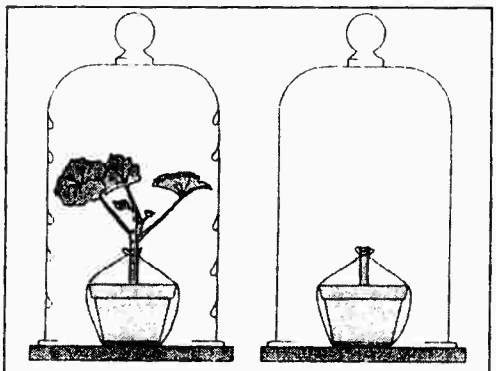
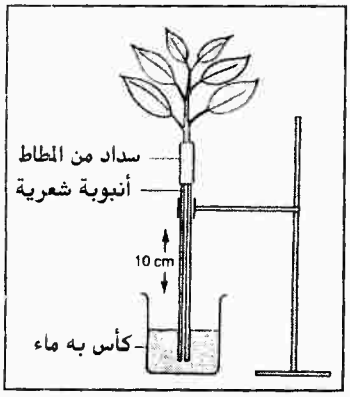
الفصل الخامس : النقل فى النبات
Transport in plant



تجربة توضح بخر الماء من الأوارق بعد ٢٤ ساعة
الماء يتكثف على السطح الداخلى للناقوس
الأيسر والناقوس الأيمن لمقارنة التجربة

يمكن إجراء تجربة بسيطة توضح أن الماء يتبخر من أوراق النبات ، وحسب ما يتم فقده من ماء عن طريق الأوراق ، يتم امتصاص الماء بواسطة الجذور إلى أعلى الساق ، وتبخر الماء من الأجزاء النباتية فوق سطح الأرض يسمى النتح . Transpiration وانسياب الماء خلال النبات يسمى تيار النتح Transpiration stream ، ويمكن قياس النتح بحساب سرعة سحب أو فقد النبات للماء .

* قياس الماء المسحوب باستخدام البوتومتر :



* **تجربة ١ :**

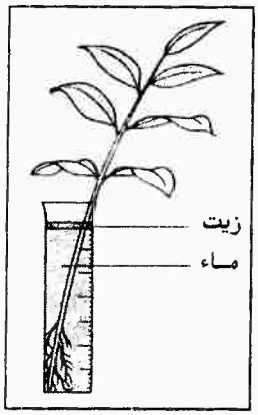
فرع نبات قطعت نهايته تحت سطح الماء مثبت فى أنبوبة شعرية ويتم قياس معدل ارتفاع الماء فى الأنبوبة الشعرية فى زمن معين .

* **تجربه ٢ :**

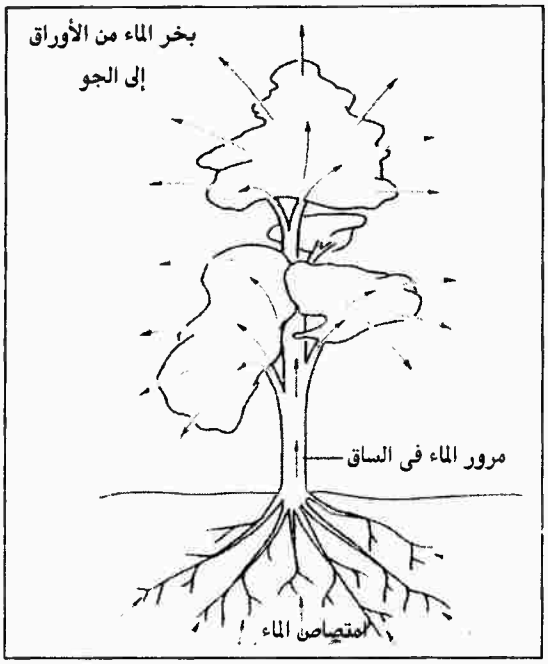
ـ أحضر فرع نبات ذى جذور ضعيفة غسلت جذوره جيدا ثم ضع الفرع فى مخبار مدرج به ماء على سطحه العلوى طبقة من الزيت لتمنع البخر من سطح الماء .

ـ حدد بالقياس كمية الماء الممتصة بالمسافة التى تهبط إليها طبقة الزيت .

ـ يمكن قياس أثر عدد الأوراق فى الفرع النباتى على معدل الماء المسحوب .



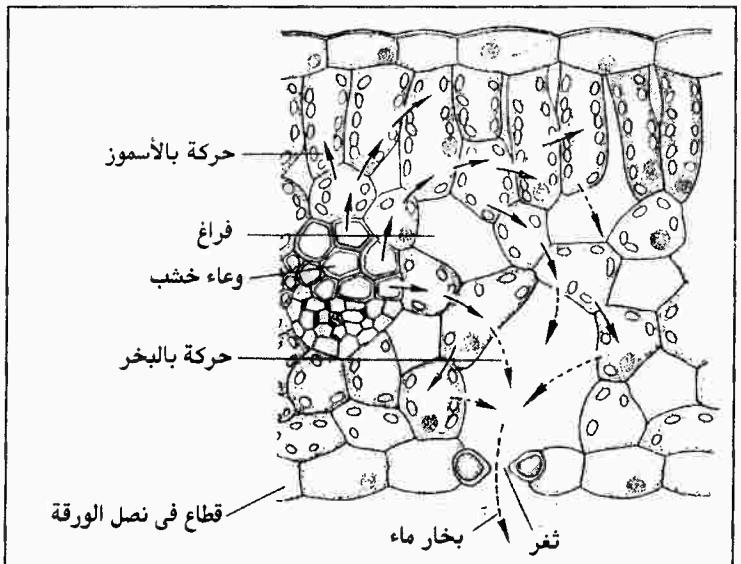
* النتح Transpiration :



القوة الرئيسية التى تسحب الماء من التربة خلال النبات هى قوة النتح وهى بمثابة قوة سالبة تعمل ضد الجاذبية الأرضية ، حيث يتم شد الماء من التربة إلى الجذر فالساق فالأوراق .

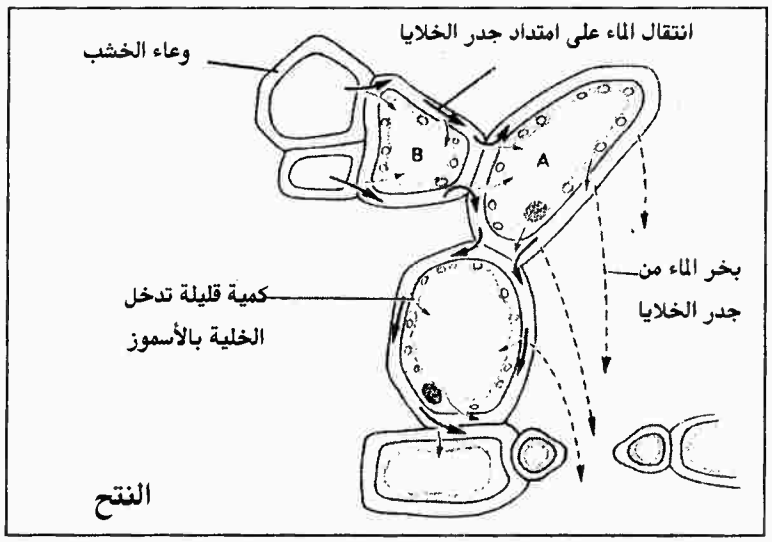
ورحلة الماء من الجذر إلى الأوراق ، تتم خلال الأوعية الخشبية حتى تصل إلى الورقة وبين خلايا الورقة ينتقل الماء من أوعية الخشب إلى الخلايا المجاورة بالتشرب والاسموز حتى يصل إلى الفراغات الهوائية فيتحرر بخار الماء من فتحة الثغر إلى الجو الخارجى

والماء المفقود هو ما يعرف بالنتح، وهو خروج الماء الزائد عن حاجة النبات والشكل التالى يوضح انتقال الماء من أوعية الخشب إلى النسيج المتوسط حتى الثغور .



مخطط يوضح حركة الماء بالاسموزية من أوعية الخشب إلى الخلايا المجاورة ومن الخلايا إلى الفراغ بين الخلايا ثم إلى الخروج من فتحة الثغر .

ويجب أن نعرف أن ارتفاع الماء فى أوعية الخشب يتم بالخاصة الشعرية ، وأغلب الماء ينتقل على امتداد جدر الخلايا (التشرب) دون أن يدخل إلى داخل الخلايا ـ آلاف من خلايا الورقة تبخر الماء وتسحب الماء من أوعية الخشب لتحل محل الماء المنطلق بالنتح والقوة التى تسحب الماء من الجذر إلى الأوراق وهى قوة النتح يمكن أن تصل إلى أكثر من ٥٠ مترا ارتفاعًا . وبالإضافة لقوة التشرب ، هناك كمية قليلة تمر عبر الخلايا عندما تمتلئ الخلايا بالماء، فإن ضغط الانتفاخ يعمل على سحب الماء من خلية إلى أخرى مجاورة لها بالخاصة الاسموزية .



* أهمية النتح Importance of Transpiration :

فى الأيام الحارة تسحب الأشجار مئات اللترات من الماء من التربة ، وأغلب هذا الماء يتبخر من الأوراق عدا جزء صغير يدخل فى عملية البناء الضوئى وعملية امتلاء الخلايا والفائدة التى تعود على النبات من البخر الزائد متعددة لأن كميات الماء المنقولة تحمل أملاحا معدنية النبات فى حاجة إليها وكذلك يساعد البخر على تبريد سطح الورقة عندما يتعرض لحرارة ضوء الشمس ، وذلك شىء مهم جدا لأن الحرارة يمكن أن تقتل سيتوبلازم الخلايا .

والنباتات المختلفة تتحكم فى عملية النتح أما عن طريق غلق الثغور أو وجود عدد قليل من الثغور على سطح الورقة أو بسقوط أوراق النبات ، أو بتحورات فى شكل الورقة على هيئة أشواك أو أوراق ملتفة أو عن طريق سمك الطبقة الشمعية . والتحكم فى عملية النتح أمر ضرورى ، لأن فقد الماء بدون ضابط يمكن أن يترتب عليه فقد حياة النبات ، وفى كثير من الأحوال يغلق النبات ثغوره ويقلل من البناء الضوئى تجنبا لفقد الماء .

بعض أشجار كاليفورنيا ذات الخشب الأحمر Californian red woods يصل ارتفاع الشجرة إلى ١٠٠ متر والنتح من الأوراق يسحب الماء عبر جذع الشجرة

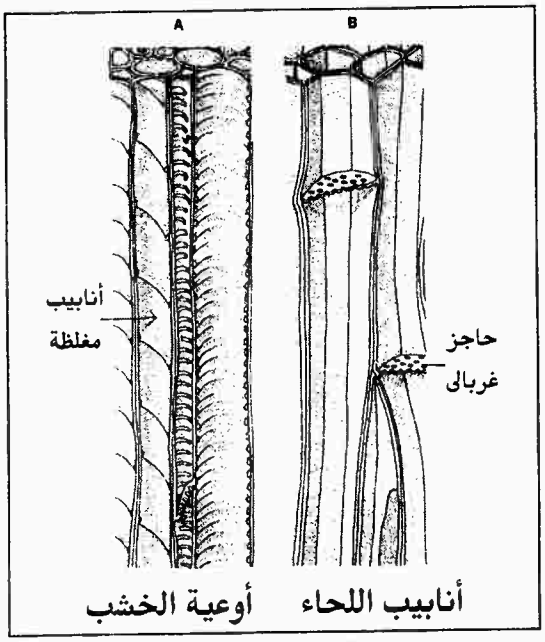
* معدل النتح Rate of Transpiration :

يتحكم فى زيادة أو نقص معدل النتح عدة عوامل منها **شدة الإضاءة** التى تتحكم فى فتح الثغور، وذلك يصاحبه ارتفاع فى الحرارة يزيد من معدل النتح ، بالإضافة إلى **الرطوبة** وهى نسبة بخار الماء فى الجو والعلاقة هنا عكسية حيث يقل النتح مع ارتفاع نسبه الرطوبة **وحركة الهواء** والعلاقة هنا طردية ، حيث يزداد معدل النتح مع زيادة حركة الهواء حول الورقة ، **ودرجة الحرارة** التى كلما زادت يزداد معدل النتح ، وقد أجريت عديد من التجارب التى حددت العلاقة بين هذه العوامل ومعدل النتح .

* النقل داخل النبات : Transport Inside the plant :

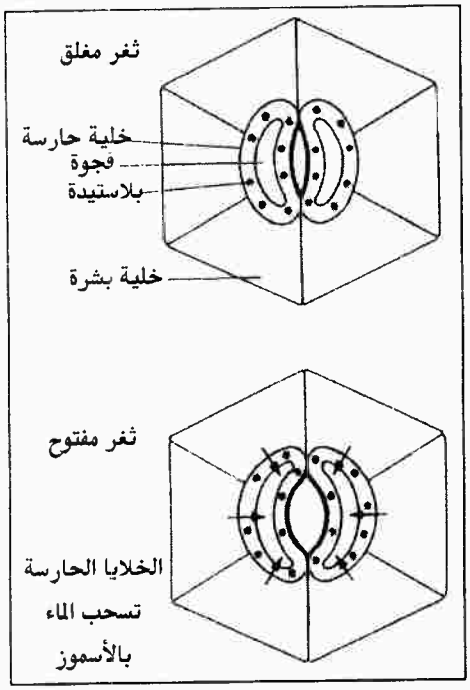
يتضح التركيب الداخلى للنبات من دراسة قطاعات فى الجذر والساق والأوراق تحت المجهر ، حيث نلاحظ أن التركيب الداخلى أنسجة متنوعة منها الأنسجة

الخاصة بالنقل وتسمى النسيج الوعائى Vascular tissue ، ويتركب من جزئين هما الخشب Xylem واللحاء Phloem .



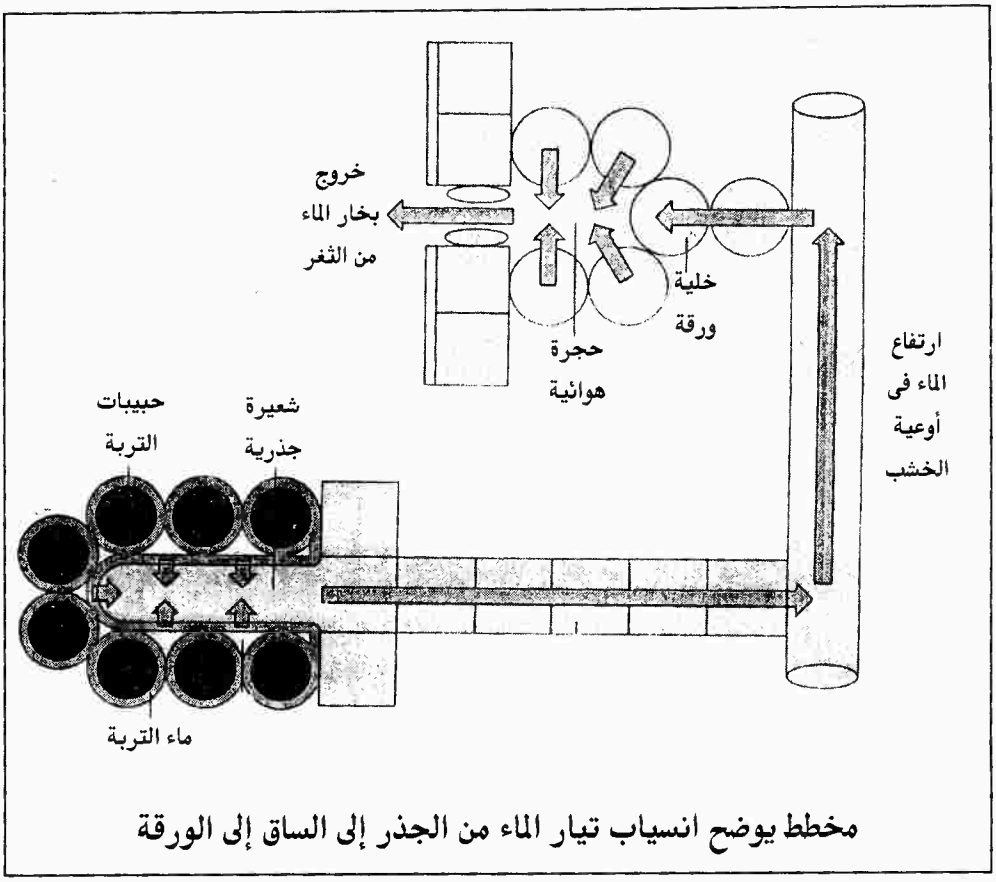
والخشب يتكون من أنابيب طويلة تسمى الأوعية Vessels ، وهى تراكيب ميتة ويترسب على جدارها مادة صلبة هى اللجنين ، وهى أنابيب ضيقة تشبه الأنابيب الشعرية وتقوم بنقل الماء خلال النبات .

واللحاء يتركب من خلايا مستطيلة ذات جدر سليلوزية تسمى الأنابيب الغربالية Sieve tubes ، وبين الأنابيب توجد حوافز مثقبة تسمى الأنابيب الغربالية .

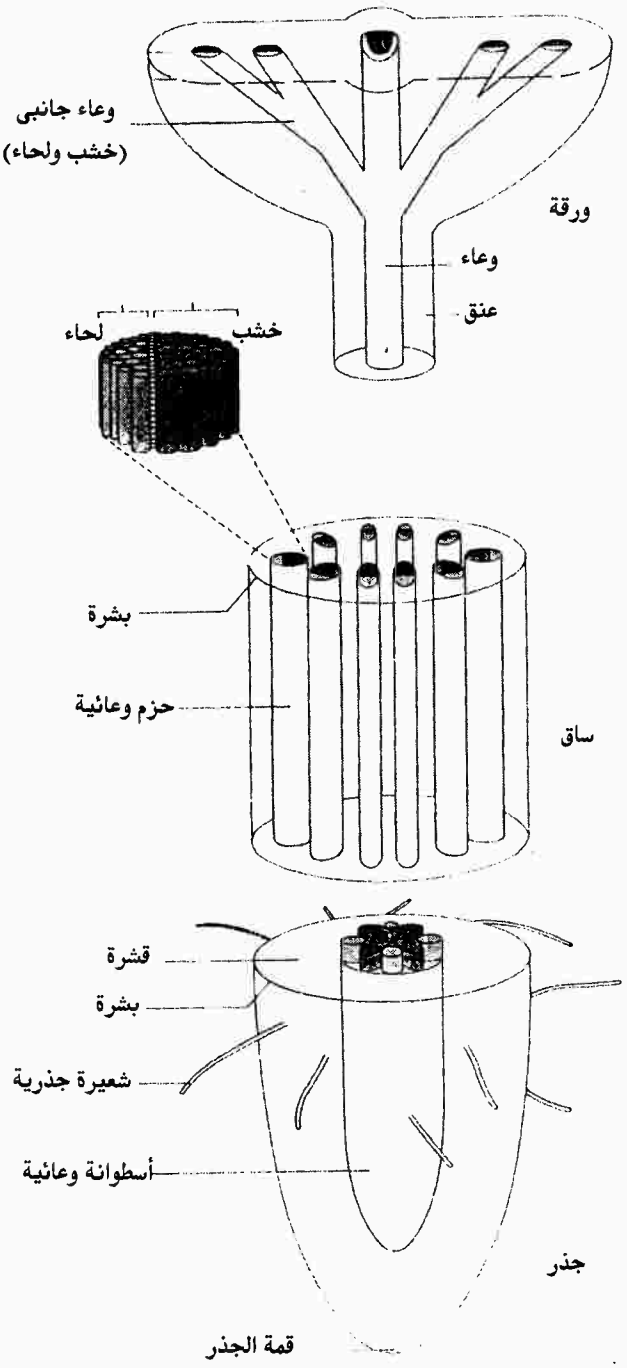


ونقل الماء يرجع إلى طبقة البشرة التى تغطى بطبقة شمعية فى الأوراق والسيقان لمنع تبخر الماء ، وينتشر بها عدد من الثقوب تسمى الثغور التى تتحكم فى خروج الماء عن طريق خلاياها الحارسة التى تتحكم فى فتح وغلق الثغر

وفى الجذر لا تحاط البشرة بطبقة شمعية ، بل تمتد من خلايا البشرة خلايا أنبوبية رقيقة الجدر تسمى الشعيرات الجذرية وتمتص الماء من التربة المحيطة ، وتعمل الشعيرات على زيادة مساحة سطح الامتصاص كما أن تركيز الأملاح فى عصيرها الخلوى يزيد من الضغط الاسموزى فيتحرك الماء من التربة إلى مركز الجذر .



مخطط يوضح انسياب تيار الماء من الجذر إلى الساق إلى الورقة

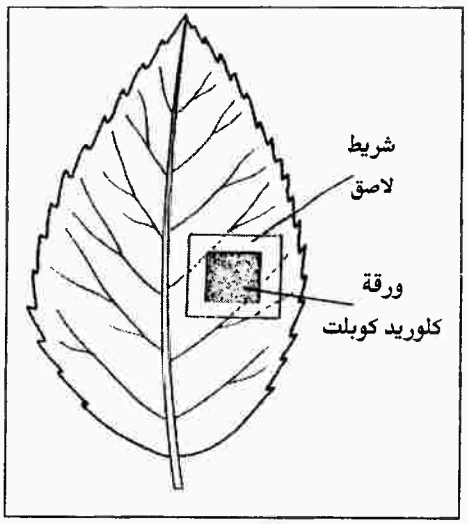


مخطط يوضح توزيع الأوعية الناقلة (الخشب واللحاء) من الوضع المركزى فى الجذر إلى الوضع المحيطى فى الساق ، ثم تتفرع الأوعية فى الأوراق (شبكة النقل فى النبات)

* إثبات انطلاق بخار الماء فى عملية النتح :

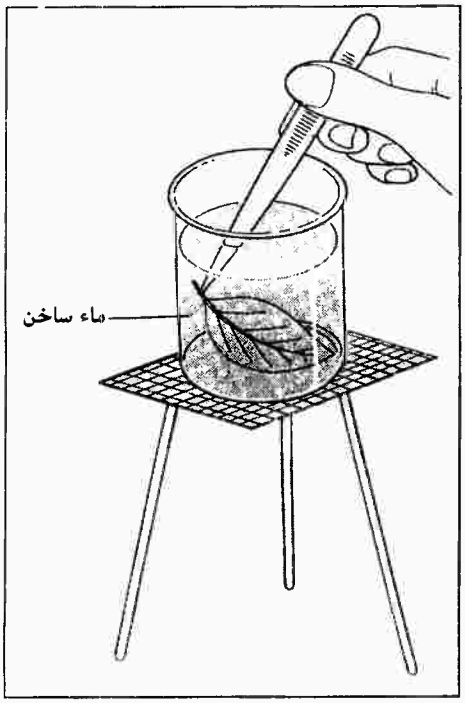
نبات نامٍ فى أصيص ويتم إحاطة النبات بكيس من البولى إثيلين الشفاف ، ويترك النبات لمدة ساعة أو ساعتين فى ضوء الشمس المباشر ، وعندما يتم النتح يتشبع الجو المحيط بالنبات ببخار الماء ، ويتكاثف بخار الماء فى الداخل ويمكن التعرف على أن السائل المتكاثف هو الماء باستخدام ورقة كلوريد كوبلت زرقاء فيتحول لونها إلى القرمزى فى وجود الماء .

* دراسة نسبة ماء النتح فى كل سطح من سطحى الورقة :



تستخدم ورقة كلوريد الكوبلت الزرقاء وتلصق على مسطح ٢ سم^{٢} من الورقة على السطح العلوى ، وتلصق ورقة أخرى مماثلة على السطح السفلى ، ويتم حساب الزمن اللازم ليتحول كل ورقة إلى اللون القرمزى وتعتبر هذه التجربة دليلا على وجود الماء ووسيلة للمقارنة بين عدد الثغور فى الأوراق المختلفة للنباتات المختلفة .

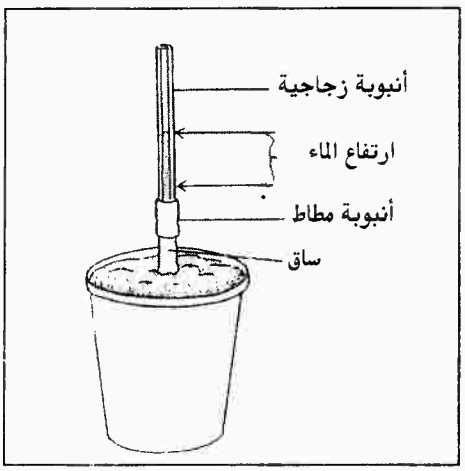
* دليل وجود ثغور فى الورقة :



عند وضع ورقة نبات حديثة القطع فى ماء دافئ ، فإننا نلاحظ تصاعد فقاعات هوائية من سطح الورقة ، وذلك لأن درجة الحرارة تسبب تمدد هواء الغرف الهوائية فينطلق من فتحات الثغور .

* إثبات وجود ضغط جذرى Root Pressure :

ثبت أنبوبة زجاجية بأنبوبة من المطاط بطرف ساق حديث القطع لنبات نام فى أصيص ، ثم ضع كمية من الماء الملون فى الأنبوبة وضع علامة تحدد مستواه وفى حالة استمرار رى النبات فإن مستوى الماء يرتفع فى الأنبوبة عدة سنتيمرات مما يؤكد وجود ضغط من أسفل لأعلى (ضغط جذرى) .

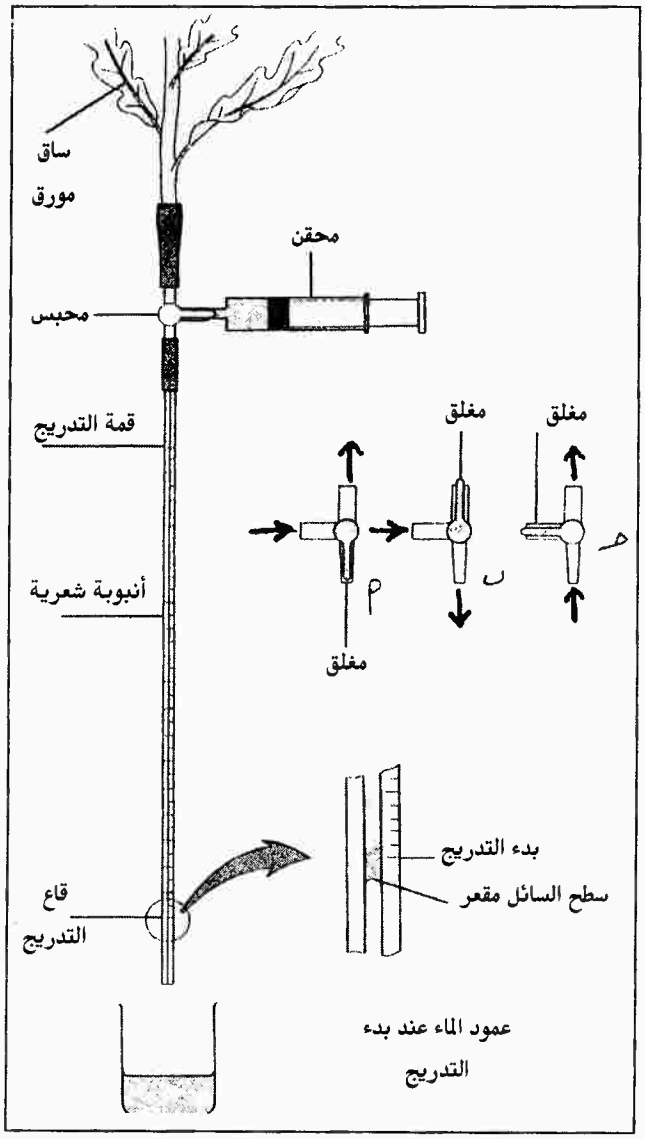


وتفسر ظاهرة الضغط الجذرى أن الفجوات العصارية للشعيرات الجذرية مركزة بدرجة عالية مما يدفع الماء باستمرار إلى الانتقال من التربة إلى الشعيرات الجذرية ويستمر الماء فى الانتقال حتى أوعية الخشب فى مركز الجذر ، ويندفع الماء لأعلى فى الساق وإن كان الضغط الجذرى أحد عوامل تفسير نقل الماء ، إلا أن القياس أثبت أنه أحد العوامل الضعيفة فى عملية الانتقال .

* قياس معدل النتح البوتومتر Potometer :

هو جهاز لقياس معدل سحب الماء فى ساق مقطوعة :

املأ المحقن بالماء وصله بجانب المحبس واجعل المحبس لأسفل كما فى أ واضغط الماء حتى يرتفع فى الأنبوبة المطاط فى قمة الجهاز ، حيث يثبت ساق حديث القطع وضع الجهاز فى مكان لا يوجد فيه ضوء شمس مباشر وغير وضع المحبس للوضع ب ، واسحب المحقن حتى يرتفع الماء فى الأنبوبة الشعرية ثم اجعل المحبس فى الوضع ج وعندما تنتح أوراق الساق المقطوعة سوف يتم سحب الماء ويرتفع مستوى الماء فى الأنبوبة الشعرية ـ سجل المسافة التى يتحركها الماء فى ٣٠ ثانية أو ٣٠ دقيقة كرر العمل واحسب المتوسط ، ويراعى أن يتكرر العمل فى ظروف مختلفة منها :



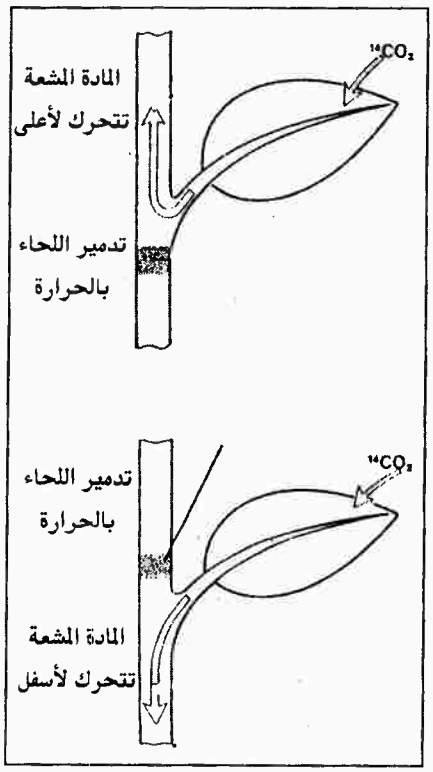
١ ـ وضع الجهاز فى ضوء الشمس المباشر .

٢ ـ وضع الجهاز أمام مروحة كهربائية .

٣ ـ وضع الجهاز مع تغطية الساق بكيس من البلاستيك نجد أن زيادة شدة الاستضاءة وزيادة حركة الهواء يتناسبان طرديًا مع معدل النتح أما زيادة نسبة الرطوبة ، فيتناسب عكسيا مع معدل النتح .

* نقل الغذاء Transport of food :

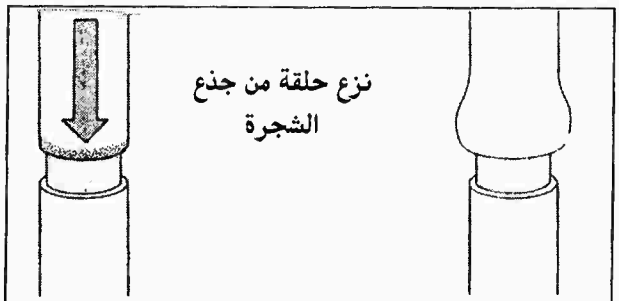
عند إمداد ورقة نبات بواسطة ثانى أكسيد كربون به كربون مشع ، يظهر الكربون المشع فى السكر الموجود فى اللحاء ، وإذا تم تدمير اللحاء تحت الورقة أو قطع حلقة اللحاء تحت الورقة ، فأن المادة المحتوية على الكربون المشع تتحرك إلى أعلى الساق ، وإذا تم تكرار ذلك أعلى وأسفل الورقة فإن المادة المشعة لن يظهر لها أثر فى الساق ، وهذه التجربة توضح لنا :



- السكر يمر فى عصير اللحاء .
- عصير اللحاء يتحرك أعلى وأسفل الساق .

ومن المعروف أن العصارة النيئة (الماء والأملاح) وهى مخففة دائمًا تنتقل عن طريق أوعية الخشب دائما من أسفل لأعلى من التربة للورقة بينما العصارة الناضجة (المكونة فى الورقة) ، تحتوى ٢٥ ٪ من المواد الذائبة مثل السكروز والأحماض الأمينية تمر فى اللحاء من أعلى لأسفل أو من أسفل لأعلى الساق .

فالسكروز ينتقل لأعلى لنمو البراعم والثمار أو ينتقل لأسفل إلى الجذر وأعضاء التخزين وجميع أجزاء النبات . التى ليست لها القدرة على البناء الضوئى تحتاج إلى إمدادها بالمغذيات عن طريق اللحاء .



نتيجة نزع حلقة من جذع الشجرة ، تتجمع المادة الغذائية أعلى الحلقة مما يزيد معدل النمو ، ويظهر انتفاخ أعلى الحلقة ويموت الجذر