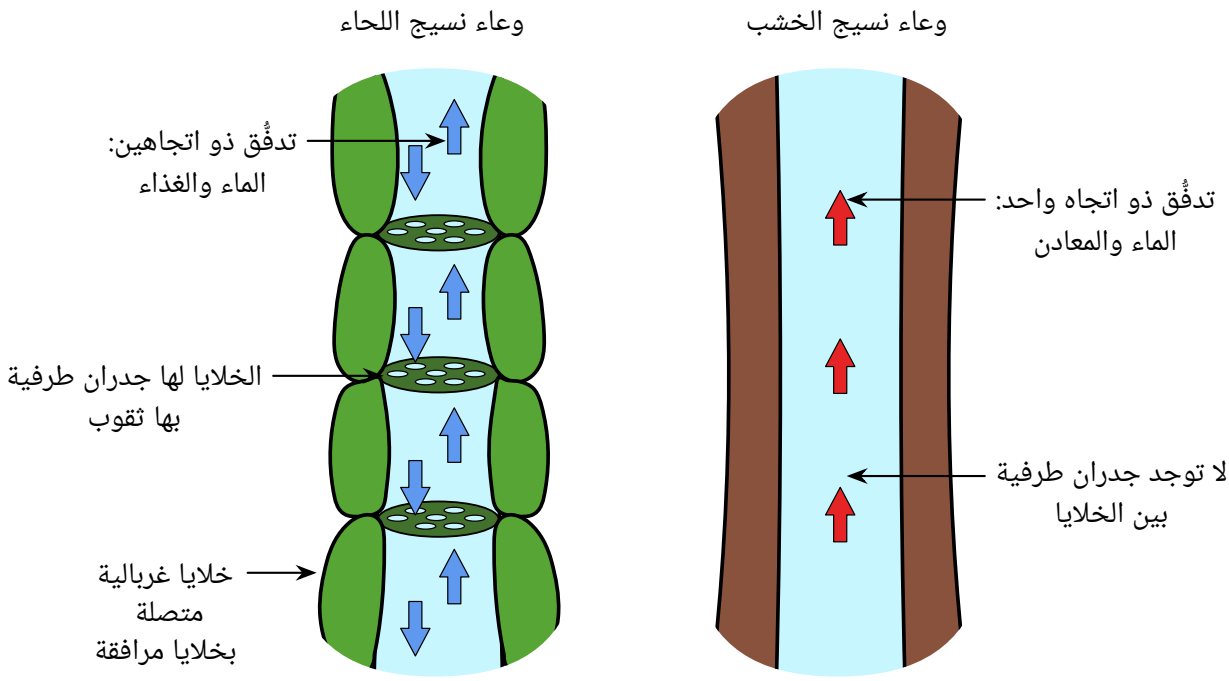
ومقارنةً بالخلايا النباتية الأخرى، فإن الجدران الخلوية لخلية الشعيرة الجذرية رقيقة نسبيًا. وهذا ما يسمح للماء والمعادن بالتحرُّك بسهولة عبر الجدار الخلوي ثم الغشاء شبه المنفذ. توضِّح الصورة شكلًا مكبرًا لإحدى خلايا الشعيرات الجذرية.
تحتوي الجذور على الكثير والكثير من خلايا الشعيرات الجذرية المتتابعة، لتسمح لها بامتصاص أكبر كمية ممكنة من الماء.

إن الفجوة العصارية داخل خلية الشعيرة الجذرية هي كيس مملوء بسائل. ويحتوي هذا السائل على تركيز عالٍ من المواد المذابة، مثل الأملاح، والسكريات الذائبة فيه. ونظرًا لأنه يحتوي على تركيز عالٍ من المواد المذابة مقارنةً بتركيز الماء فيه، نقول إن جهده المائي منخفض. بصورة أبسط، يعني هذا أنه سيتم تحفيز المياه على التحرُّك إلى الفجوة العصارية.

تحتوي خلايا الشعيرات الجذرية على العديد من الميتوكوندريا، وهي موقع حدوث عملية التنفس الخلوي. يكسر التنفس الخلوي المركبات التي تحتوي على الكربون مثل الجلوكوز لإطلاق الطاقة التي يمكن أن تستخدمها خلايا الشعيرات الجذرية (لنقل الأيونات والجزيئات من التربة إلى الجذور، على سبيل المثال).

لكن على عكس العديد من الخلايا النباتية الأخرى، فإن جذور الشعيرات الجذرية لا تحتوي على بلاستيدات خضراء. البلاستيدات الخضراء هي موقع البناء الضوئي، وهي العملية التي تَستخدم الطاقة الضوئية لإنتاج الجلوكوز للنبات. ونظرًا لأن خلايا الشعيرات الجذرية تقع أسفل التربة، فلن يصل الضوء إليها؛ ومن ثَمَّ، لن تتمكَّن البلاستيدات الخضراء من أداء وظيفتها الأساسية، وهي البناء الضوئي.

إذن الإجابة الوحيدة التي **لا** تُعَدُّ من أوجه تكيُّف خلايا الشعيرات الجذرية هي: أنها تحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء التي تقوم بعملية البناء الضوئي وتوفِّر الجلوكوز للجذر.
تمتص خلايا الشعيرات الجذرية الماء والمعادن من التربة، لكن ماذا يحدث للماء والمعادن بعد ذلك؟ للإجابة عن هذا السؤال، علينا الانتقال إلى أعلى النبات والنظر إلى التراكيب المتخصصة داخل الساق.
معظم النباتات التي قد تكون على دراية بها (مثل الورد والنرجس وجميع أنواع الأشجار) هي نباتات وعائية. وهذا يعني أنها تحتوي على نسيج وعائي متخصص، وهو نسيج يُستخدم في المقام الأول لنقل المواد. والنسيجان الوعائيان اللذان سنتناولهما هنا هما نسيجا الخشب واللحاء.
تتكوَّن أنسجة الخشب في النباتات بالأساس من خلايا ميتة. يوجد نوعان من الخلايا التي تكوِّن أوعية نسيج الخشب، ويُطلَق عليهما القصيبات والأوعية الخشبية. تكوِّن هذه الخلايا أنابيب متصلة ذات جدران سميكة تمتد عبر ساق النبات. ودور نسيج الخشب هو نقل الماء والمعادن إلى جميع أجزاء النبات. يحدث هذا في اتجاه واحد فقط، لأعلى؛ أي من الجذور إلى الأوراق.
تتكوَّن أنسجة اللحاء في النباتات من خلايا حية بالأساس، ومنها أنابيب غربالية تلتقي حوافها بحواف المسام بينها، لتسمح بحركة المواد. يُطلَق على هذه المسام في الجدران الطرفية لكل خلية غربالية الصفائح الغربالية. تتصل الخلايا الغربالية بالخلايا المرافقة. والخلايا المرافقة عبارة عن خلايا عالية التخصص تزوِّد الأنابيب الغربالية بالطاقة اللازمة للنقل، وتحتوي على العديد من الميتوكوندريا لتتمكَّن من فعل ذلك.
ودور نسيج اللحاء هو نقل نواتج البناء الضوئي (على سبيل المثال، السكريات الذائبة مثل السكروز والأحماض الأمينية) إلى جميع أجزاء النبات. في العموم، ينقل اللحاء هذه المواد الذائبة من المناطق التي تقوم بالبناء الضوئي، مثل الأوراق، إلى جميع أجزاء النبات. من المهم على وجه الخصوص نقل السكريات إلى الأجزاء التي لا تقوم بالبناء الضوئي في النبات، مثل الجذور؛ لأنها ليست قادرة على تكوين سكرياتها الخاصة، لكنها بحاجة إليها. ومن ثَمَّ، فإن هذا النقل، على عكس النقل في نسيج الخشب، ثنائي الاتجاه، ما يعني أنه يحدث في اتجاهين، من الأوراق إلى بقية أجزاء النبات، ومن بقية أجزاء النبات إلى الأوراق.
يوضِّح الشكل 4 مقارنة بين تركيب أوعية نسيج الخشب وأوعية نسيج اللحاء.



الشكل ٤: مقارنة بين تركيب واتجاه حركة المواد في وعاء نسيج الخشب ووعاء نسيج اللحاء.

مثال ٢: وصف وظيفة الخلايا في نسيج اللحاء

ما الوظيفة الأساسية للخلايا المرافقة في اللحاء؟

أ. توفير البلاستيدات الخضراء للوصول إلى أقصى معدل من عملية البناء الضوئي

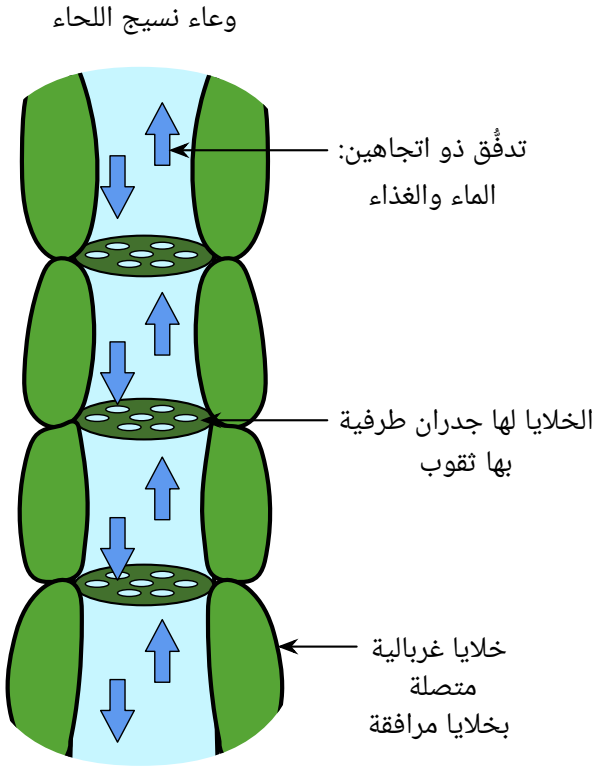
ب. زيادة مساحة السطح المتاحة إلى أقصى حد لانتشار الغازات

ج. الربط بين نسيج الخشب واللحاء لتبادل المواد

د. توفير الطاقة لنقل المواد في اللحاء

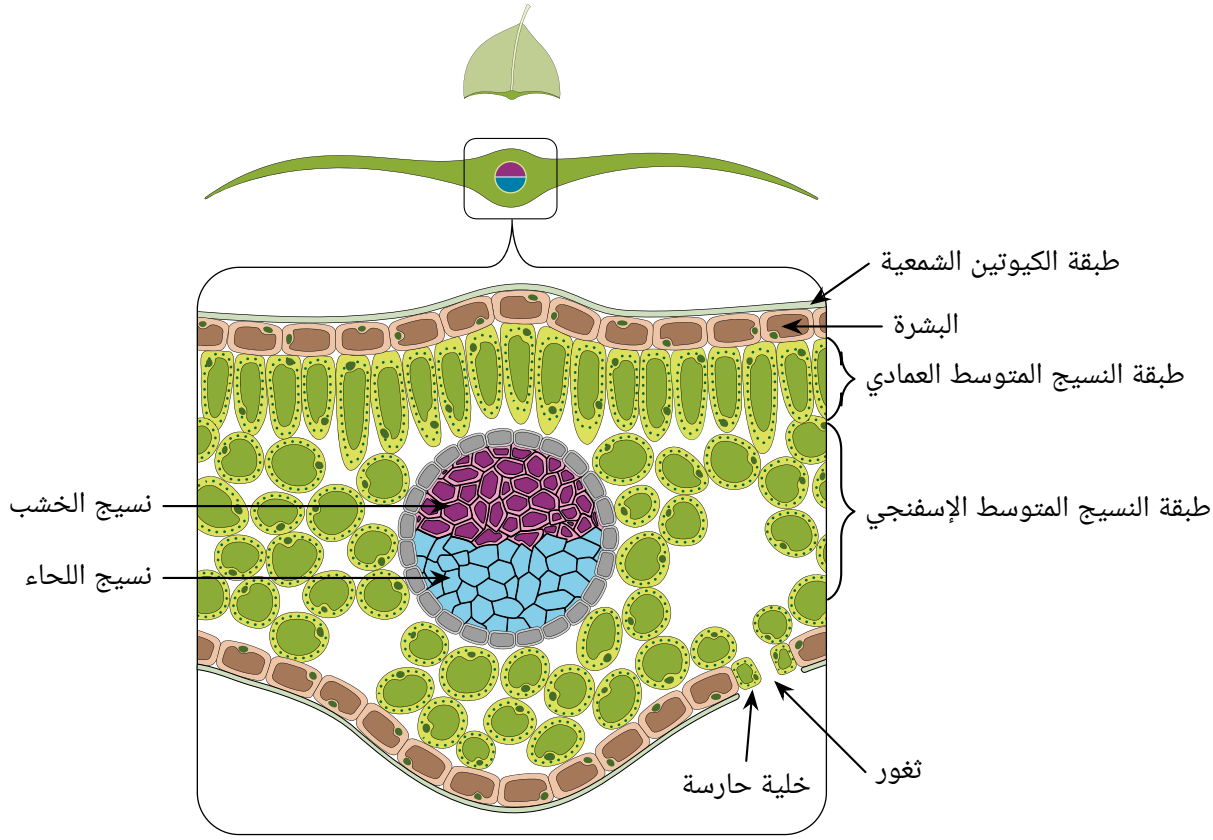
الحل

اللحاء عبارة عن نسيج نباتي متخصص، وظيفته الرئيسية هي نقل السكريات والأحماض الأمينية إلى جميع أجزاء النبات. ونقل السكريات عن طريق اللحاء يعتبر «ثنائي الاتجاه»، ما يعني أنه يسري في الاتجاهين: من الأوراق وإليها، وبقية أجزاء النبات. ويتكوَّن اللحاء في الأغلب من خلايا غربالية، وهي خلايا حية مستطيلة. ويوجد بهذه الخلايا مسام أو ثقوب في الجدران الخلوية الطرفية تسمح بمرور المواد عبرها فور التقاء نهايات الخلايا بعضها ببعض. وهي متصلة أيضًا بخلية مرافقة.



يحتاج نقل السكريات في اللحاء إلى طاقة. في الخلايا النباتية والحيوانية، تتوافر الطاقة عن طريق عملية تُسمَّى التنفس الخلوي. ويحدث التنفس الخلوي في عضيات تُسمَّى الميتوكوندريا، فهي تكسر المركبات التي تحتوي على الكربون، مثل الجلوكوز، في سلسلة من التفاعلات الكيميائية لإطلاق الطاقة. لا تحتوي الخلايا الغربالية على الميتوكوندريا، على عكس الخلايا المرافقة. ومن ثَمَّ، فإن الخلايا المرافقة تقوم بالتنفس الخلوي وتوفِّر الطاقة اللازمة لكي ينقل اللحاء السكريات إلى أجزاء النبات التي تحتاج إليها.

ومن ثَمَّ، فإن الوظيفة الأساسية للخلايا المرافقة في اللحاء هي: توفير الطاقة لنقل المواد في اللحاء.
يمتد كلٌّ من نسيجَي الخشب واللحاء داخل ورقة النبات؛ حيث يوجد العديد من الخلايا النباتية المتخصصة. هيا نُلقِ نظرة على مقطع عرضي لورقة نبات، كما هو موضَّح في الشكل 5، لفهم التركيب بشكل أفضل.



الشكل ٥: مخطَّط لمقطع عرضي للورقة. مع التركيز على التراكيب الرئيسية لطبقة الكيوتين الشمعية والبشرة، وطبقة النسيج المتوسط العمادي، وطبقة النسيج المتوسط الإسفنجي ونسيج الخشب، ونسيج اللحاء، والثغور، والخلايا الحارسة.

النباتات مكيَّفة جيدًا للقيام بعملية البناء الضوئي؛ لأنها تحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء. والبلاستيدات الخضراء هي عضيات تحتوي على صبغة الكلوروفيل الخضراء، وتوجد في معظم أوراق النبات؛ فصبغة الكلوروفيل هي المسئولة عن منح الأوراق لونها الأخضر. صبغة الكلوروفيل الموجودة في جميع البلاستيدات الخضراء مكيَّفة لالتقاط ضوء الشمس وامتصاصه على وجه الخصوص. وهذا كي تتمكَّن البلاستيدات الخضراء من أداء وظيفتها الرئيسية، وهي البناء الضوئي.
خلال عملية البناء الضوئي، تمتص النباتات ثاني أكسيد الكربون من البيئة، والماء من التربة، وتحوِّل هذه المركبات، عبر سلسلة من التفاعلات الأيضية، إلى سكريات مثل الجلوكوز، وأكسجين. الجلوكوز هو أحد الكربوهيدرات التي يمكن أن تتكسَّر خلال عملية التنفس الخلوي لتوفير الطاقة للنبات؛ ومن ثَمَّ يعمل مكوِّنًا أساسيًّا في تغذية النبات. ويمكن أن يستخدم النبات الأكسجين أيضًا في التنفس الخلوي، أو يُطلِقه إلى الجو.

تعريف: البناء الضوئي

البناء الضوئي عبارة عن عملية تحويل غاز ثاني أكسيد الكربون والماء إلى سكريات، مثل الجلوكوز، وأكسجين، في وجود ضوء الشمس.

معادلة: البناء الضوئي

ثاني أكسيد الكربون + ماء (+طاقة ضوئية) ⟵ جلوكوز + أكسجين

ورقة النبات تكون مُغطاة بطبقة غير منفذة للماء تُسمَّى طبقة الكيوتين الشمعية. وهذا يقلِّل من فقدان النبات للماء بالتبخُّر عبر الورقة. وتُعرَف هذه الطبقة بالطبقة الشمعية؛ لأنها تحتوي على مادة مقاومة للماء تُسمَّى الكيوتين.
الكيوتين الذي يكوِّن تلك الطبقة الشمعية تنتجه وتفرزه خلايا تقع مباشرةً أسفل طبقة الكيوتين تُسمَّى البشرة. ربما تكون قد سمعت بمصطلح «البشرة» من قبل، فالطبقة السطحية للجلد تُسمَّى البشرة. تُشبه بشرة النبات بشرة الإنسان إلى حدٍّ كبير، فبشرة النبات هي طبقة من الخلايا تعمل حاجزًا واقيًا للنبات. وتحتوي أوراق النبات على بشرة عليا وبشرة سفلى.
تفتقر الخلايا الموجودة في البشرة إلى البلاستيدات الخضراء؛ ومن ثَمَّ، فهي لا تحتوي على الكلوروفيل. وهذا يعني أن البشرة شفافة. ولهذه الشفافية أهمية خاصة للبشرة العليا؛ لأنها تسمح بوصول مزيد من الضوء للخلايا أسفلها من أجل القيام بعملية البناء الضوئي.
داخل الورقة، توجد طبقتان من النسيج المتوسط؛ وهما النسيج المتوسط العمادي والنسيج المتوسط الإسفنجي. تتكوَّن هاتان الطبقتان من مجموعة من خلايا وأنسجة برنشيمية متخصصة تقع بين الطبقتين العليا والسفلى للبشرة.
تتكوَّن الطبقة العمادية من خلايا طويلة أسطوانية الشكل. والمهمة الرئيسية لهذه الخلايا هي القيام بالبناء الضوئي من أجل النبات، وهي العملية التي يصنع بها النبات غذاءه. توجد العديد من الخلايا التي تحتوي على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء بالقرب من سطح الورقة، وهو ما يعني أنها يمكنها التقاط أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس.
وبينما يظل من المرجَّح أن تحتوي خلايا الطبقة المتوسطة الإسفنجية على بلاستيدات خضراء، فإنها ستكون أقل من تلك الموجودة في خلايا النسيج المتوسط العمادي؛ وذلك لأن طبقة النسيج المتوسط الإسفنجي تقع في أسفل الورقة، ومن ثَمَّ تصبح أقل عرضة للضوء. الطبقة المتوسطة الإسفنجية مكيَّفة أيضًا لمساعدة الورقة على القيام بالبناء الضوئي، لكن بطريقة مختلفة. تتخذ خلايا الطبقة الإسفنجية المتوسطة شكلًا غير منتظم، وهي متباعدة إلى حدٍّ كبير. ويُعَد هذا أحد أوجه التكيُّف التي تسمح بنقل الغازات وتبادلها بفاعلية (مثل: الأكسجين للتنفس، وثاني أكسيد الكربون للبناء الضوئي).

مثال ٣: شرح موقع الخلايا العمادية في الورقة

تحتوي الخلايا العمادية الموجودة بالقرب من سطح الورقة على العديد من البلاستيدات الخضراء. أيٌّ ممَّا يلي يفسِّر السبب وراء ذلك؟

أ. تحتوي الخلايا العمادية على العديد من البلاستيدات الخضراء للسماح بأقصى انتشار للغازات داخل وخارج الورقة.

ب. تحتوي الخلايا العمادية على العديد من البلاستيدات الخضراء لالتقاط أشعة الشمس اللازمة لعملية البناء الضوئي.

ج. تحتوي الخلايا العمادية على العديد من البلاستيدات الخضراء التي تعمل على تمدُّد الخلية وزيادة مساحة السطح المتاح لامتصاص الماء.

د. تحتوي الخلايا العمادية على العديد من البلاستيدات الخضراء لالتقاط أشعة الشمس اللازمة للتنفس.

الحل

تحتوي ورقة النبات على العديد من الخلايا المتخصصة المختلفة. وأحد أمثلة هذه الخلايا هو الخلايا العمادية التي تكوِّن طبقة بالقرب من سطح الورقة. وهذه الخلايا مستطيلة، أسطوانية الشكل، وتحتوي على العديد من البلاستيدات الخضراء. للإجابة عن هذا السؤال، علينا تذكُّر الوظيفة الأساسية للبلاستيدات الخضراء.

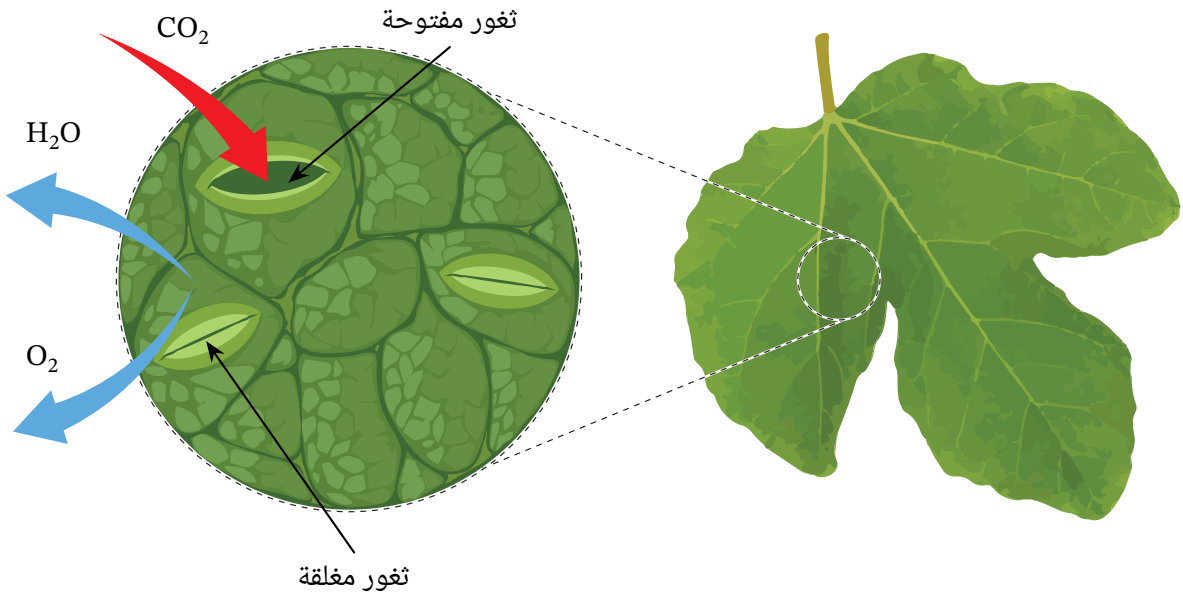
البلاستيدات الخضراء عبارة عن عضيات تحتوي على صبغة الكلوروفيل الخضراء، وتوجد في معظم أوراق النبات؛ وصبغة الكلوروفيل هي المسئولة عن منح هذه الأوراق لونها الأخضر. الكلوروفيل الموجود في جميع البلاستيدات الخضراء مكيَّف لالتقاط ضوء الشمس وامتصاصه على وجه الخصوص. وهذا لكي تتمكَّن البلاستيدة الخضراء من أداء وظيفتها الرئيسية،

وهي البناء الضوئي. والبناء الضوئي هو العملية الحيوية التي يستخدمها النبات لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في صورة سكريات، مثل الجلوكوز، ويَستخدم النبات هذا الجلوكوز غذاءً له. ومعادلة البناء الضوئي هي كالآتي:

ثاني أكسيد الكربون + ماء (+طاقة ضوئية) ⟵ جلوكوز + أكسجين.

يمكننا استبعاد الخيارات الأخرى أيضًا. تحتوي طبقة النسيج المتوسط الإسفنجي على خلايا بينها العديد من الفراغات الهوائية، ما يسمح بأقصى انتشار ممكن للغازات. ليست هناك حاجة إلى «تمدُّد» الخلايا العمادية كي تزيد من مساحة السطح؛ إذ إنها لا تختص بامتصاص الماء، فهذه مهمة خلايا الشعيرات الجذرية. وكما ذكرنا سابقًا، سبب امتصاص البلاستيدات الخضراء لضوء الشمس هو القيام بعملية البناء الضوئي وليس التنفس.

ولذلك فإن أفضل تفسير لاحتواء الخلايا العمادية على الكثير من البلاستيدات الخضراء هو التقاط أشعة الشمس اللازمة لعملية البناء الضوئي.
تُسمَّى الفتحات الصغيرة الموضَّحة على السطح السفلي لورقة النبات ثغورًا، ومفردها ثغر. يوضِّح الشكل 6 مخطَّطًا للثغور في السطح السفلي للورقة، عندما تكون مفتوحة وعندما تكون مغلقة.



الشكل ٦: مخطَّط يوضِّح الثغور الموجودة في السطح السفلي للورقة. الثغور هي مسام تُفتَح عندما تكون الخلايا الحارسة المحيطة مرتخية، وتُغلَق عندما تكون الخلايا الحارسة مملوءة بالماء ومنتفخة.

تتحكَّم الخلايا الحارسة المحيطة في فتح الثغور وإغلاقها. عندما تكون الخلايا الحارسة «مرتخية» — وهو ما يعني أنها غير ممتلئة بالماء؛ ومن ثَمَّ تتقلص محتويات الخلية — تنفتح الثغور لتسمح بتبادل الغازات مع البيئة. وهذا يسمح للنبات بامتصاص ثاني أكسيد الكربون من أجل عملية البناء الضوئي وإطلاق الأكسجين الذي ينتجه. لكن عندما تكون الثغور مفتوحة، فإنها تسمح أيضًا لبخار الماء بالانتشار إلى خارج الورقة. ولتجنُّب فَقْد كمية كبيرة من الماء، يمكن للخلايا الحارسة المحيطة أن تُغلق الثغور. لفعل ذلك، تمتص الخلايا الحارسة الماء و«تنتفخ»، فتزيد في الحجم؛ ومن ثَمَّ تقل الفجوات بينها. وهذه الاستجابة مفيدة بشكل خاص في حالات نقص الماء، أو خلال الليل عندما لا يمكن القيام بعملية البناء الضوئي.
هيا نلخِّص ما تعلَّمناه في هذا الشارح.

النقاط الرئيسية

- يُعتبر العديد من النباتات كائنات حية معقدة متعدِّدة الخلايا، تحتوي على العديد من الخلايا والأنسجة المتخصصة.
- خلايا الشعيرات الجذرية هي خلايا متخصصة، مكيَّفة لامتصاص المعادن والماء من التربة.
- يختص نسيج الخشب بنقل الماء والمعادن من الجذر إلى أوراق النبات.
- يختص نسيج اللحاء بنقل السكريات والأحماض الأمينية من الأوراق وبقية أجزاء النبات وإليها.
- تحتوي الأوراق على العديد من الخلايا والتراكيب المتخصصة، ومنها طبقة الكيوتين الشمعية، والبشرة، وطبقتا النسيج العمادي المتوسط والنسيج الإسفنجي المتوسط، والثغور، والخلايا الحارسة.
- الوظيفة الأساسية للأوراق هي القيام بعملية البناء الضوئي، والخلايا الموجودة بالورقة مكيَّفة لأداء وظائف مختلفة لتحقيق هذا الغرض.