## ٦-١ أ جهاز النقل في النبات Transport system in plant :

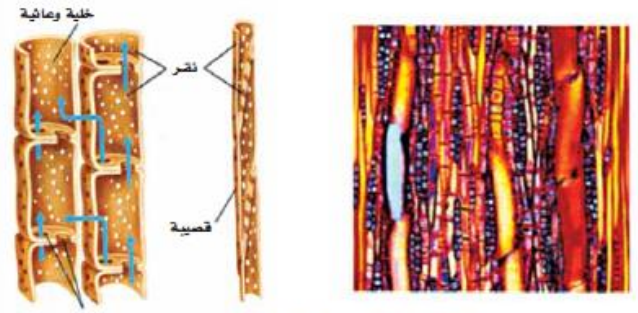
لماذا جهاز النقل في النبات أبطأ من الحيوانات ؟

تمتلك النباتات جهازاً للنقل أبطأ من جهاز النقل في الحيوانات لأنها تستخدم طاقة أقل بكثير منها، وتتأثر سرعة النقل بالعديد من العوامل البيئية كالحرارة وشدة الإضاءة، وسرعة الرياح وغيرها.

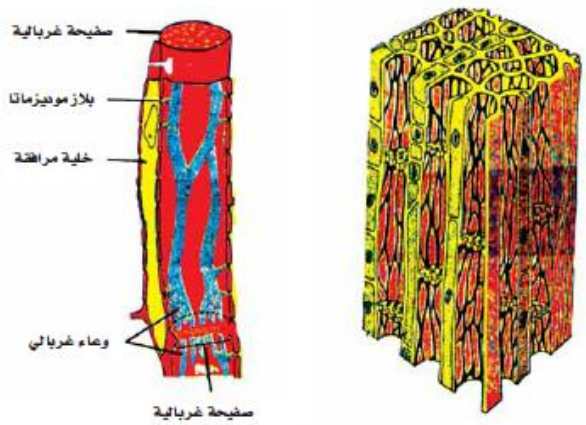
ويتكون جهاز النقل في النبات من مجموعة من الأوعية الناقلة المنتظمة في مجموعة من الحزم والأنسجة، أهمها نسيجي الخشب واللحاء اللذان يشكلان ما يسمى الجهاز الوعائي بالنبات أو الحزم الوعائية.

| ١ ) نسيج الخشب xylem tissue : | ٢ ) نسيج اللحاء phloem tissue : |
|---|---|
| ويختص نسيج الخشب بنقل الماء والأملاح من الجذر إلى جميع أجزاء النبات ويتكون نسيج الخشب من:<br>أ) الأوعية الخشبية: وهي عبارة عن أنابيب تتكون الواحدة منها من صف رأسي من الخلايا الطويلة التي تلاشى منها السيتوبلازم وجدرها العرضيه وشكلت وعاءاً واحداً مجوفاً وترسبت على جدرها مادة اللجنين بحيث يتلاءم شكلها مع وظيفتها.<br>ب) القصيبات: خلايا مغزلية الشكل، مغلظة الجدر، يتصل بعضها بعضاً بواسطة نقر خاصة ينفذ خلالها الماء من خلية لأخرى مجاورة.<br>ج) مجموعة من خلايا برنشيمية وألياف: ترافق أوعية الخشب والقصيبات فتقويها وتدعمها. | يختص نسيج اللحاء بنقل الغذاء الجاهز من الأوراق إلى جميع أجزاء النبات، ويتكون نسيج اللحاء من:<br>أ) الأنابيب الغربالية: ويتكون الأنبوب الغربالي من اتحاد عدد كبير من الخلايا الغربالية المتراصة طولياً، وجدرها العرضية مثقبة تعرف بالصفائح الغربالية لتسمح بمرور المواد الغذائية فيما بينها، وتفقد الخلايا الغربالية أنويتها بعد نضجها وتبقى ممتلئة بعدد كبير من الخيوط السيتوبلازمية الممتدة عبر ثقوب الصفائح الغربالية.<br>ب) الخلايا المرافقة: عبارة عن خلايا حية بنواة واضحه وعضيات كاملة، وتتصل بالخلايا الغربالية المجاورة بواسطة خيوط سيتوبلازميه تعرف بالبلازموديزماتا حيث تزودها بالطاقة اللازمة لنشاطها.<br>ج) خلايا برنشيمية وألياف:<br>وبالرغم من وجود النسيج الوعائي بكل موضع في النبات فإن ترتيبه يكون مختلف في السيقان والجذور، ففي الجذور يكون النسيج الوعائي اسطوانة مركزية في مركز الجذر حيث يكون قلباً (لباً) مصمتاً في مركز الجذر في النباتات ذو الفلقتين، أما في النباتات ذات الفلقة الواحدة فيكون النسيج الوعائي عبارة عن حلقة تحيط المنطقة المركزية من الخلايا التي تسمى النخاع.<br>أما في السيقان فيكون النسيج الوعائي مرتباً في حزم وعائية حيث تكون هذه الحزم الوعائية مبعثرة بجميع أرجاء النسيج الأساسي في نباتات الفلقة الواحدة بينما تكون الحزم الوعائية حلقة تقسم النسيج الأساسي إلى قشرة ونخاع في نباتات الفلقتين. |

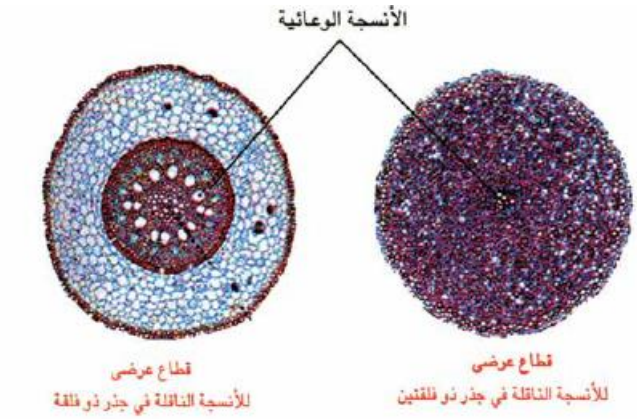
afidni.com

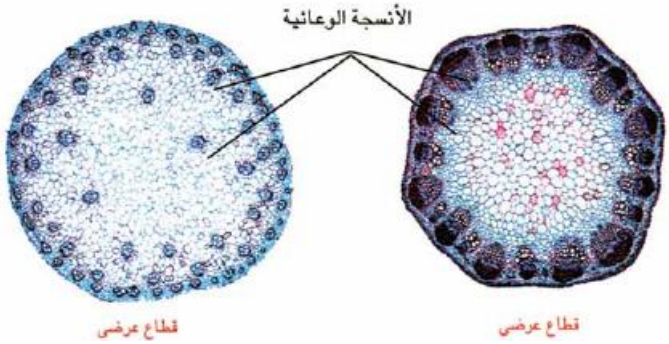



الشكل ( ٦-١ ) : نسيج الخشب في النبات




الشكل (٦-٢) : نسيج اللحاء في النبات



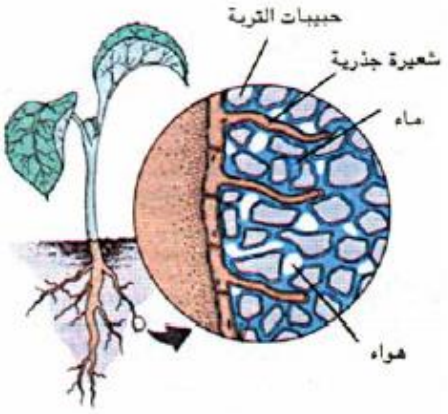

afidni.com

## ٦-٢ الإمتصاص والنقل في الجذر Absorption and Transport in root :

### ماعلاقة الماء بالأملاح فى النبات ؟

للماء والأملاح أهمية كبيرة في حياة النبات، فالماء مذيب جيد تتم فيه معظم تفاعلات الخلية الحية، ويعمل دعامة للنبات عن طريق ضغط الامتلاء، وكذلك يمثل الماء وسطاً ناقلاً للأملاح الممتصة ونواتج عملية البناء الضوئي، ويساعد الماء في تنظيم درجة حرارة النبات، أما الأملاح فتدخل في بناء المركبات العضوية في النبات وفي أنشطته الحيوية المختلفة.

### امتصاص الماء Water absorption




### كيف يتم امتصاص الماءفى النبات ؟

تمتص أغلب النباتات الماء عن طريق الجذور، وفي النباتات الراقية تتم معظم عملية الإمتصاص عند قمم الجذور بواسطة الشعيرات الجذرية التي هي عبارة عن استطالة لخلايا البشرة في الجذر والتي تكون مهيأة للامتصاص إذ بها جدار سليولوزي رقيق وفجوة عصارية كبيرة تحتوي على عصير خلوي ضغطة الأسموزي أعلى من الضغط الأسموزي لمحلول التربة وتوفر الشعيرة الجذرية سطحاً ماصاً. ويدخل الماء في التربة إلى الشعيرة الجذرية بواسطة الخاصية الأسموزية.

### كيف يتم إمتصاص الماء عند كثرة أو قله المياه ؟

تعتمد كمية الماء الممتصة عن طريق الجذر على المحتوى المائي للتربة، فعندما تحتوي التربة على كمية كبيرة من الماء فإنه يتم امتصاص الماء كثيراً بواسطة الجذر، أما في أثناء الجفاف فإن التربة تكون شحيحة بالماء وبالتالي يمتص الماء بدرجة أقل.

**اختبر فهمك ١**

لماذا تموت بعض النباتات عند زراعتها في تربة مالحة أو عند سقايتها بماء مالح ؟

afidni.com

## امتصاص الأملاح المعدنية *mineral absorption*

### إشرحامتصاص النباتللأملاح المعدنية .

يقوم النبات بامتصاص الأملاح الذائبة في الماء، ويختلف امتصاص الأملاح عن امتصاص الماء، فامتصاص الماء عملية فيزيائيه بينما امتصاص الأملاح عملية كيميائية انتقائية تستهلك الطاقة.

وعملية الامتصاص للأملاح عملية نشطة حيث إنها لو كانت بالانتشار لانتقلت كل الأملاح من الخلايا إلى التربة لأن تركيزها في الخلايا أعلى. وتوجد الأملاح على شكل أيونات، ويتوقف امتصاص الأملاح على نسبة استعمالها داخل النبات فأيون النترات يستعمل في بناء الأحماض الأمينية لذلك يقوم النبات بامتصاص المزيد منه

### ماهي طرق النبات للامتصاص الأملاح ؟

١) يتأين الماء ويحل أحد أيوناته محل الأيونات الممتصة

ويدخل الأيون الآخر مع الأيون الممتص.

٢) تخرج من الخلية أيونات لها نفس الشحنة.

### كم عملية تضمن لامتصاص أيونات الأملاح ؟

١) تبادل الأيونات بين سطح الشعيرة الجذرية وبين محلول التربة.

٢)امتصاص الأيونات عبر الغشاء البروتوبلازمي الحي للشعيرة الجذرية وهذا الامتصاص يتطلب طاقة.ATP

### مما تستفيد النباتات من الكائنات المحلله ؟

تستفيد النباتات من الكائنات المحللهكالفطريات للحصول على العناصر المعدنية من التربة والتي تحررها من أجسام الكائنات الميته.

ومثال ذلك :

تدخل أيونات البوتاسيوم من ملح نترات البوتاسيوم $KNO_3$ بأحد الأشكال التالية:

١) تدخل ايونات $K^+$ و $NO_3^-$ بنفس الوقت.

٢) تتأين بعض جزيئات الماء الى $H^+$ ، $HO^-$وتتكون مركبات هي $HNO_3$ و $KOH$ فعند دخول أيونات $NO_3^-$ تبقى أيونات $H^+$ في الخارج لتحل محلها .

٣) تدخل أيونات $NO_3^-$ و $K^+$ عن طريق تبادل الأيونات بين الخلية وغرويات التربة ،فعند دخول $NO_3^-$ مثلاً يخرج من الخلية أيون يحمل نفس الشحنة وهكذا .

**اختبر فهمك ١**

- اذا سممت خلايا الجذر أو غليت بالماء لا تستطيع امتصاص الأملاح المعدنية بينما تستمر في امتصاص الماء.علل
- الري الزائد ربما كان مؤذياً للنباتات مثل عدم ريها بماء كاف.فسر ذلك؟
- لماذا يستخدم النبات النقل النشط في امتصاص الأملاح ولا يستخدم الانتشار؟

**إجابة اختبر فهمك (١)**

١–لأن عملية امتصاص الماء عملية فيزيائية تجري بواسطة الخاصية الأسموزية نتيجة فرق التركيز بينما امتصاص الأملاح عملية كيميائية تحتاج إلى الطاقة.

٢–لأنه عندما تتشبع التربة بالماء فإن الأكسجين قد لا يصل إلى الجذور، وبالتالي لن تستطيع أن تنتج الطاقة اللازمة لأداء الأنشطة الخلوية.

٣–لأن عملية امتصاص الأملاح تتم ضد قوة التركيز.

afidni.com

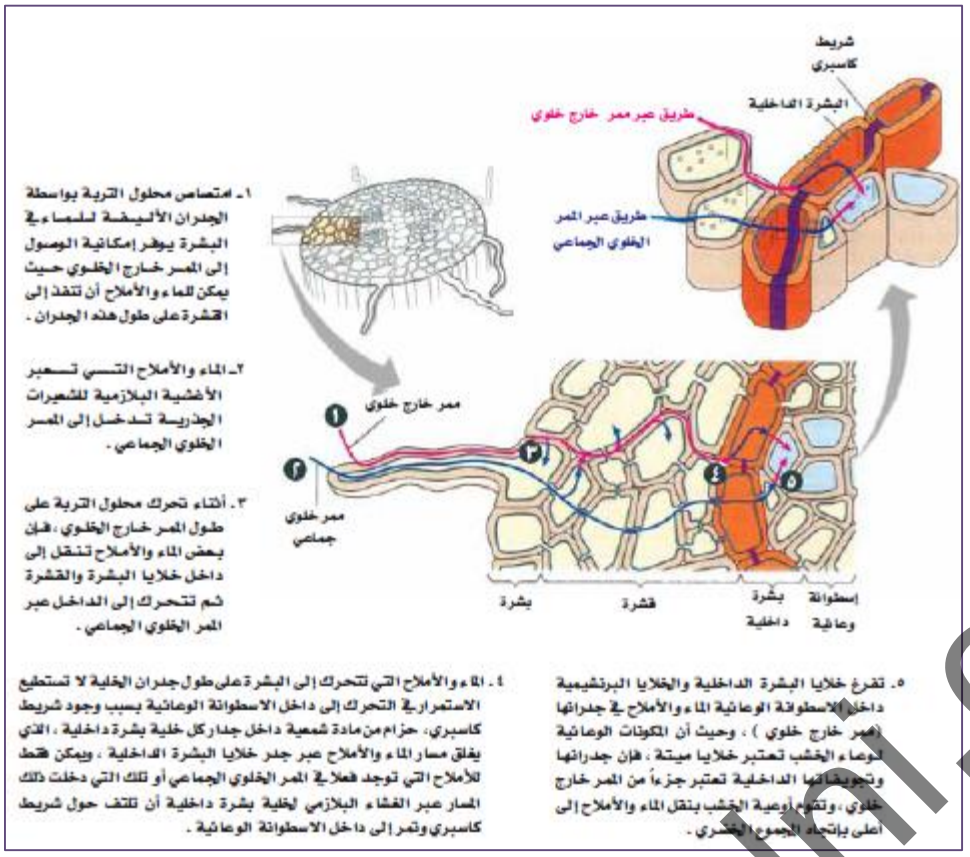
## نقل الماء والأملاح جانبياً في الجذر *Lateral Transport of water and Minerals in root* :

**يتم نقل الماء والأملاح من خلايا البشرة في الجذر إلى أوعية الخشب، فيما يسمى بالنقل الجانبي، من خلال ثلاث ممرات:**

**أ) ممر عبر أغشية بلازمية، وفيه ينتقل الماء والأملاح الذائبة من خلية لأخرى عبر الجدر الخلوية والأغشية البلازمية.**

**ب) الممر الخلوي الجماعي، بعد دخول الماء والأملاح إلى أول خلية فإنها قد تنتقل للخلية المجاورة عن طريق الروابط البلازمية.**

**ج) الممر خارج الخلوي، وهو ممر يقع خارج الخلايا ويتكون من جدر خلايا البشرة والقشرة.**




afidni.com

## ٦-٣ نقل الماء والأملاح من الجذر إلى الورقة

*Transport of water and minerals to the leaf*

**كيف تفسر صعود الماء والأملاح إلى قمة شجرة ؟**

يمكن تفسير صعود الماء والأملاح داخل الأوعية الخشبية بسيقان النبات على أنه محصلة لمجموعة من القوى أو الآليات التي تعمل على دفع العصارة من أسفل لأعلى، أو تعمل على سحبها من أعلى في اتجاه يعاكس الجاذبية الأرضية.

ومن أهم الآليات التي تفسر صعود الماء والأملاح من الجذر إلى الأوراق:

| أ- الخاصية الشعرية Capillary Action | ب- الضغط الجذري Root Pressure |
|---|---|
| **ماهي الخاصية الشعرية في الماء ؟**<br>الماء يرتفع في الأنابيب الضيقة بالخاصية الشعرية، وحيث إن الخشب يتكون من أنابيب ضيقة، فإن عصارة الخشب (الماء والأملاح) قد تنتقل بهذه الخاصية ولكن إرتفاع محدود أي أن هذه الخاصية لا تفسر صعود العصارة إلى ارتفاعات شاهقة. | **ماهو الضغط الجذري في الماء ؟**<br>يعرف الضغط الجذري على أنه الضغط الأسموزي في خلايا الجذر الذي يسبب ارتفاع العصارة عبر ساق النبات إلى الأوراق.<br>**كيف تتم هذة العملية في النبات ؟**<br>عندما تتباطأ عملية التنح ليلاً، تستمر خلايا الجذر في ضخ الأملاح إلى الخشب، وتعمل خلايا البشرة الداخلية على منع عودة الأملاح إلى خارج الأسطوانة الوعائية مما يؤدي إلى تراكم الأملاح داخل الاسطوانة فتولد قوة تدفع الماء مسافة قصيرة إلى أعلى.<br>ويمكن ملاحظة اندفاع عصارة الخشب - بفعل الضغط الجذري - من ساق نبات قطع حديثاً أو من الجروح والثقوب التي تتعرض لها النباتات.<br>**كيف يمكن قياس الضغط الجذري للنبات ؟**<br>ويمكن قياس مقدار الضغط الجذري لأغلب النباتات باستعمال مقياس الضغط الجذري المانوميتر، وتقدر قوة الضغط الجذري في كثير من النباتات بما يعادل درجتين من الضغط الجوي.<br>إلا أنه لا يمكن تفسير صعود الماء والأملاح إلى ارتفاعات شاهقة على أساس الضغط الجذري كما أن الضغط الجذري يكون منخفضاً جداً تقريباً في بعض النباتات كالنباتات عارية البذور، كما أن قوة الدفع بالضغط الجذري تتأثر بسرعة العوامل الخارجية. |

afidni.com

## ج- التماسك والتلاصق قوة الشد الناتجة عن النتح Transpiration-Tension Cohesion-Tension

**كيف إستفاد العالمان ديكسون وجولي من خاصية التماسك والتلاصق فى الماء ؟**

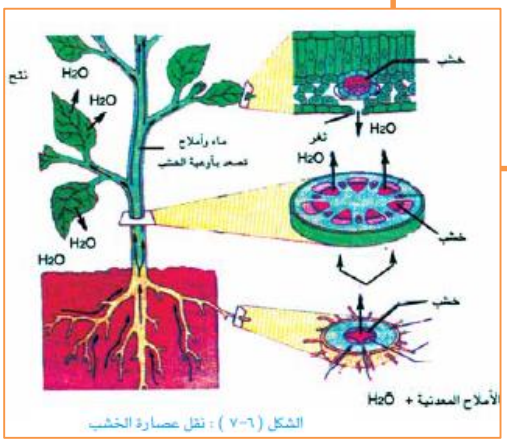
قد استفاد العالمان ديكسون وجولي من دراسة هذه الخاصية في صياغة فرضية تفسر انتقال عصارة الخشب من الجذر إلى الأوراق عبر الساق وتعرف بالتماسك والتلاصق.

وترجع أهمية هذه النظرية إلى أنها أثبتت أن الماء يسحب من قبل الورقة نتيجة استهلاك الماء في عمليات الأيض وخروجه عن طريق النتح من خلال الثغور وأن ليس هناك ضرورة لأن يقوم الجذر بعملية الدفع للماء من أعلى.

كلما تبخر الماء من ثغور الورقة فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض الضغط في نسيج الورقة، ولمعادلة الضغط يتحرك الماء الموجود بنسيج الخشب في الساق إلى الورقة، وهذا بدوره يسبب ضغطاً منخفضاً في خسب الساق فيتحرك الماء من خشب الجذر لمعادلته.

**كيف تتم قوة السحبفى النبات ؟**

وتتحرك قوة السحب الناتجة عن النتح خلال سلسلة مستمرة من جزيئات الماء في الخشب من الأوراق إلى الساق إلى الجذور وترتبط جزيئات الماء تلك بعضها ببعضاً بواسطة قوة التماسك الناتجة عن الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء، وهناك قوة أخرى تعرف بقوة التلاصق وهي التصاق جزيئات الماء بجدران الأوعية الخشبية الناقلة وبالتالي يطلق على نقل الماء من الجذر إلى الورقة بالنقل السلبي لأنه يتم عكس الجاذبية الأرضية.



الشكل (٦-٧) : نقل عصارة الخشب

afidni.com

## آلية فتح وإغلاق الثغور *The mechanism of stomatal opening and closing*

**ما آلية فتح وإغلاق الثغور ؟**

**- يحاط الثغر بخليتين حارستين، تحتوي جدرهما على ألياف دقيقة من السليلوز مرتبة ترتيباً قطرياً، ويبرز جدار الخليتين الحارستين للخارج عند دخول الماء إليهما ويفتح الثغر،**

**- و عند خروجه فإن الخليتين الحارستين تنكمشان ويغلق الثغر. وتتم هذه العملية حسب الخاصية الأسموزية.**

**ماهو العامل المسبب لتغير ضغط الامتلاء فى الخليتين الحارستين ؟**

**هو دخول أيونات $K^+$، $H^+$ وخروجهما**

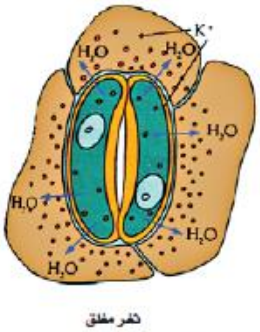
**ماذا يحدث عند دخول أيونات K؟**

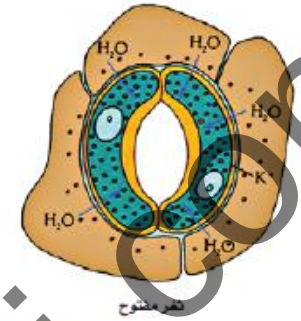
**فعند دخول أيونات من $K^+$ بعملية النقل النشط إلى داخل الخليتين الحارستين، يزداد الضغط الأسموزي نتيجة لفرق التركيز الخليتين الحارستين بين داخل وخارج الغشاء الخلوي لهما، وهذا يؤدي إلى دخول الماء إليهما فينفتح الثغر،**

**ماذا يحدث عند خروج أيونات K؟**

**أما عند خروج أيونات $K^+$من الخليتين الحارستين فإن ضغطهما الأسموزي يقل فيخرج منهما الماء ويغلق الثغر.**

**، ويرافق عملية ضخ $K^+$إلى داخل الخلية ضخ أيونات$H^+$خارج الخلية، وتنتج أيونات$H^+$من تحلل الأحماض العضوية.**




الشكل (٦-٩) : آلية فتح وإغلاق الثغور .

**معلومات تهمك**

**الإدماع *Guttation*** : هو عملية فقدان النبات للماء على شكل سائل عن طريق فتحات خاصة تسمى فتحات الإدماع تظهر على النهايات الورقية وهي تحدث ليلاً .

afidni.com

## ٦-٤ نقل الغذاء الجاهز في النبات Food Transport

**كيف يتم نقل الغذاء الجاهز في النبات ؟**

الغذاء الجاهز ينتقل عبر الأنابيب الغربالية إلى كل الخلايا التي تحتاج إليه في الأوراق نفسها والبراعم والأزهار والسيقان والجذور في كل اتجاه.

وينتقل الغذاء الجاهز داخل اللحاء على النحو الآتي:

- الكربوهيدرات تنتقل على شكل سكروز، ويشكل هذا نسبة ٩٥% من المواد المنقولة.
- البروتينات تنتقل على شكل أحماض أمينية.
- الجهون تنتقل على شكل جليسرول وأحماض دهنية.

**ولكن ما هية الآلية التي يتم بها النقل في اللحاء؟**

تنتقل السكريات من منطقة بالنبات تسمى المنبع إلى منقطة تسمى المصب،

**ماهوالمنبع ؟**

عبارة عن جزء من النبات (أوراق وسيقان) حيث تنتج السكريات عن طريق عملية التمثيل الضوئي أو بتكسر النشا،

**ماهو المصب ؟**

المصب فهو جزء من النبات حيث تستهلك السكريات أو يتم تخزينها، فأوراق النبات مثال على منابع أما الجذور فهي مثال على مصاب.

من الفرضيات الأكثر قبولاً لتفسير آلية النقل في اللحاء فرضية تدفق الضغط التي وضعها العالم الألماني منخ عام ١٩٣٠م، وتعتمد هذه الفرضية على وجود منحدر تدرج في ضغط الامتلاء بين أنسجة المنبع وأنسج المصب.

**لماذا تم انتقدت هذه الفرضية ؟**

على أساس أنها تثبت الانتقال في اتجاه واحد فقط خلال اللحاء مع العلم بأن انتقال بعض المواد قد يتم باتجاهين متضاربين من وقت لآخر، الذي أدى إلى ظهور نظرية الحركة السيتوبلازمية.

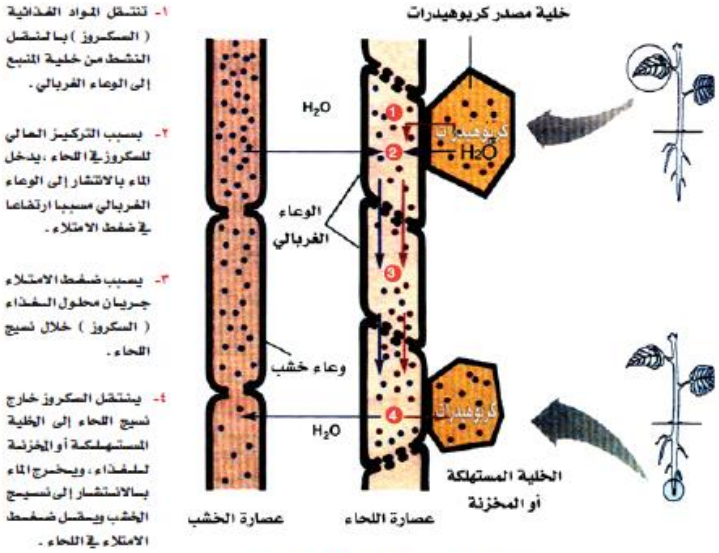
afidni.com

**اختبر فهمك ٢**

– عند نقل المواد في اللحاء ،أي العمليات يتم دون طاقة وأيها يلزمها طاقة ؟

**إجابة اختبر فهمك (٢)**

لا تلزم الطاقة لعملية النقل داخل الأنبوب الغربالي ، أما عمليّتا التحميل والتفريغ للسكروز فتلزمهما طاقة.




الشكل ( ٦–١٠ ) : آلية فرضية تحقق الضغط

## ٦–٥ تكيف النبات للحصول على حاجاته

**تكيف النبات لنقص الماء في بيئته :**

**ما فائدة عملية النتح فى النبات ؟**

**تعتبر عملية النتح مفيدة للنبات حيث إنها تجعل الماء ينتقل في أوعية الخشب، ولكن إذا فقدت الأوراق الكثير من الماء فإن الجذور ربما لا تتمكن من امتصاص الكمية الكافية التي تعوضه وإذا حدث ذلك فإنه يؤدي إلى ذبول النبات.**

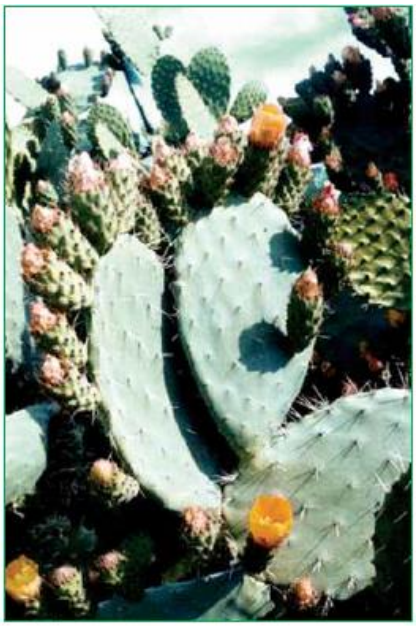
afidni.com

**كيف يقوم النبات بتقليل معدل الفقد عن طريق النتح ؟**

- غلق الثغور، من المعلوم أن النبات يفقد معظم الماء عبر الثغور وإن تم إغلاقها فإن ذلك سيؤدي إلى إبطاء عملية النتح، وقد تم التطرق إلى فتح وإغلاق الثغور سابقاً.
- وجود طبقة الكيوتيكل، وهي طبقة شمعية تغطي العديد من أوراق النباتات وهي تصنع بواسطة خلايا البشرة الخارجية.
- وجود شعيرات على الأوراق، حيث تحتجز الشعيرات طبقة من الهواء الرطب بالقرب من الورقة.
- ثغور على الجانب السفلي من الورقة، حيث إنه في معظم الأوراق يوجد عدد أكبر من الثغور في السطح السفلي للورقة مقارنة بالسطح العلوي الأمر الذي يجعل السطح السفلي أبرد بالتالي أقل تبخر للماء.
- تقليل مساحة السطح، فأوراق نباتات الصبار لها مساحة سطح صغيرة تساعد على الاحتفاظ بالماء من خلال تبخر كمية أقل منه.

ومن التكيفات الأخرى للنبات للعيش في بيئة نقص الماء:

- انتفاخ السيقان والقدرة على تخزين الماء والغذاء.
- تحور الأوراق إلى أشواك.
- وجود مجموع جذري ذو كفاية عالية في امتصاص الماء.



afidni.com

## تكيف النبات لنقص النيتروجين في التربة

### ماذا يحدث عند نقص النيتروجين في التربة ؟

تحتاج النباتات النيتروجين كمكون للبروتينات والأحماض النووية وجزيئات عضويه هامه أخرى، وقد يستغرب أن النبات يمكن أن يعاني من نقص النيتروجين رغم أن ٧٨% من الغلاف الجوي عبارة عن نيتروجين، ولكن الملاحظ أن النيتروجين الموجود في الغلاف الجوي يكون في الحالة الغازية

وبالتالي لا تستطيع النباتات الاستفادة منه واستخدامه، فالنباتات حتى تمتص النيتروجين فإنه يجب أن يحول إلى أمونيوم $NH_4^+$ أو نترات $NO_3^-$

وعلى الرغم من أن هذه المعادن موجودة في التربة إلا أنها ليست مشتقه من تحلل الصخور ولكنها منتجة من النيتروجين الموجود في الغلاف الجوي وقبل كل شيء عن طريق أيض أنواع من البكتيريا التي تعيش في التربة وعن طريق وعن طريق الميكروبات التي تحلل الدبال.

فإذن كيف يعوض النبات النقص في النيتروجين ؟

معلومات تهمك

إذا لم يمتص النبات عناصر معدنية تكفيه مثل النترات المحتوية على النيتروجين فإن نموه سيتوقف وتزول ألوان أوراقه .

afidni.com

## تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

**كيف يتم تثبيت النيتروجين ؟**

تعيش في التربة أجناس عديدة من البكتيريا التي تحتوي على انزيم تثبيت النتروجين الذي يقوم باختزال النيتروجين الغازي عن طريق إضافة أيونات هيدروجين وإلكترونات ليتكون

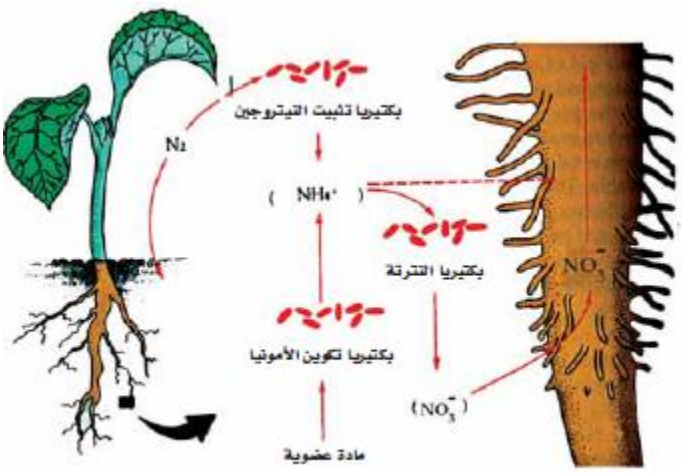
$$N_2 + 6H^+ + 6e^- \xrightarrow{nitrogenase} 2NH_3$$

العملية السابقة يطلق عليها تثبيت النيتروجين وهي عملية مستهلكه للطاقة اذ يلزم على الأقل ١٢ جزيئ ATPلكل جزيئ أمونيا.

وتكون عملية تثبيت النيتروجين أكثر وفره فى التربة الغنية بالمادة العضوية إذ توفر الوقود للتنفس الخلوى.

**ماذا يحمل محلول التربة ؟**

يحمل الأمونيا أيون هيدروجين آخر ليشكل الأمونيوم الذي يستطيع النبات امتصاصه، وعلى الرغم من ذلك يحصل النبات على حاجته من النيتروجين في صورة نترات والذي ينتج في التربة بواسطة بكتيريا تقوم بأكسدة الأمونيوم وبعد أن تمتص النيترات عن طريق الجذور فإن معظمها ينتقل بواسطة الخشب إلى الأوراق التي تستخدمها في صناعة البروتين حيث يتم اختزال معظمه إلى الأمونيوم بواسطة الإنزيم المختزل للنترات وإنزيمات أخرى، حيث يستطيع النبات بعد ذلك استخدام الأمونيوم في صنع الأحماض الأمينية.

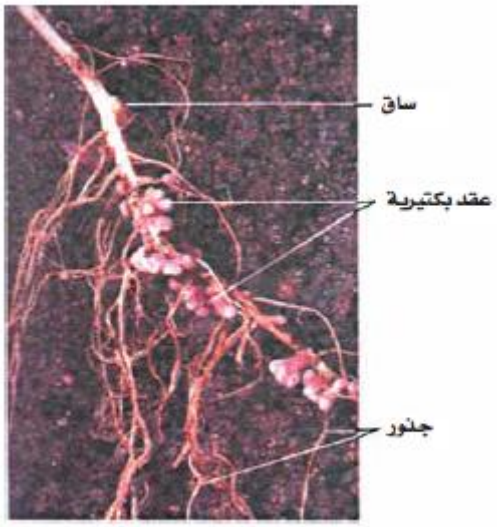



الشكل (٦-١٣): عملية تمثيل النيتروجين بواسطة النبات

afidni.com

## العلاقة التعايشية للبكتيريا المثبتة للنيتروجين

### ماهي العلاقة التعايشية للبكتيريا المثبتة للنيتروجين ؟



الشكل (٦-١٤): العقد الجذرية في نبات البازيلاء

للنباتات الفرنية كالبازلاء والفاصوليا مصدر مركب داخلي لتثبيت النيتروجين، حيث تحتوي جذورها على انتفاخات يطلق عليها عقيدات تتألف من خلايا نباتية تحتوي بكتيريا مثبتة للنيتروجين من الجنس رايزوبيوم ويطلق على الرايزوبيوم داخل العقيدة اسم باكتيرويد وكل نبات قرني يكون مرتبط بنوع محدد من الرايزوبيوم.

وتكون العلاقة التعايشية بين النبات القرني والبكتيريا المثبتة للنبيتروجين علاقة منفعة مشتركة، حيث تمد البكتيريا النبات القرني بنيتروجين مثبت بينما يوفر النبات للبكتيريا الكربوهيدرات والمركبات العضوية الأخرى، ويبرهن على هذا التطور المشترك من الشراكه بين الاثنين من خلال تعاونهم في صنع جزيئلجهيموجلوبين وهو بروتين يحتوي على حديد ويرتبط بالأكسجين حيث يفرز اللجهيموجلوبين أكسجين لعملية التنفس اللازمة لإنتاج لعملية تثبيت النيتروجين، ويبقى اللجهيموجلوبين على تركيز منخفض من الأكسجين الحر في عقيدات الجذور هذا مهم حيث أن الأكسجين يثبط عمل إنزيم تثبيت النيتروجين.

### ما فائدة إستخدام الأمونيوم ؟

ويستخدم معظم الأمونيوم المنتج بواسطة العلاقة التعايشية في تثبيت النيتروجين من قبل العقيدات في صنع الأحماض الأمينية التي تنقل بعد ذلك إلى السيقان والأوراق عبر الخشب، وعندما تكون الظروف ملائمة تقوم عقيدات الجذر بتثبيت كمية كبيرة من التيتروجين وبالتالي إفراز فائض من الامونيوم يزيد من خصوبة التربة للنباتات غير القرنية.

afidni.com