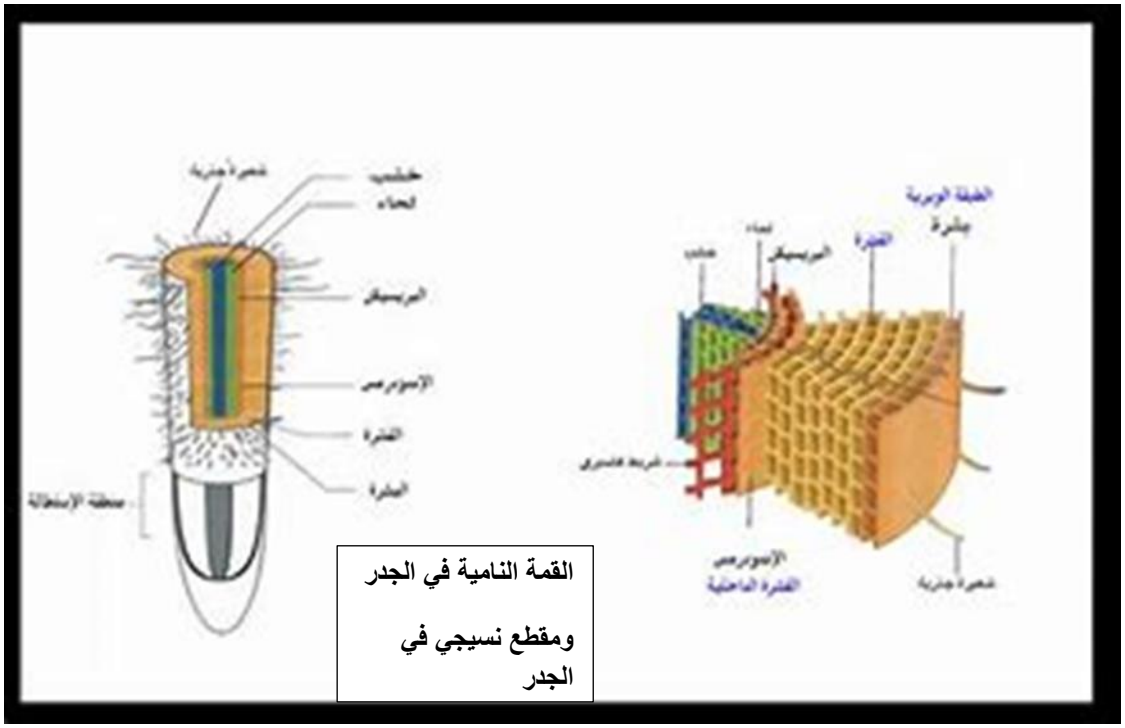
فسلجة النبات النظري / ب٤١٢/ د. شدى محمد الابراهيمي

المحاضرة الخامسة / الامتصاص

معظم امتصاص الماء يحدث في المنطقة القريبة من طرف الجدر في منطقة الشعيرات الجدرية من منطقة دات الجهد العالي في التربة الى المنطقة دات الجهد الواطئ في خلايا الجدر ويمتص قليل من الماء في منطقة قمة الجدر(منطقة القمة النامية) ، كدلك في منطقة مكتملة النمو ، حيث يواجه الماء مقاومة شديدة في منطقة القمة النامية بسبب كثافة البروتوبلازم العالية ، وفي منطقة مكتملة النمو تختفي الشعيرات الجدرية وتترسب مواد السوبرين subrin والكيوتين cutin على البشرة حيث تتكون طبقة بشرة ثانوية Exodermis ، فضلا عن زيادة ترسيب شريط كاسبر Casprin strip في جدر خلايا البشرة الداخلية Endodermis وباتالي منع نفاد الماء .

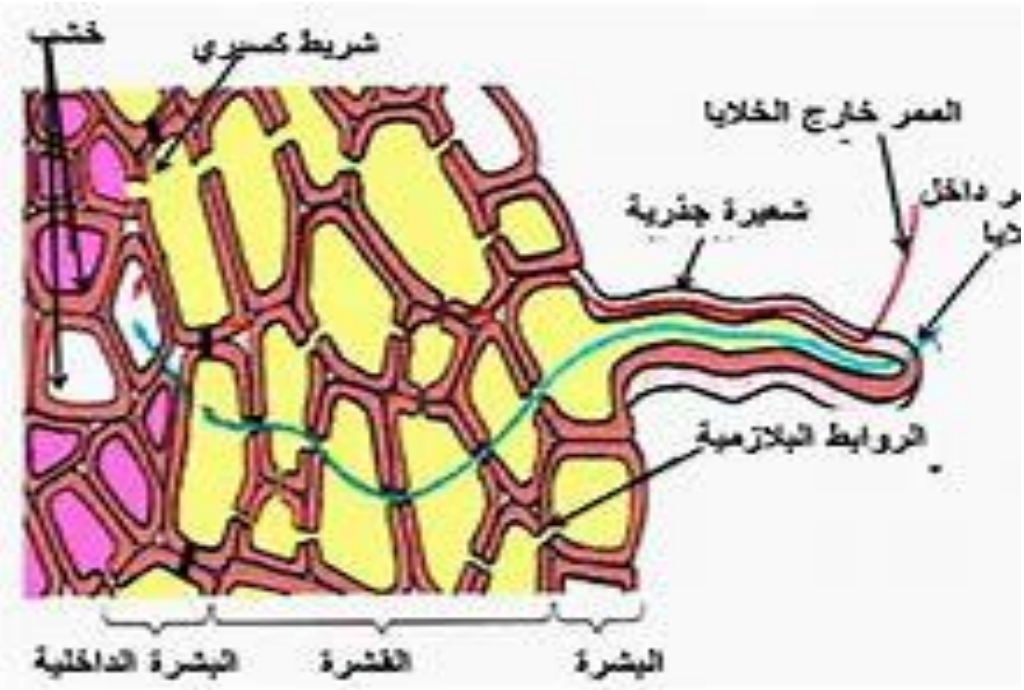


القمة النامية في الجدر

ومقطع نسيجي في الجدر

عندما يدخل الماء الى خلايا القشرة يكون مسار الماء في مسارين :

١- عن طريق نظام السايتوبلازم او النظام الحي Symplast حيث يتحرك الماء عبر السايتوبلازم والخيوط البلازمية Plasmodesmata الى الخلايا الاخرى مرورا بالفجوات .
٢- عن طريق نظام الجدر الخلوية Apoplast مرورا بالمسافات البينية بين الخلايا Intercellular spaces .



عندما يدخل الماء الى البشرة الداخلية فان الماء يدخل خلال السايتوبلازم تاركا الجدر الخلوية للقشرة ودلك بسبب وجود شريط كاسبر في جدر البشرة الداخلية ، غير انه في بعض النباتات (دوات الفلقة الواحدة) توجد خلايا رقيقة الجدر في البشرة الداخلية تدعى خلايا المرور Passage cells ، كدلك فان استمرار ايصال الماء الى الاسطوانة الوعائية من القشرة قد يحدث عند نقطة تكوين الجدر الداخلية (الجدور الجانبية)تسمح بمرور الماء بسهولة فالفروع الجدرية الناشئة من الدائرة المحيطية Pericycle تقوم بتمزيق شريط كاسبر وبالتالي تسهيل دخول الماء الى الاسطوانة الوعائية . بوصول الماء الى الاسطوانة الوعائية فانه يتحرك الى نسيج الخشب الى الاعلى متاثرا بعوامل ناشئة في الورقة حيث ان فقد الماء بعملية النتح ، من شانه ان ينخفض من الجهد المائي وبالتالي يساعد في حركة الماء من الجدر الى الساق ثم الى الورقة . كدلك فان اندفاع الماء الى الاسطوانة الوعائية من شانه احداث ضغط يساعد في رفع الماء الى الاعلى وهدا مايسمى بالضغط الجدري Root pressure .

ميكانيكية امتصاص الماء Mechansim of water Apsorpation

امتصاص الماء يحدث حسب ميكانيكية الازموزية ، وهدا يعني ان تحرك الماء يحدث من منطقة الجهد العالي الى منطقة الجهد المنخفض في انسجة الجدر ، وينشا هدا التدرج في الجهد المائي نتيجة لنوعين من التاثيرات :

١- **تاثير النتح Effect of Transpiration :** ينشا هدا النوع من التاثيرات نتيجة لقوى ناشئة في الجو او في انسجة الورقة ، فعندما يفقد الماء بعملية النتح لابد من تعويضه من خلال امتصاصه من الجدر عبر الساق ، وان فقدان الماء من الورقة يعني انخفاض محتوى الماء وبالتالي يصبح الجهد

المائي اكثر سالبية (منخفضا) في انسجة الورقة . وينتقل التاثير من الورقة الى الساق ثم الجدر حيث ينتقل الماء من منطقة الجهد العالي في الجدر والساق الى منطقة الجهد المائي المنخفض في الورقة .

٢- **تاثير تراكم الدائبات Effect of solute Accumulation:** يحدث تدرج في الجهد المائي بين محلول التربة وانسجة الجدر نتيجة لامتصاص الايونات امتصاصا نشطا (صرف طاقة) وهدا من شانه ان يحدث هبوطا في الجهد المائي وبالتالي الاسراع بامتصاص الماء ودخوله الاسطوانه الوعائية ونشوء ضغط يدفع الماء والايونات الى اعلى وهدا مايسمى بالضغط الجدري Root pressure . وعليه يكون امتصاص في منطقة الجدر بالالية الازموزية بعد امتصاص الدائبات بالالية النشطة . وهده الالية تحدث بغياب النتح (في الليل مثلا) . اما صرف طاقة في هده العملية فقد استدل عليها من خلال :

ا- تعاق عملية الامتصاص من خلال استخدام المثبطات التنفسية مثل ثنائي نايترو فينول Dinitrophenol والازايد Azide والسيانيد cyanide .
ب- الظروف اللاهوائية تعيق امتصاص الماء من قبل الجدور .
ج- درجات الحرارة المنخفضة من شانها تقليل امتصاص الماء من قبل الجدر .
د- قتل الجدور بتعريضها الى ماء مغلي من شانه ان يقلل من مقاومة امتصاص الماء في منطقة الجدر ، وبالتالي فن هده الجدور المقتولة تسمح بامتصاص كمية كبيرة من الماء مقارنة بالجدور الحية .

العوامل المؤثرة في امتصاص الماء Factores Affecting Water Absorption

هنالك مجموعة من العوامل التي تؤثر في امتصاص الماء منها :

١- **تركيز محلول التربة Concentration of Wwater Solution:** انخفاض الجهد المائي لمحلول التربة يقلل من معدل امتصاص الماء . ولكي يتم الامتصاص بكفاءة عالية لابد من ان يكون التدرج في الجهد المائي لصالح دخول الماء الى انسجة النبات . وعندما ينخفض الجهد المائي للتربة الى الدرجة التي يتوقف عندها امتصاص الماء فان النبات يعاني من عجز شديد بالماء وتوصف هده الحالة بالجفاف الفسيولوجي physiological drought . والنبات يمكن ان يموت عندما لايستطيع التغلب على هده الحالة .ولكن بعض النباتات مثل النباتات الملحية والجفافية تتغلب على النقص والهبوط الشديد بالجهد المائي من خلال خفض الجهد الازموزي (في عملية التنظيم الازموزي Osmolegulation) **للعصير الخلوي بطريقتين :**

أ- زيادة امتصاص الايونات وهدا مايحدث في الاراضي المالحة حيث ان النبات يمتص الايونات حتى وان كانت ضارة وبالتالي فان الجهد المائي للعصيرالخلوي ينخفض كثيراوبالتالي يؤدي الى استمرار بامتصاص الماء وطبعا هده العملية تكون على حساب نمو وانتاجية النبات حيث ان الايونات الممتصة تكون اغلبها سامه على الايض فضلا عن صرف طاقة كبيرة في امتصاص الماء .

ب- التعجيل في بناء المواد الدائبة العضوية او تكوينها من مواد معقدة ، حيث يقوم النبات بهدم البروتينات والكربوهيدرات الى احماض امينية وسكريات دائبة تساهم في خفض الجهد المائي وبالتالي الابقاء في التدرج المائي لصالح دخول الماء الى داخل النبات .

٢- **تهوية التربة Soil Aeration** : يكون امتصاص الماء جيدا من التربة جيدة التهوية فيكون الامتصاص سريعا . اما التربة الغير جيدة التهوية فانها تعيق من امتصاص الماء للاسباب التالية :

أ- قلة الاوكسجين تسبب اعاقة النمو واعاقة العمليات الحيوية ومنها عملية الامتصاص النشط Active Absorpation للايونات والعناصر الغذائية الضرورية لانها تحتاج الى اوكسجين لانتاج طاقة .

ب- تراكم ثاني اوكسيد الكربون بشكل حامض الكربونيك H_2CO_3 في التربة يسبب ضررا كبيرا اكثر من نقص لاوكسجين لان زيادة ثاني اوكسيد الكربون يسبب زيادة في لزوجة البروتوبلازم وتقليل النفادية وانقاص قدرة الجدور على الامتصاص .

٣-الماء الميسور للتربة Water Availability in the soil :

هي كمية الماء المتوفرة بالتربة والتي تسد احتياج النبات ،فقد يكون الماء المتوفر في التربة غير كافي لاحتياج النبات مما يؤدي الى ظهور حالة دبول على النبات . حيث يقوم النبات بامتصاص الماء بمستوى معين من محتوى ماء التربة ويمكن تحديد مستوى تاثير هدا الامتصاص بنقطتين :

الاولى : النسبة المئوية للدبول الدائم Permanent Wilting Percentage وهي النقطة التي لايستطيع النبات ان يمتص الماء وتظهر عندها اعراض الدبول الدائم .

والدبول الدائم هو عندما لاتستعيد الاوراق ضغط امتلاءها حتى لو وضعت ٢٤ ساعة في جو مشبع ببخار الماء . وتبلغ قيمة جهد الغروانيات Ψm للتربة عند هده النقطة حوالي -١,٥ ميجاباسكال لكن النسبة المئوية لرطوبة التربة تختلف حسب نوعية التربة حيث تبلغ ٢,٢% في التربة الرملية وحوالي ١٢,٦% في التربة الغرينية الطفالية و ٢٦,٢% في التربة الطينية .

وقد يظهر الدبول على بعض الباتات خاصة في فصل الصيف ادا كان معدل النتح يفوق كثيرا معدل الامتصاص (الدبول الاولي Incipient wilting) ولكن المقصود هنا في الظروف الطبيعية من النتح والامتصاص . ويشفى النبات عادة من هدا الدبول عند غروب الشمس حيث تنخفض درجة الحرارة وتهبط عملية النتح وتستمر عملية امتصاص الماء على نفس الوتيرة السابقة .

الثانية : السعة الحقلية Field Capacity هو المحتوى المائي للتربة بعد سقيها بالماء وتشبعها بالرطوبة حتى يتوقف نضح الماء الزائد منها . وان كمية الماء التي تحويها التربة مابين السعة الحقلية والنسبة المئوية للدبول الدائم تسمى بالماء الشعري capilliry water، وتختلف كمية هدا الماء ومداه حسب نوع التربة التي ينمو فيها النبات .

٤- **معدل النتح في النبات Transpiration Rate:** تسبب زيادة معدل زيادة النتح نقصا في الجهد المائي وبالتالي فان التدرج الحاصل في الجهد المائي يكون لصالح دخول الماء الى النبات .

٥- **خصائص المجموع الجدري Properties of Root System** : هنالك نوعين من المجموع الجدري

أ- المجموع الجدري الدي يخترق التربة عميقا مثل الجدور الوتدية Tap Roots .
ب- المجموع الجدري الدي يشكل شبكة كثيفة من الجدور المتفرعة والدي يغطي منطقة واسعة قرب سطح التربة .

كدلك فان تقدم الجدور في العمر يقلل من قدرتها على الامتصاص حيث تغطي مادة السوبرين جدر الخلايا في منطقة الجدر وهدا يشمل منطقة البشرة الداخلية Endodermis او المنطقة الخارجية للجدور (البشرة الخارجية Exodermis) وعندما تغطي مادة السوبرين خلايا البشرة الخارجية بشكل تام فان امتصاص الماء يحصل في هده الحالة من خلال العديسات Lenticles فضلا عن الكسور الموجودة حول فروع الجدور والجروح (في حالة وجودها) .

ويمكن القول ان المجموع الجدري يختلف اختلافا كبيرا بين النباتات وان مدى اختراقه للتربة وكثافته اضافة الى الخصائص التشريحية هي التي تؤدي دورا مهما في عملية الامتصاص .

٦- **الظروف المناخية Climatic Condation:** تؤثر الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والضوء وسرعة الرياح والرطوبة النسبية في امتصاص الماء ، الا ان تلك التاثيرات في دورها غير مباشرة . تؤثر درجة حرارة الجو في امتصاص الماء من خلال تاثيرها في درجة حرارة التربة ، وغالبا ماتكون حرارة التربة مقاربة لدرجة حرارة الجو . بصورة عامة ينخفض معدل امتصاص الماء بانخفاض درجة حرارة التربة ويزداد بارتفاعها . وتؤثر درجة الحرارة المنخفضة في معدل امتصاص الماء من خلال تاثيرها في خفض معدل انتشار الماء وخفض نفادية الاغشية الخلوية وهبوط العمليات الحيوية وهبوط نمو الجدور فضلا عن زيادة زيادة لزوجة السايتوبلازم .

ويمكن ان ينخفض معدل الامتصاص تحت درجات الحرارة المنخفضة من خلال الهبوط في معدل النتح ، الامتصاص يزداد الى حد معين وان اي زيادة اخرى في درجات الحرارة تسبب تاثير سلبي في امتصاص الماء حيث ان مجمل العمليات الايضية تتاثر بشكل سلبي تحت تلك الظروف .

اما الضوء فيسبب فتح الثغور في معظم النباتات وفقد الماء بعملية النتح وحصول تدرج في الجهد المائي وبالتالي الاسراع بعملية صعود الماء من الجدور الى الاوراق عبر الساق لتعويض الماء المفقود ، وهدا يؤدي الى تعجيل عملية امتصاص الماء في منطقة الجدور . وهدا ينطبق ايظا على الرياح والرطوبة النسبية حيث ان الرياح تزيد من معدل النتح من خلال ازاحة البخار الخارج من الورقة .

صعود الماء في نسيج الخشب Ascent of water in the xylem tissue

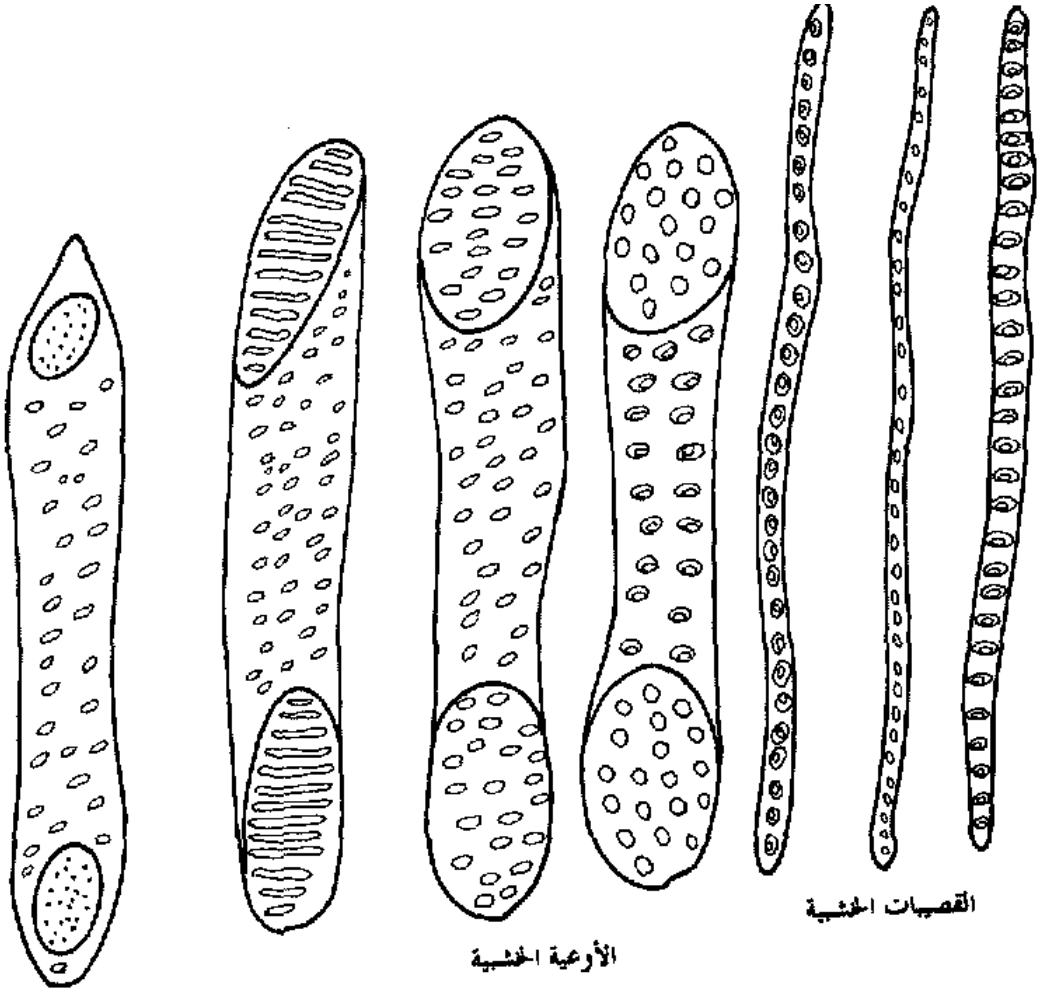
يقوم الخشب بنقل الماء من الجدور الى الورقة وكما هو معروف توجد انسجة حية وغير حية في نسيج الخشب وهي :

١- العناصر القصيبية Tracheary elements : والتي تشمل الاوعية الخشبية Xylem vessels والقصيبات Tracheids .
٢- الياف الخشب Xylem fibers .
٣- بارنكيما الخشب xylem Parenchyma

تقوم الاوعية الخشبية والقصيبات بالنقل الرئيسي للماء حيث تمتاز بتثخن جدرانها بمادة اللكنين وباشكال مختلفة لكي تمنح القوة لها فضلا عن مقاومتها للشد الناجم عن النتح . اما الالياف الخشبية فانها عناصر تمتاز بانها خلايا طويلة مستدقة النهاية ومثخنة باللكنين وقد يمر قسم قليل من الماء خلالها . اما البرنكيميا فانها خلايا حية تساعد على الحركة الجانبية للماء والمواد الدائبة . وهنالك بعض الادلة التي تدل على نقل الماء من خلال نسيج الخشب ومن هده الادلة :

أ- هنالك علاقة بين معدل النتح وكمية الخشب في الورقة . فقد وجد ان هنالك عدد قليل من عناصر الخشب في النباتات المغمورة في النباتات المائية بينما تحتوي اوراق النباتات النامية في المناطق اليابسة على عدد اكثر عدد من عناصر الخشب.

ب- تجارب التحليق Gridling Experiments : تكون بازالة قطاع كامل من القلف والدي يشمل اللحاء تاركا الخشب سليما فان الاوراق بالاعلى تبقى منتفخة . غير ان بازالة جزء من الخشب فان الاوراق من الطبقة العلوية من دلك الجزء تدبل بسرعة .



أنواع التغلظات في العناصر الخشبية

٤- **تجارب الصبغات Dye Experiments :** وتكون باستخدام بعض الصبغات مثل الايوسين Eosin مع بادرات سليمة حيث تغمر جدورها في محلول حاوي على تلك الصبغة فان منطقة طرف الجدر بما تشمل من انسجة المرستيمية الابتدائية تصبح ملونة بشكل متجانس ، غير ان مناطق لاسطوانة الوعائية في الجدور والسيقان وصولا الى الاوراق تتلون فيها عناصر الاوعية والقصيبات بتلك الصبغة مما يدل على اهمية تلك العناصر في نقل العناصر من الجدر الى الورقة .

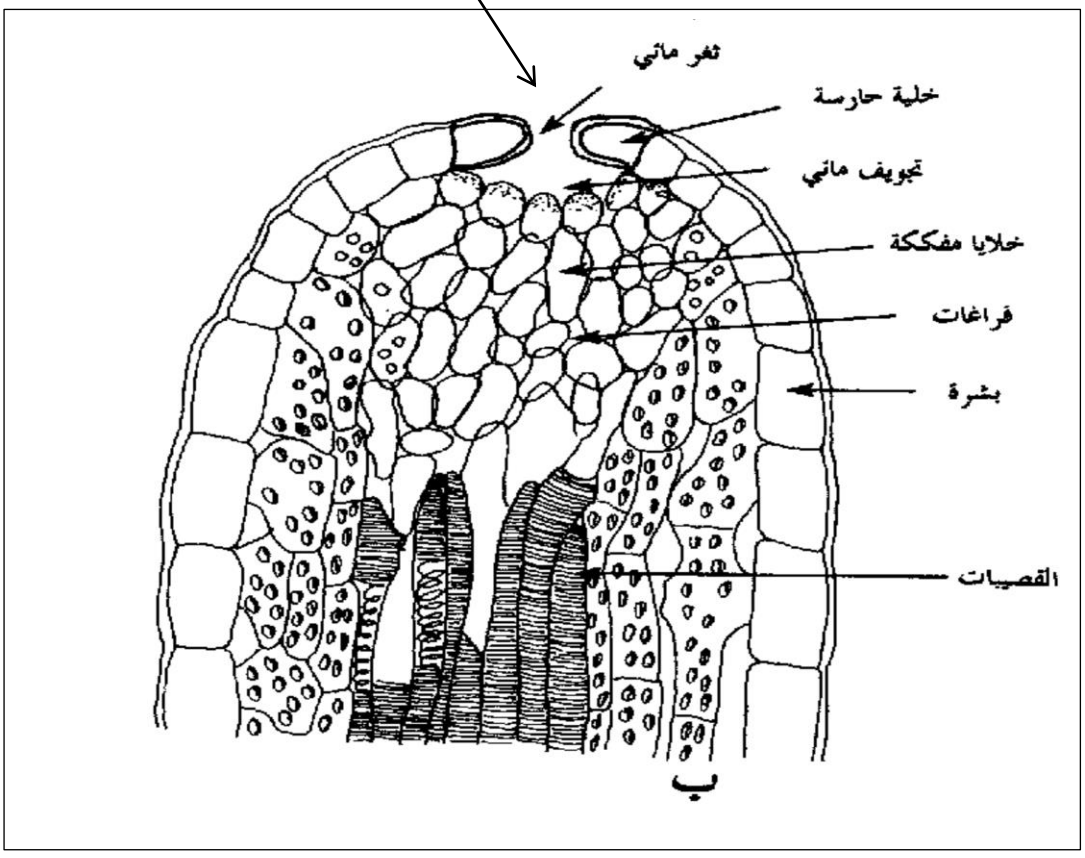
ميكانيكيات نقل الماء داخل النبات Mechanisms of water Translocation

حركة الماء تكون مع تدرج الجهد المائي بين محلول التربة وانسجة النبات ، وياتي دلك الفرق بالجهد المائي من خلال عملية النتح في الورقة عبر الثغور ، فضلا عن تراكم الدائبات في القمة النامية للساق والتي من شانها ان تخفض الجهد المائي للمجموع الخضري . والميكانيكيات التي تساعد في عبور الماء للنبات تشمل :

١- **الضغط الجدري Root presure**: وهو الضغط المتولد في العناصر الخشبية نتيجة لفعالية الخلايا في منطقة الجدر ولدلك فانها تعد عملية نشطة Active process . اي ان توليد الضغط عملية نشطة حيث تمتص كميات من الايونات امتصاصا نشطا اي بصرف طاقة .

يمكن عمل تجربة بسيطة لتوضيح ظاهرة الضغط الجدري ودلك بقطع المجموع الخضري لنبات الطماطة بحيث يبقى جزء قصير من الساق ثم يروى بالماء بكمية كافية ويوصل الجزء المقطوع بواسطة انبوبة مطاطية ويوضع قليل من الماء في الانبوبة الزجاجية ، وبعد فترة من الزمن يلاحظ صعود الماء في الانبوبة الزجاجية ، حتى لوحظ تناضح الماء من الاجزاء المقطوعة .

وهنالك ظواهر تدل على الضغط الجدري مثل ظاهرة الادماع Guttation التي يمكن ملاحظتها في نبات النجيليات حيث ينساب الماء من اطراف الاوراق للنباتات المروية جيدا تسمى هده الثغور بالثغور المائية Hydathodes . وظاهرة اخرى تسمى ظاهرة النزف Bleeding التي يمكن ملاحظتها في سيقان نبات العنب المقطوعة في بداية موسم الربيع .



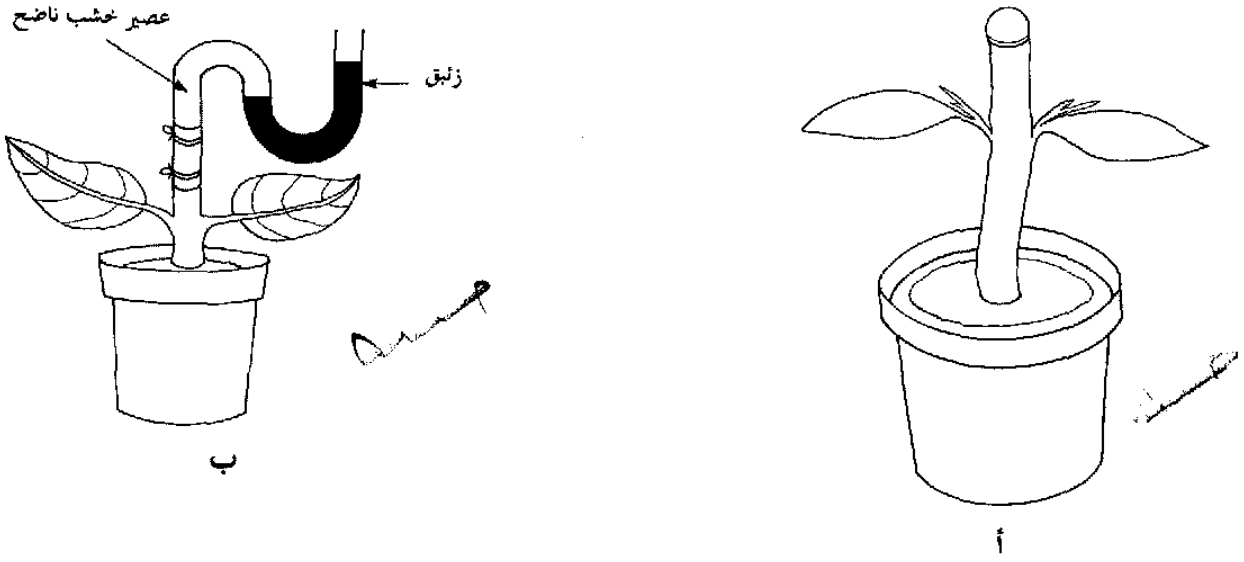
وبالرغم من اهمية الضغط الجدري في ارتفاع الماء الى الورقة ولكن لايمكن تفسير كل ظاهرة صعود الماء نسبة الى الضغط الجدري بسبب :

١- مقدار الضغط صغير لايمكن ان يرفع الماء الى الارتفاعات العالية من الاشجار الطويلة .

٢- ان معدل انسياب العصارة في انسجة الخشب يكون ابطا من معدل النتح مما يدعو للتفكير بوجود الية اخرى ينتقل فيها الماء الى الورقة . وان العصارة في انسجة الخشب تكون تحت شد وليس ضغط وهدا الشد ناتج من النتح وليس الضغط الجدري .

٣- لم يلاحظ اي نوع من الضغط الجدري في النباتات المخروطية بالرغم انها اشجار عالية .

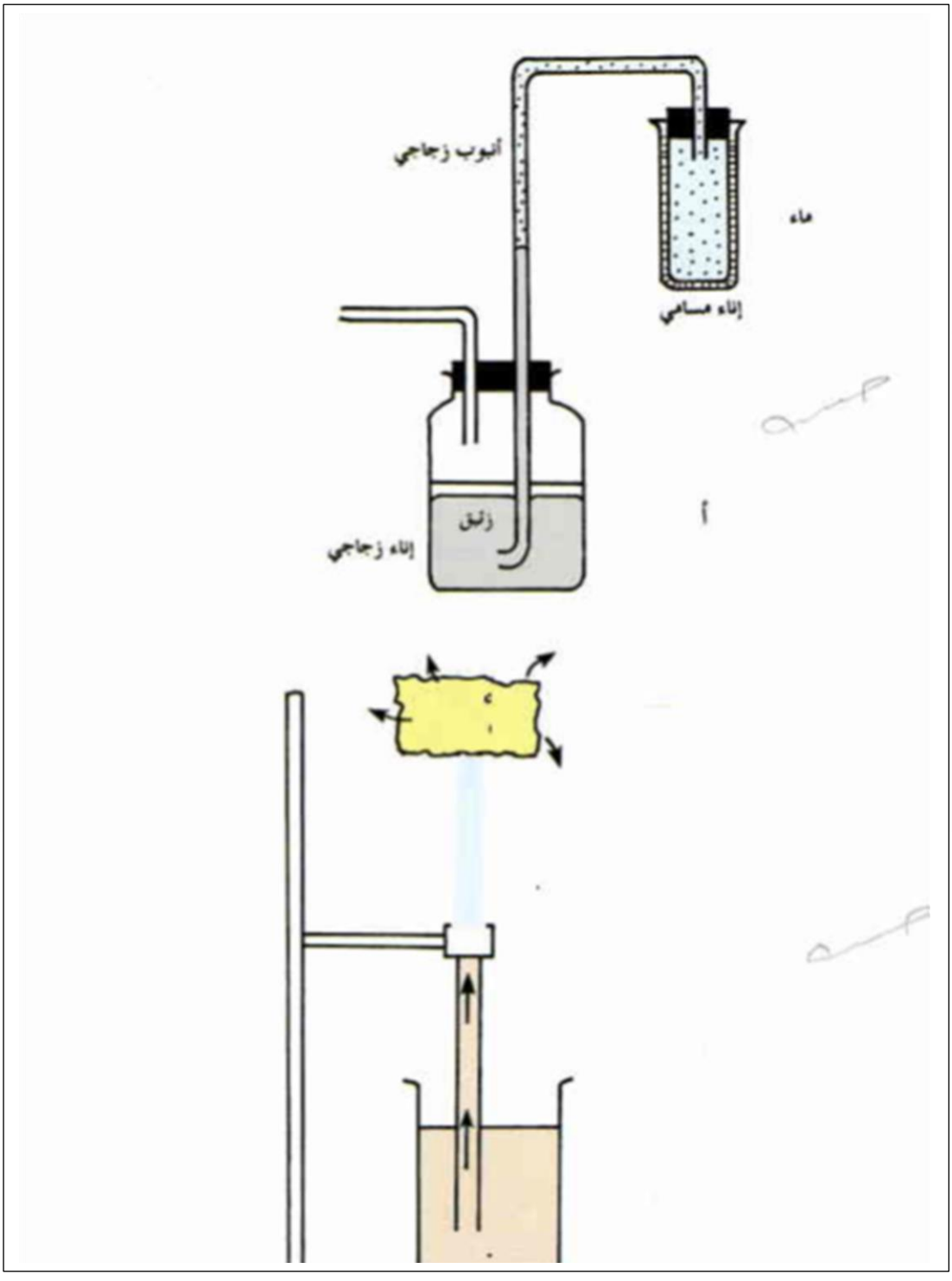
يمكن ملاحظة ان ظاهرة الضغط الجدري تكون عالية في حالة زيادة الرطوبة في التربة والجو حيث تكون الظروف غير مناسبة لعملية النتح فيتكون ضغط في منطقة الجدر ، بينما في الظروف التي تكون فيها عملية النتح فعالة فان النبات يكون تحت شد من الاعلى وليس ضغط من الاسفل ، كما ان دور الايونات مختلف في عملية النتح ادا كانت سريعة او بطيئة ففي حالة النتح السريع فان الايونات والماء يصعد الى الاعلى بفعل الشد وادا كان النتح بطئ فان الماء يتراكم في منطقة الجدر بفعل الخاصية الازموزية نتيجة لتراكم الايونات بالامتصاص النشط لدلك يتكون ضغط جدري موجب وبعد دلك يندفع الماء تحت تاثير التدفق الكتلي الى اعلى ساحبا معه الايونات ايظا .

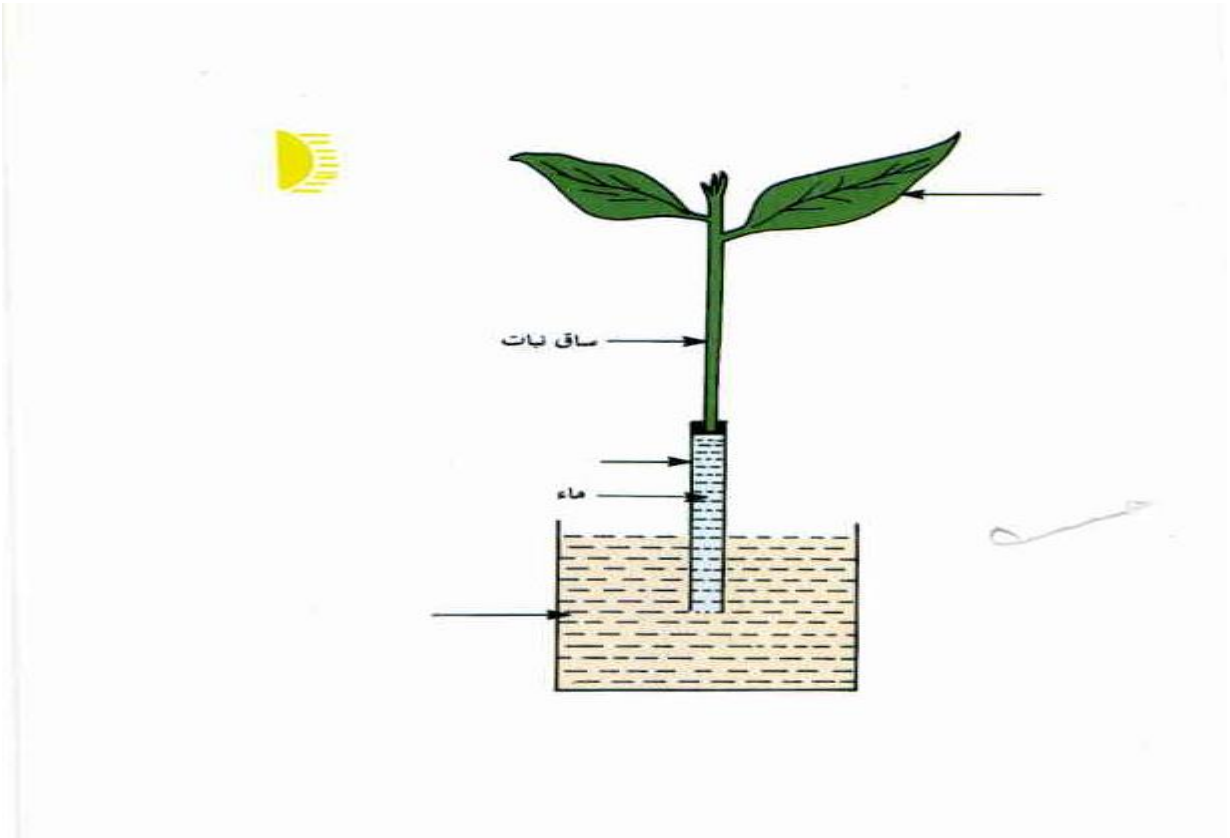


٢- **نظرية التلاصق والتماسك Cohesion –Tension Theory:** توكد هده النظرية على اهمية خاصية التماسك لجزيئات الماء مع بعضها البعض وخاصية التلاصق بين جزيئات الماء والجدر الداخلية لعناصر الخشب .ويمكن اجراء تجارب توضح هده الظواهر في نقل الماء . ويمكن تصور ان العناصر الناقلة في الخشب عبارة عن انابيب شعرية لدلك ادا اجريت تجارب على الانابيب الشعرية تكون قريبة من فكرة العناصر الخشبية ، يمكن تصميم جهاز بحيث يكون هنالك اناء مسامي يتصل مع انبوب زجاجي وقد ملى كل الجهاز بالماء وهده الانابيب تكون خالية من الهواء وهدا يمكن انجازه

من خلال باحاطة الاناء المسامي بدورق يحتوي على ماء مغلي ويسمح للهواء بالخروج من انبوب التصريف . يوضع في الحوض زئبق حتى تسهل ملاحظة حركته في الانبوب وبدلا من الانبوب المسامي نضع اسفنجة ، ومع تبخر الماء من الاناء المسامي فان عمود الماء فان عمود الماء يسحب وبعده الزئبق من الحوض يمكن تعجيل هده العملية باستخدام مروحة او زيادة درجة حرارة الهواء المحيط بالاناء المسامي . ومما هو مفهوم بان هنالك قوة تماسك بين جزيئات الماء وتلاصق بين جزيئات الماء والجدران الداخلية للانابيب .

كدلك يمكن اجراء التجربة باستخدام غصن نباتي بدل الاناء المسامي او الاسفنج حيث يقوم الغصن النباتي بالنتح وهدا من شانه ان يزيد من صعود الماء في الانبوب الزجاجي المتصل بالنبات وتدعى هده الفكرة بنظرية التماسك والتلاصق .





نظرية التماسك والتلاصق باستعمال نبات حي حيث تؤثر عملية النتح في حركة الماء من الساق والانبوب الزجاجي المتصل به والحوض الدي يحتوي على محلول ملون

استنتاجات عامة : يمكن للضغط الجدري ان يحرك الماء الى اعلى النبات لكن ليس بالكمية الكبيرة ولا الى الارتفاعات اللازمة لمعظم النباتات . غير ان نظرية التماسك والتلاصق تفسر صعود الماء في النباتات دات النتح الشديد وتعتمد هده النظرية على تاثير النتح فضلا عن خصائص الماء الفيزيائية بخصوص قوى التماسك والتلاصق التي تمتاز بها جزيئات الماء وبالتالي فان تحويل القوة المحركة للماء تحت ظروف النتح الشديد انما تكون بشكل ضغط سالب او شد في عناصر الخشب والدي ينتقل خلال العمود المائي حتى يصل الى خلايا الجدر والتربة .