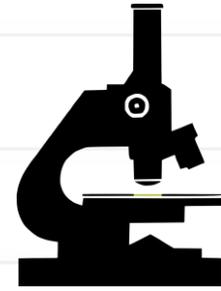


الوحدة السادسة  
الدرس السادس (6-6)  
نقل الماء



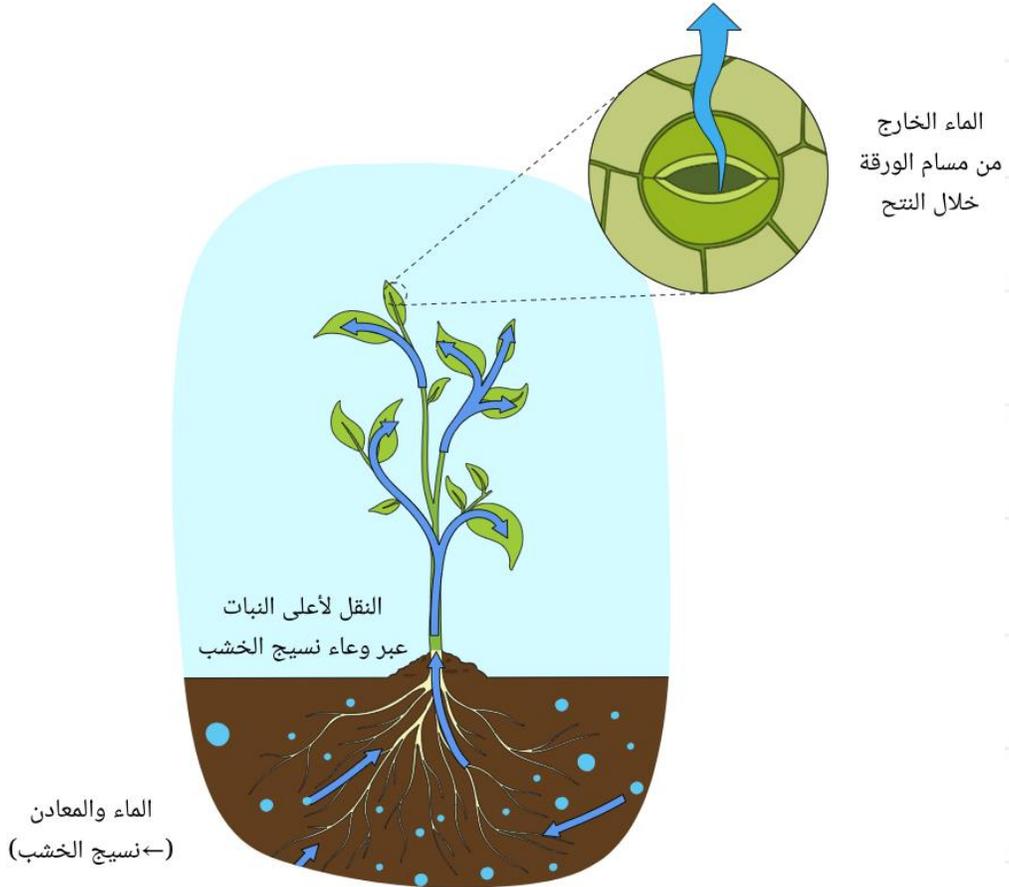


## أهداف الدرس:

- ✓ يرسم ويسمي عناصر الوعاء الخشبي وعناصر الوعاء الغرالي للحاء والخلايا المرافقة من شرائح مجهرية وصور مجهرية ضوئية وصور مجهرية إلكترونية..
- ✓ يربط تركيب عناصر الوعاء الخشبي وعناصر الوعاء الغرالي للحاء والخلايا المرافقة بوظائفها.
- ✓ يذكر أن بعض أيونات الأملاح والمركبات العضوية يمكن أن تنتقل عبر النبات مذابة في الماء.



# ما هي مراحل إنتقال الماء من التربة إلى الغلاف الجوي



1- انتقال الماء من الأوراق إلى الغلاف الجوي (النتح)

2- انتقال الماء من الخشب عبر الورقة

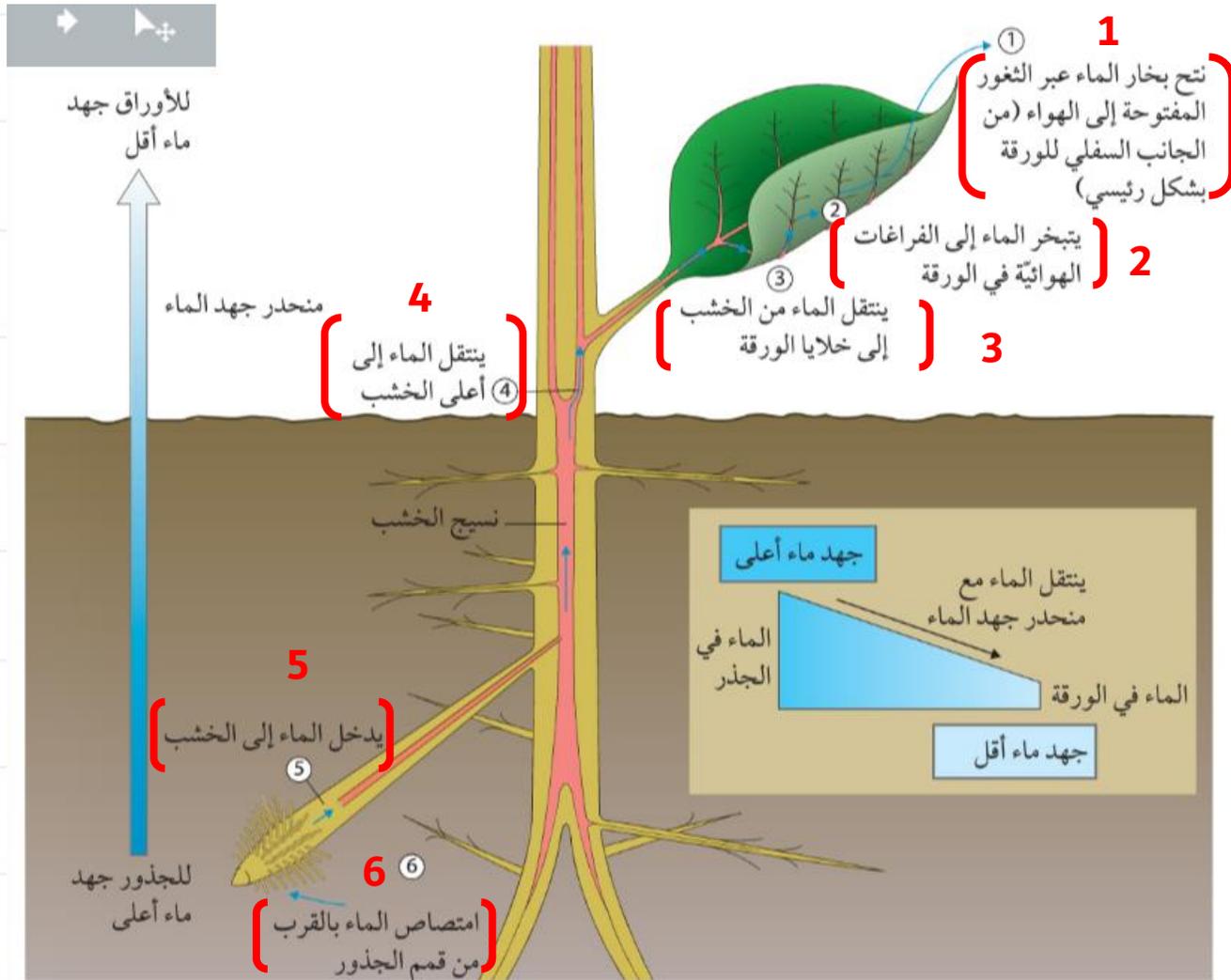
3- انتقال الماء عبر الخشب من الجذر إلى الورقة

4- انتقال الماء عبر الجذر من الشعيرات الجذرية إلى الخشب

5- انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية



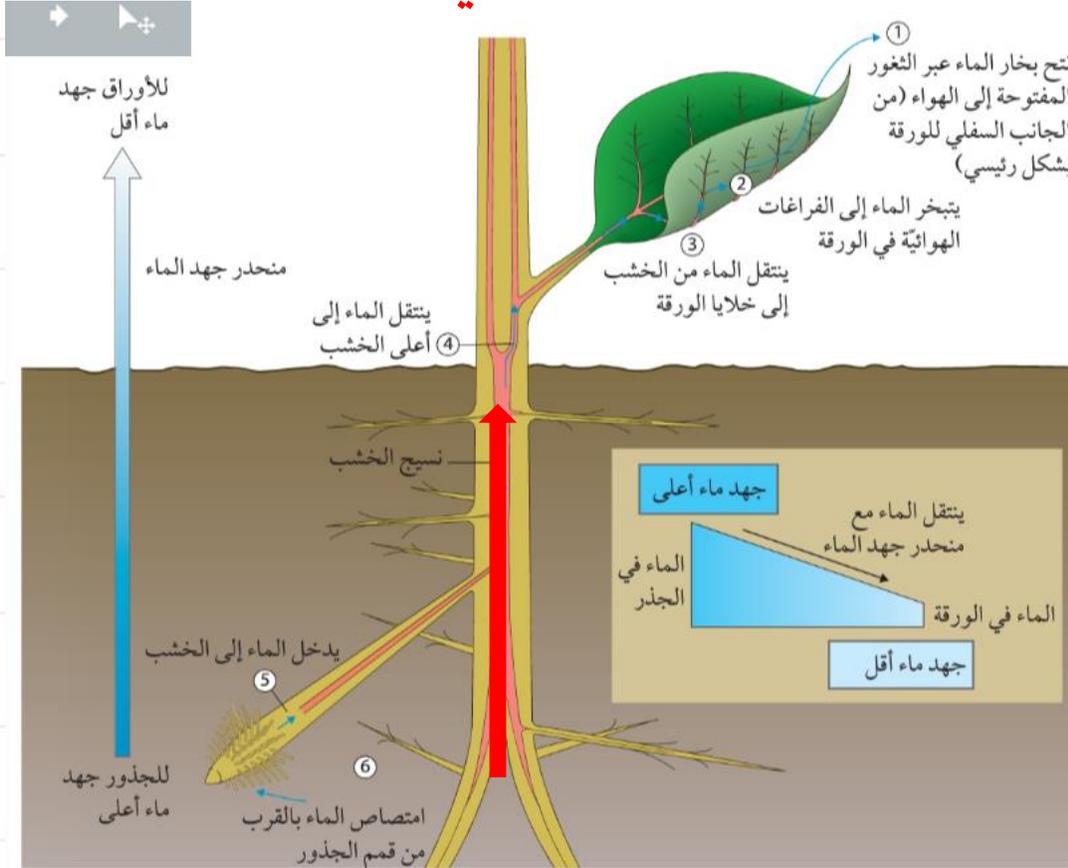
## مراحل إنتقال الماء من التربة إلى الغلاف الجوي



تتبع الخطوات على الرسمة من 1 إلى 6

## مراحل إنتقال الماء من التربة إلى الغلاف الجوي

### جهد ماء منخفض في الأوراق



### جهد ماء عالي في الجذور

تذكر أن



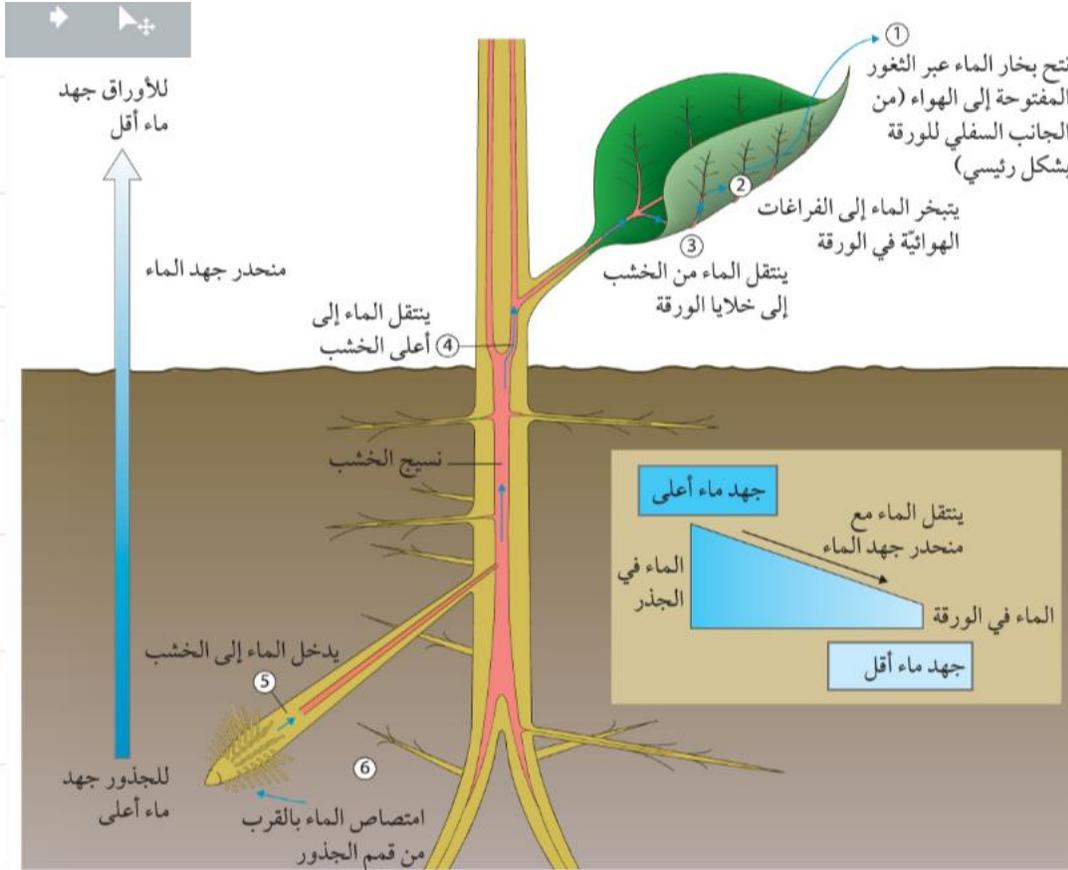
الماء ينتقل من المنطقة ذات جهد الماء العالي في الجذور إلى المنطقة ذات جهد الماء المنخفض في الأوراق

ويتحرك الماء في النبات بسبب تبخره في الأوراق



## مراحل إنتقال الماء من التربة إلى الغلاف الجوي

تتسبب طاقة الشمس بتبخر الماء من الأوراق في عملية النتح



فيُنخفص جهد الماء في الأوراق

ويكون منحدر تركيز لجهد الماء في النبات

ينتقل الماء مع هذا المنحدر من التربة إلى النبات

ثم ينتقل عبر الجذور وصول إلى نسيج الخشب في مركز الجذر

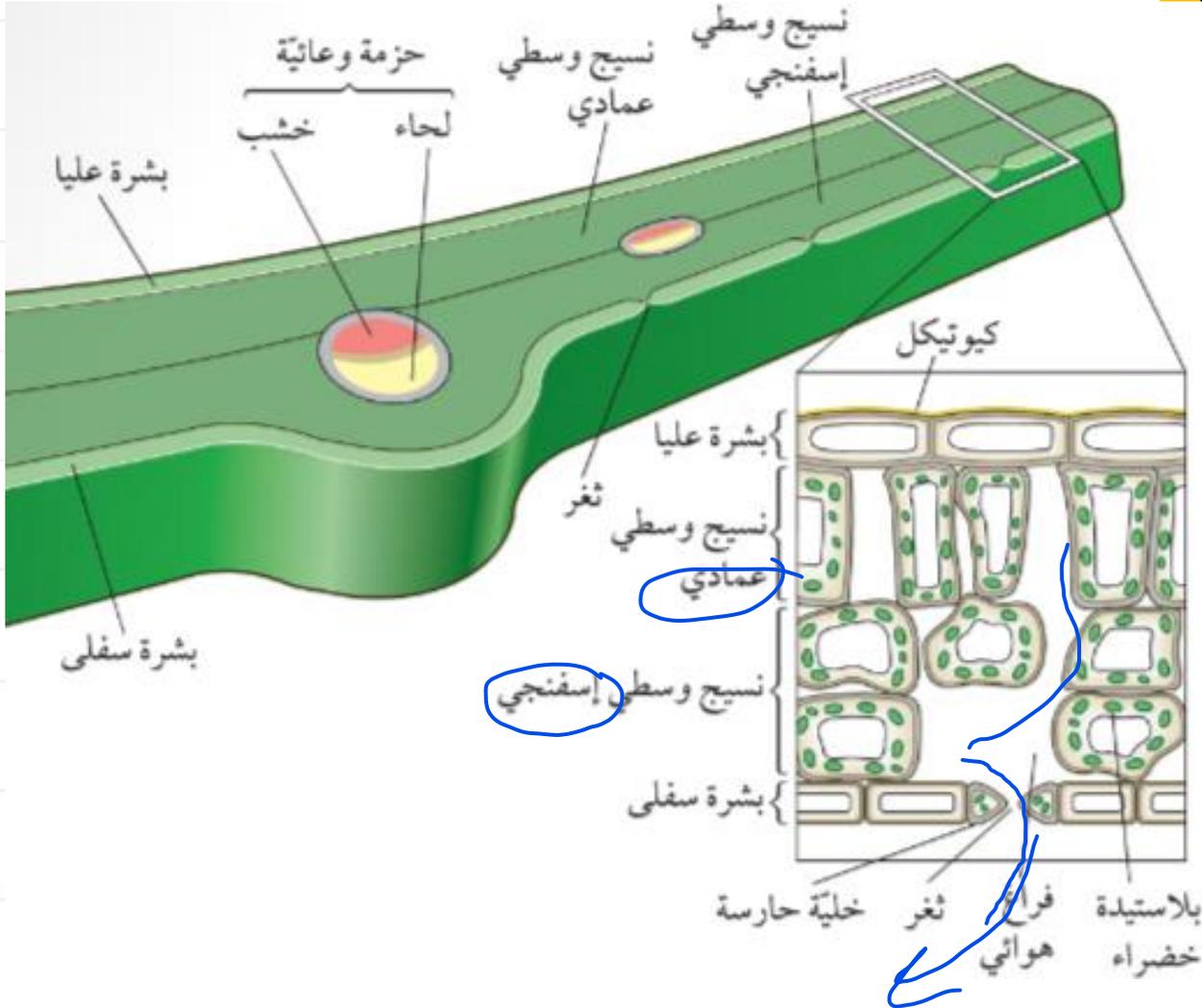
وعندما يصبح الماء داخل نسيج الخشب

فإنه ينتقل صعودا عبر الجذور إلى الساق ومنه إلى الأوراق

### الدرس السادس : نقل الماء

## تركيب ورقة نبات ثنائي الفلقة

## انتقال الماء من الأوراق إلى الغلاف الجوي - النتح



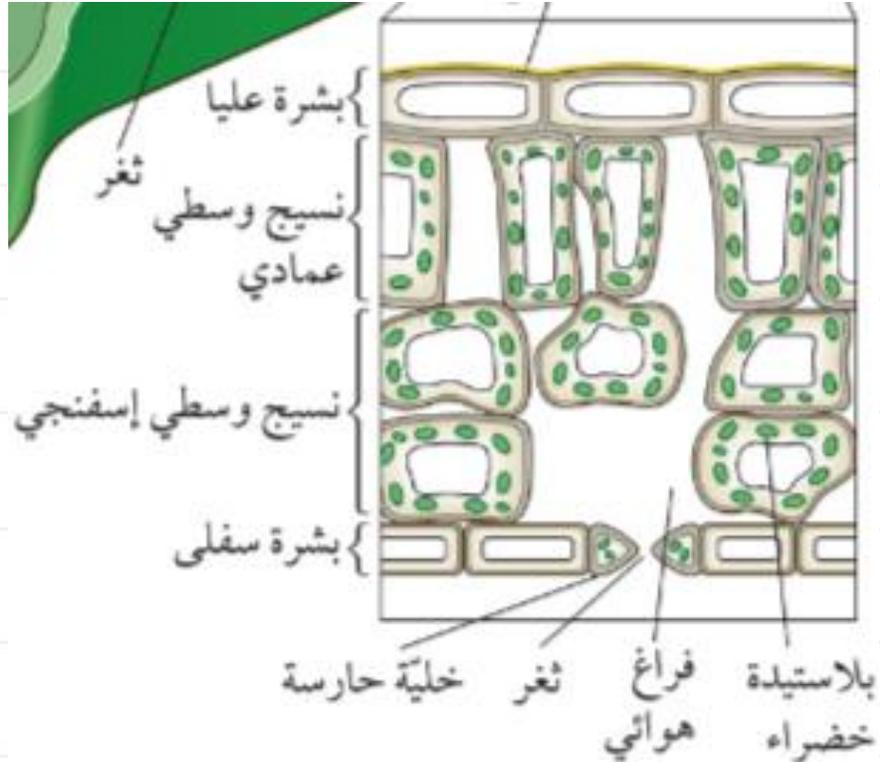
ما هو النسيج الوسطي؟

هي منطقة الورقة الواقعة بين البشرة العليا والبشرة السفلى.

تحاط الخلايا داخل الورقة النسيج الوسطي بالكثير من الفراغات الهوائية

## النسيج الوسطي

ويكون للنسيج الوسطي في النباتات ثنائية الفلقة  
**طبقتان**



**طبقة النسيج الوسطي الإسفنجي**

الأقرب إلى السطح السفلي

تحتوي طبقة النسيج الإسفنجي  
على فراغات هوائية كبيرة بين الخلايا  
**لتبادل الغازات**

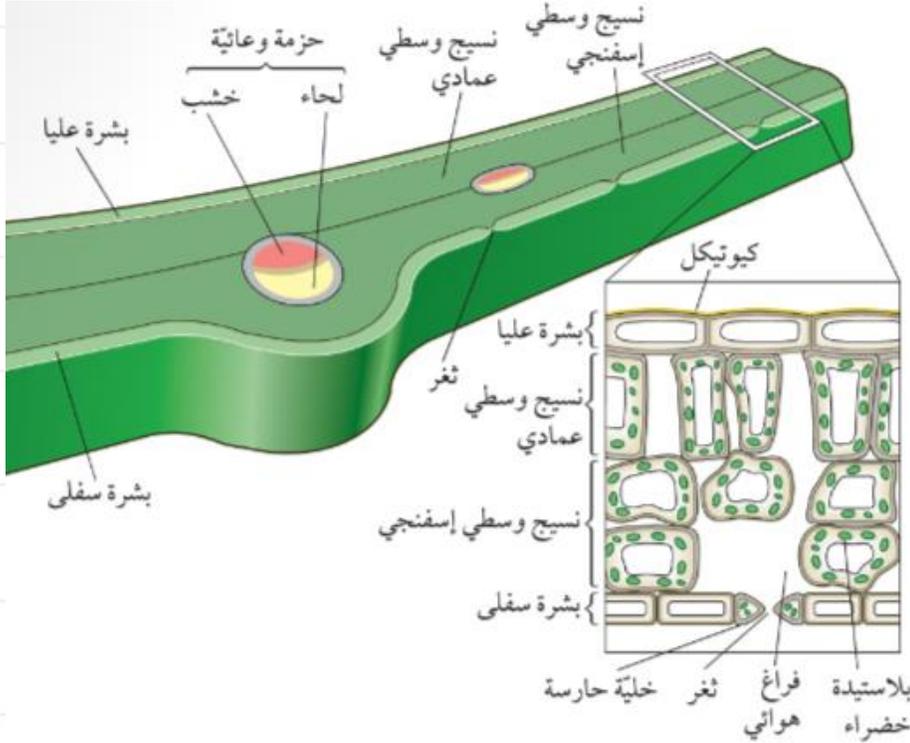
**طبقة النسيج الوسطي العمادي**

وهي الطبقة الأقرب إلى السطح العلوي

تكون خلايا طبقة النسيج الوسطي العمادي  
**على شكل أعمدة**  
وتشكل طبقة التمثيل الضوئي الرئيسية

## تركيب ورقة نبات ثنائي الفلقة

## انتقال الماء من الأوراق إلى الغلاف الجوي - النتح



تحاط الخلايا داخل الورقة النسيج الوسطي بالكثير من الفراغات الهوائية

وتكون جدران خلايا النسيج الوسطي رطبة

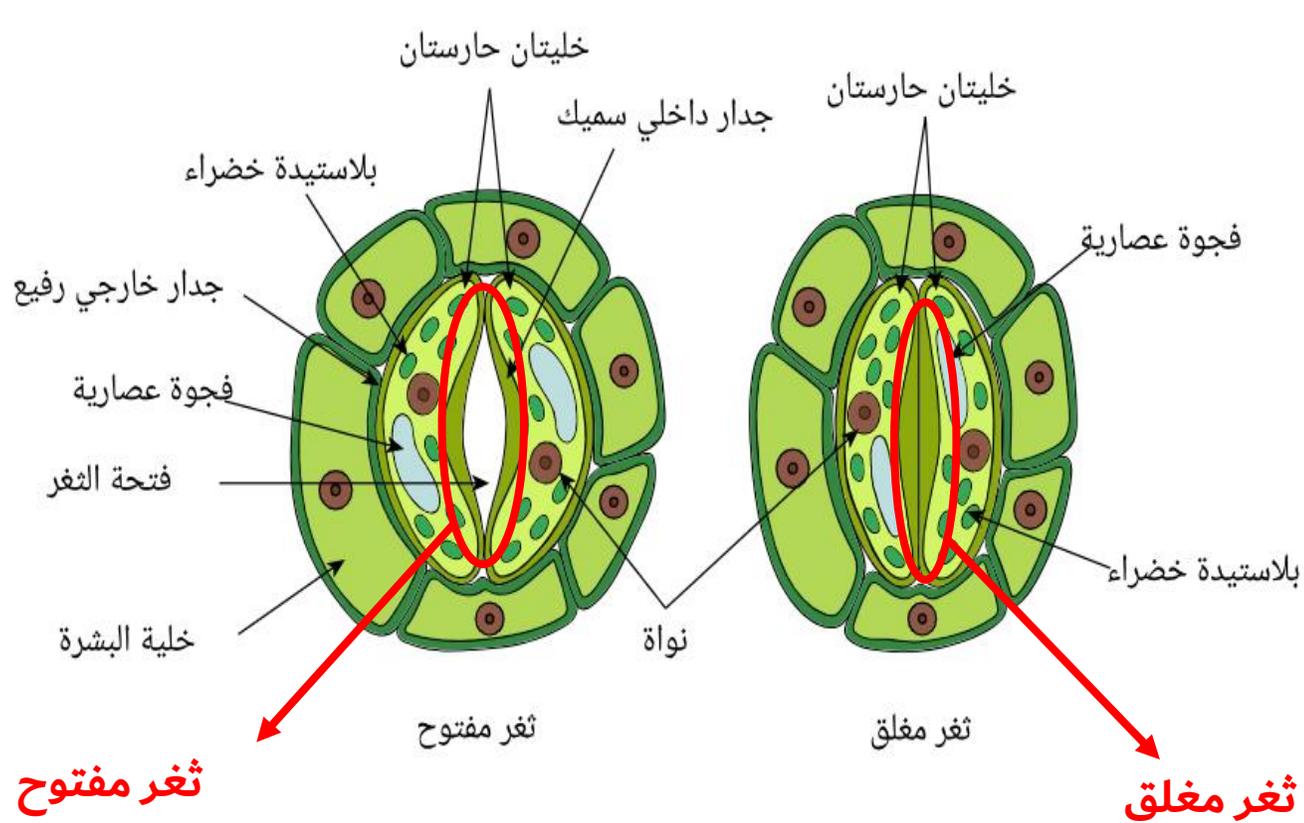
حيث يتبخر بعض الماء إلى الفراغات الهوائية

وبالتالي يصبح الهواء داخل الورقة مشبعاً عادةً ببخار الماء

يكون الهواء داخل الورقة على اتصال مباشر مع الهواء خارجها عبر ثقوب صغيرة

تسمى ثغور مفردة ثغر

# الثغر

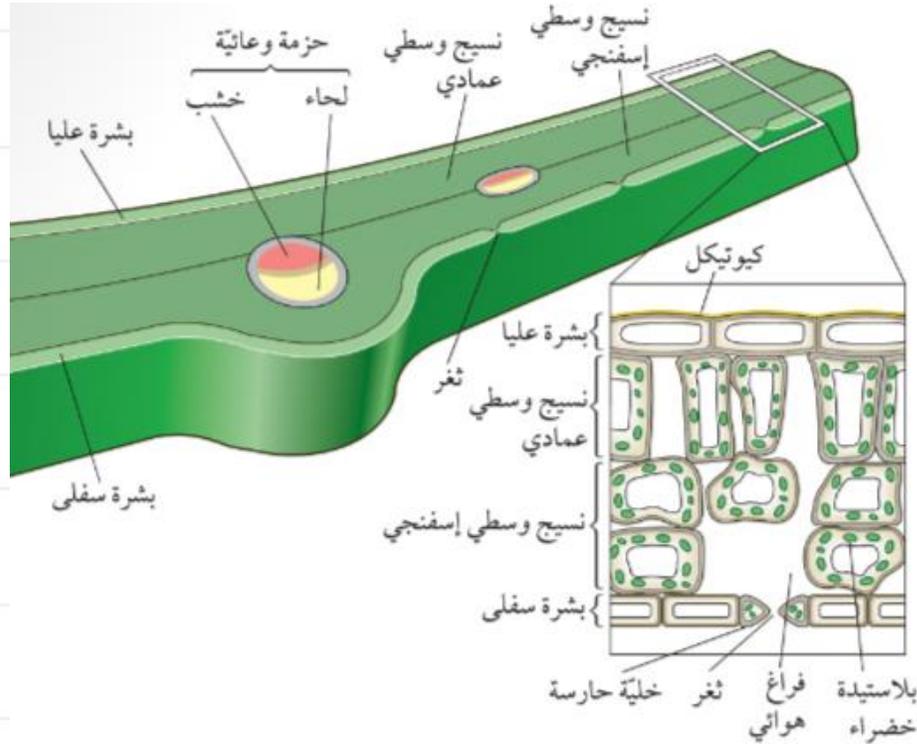


## ما هو الثغر؟

مسام فتحة في غشاء الأوراق يحيط به زوج من الخلايا الحارسة (حارستان) وهو ضروري لتبادل الغازات بكفاءة

## تركيب ورقة نبات ثنائي الفلقة

## انتقال الماء من الأوراق إلى الغلاف الجوي - النتح



قد يكون  
النتح

ويوجد عادة منحدر في جهد الماء بين  
الهواء داخل الورقة (جهد ماء مرتفع)  
والهواء خارجها (جهد ماء منخفض)



وينتشر بخار الماء خارجا من الورقة مع المنحدر بما يسمى النتح





**سؤال** :

يحدث معظم النتح أثناء النهار. **علل**؟

**الإجابة** :

تفتح الثغور أثناء **النهار** وتغلق في **الليل**



١. ينتشر بخار الماء من الفراغ الهوائي عبر الثغر المفتوح في عملية تسمى النتح

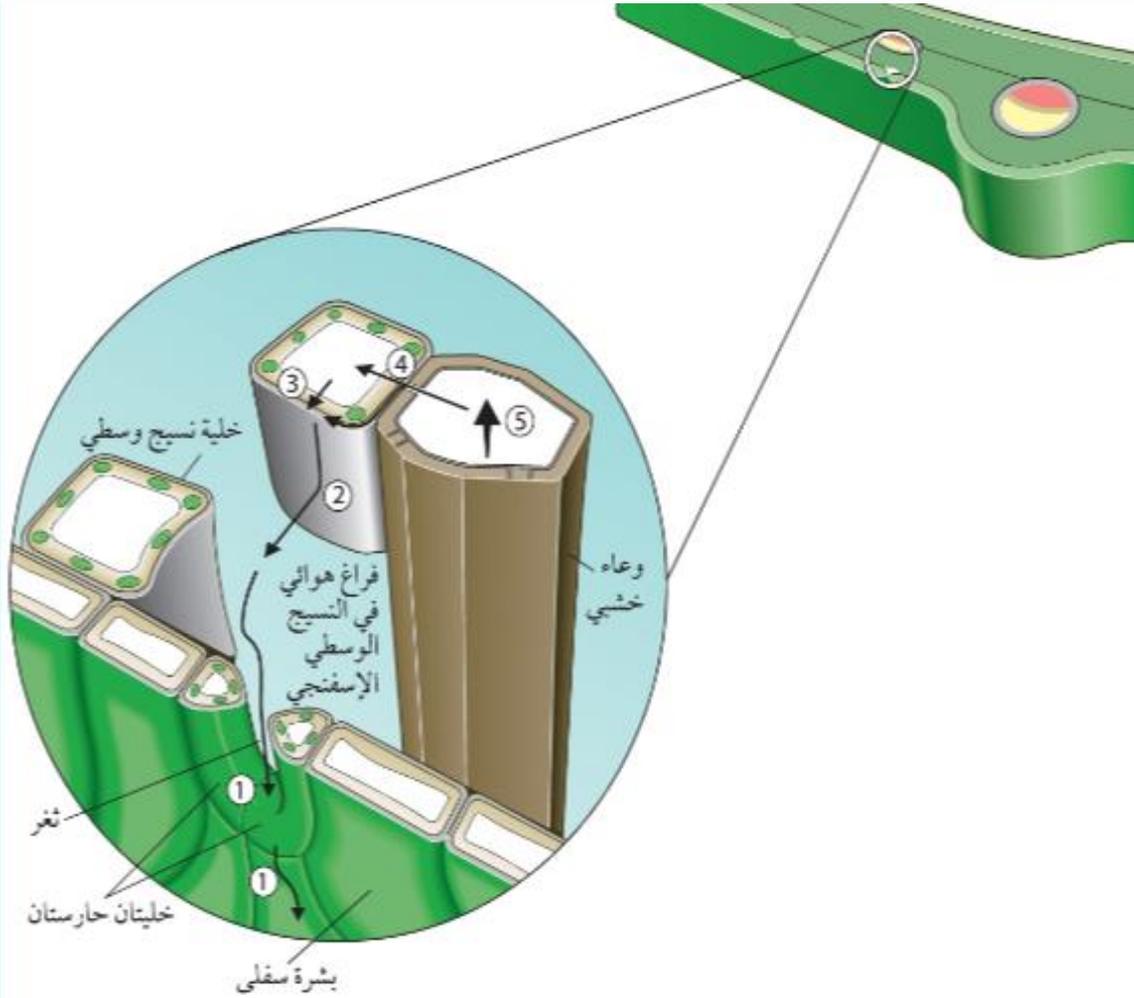
ويحمل بعيدا عن سطح الورقة بفعل حركة الهواء الامر الذي يقلل من جهد الماء في الورقة

٢. يتبخر الماء من جدار خلايا النسيج الوسطي إلى الفراغ الهوائي

٣. ينتقل الماء خارجا من خلايا النسيج الوسطي إلى جدران الخلايا.

٤. يترك الماء الوعاء الخشبي عبر قناة صغيرة تسمى النقرة وقد يدخل إلى خلايا النسيج الوسطي أو يبقى في جدار خلايا النسيج الوسطي.

٥. يتحرك الماء إلى الأعلى في أوعية الخشب ليحل محل الماء المفقود من الورقة



## نباتات البيئة الجافة

نباتات تنمو في ظروف نقص الماء

للعديد من أوراق هذه النباتات تكيفات خاصة تقلل من فقد الماء إلى الحد الأدنى



صورة مجهرية إلكترونية (الماصح) لمقطع عرضي في جزء من ورقة ملتفة من عشبة المرام

- تحتوي **الكيوتيكل** على مادة دهنية عازلة للماء نسبياً تسمى **كيوتين**
- توجد الثغور فقط في البشرة العليا ولذلك تفتح في المساحة المغلقة الرطبة في منتصف «اللفة»
- تساعد الشعيرات في حجز طبقة من الهواء الرطب

- ينمو العشب على الكثبان الرملية حيث الظروف شديدة الجفاف.
- يمكن أن تلتف الأوراق بسبب انكماش خلايا مفصلية خاصة
- الأمر الذي يجعل طبقة **الكيوتيكل** السميقة والعازلة للماء مكشوفة للهواء خارج الورقة





ما المقصود بطبقة الكيوتيكل؟

طبقة تفرزها البشرة فتغطيها

وهي تتكون في النباتات من مادة دهنية تسمى **كيوتين** تساعد على توفير الحماية من فقد الماء و العدوى





### التين الشوكي أبوتيا

صبار ذو سيقان مسطحة  
تقوم بعملية التمثيل الضوئي وتخزن الماء  
له أشواك للتقليل من مساحة السطح الذي يحدث منه النتح  
و يحمي النبات من أن تلتهمه الحيوانات



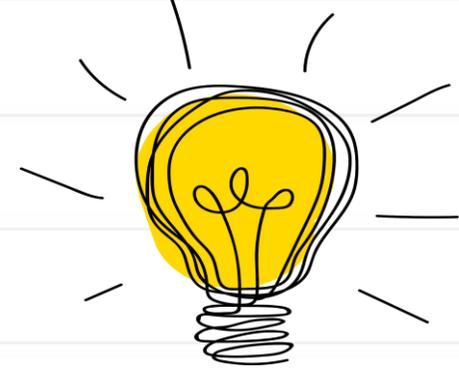
صورة مجهرية إلكترونية (الماسح) بألوان زائفة لإبرة من شجرة التنوب سيتكا

وهي شجرة كبيرة موطنها في كندا وألاسكا



### سؤال :

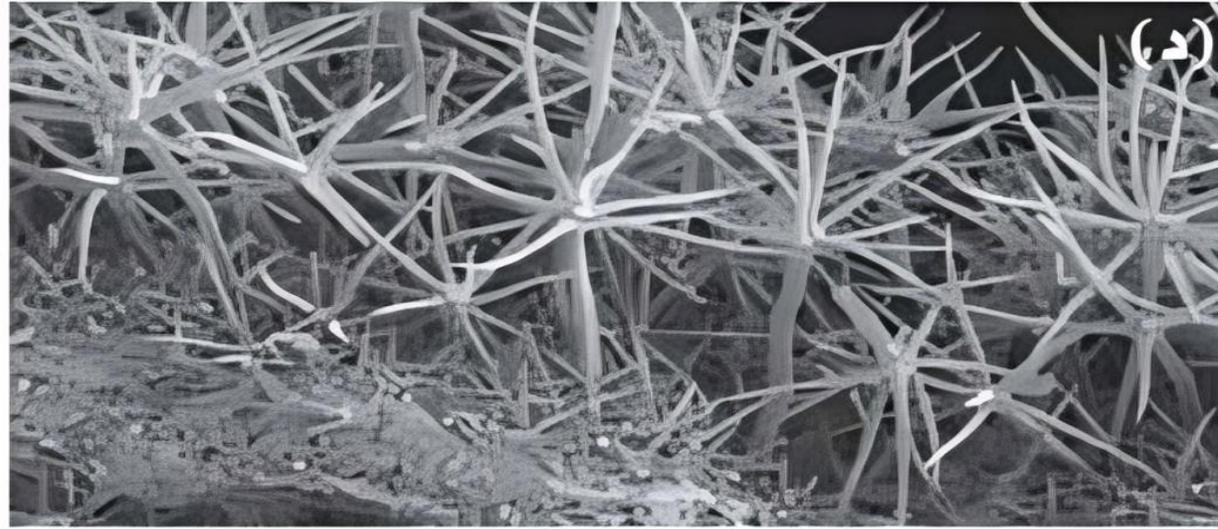
أوراقها على شكل إبر. **علل ؟**



### الإجابة :

- ✓ لتقلل إلى حد كبير من مساحة سطح فقد الماء
- ✓ وهي أيضا مغطاة بطبقة من الشمع العازلة للماء
- ✓ ولها ثغور غائرة





## صورة مجهرية إلكترونية (الماسح) لمقطع عرضي في ورقة نبات الأذينة البليارتية

**الأذينة البليارية شجيرة صغيرة**  
تعيش في المواطن الحافة في مناطق البحر الأبيض  
المتوسط من أوروبا وشمال أفريقيا

**تظهر شعيراتها**  
والشعيرات تراكيب دقيقة تشبه الشعر  
تعمل حاجرا لمنع فقد الماء مثل شعيرات عشب المرام





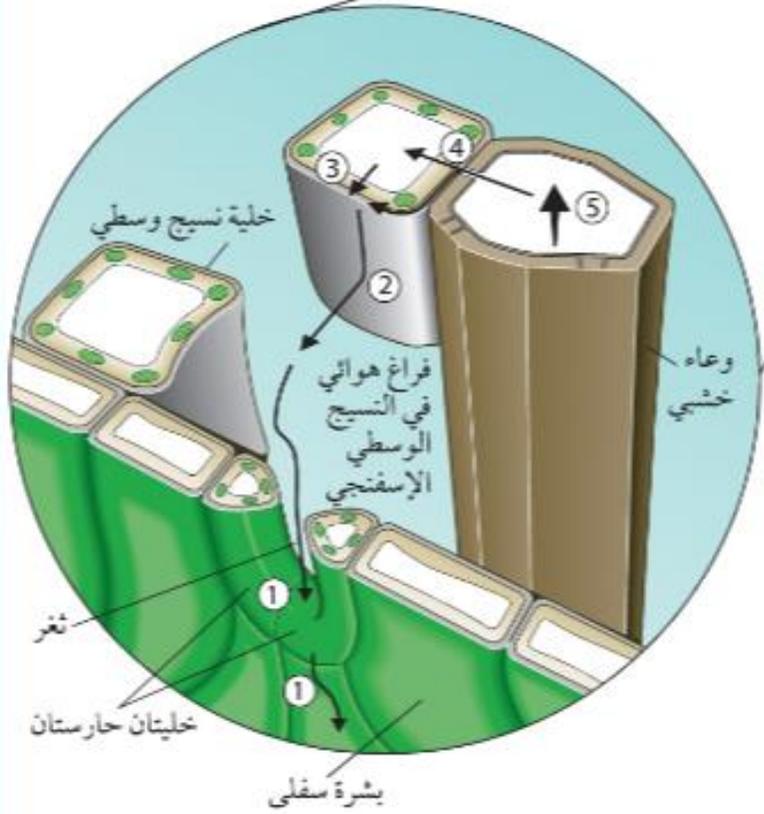
### صورة لنبات الضجع في سلطنة عمان في ولاية الدماء والطائيين

السيقان مغطاة بالشمع،  
الذي يقلل من فقدان الماء

لها سيقان منتفخة وعصارية  
تخزن الماء و تقوم بعملية التمثيل الضوئي



## ٢- انتقال الماء من الخشب عبر الورقة



✓ عندما يتبخر الماء من جدران خلايا النسيج الوسيط فإنه يتم تعويضه عن طريق أوعية الخشب في الورقة

✓ حيث ينتقل الماء باستمرار من هذه الأوعية عبر أجزاء جدران الوعاء الخشبي **غير المغطاة باللجنين**

✓ ثم يتحرك الماء مع منحدر جهد الماء من خلية إلى أخرى في الورقة على امتداد **مسارين محتملين**

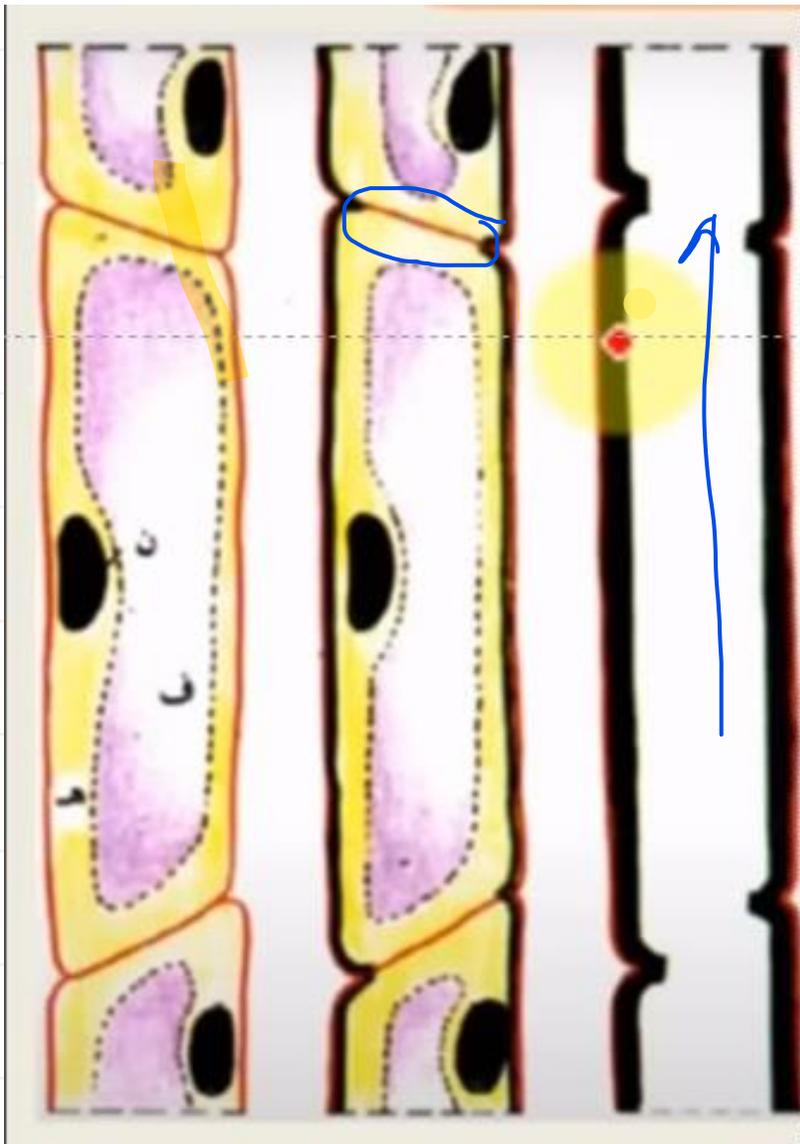
المسمى الممر الخلوي الجماعي ينتقل الماء من خلية إلى أخرى عبر الروابط البلازمية

**المسار الأول**

المسمى الممر خارج الخلوي ينتقل الماء عبر جدران الخلايا.

**المسار الثاني**

## تركيب الخشب



يتكون الخشب من نسيج الخشب ويحتوي على أكثر من نوع واحد من الخلايا و أكثرها أهمية في النقل هي **عناصر الأوعية الخشبية**

ما هي **الأوعية الخشبية**

- خلية ميتة **ملجننة** توجد في نسيج الخشب وتقوم بنقل الماء والدعم
- **تتفكك الجدران العرضية** وتشكل مع العناصر المجاورة أنابيب طويلة تسمى **الأوعية الخشبية**.

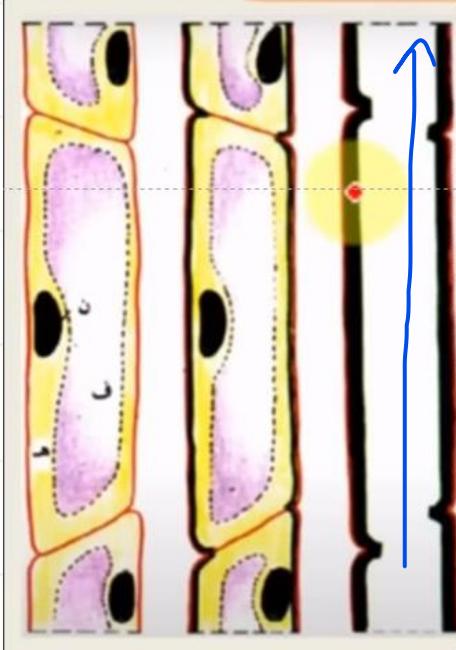
يبدأ تكوين الوعاء الخشبي من خلية نباتية طبيعية تترسب على جدرانها لاحقاً مادة **اللجنين (وهي مادة صلبة وقوية جدا وعازلة للماء)**

ومع تراكم اللجنين حول الخلايا **تموت محتويات الخلية** تاركة مساحة فارغة تماماً أو تجويفاً في الداخل.

ومع تراكم اللجنين حول الخلايا **تموت محتويات الخلية** تاركة مساحة فارغة تماماً أو تجويفاً في الداخل.

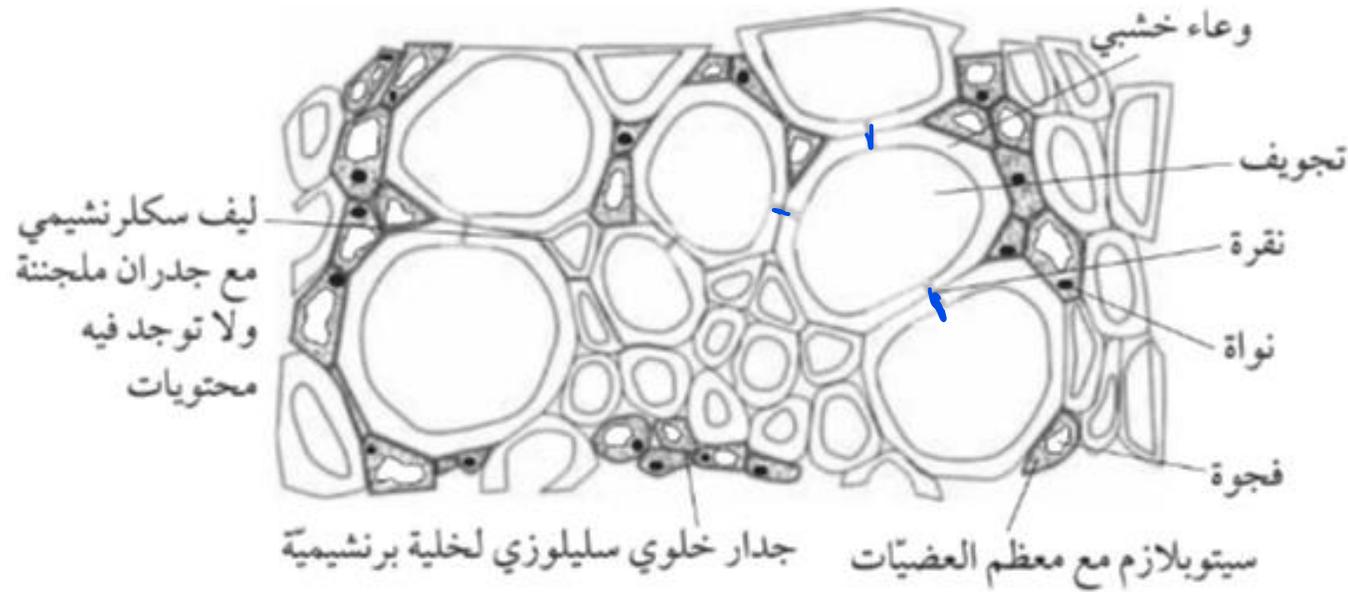
تكون عناصر الاوعية الخشبية **ممتدة**، وتصطف لترتبط نهاية كل منها بالأخرى

بعد ذلك تتفكك الجدران العرضية تماماً مكونة أنبوباً طويلاً متصل غير حي يمر عبر النبات ويسمى **الوعاء الخشبي** ، وقد يصل طوله لعدة أمتار، ويوجد العديد منه في الخشب.



# تركيب الخشب

✓ هناك تعقيد آخر، ففي تلك الأجزاء من جدران الخلايا الأصلية حيث توجد **مجموعات الروابط البلازمية** لا تترسب عليها مادة اللجنين تبدو هذه المناطق غير الملجننة كأنها «فراغات» في الجدران السميكة لأوعية الخشب، تسمى **النقر**



✓ (النقر هي ثقب غير مفتوحة) لأنها ما زالت تحتوي على جدار الخلية الأصلية غير السميك والمحتوي على **السيلوز**

✓ ترتبط النقر في الخلية الواحدة مع تلك التي في الخلايا المجاورة، كالذي تقوم به الروابط البلازمية، لذا يمكن أن ينتقل الماء بحرية من خلية إلى أخرى

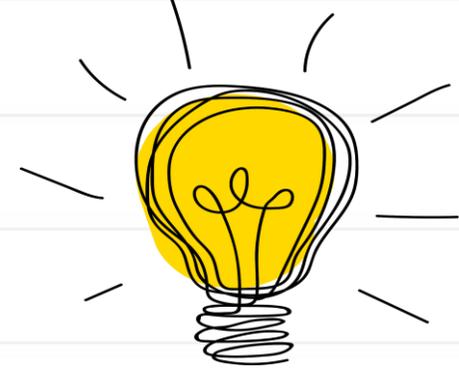
وهذا ضروري، لأنه يعني أن الماء يمكن أن ينتقل من وإلى الأوعية الخشبية، على الرغم من وجود اللجنين العازل للماء.

ونتيجة لقوة اللجنين التي تعيق الضغط والتمدد يؤدي الخشب وظيفة مهمة في الدعم فضلا عن كونه نسيج نقل

وترتبط الميزات الميكانيكية لأوعية الخشب ارتباطا وثيقا بوظيفتها.

### سؤال :

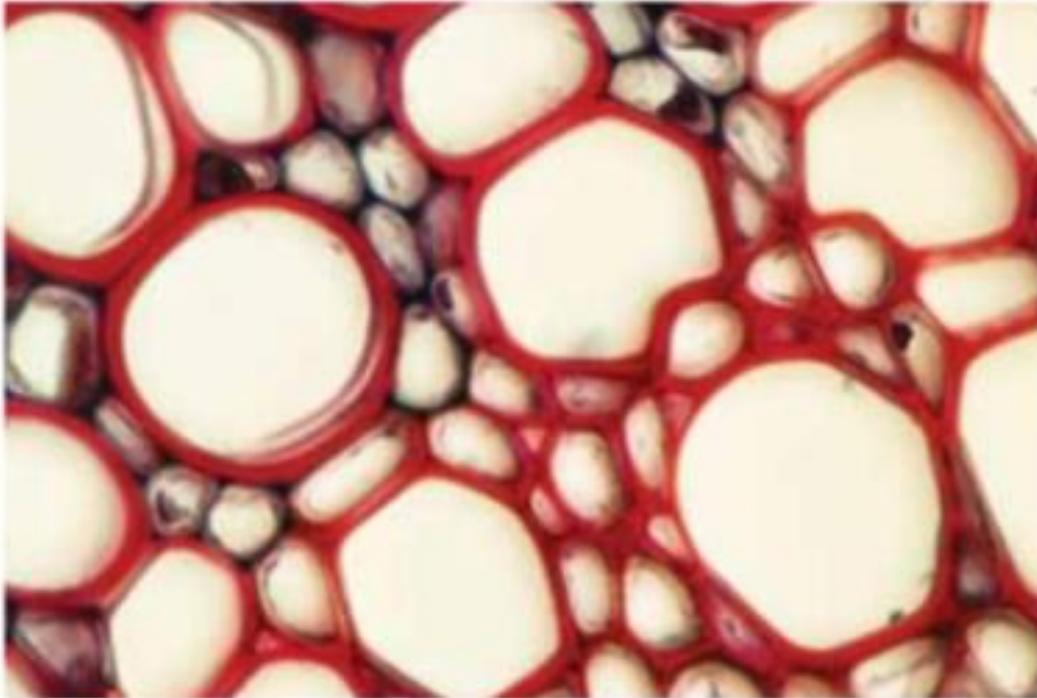
يؤدي الحشب وطيفة مهمة في الدعم. **علل ؟**



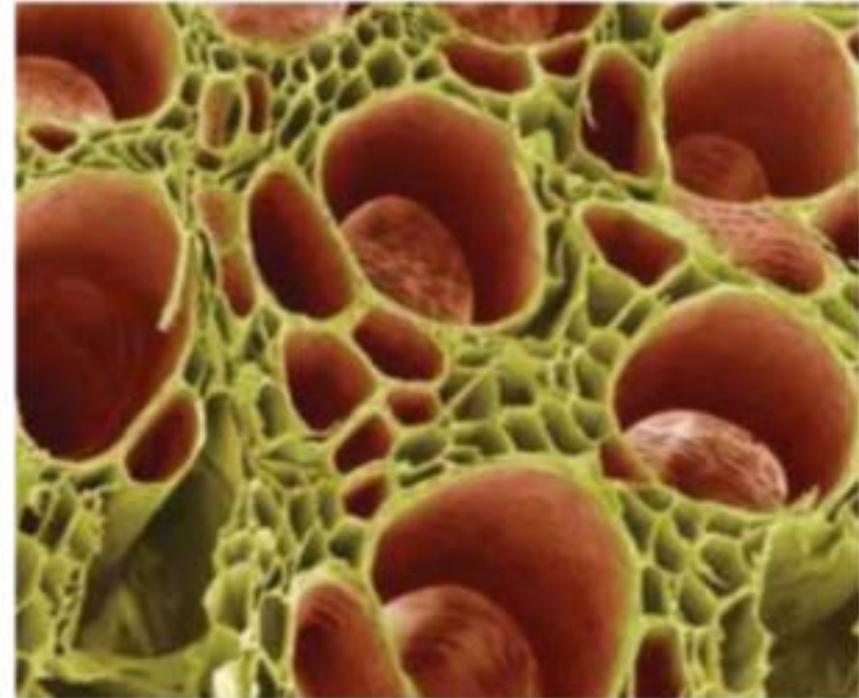
### الإجابة :

نتيجة لقوة اللجنين التي تعيق الضغط والتمدد ✓



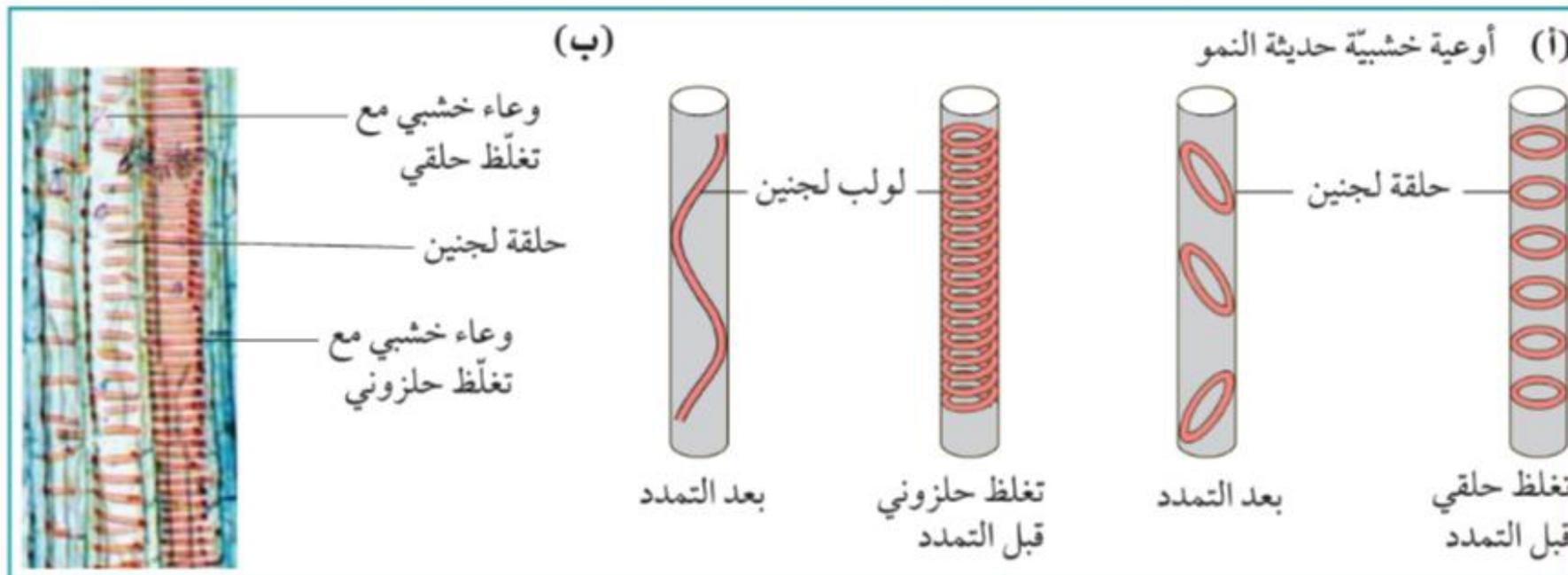


الصورة ٦-٩ صورة مجهرية ضوئية للخشب كما يُرى من خلال مقطع عرضي. اللجنين مصبوغ بالأحمر. ترى خلايا برنشيمية صغيرة بين الأوعية الخشبية (x120).



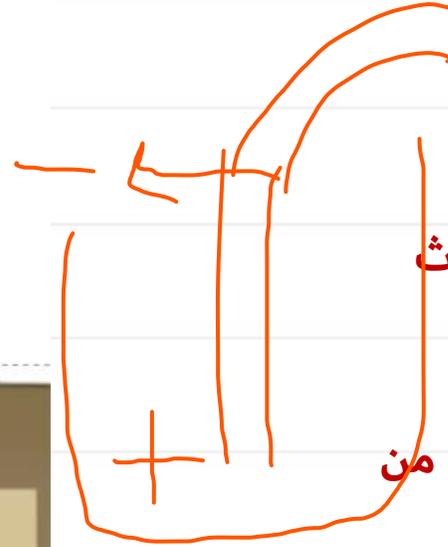
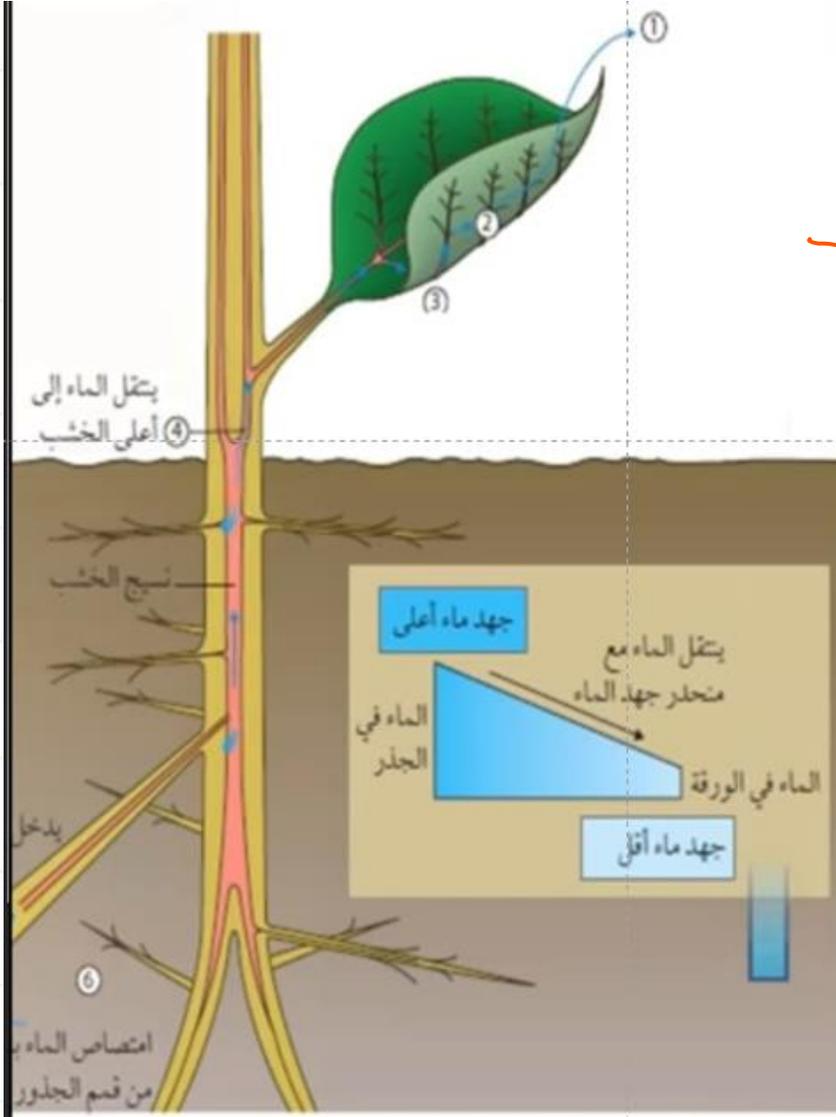
الصورة ٦-٨ صورة مجهرية إلكترونية (الماسح) لأوعية خشبية ناضجة تظهر نمطاً شبكياً Reticulate (شبيه بالشبكة) من اللجنين (x130).





الشكل ٦-١١ تركيب نسيج الخشب. (أ) رسوم تخطيطية تبين بعض الأنواع المختلفة من التغلظ في أوعية الخشب الحديثة. يمكن أن تمتد الأوعية الحديثة (الخشب الأولي) طولياً. (ب) صورة مجهرية ضوئية من نسيج الخشب كما تشاهد من خلال مقطع طولي (x100). اللجنين مصبوغ بالأحمر. تبين المقاطع الطولية طبيعة الأوعية الشبيهة بالأنبوبة.

### ٣- انتقال الماء عبر الخشب من الجذر إلى الورقة



- ✓ يؤدي فقدان الماء من أوعية الخشب في الورقة إلى حدوث **الشد** في الماء المتبقي في أوعية الخشب
- ✓ (يصبح جهد الماء في الجزء العلوي من الوعاء الخشبي اقل من جهد الماء في الجزء السفلي)
- ✓ يسبب الشد انتقال الماء إلى أعلى الأوعية الخشبية **فتمتلئ**، به





### ٣- انتقال الماء عبر الخشب من الجذر إلى الورقة

✓ يتم انتقال الماء والأملاح المعدنية إلى الأعلى عبر أوعية الخشب **بالتدفق الكمي**

وهذا يعني أن جميع جزيئات الماء بالإضافة إلى أي مواد ذائبة، تنتقل  
معا بالسرعة نفسها مثل الماء في النهر.





## ما الفرق بين التدفق الكمي و الانتشار؟

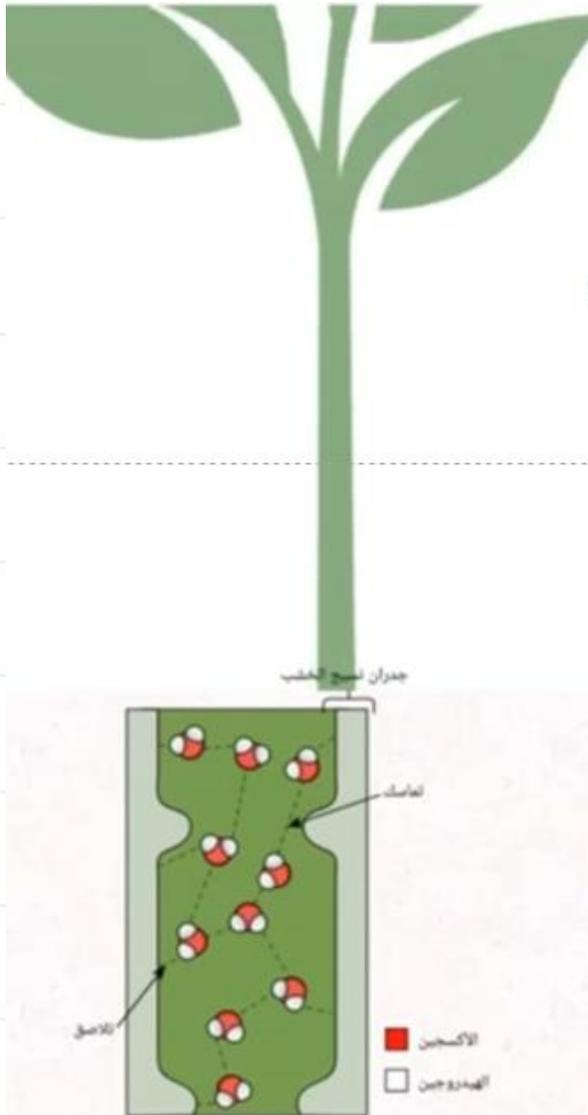
١ التدفق الكمي  
نفس السرعة  
نفس الاتجاه

يعني أن جميع جزيئات الماء و المواد الذائبة تنتقل معا بالسرعة نفسها  
و في اتجاه واحد مثل الماء في النهر.

٢ الإنتشار

الأنواع المختلفة من الجزيئات أو الأيونات تنتقل بسرعات وإتجاهات مختلفة  
وفقا لمنحدر انتشارها....



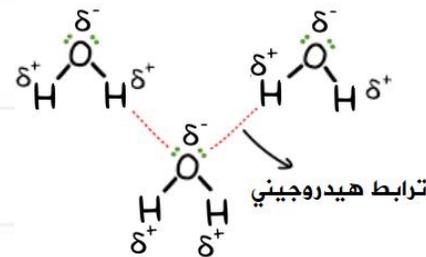


✓ ينتج من الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء جذب الجزيئات بعضها لبعض مما يساعدها على التدفق الكمي في نسيج الخشب ويسمى هذا **التجاذب بالتماسك**

✓ كما تنجذب جزيئات الماء أيضا إلى السليلوز و اللجنين في جدران الأوعية الخشبية، والتي هي محبة للماء، ويسمى هذا **التجاذب بالتلاصق**

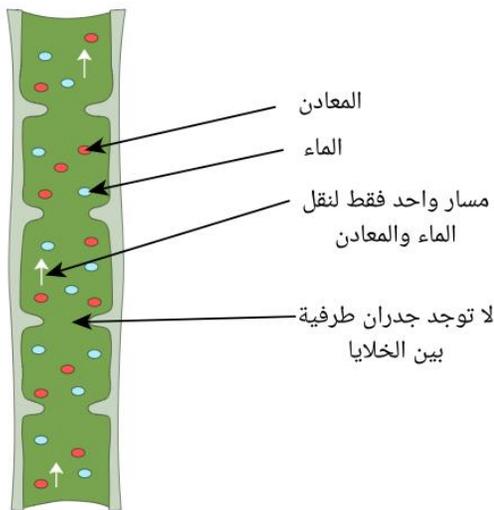
✓ يساعد التماسك و التلاصق في الحفاظ على انتقال الماء في الأوعية الخشبية **على شكل عمود متواصل**

✓ كما أن الخلايا الميتة و الفارغة تماما **تعيق النقل**. و تساعد على ذلك من خلال **عدم وجود بروتوبلازم**





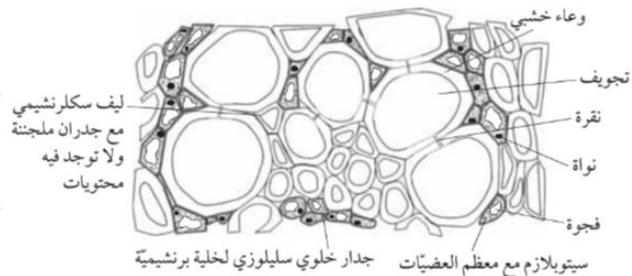
## هل يمكن ان يتوقف عمود الماء عن التدفق ؟ وكيف يحدث هذا ؟



✓ يتوقف الماء عن الانتقال إلى الأعلى إذا تشكلت فقاعة هواء في عمود الماء وهذا الأمر يسمى الحاجز الهوائي

1 ويساعد القطر الصغير للأوعية الخشبية في منع حدوث مثل هذه الانقطاعات

2 كما تسمح النقر في جدران الأوعية الخشبية للماء بالانتقال من وعاء إلى وعاء مجاور



وبالتالي تجاوز هذا الحاجز الهوائي إذ لا يمكن أن تمر الفقاعات عبر النقر لأنه -وكما ذكر سابقا- يوجد جدار سليولوزي في هذه النقر

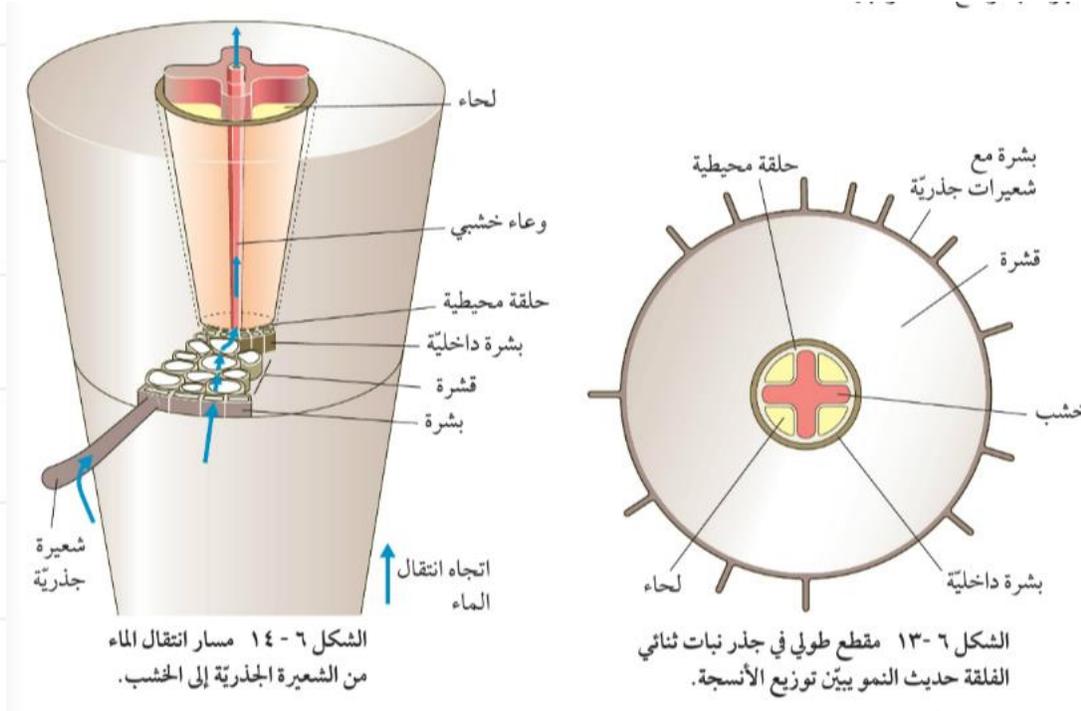
النقر أيضا مهمة لأنها تسمح للماء بالانتقال إلى الأوعية الخشبية ومنها إلى الخلايا الحية المحيطة بها

## ٤- انتقال الماء عبر الجذر من الشعيرات الجذرية إلى الخشب

الشعيرة الجذرية ← خلايا البشرة في الجذر ← الشعيرة ← أوعية الخشب



## ٤- انتقال الماء عبر الجذر من الشعيرات الجذرية إلى الخشب



➤ تمتص الشعيرات الجذرية الموجودة على السطح الخارجي للجذر والتي تنمو من البشرة، فتزيد هذه الشعيرات من مساحة سطح الامتصاص للماء (ولأيونات المعدنية)

➤ وينتقل الماء بعد دخول الشعيرات الجذرية إلى قشرة الجذر، ثم إلى الخشب في مركز الجذر

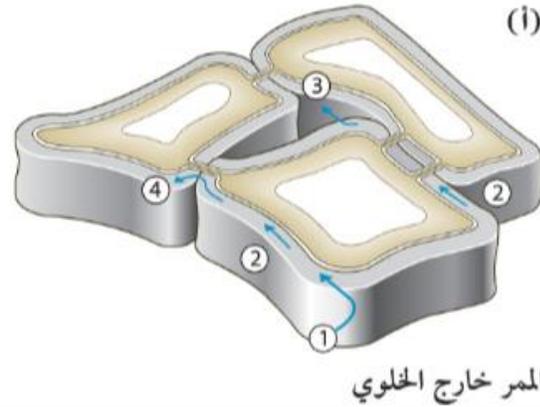
➤ ويحدث ذلك لأن جهد الماء داخل الأوعية الخشبية أقل من جهد الماء في الشعيرات الجذرية. لذلك ينتقل الماء عبر الجذر مع منحدر جهد الماء

بين الشكلان مقاطع طولية في جذر حديث النمو تظهر الأوعية الخشبية في مركز الجذر على العكس من ترتيبها في الساق

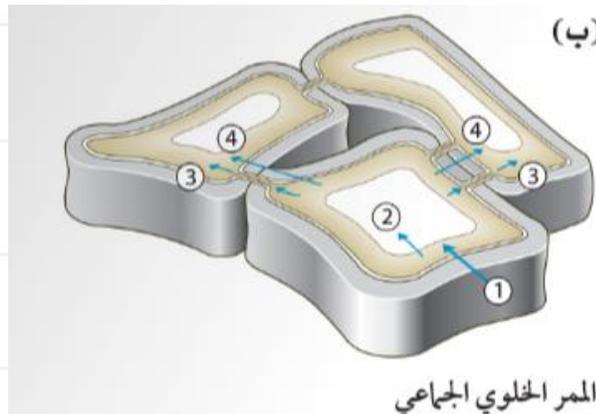
## يسلك الماء مسارين عبر القشرة:

١ الممر الخلوي الجماعي

٢ الممر خارج الخلوي



الممر خارج الخلوي



الممر الخلوي الجماعي

➤ ويمكن أن تبدل جزيئات الماء المفردة مسارها عشوائيا من مسار إلى آخر في اي وقت.

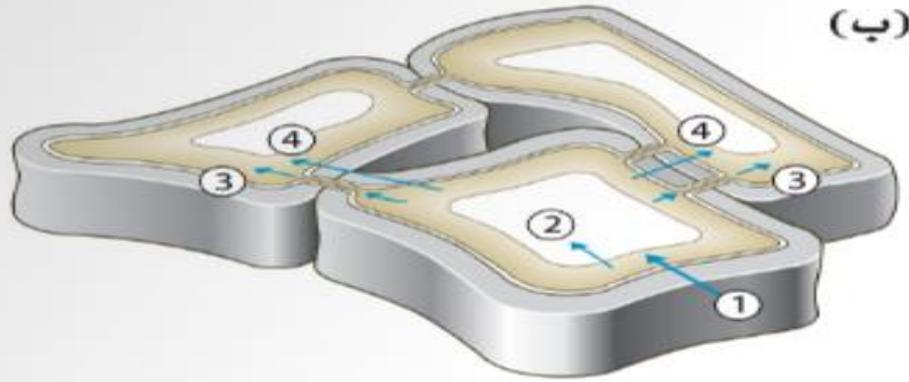
➤ تحاط خلايا القشرة، مثل جميع الخلايا النباتية، بجدران خلوية تحتوي على عدة طبقات من **ألياف السليلوز المتقاطعة بعضها مع بعض**.

ويمكن أن يتسرب الماء إلى داخل هذه الجدران كما يتسرب في ورقة النشاف كما يمكن أن ينتقل الماء عبر الجذر من جدار خلية إلى جدار خلية أخرى من دون أن يدخل سيتوبلازم خلايا القشرة. وهذا ما يمثل **الممر خارج الخلوي**

الاحتمال الآخر أن ينتقل الماء إلى السيتوبلازم أو إلى فجوة خلية قشرة بالأسموزية ثم إلى الخلايا المجاورة من خلال الارتباط الداخلي بالروابط البلازمية. وهذا ما يمثل **الممر الخلوي الجماعي** عندما يصل الماء إلى البشرة الداخلية يكون **الممر خارج الخلوي مسدودا**

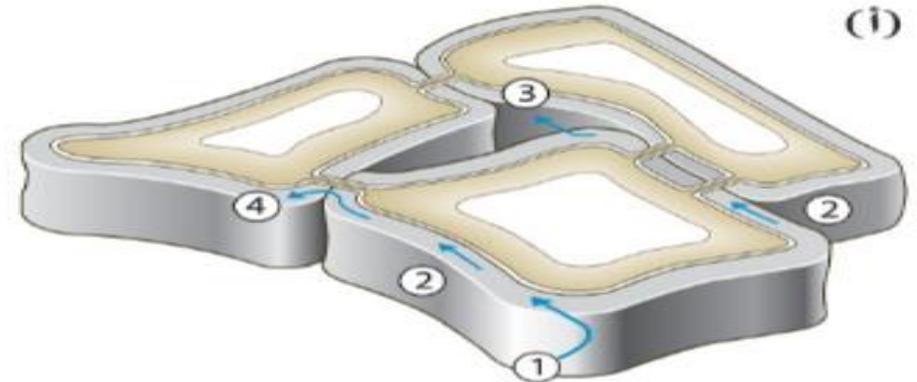


## ٤- انتقال الماء عبر الجذر من الشعيرات الجذرية إلى الخشب



### الممر الخلوي الجماعي

1. يدخل الماء إلى السيتوبلازم بالأسموزية عبر غشاء سطح الخلية المنفذ جزئياً.
2. ينتقل الماء إلى العصارة في الفجوة المركزية بالأسموزية عبر التونوبلاست.
3. قد ينتقل الماء من خلية إلى أخرى عبر الروابط البلازمية.
4. قد ينتقل الماء من خلية إلى أخرى عبر أغشية سطح الخلية المجاورة وجدران الخلية.

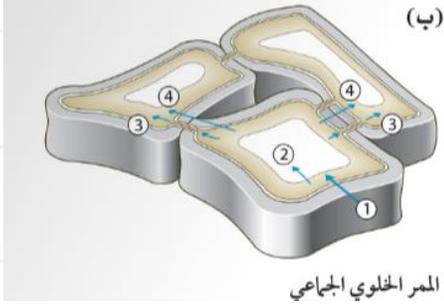


### الممر خارج الخلوي

1. يدخل الماء إلى جدار الخلية.
2. ينتقل الماء عبر جدار الخلية.
3. قد ينتقل الماء من جدار الخلية إلى جدار خلية أخرى عبر الفراغات بين الخلايا.
4. قد ينتقل الماء مباشرة من جدار خلية إلى جدار خلية أخرى.

الشكل ٦- ١٥ (أ) الممر خارج الخلوي و (ب) الممر الخلوي الجماعي لانتقال الماء من الشعيرات الجذرية إلى الخشب.

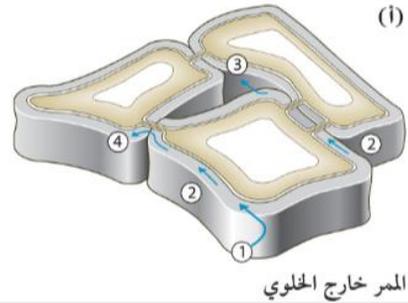
## ما الفرق بين الممر خارج خلوي و الممر الخلوي الجماعي ؟



الممر الخلوي الجماعي

١ الممر الخلوي الجماعي

النظام الحي للبروتوبلاست المترابط والممتد عبر النبات ويستخدم كمسار نقل للماء والمواد الذائبة من خلال ارتباط الخلايا مع بعضها البعض عبر الروابط البلازمية



الممر خارج الخلوي

٢ الممر خارج الخلوي

النظام غير الحي لجدران الخلايا المترابطة والممتد عبر النبات، ويستخدم كمسار نقل للماء والأملاح المعدنية.



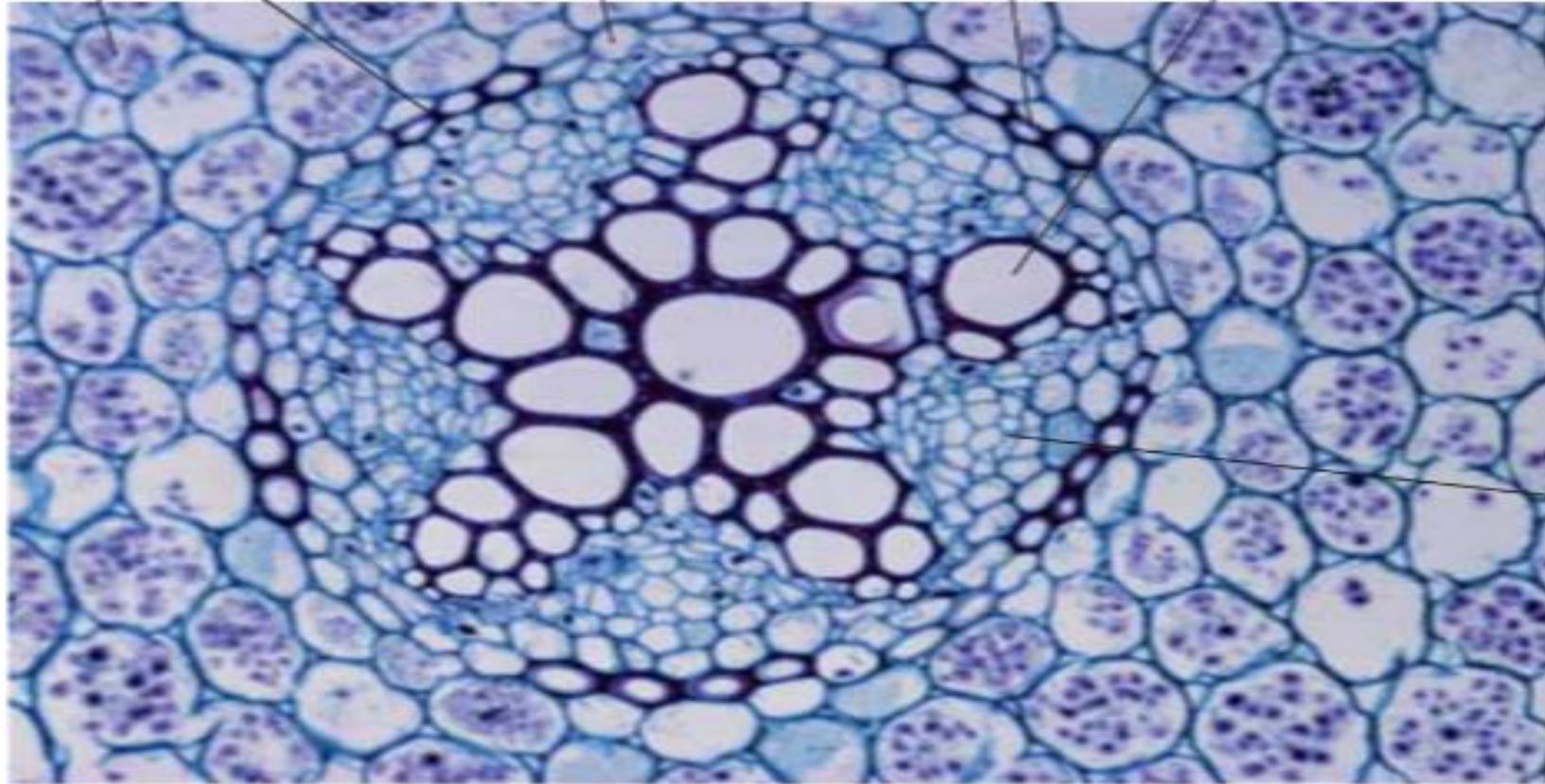
خلية برنشيمية في القشرة

بشرة داخلية

خلية مرور (غير متغلظة)

جدار متغلظ

وعاء خشبي

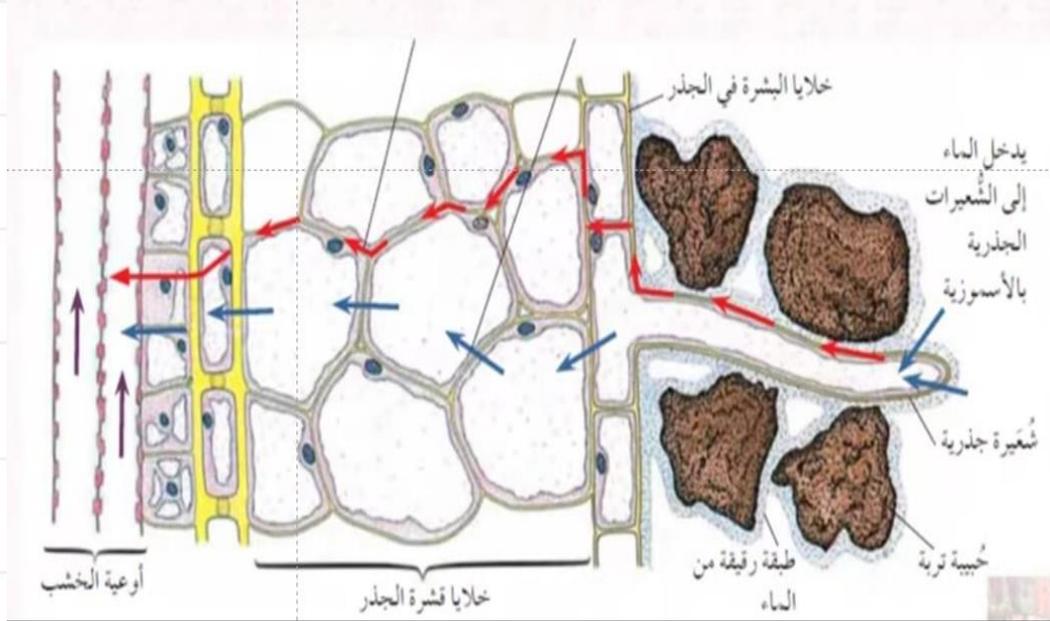


الصورة ٦-١٠ صورة مجهرية ضوئية لجزء من مقطع عرضي في جذر نبات ثنائي الفلقة تظهر فيه البشرة الداخلية بجدرانها المتغلظة. لاحظ أيضًا خلايا المرور التي تسمح بمرور الماء (x250).





✓ تتكون البشرة الداخلية مثل البشرة الخارجية من **طبقة واحدة** من الخلايا وهي تحيط بالنسيج الوعائي في السيقان والجذور.

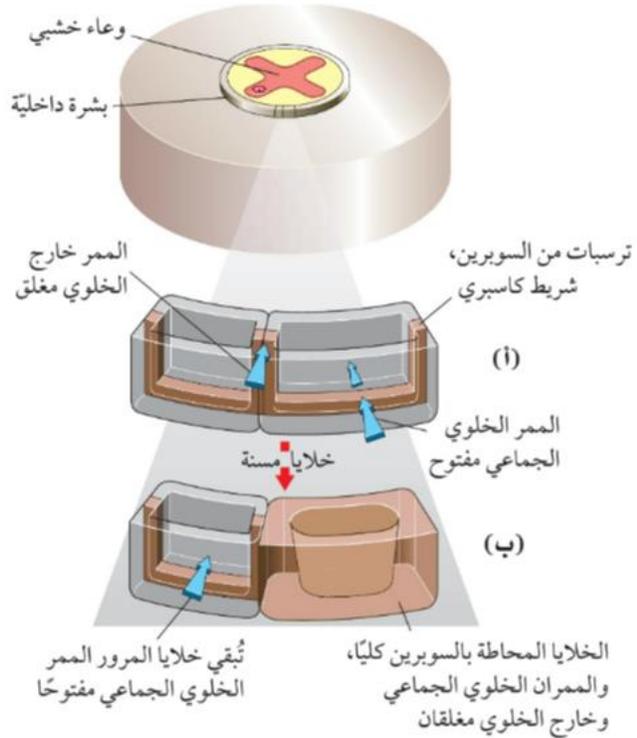


✓ تحتوي الخلايا في **البشرة الداخلية** على **شريط شمعي غليظ عازل للماء من مادة السوبرين**

✓ في جدرانها الخلوية يسمى هذا الشريط **شريط كالسبري وهو يحيط بالخلية**



## ما وظيفة شريط كاسبري ؟



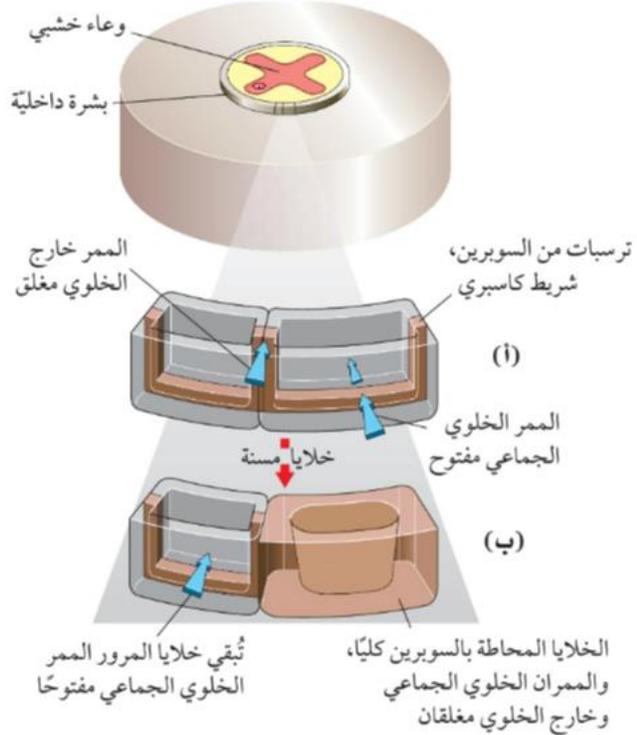
١ يمنع هذا الشريط انتقال الماء عبر الممر خارج الخلوي

٢ لذا فإن الطريق الوحيد للماء القادم عبر القشرة لعبور البشرة الداخلية هو الأجزاء غير المتغلظة من الجدران في سيتوبلازم خلايا البشرة الداخلية

٣ ومع تقدم خلايا البشرة الداخلية في السن ترسبات السوبرين أكثر كثافة بحيث لا يمكن للماء دخول هذه الخلايا باستثناء بعض الخلايا التي تسمى خلايا المرور

٤ تبقى خلايا المرور محتفظة بشريط كاسبري لكن يمكن للماء الاستمرار في المرور عبر الممر الخلوي الجماعي.

## ما وظيفة شريط كاسبري ؟



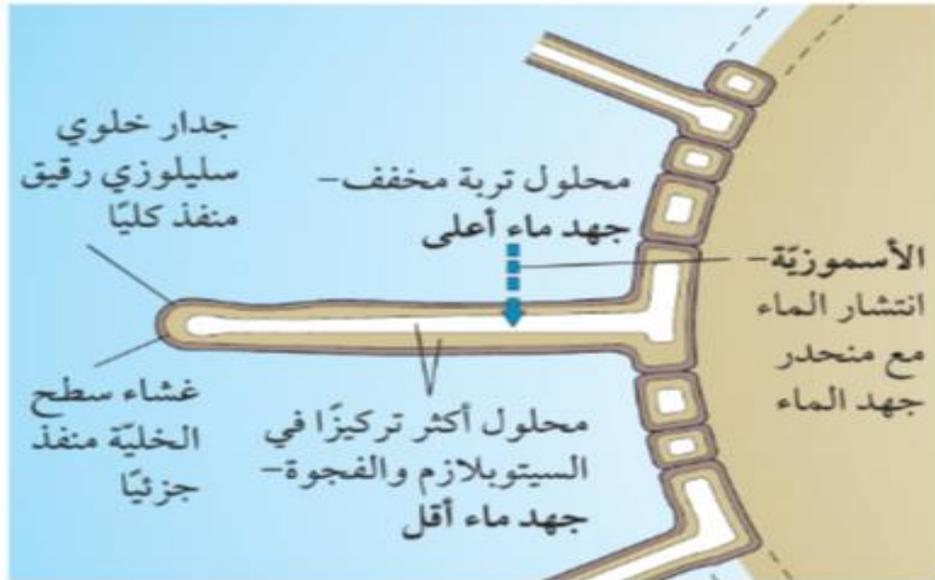
٥ تبقى خلايا المرور محتفظة بشريط كاسبري لكن يمكن للماء الاستمرار في المرور عبر الممر الخلوئي الجماعي.

٦ ويعتقد أن هذا الترتيب يوفر للنبات تحكماً في نوعية الأيونات المعدنية التي تمر إلى الأوعية الخشبية حيث يجب أن يمر كل شيء عبر أغشية سطح الخلية.

٧ يستمر الماء بعد عبوره البشرة الداخلية بالانتقال مع المنحدر نحو الأوعية الخشبية من خلال الممر الخلوئي الجماعي أو الممر خارج الخلوئي

٨ ينتقل الماء إلى الأوعية الخشبية عبر النقر أو الأماكن غير الملجئة من جدرانها. وينتقل بعد ذلك إلى الأعلى عبر الأوعية باتجاه الأوراق

## ٥ - انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية



الشكل ٦-١٧ امتصاص الماء والأيونات المعدنية بواسطة خلية الشعيرة الجذرية.



الصورة ٦-١١ جذر صغير لنبات الفجل *Raphanus* يظهر قلنسوة الجذر والشعيرات الجذرية.



## ٥ - انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية



الصورة ٦-١١ جذر صغير لنبات الفجل *Raphanus* يظهر قلنسوة الجذر والشعيرات الجذرية.

تكون قمة الجذر مغطاة من طرفها بقلنسوة الجذر وهو غطاء قوي وواق وغير منفذ للماء.

ويمكن رؤية العديد من التراكمات الشبيهة بالشعيرات فوق موقع قمة الجذر مباشرة. وتسمى هذه التراكمات بالشعيرات الجذرية

الشعيرات الجذرية هي امتدادات لبعض خلايا بشرة الجذر.

**تمتد** الشعيرات الجذرية بين جسيمات التربة إلى مسافات طويلة حيث تمتص الماء والأيونات المعدنية

ينتقل الماء إلى الشعيرات الجذرية بالأسموزيه مع منحدر جهد الماء

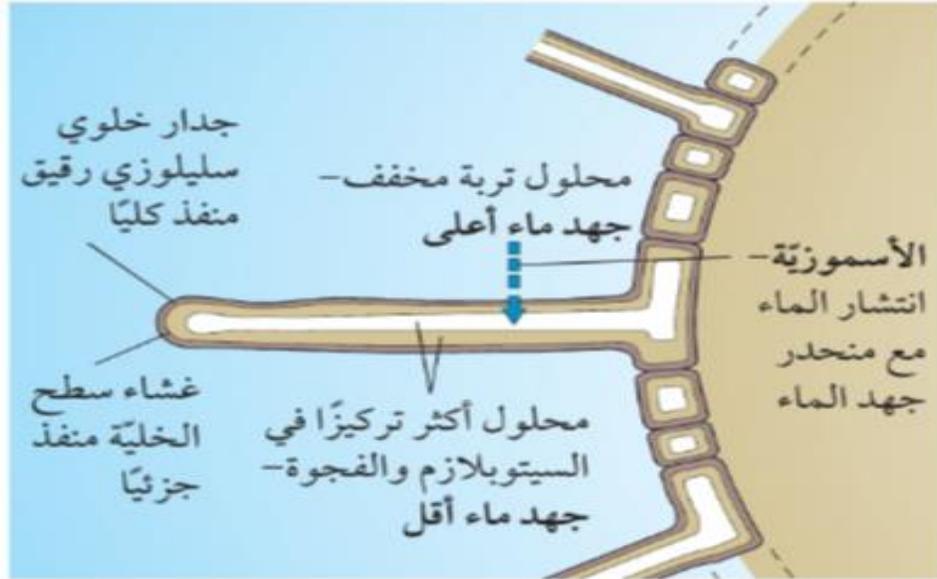


## ٥ - انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية

ينتقل الماء إلى الشعيرات الجذرية بالأسموزية مع منحدر جهد الماء وبالرغم من أن ماء التربة يحتوي على بعض الأيونات غير العضوية إلا أنه يعد محلول مخففا نسبيا وله جهد ماء عال.

ومع ذلك، يحتوي السيتوبلازم وعصارة الخلية داخل الشعيرات الجذرية على كميات كبيرة من الأيونات غير العضوية والمواد العضوية مثل :

**البروتينات و السكريات الذائبة فيها، لهذا يكون جهد الماء منخفضاً**



الشكل ٦-١٧ امتصاص الماء والأيونات المعدنية بواسطة خلية الشعيرة الجذرية.

لذلك ينتشر الماء مع منحدر جهد الماء، عبر غشاء سطح الخلية المنفذ جزئياً إلى السيتوبلازم والفجوة في خلية الشعيرة الجذرية.

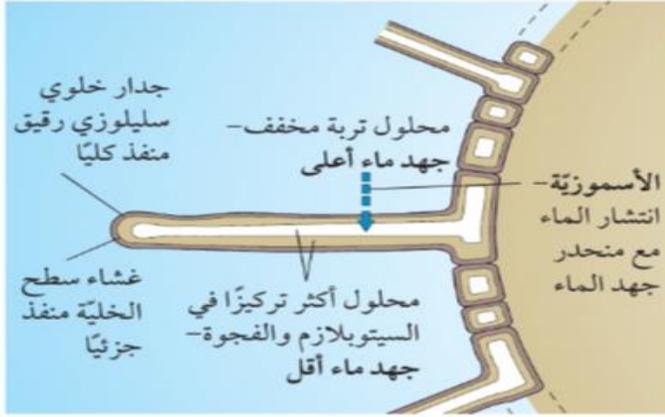


## ه - انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية



**سؤال :**

**فسر وجود عدد كبير جدا من الشعيرات الجذرية في الجذر؟**



الشكل ٦-١٧ امتصاص الماء والأيونات المعدنية بواسطة خلية الشعيرة الجذرية.

**الإجابة :**

✓ يوفر العدد الكبير من الشعيرات الجذرية الدقيقة مساحة سطح كبيرة تلامس التربة المحيطة بالجذر و تزيد بالتالي من معدل امتصاص الماء.

والشعيرات الجذرية مهمة أيضا لامتصاص الأيونات المعدنية مثل النترات و المغنيسيوم.

