الفكرة الرئيسة:

تنقل أنسجة مُتخصِّصة في النباتات الوعائية المواد المختلفة بطرائق مُتنوِّعة.

نتاجات التعلُّم:

- أُقارِن تركيب الأنسجة الوعائية في النبات بعضها ببعض.
- أوضح آلية امتصاص الماء من التربة.
- أُوضِّح طرائق انتقال الماء في النبات.
- أتتبع آلية نقل الغذاء الجاهز في النبات.

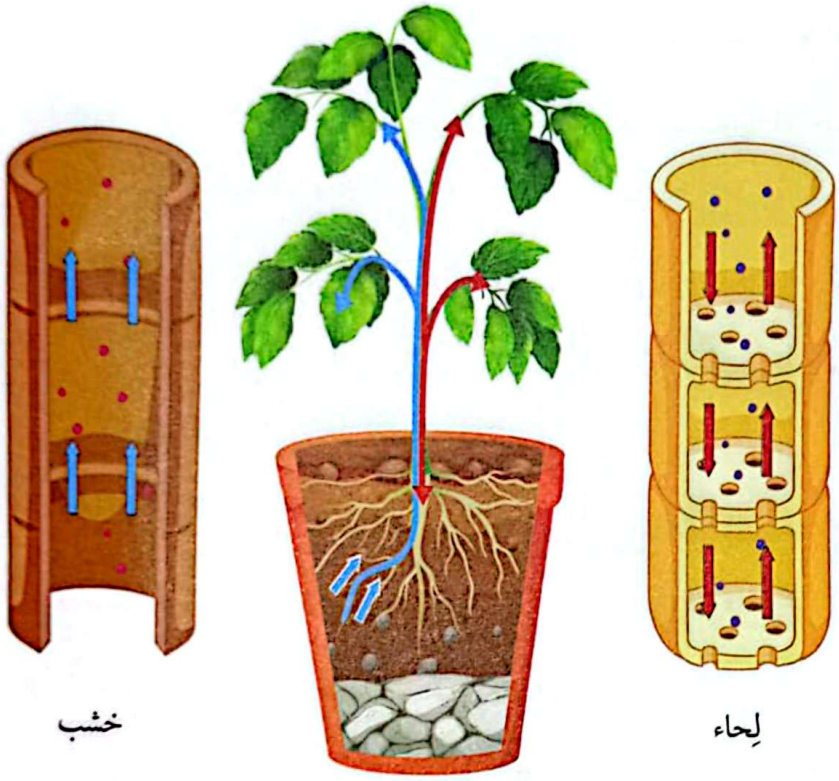
المفاهيم والمصطلحات:

عُصارة اللِّحاء	Phloem Sap
الأسطوانة الوعائية	Vascular Cylinder
عُصارة الخشب	Xylem Sap
التماسك	Cohesion
التلاصق	Adhesion
التدفق الضاغط	Pressure Flow
جهد الماء	Water Potential

أنسجة النقل في النباتات الوعائية

Transport Tissues in Vascular Plants

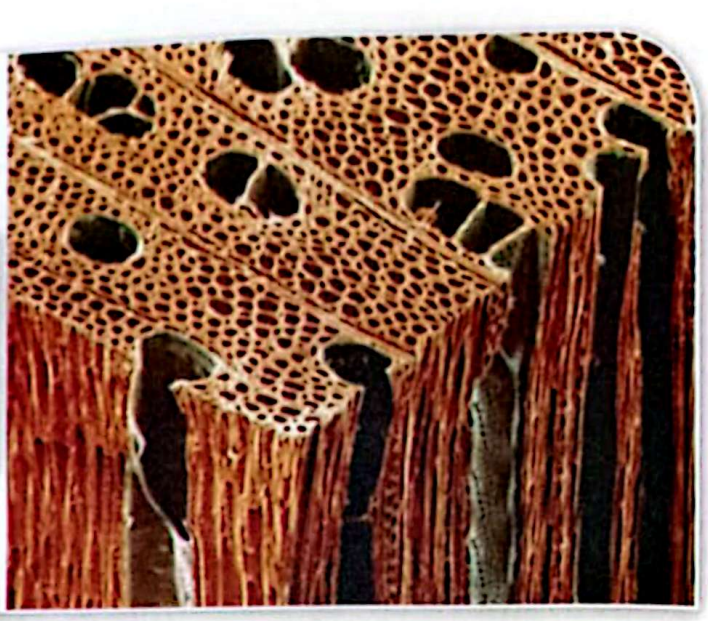
ماذا؟ تنقل الأنسجة الوعائية Vascular Tissues الماء والمواد الذائبة فيه إلى جميع أجزاء النبات. وقد تعرَّفتُ سابقًا وجود نوعين من الأنسجة الوعائية، هما: الخشب، واللِّحاء، أنظر إلى الشكل (1).



الشكل (1): أنسجة الخشب واللحاء في النبات واتجاهات نقلهما للماء والمواد الذائبة فيه.

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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



أوعية خشب قصيبات خشب

الشكل (2): تركيب نسيج الخشب.

الخشب Xylem

يتكـون الخشـب مـن الجزأيـن الرئيسـين الآتييـن: القصيبـات Tracheids والأوعيـة Vessels وهـي خلايـا ميتـة. ينقـل الخشـب الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه إلى أجزاء النبات المختلفة، أنظر إلى الشكل (2).

وتمتاز القصيبات بأنَّها أنابيب طويلة ومجوَّفة وجدرانها رقيقة، أما الأوعية فهي أقصر من القصيبات وأوسع، وجدرانها أقلّ سُمْكًا منها.

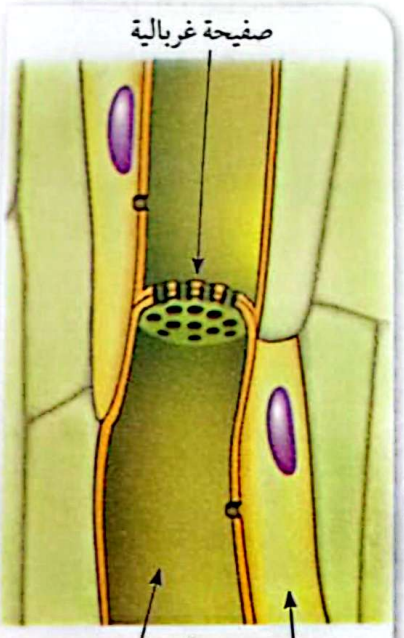
أتحقَّق: مِمَّ يتكوَّن الخشب؟ فيمَ يستفاد منه؟

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن دور الكامبيوم في تكوين الخشب واللِّحاء، ثم أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

اللحاء Phloem

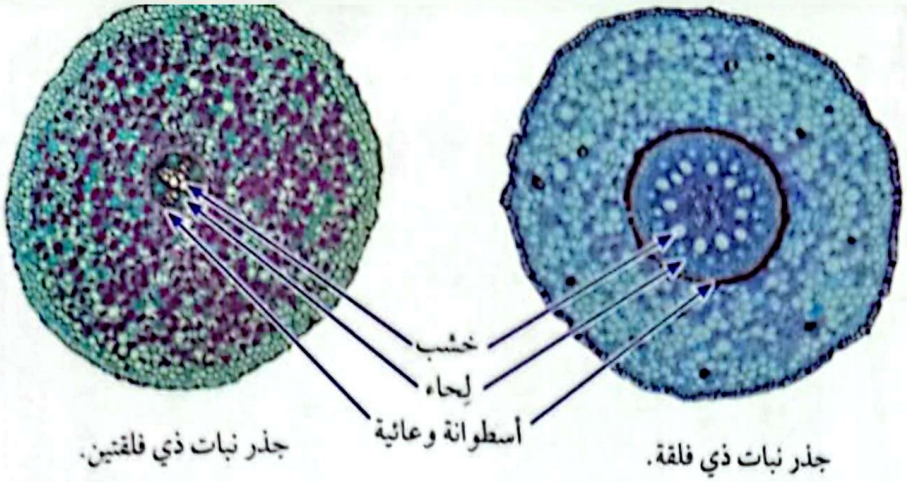
يتكوَّن اللِّحاء من الأجزاء الرئيسة الآتية: الأنابيب الغربالية Sieve Tubes، والتي تنتهي بالصفائح الغربالية Sieve Plates، والخلايا المرافقة Companion Cells، أنظر إلى الشكل (3).

أتحقَّق: ما أوجه الاختلاف بين أوعية الخشب والأنابيب الغربالية؟



الشكل (3): تركيب نسيج اللِّحاء.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل (4): مواقع أنسجة النقل في الجذر.

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

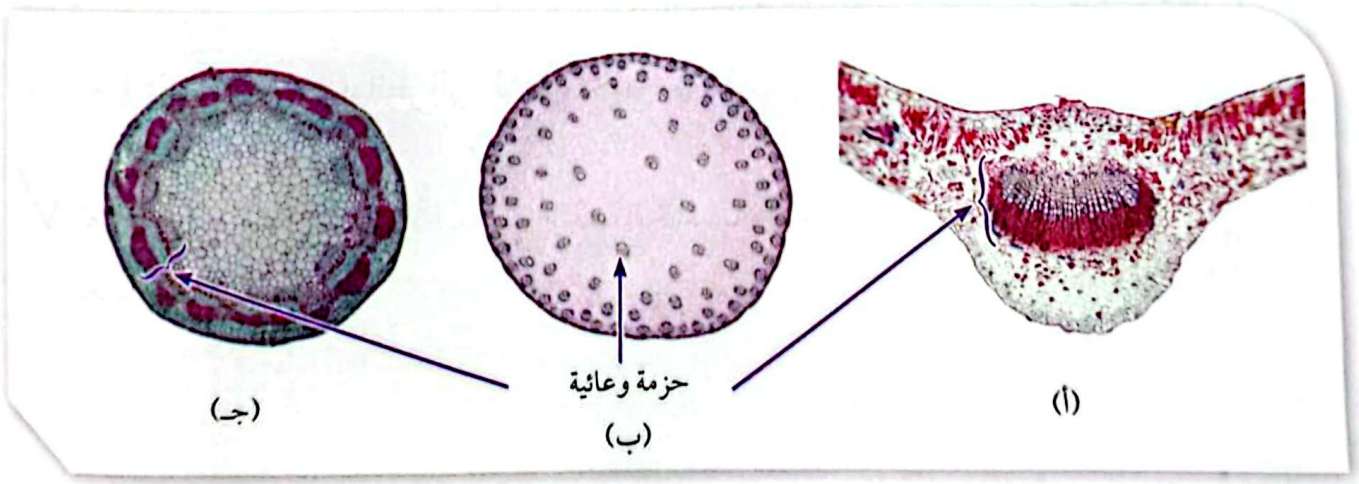
تتصل هذه الأنابيب بعضها ببعض في نسيج اللِّحاء ضمن مناطق، تُسمّى كلٌّ منها الصفيحة الغربالية Sieve Plate مُشكِّلةً أنابيب طويلة تمتد على طول النبات.

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

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

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

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



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشكل (6): شُعَيْرات جذرية لبذرة نامية.

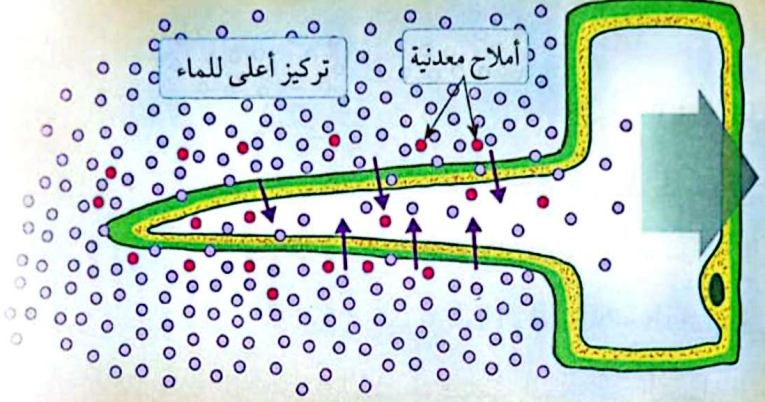
امتصاص الماء من التربة

Absorption of Water from the Soil

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

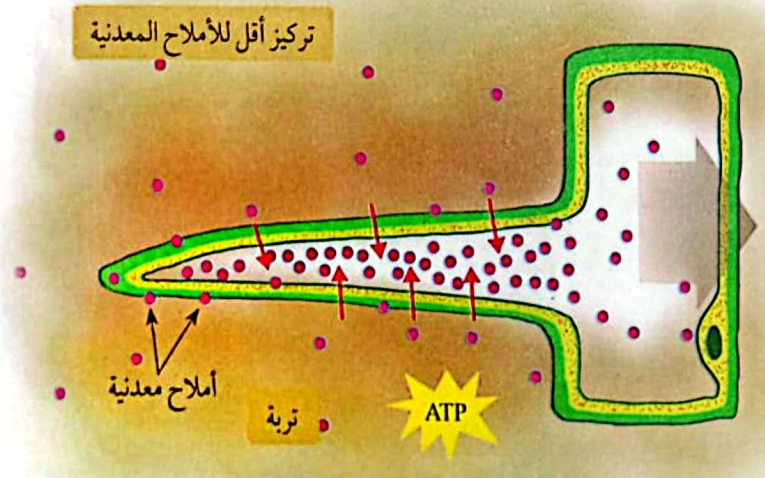
ينتقل الماء من التربة إلى خلايا البشرة الخارجية للشعيرات الجذرية عن طريق الخاصية الأسموزية؛ لأنَّ تركيز الأملاح الذائبة فيه يكون في التربة أقل من تركيزها في خلايا الجذر، أنظر إلى الشكل (7).

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



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

كيف ينتقل الماء من التربة إلى الشُّعَيْرات الجذرية بالخاصية الأسموزية؟



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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نقل الماء من الجذور إلى أجزاء النبات الأخرى

Transport of Water from Roots to Other Plant Parts

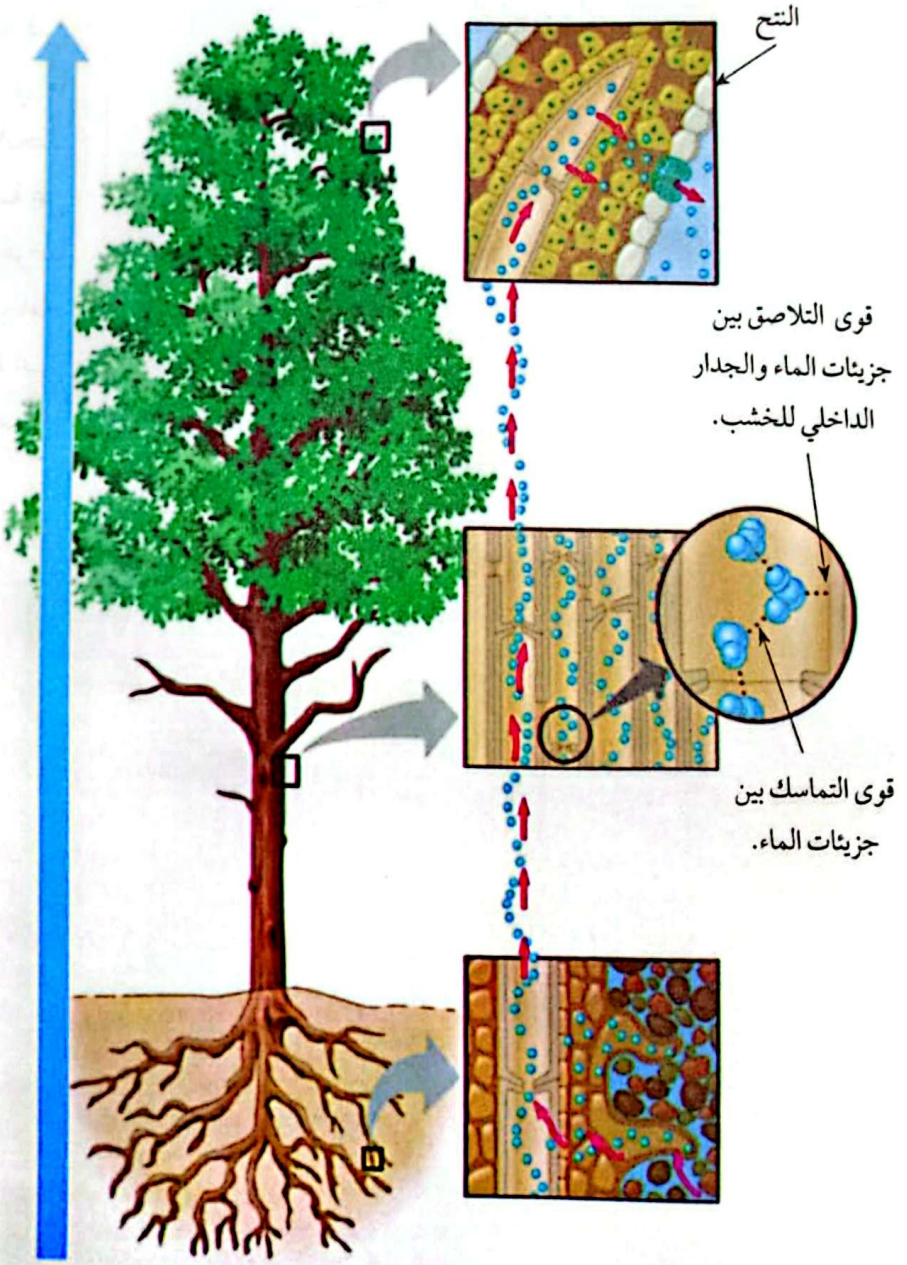
تنتقل عُصارة الخشب Xylem Sap التي تتكوَّن من الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من الجذر إلى أعلى النبات؛ نتيجة عملية النتح Transpiration وهي فقدان النبات الماء على هيئة بخار ماء في الثغور، وبفعل قُوى التماسك Cohesion الناتجة من تكوُّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء، وقُوى التلاصق Adhesion الناتجة من تكوُّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء والمواد المُكوِّنة للجُدُر الداخلية لخلايا الخشب، يمكن مواجهة قوة الجاذبية للأسفل وضمان بقاء عمود الماء متصلاً ونقل العصارة إلى الأعلى، أنظر إلى الشكل (11).

أتحقَّق: ما القوى التي تنقل عُصارة الخشب إلى الأوراق؟

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

الشكل (11): نقل عُصارة الخشب إلى الأوراق.

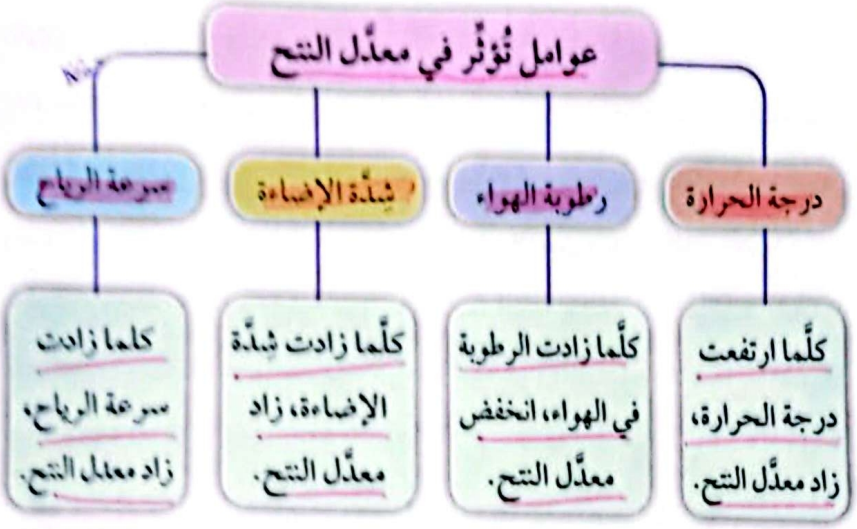
أُبيِّن العوامل التي تُسهِم في انتقال عُصارة الخشب إلى الأوراق.



جهد الماء Water Potential: خصيصة فيزيائية تقاس بـ MPa، وتُحدِّد الاتجاه الذي سيتدفَّق فيه الماء، تبعًا لتركيز المواد الذائبة فيه؛ فكلما زاد تركيز المواد الذائبة، انخفضت قيمة جهد الماء.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتأثّر معدّل النتح بعوامل عِدّة يُبيّن الشكل (12) بعضها.

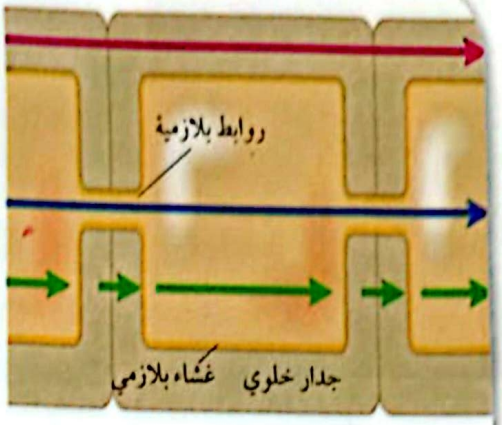


الشكل (12): عوامل تُؤثّر في معدّل النتح.

أبحث:

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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



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

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

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

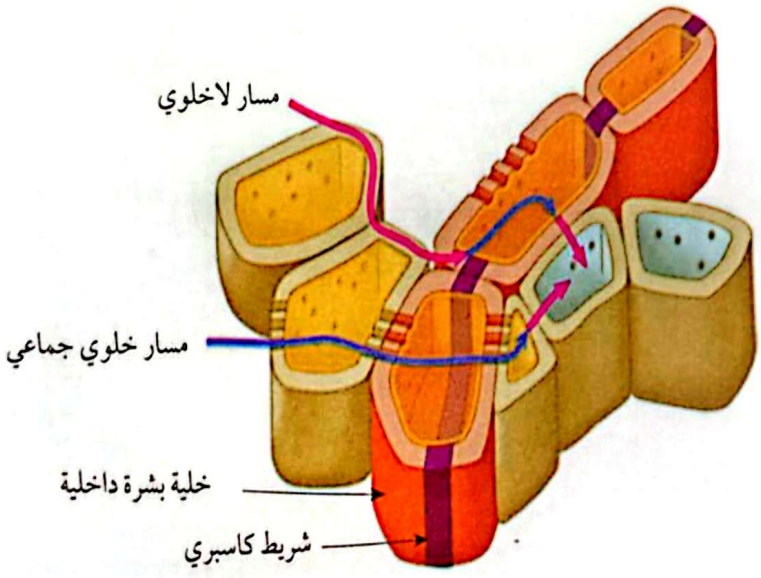
الشكل (9): مسارات انتقال الماء من التربة إلى نسيج الخشب في الجذر.

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

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

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

أتحقَّق: ما المسارات التي يسلكها الماء عبر خلايا القشرة؟



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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نقل عُصارة اللحاء في النبات

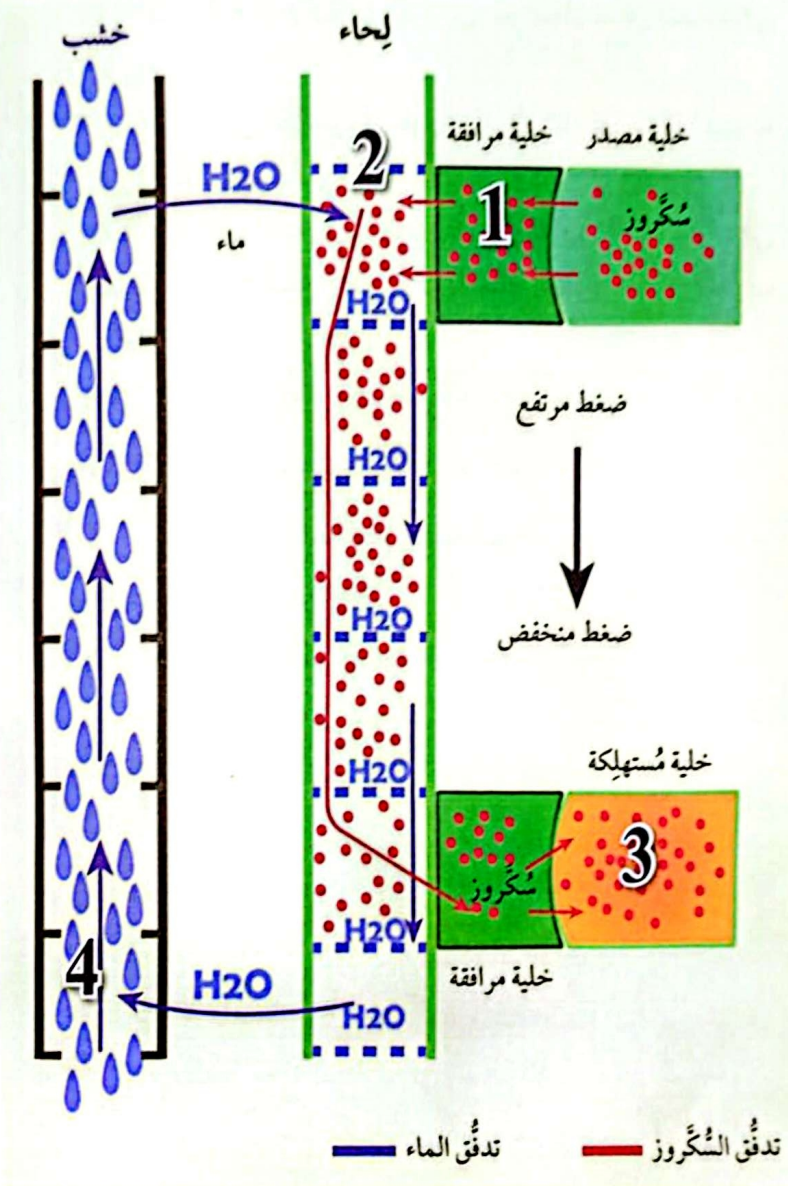
Transport of Phloem Sap in Plant

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

تحفَّز أحدِّد الأجزاء التي تُعَدُّ مصادر غذاء في النبات تبعًا لفصول السنة، ثم أدعِّم إجابتي بأمثلة.

الشكل (13): نقل السُّكَّروز من أماكن تصنيعه (المصدر) إلى أماكن استهلاكه أو تخزينه وَفقًا لفرضية التدفُّق الضاغط.

✓ **أتحقَّق:** ما الفرق بين عمليتَي تحميل السُّكَّروز وتفريغه؟



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

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

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

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

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مراجعة الدرس

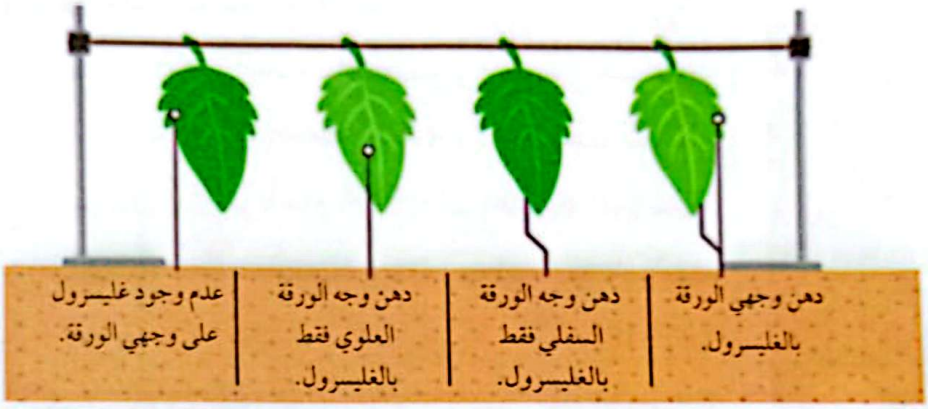
1. **الفكرة الرئيسة:** أُوضِّح آلية نقل السُّكَّروز من خلية ورقة إلى خلية جذر وَفْقًا لفرضية التدفُّق الضاغط.

2. **أقارِن** بين نسيج الخشب ونسيج اللِّحاء من حيث: المُكوِّنات، والوظيفة.

3. **ألاحظ** توزيع نسيج الخشب واللِّحاء في كلٍّ من: الجذر، والساق، والأوراق.

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

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

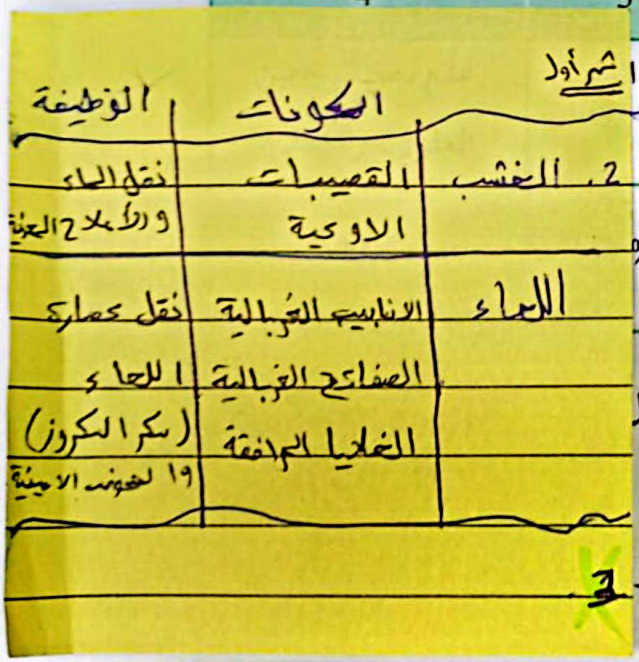


إذا كان مقدار النقص في الكتلة الحيوية لهذه الأوراق بعد 24 h كما في الجدول الآتي، فأُجيب عمّا يليه:

	رقم الورقة			
	1	2	3	4
وجه الورقة المدهون بالغليسرول	الوجهان العلوي، والسفلي.	الوجه السفلي.	الوجه ا	
نسبة النقص في الكتلة الحيوية للورقة	2%	4%	%	

أ . **أرسمُ بيانيًّا** العلاقة بين دهن أوجه أوراق النبات بالغليسرول لكلٍّ منها.

ب. **أستنتج:** ما الذي يُمكِن استخلاصه من تلك النتائج؟ أذكر



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner