كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثانية**

المادة : اساسيات الفزيولوجيا النباتية

المحاضرة: الثالثة /نظري/د. صباح

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات

٤

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

العلاقات المائية في الخلية النباتية

العوامل الخارجية المؤثرة في الضغط الحلولي للخلايا النباتية

1- البيئة : يتغير الضغط الحلولي للخلايا النباتية نتيجة لتغير محلول التربة حيث أن زيادة نسبة الاملاح في التربة ترفع الضغط الحلولي للنباتات التي تعيش فيها وينتج عن ذلك زيادة امتصاص الاملاح من قبل النبات وتراكمها داخل الخلايا من جهة وتحلل المواد العضوية مثل النشا في الجذر عندما يقل دخول الماء اليها . ويختلف الضغط الحلولي للنباتات حسب بيئتها فالضغط الحلولي للنباتات المائية أقل من النباتات الارضية وهو في نباتات المناطق المعتدلة أقل منه للنباتات الجفافية ، ويكون الضغط الحلولي للنباتات أليفة الملوحة عاليا جداً.

2- نوع النبات : الضغط الحلولي للاشجار أكبر منه للنباتات العشبية

3- موضع النسج في النبات : كلما كان موضع النسيج في النبات قريبا من مصدر الماء انخفض ضغطه الحلولي ومثال ذلك الضغط الحلولي للجذر أقل منه للاوراق ويرتفع الضغط الحلولي للاوراق كلما بعدت عن مصدر الماء كما أنه يرتفع من القشرة باتجاه الانسجة الداخلية.

4- عمر النسيج النباتي: يتناقص الضغط الحلولي مع زيادة عمر النبات فهو في الانسجة الفتية أعلى منه الاوراق المسنة على نفس الساق كما ان الضغط الحلولي للثمار غير الناضجة أقل منه للاوراق ولكن عند نضج الثمار يرتفع ضغطها الحلولي ارتفاعا ملحوظا لزيادة نسبة السكريات المنحلة في العصارة الفجوية.

لا بد من التذكير ان الجهد المائي للماء النقي يساوي الصفر بينما يكون سالب القيمة في حالة المحاليل ويصبح موجب القيمة عند تسليط ضغط على الماء او المحلول حسب قيمة الضغط المطبق .

خواص الماء : يمتاز جزيء الماء بتركيب كيميائي خاص حيث ترتبط جزيئة هيدروجين مع ذرة اوكسجين مشكلة زاوية مقدارها 105 ، وجزيء الماء يمتاز بصفته القطبية حيث يحمل شحنة موجبة وشحنة سالبة وهو متعادل كهربائيا ، ونتيجة الصفة القطبية ينجذب نحو الجزيئات القطبية الاخرى مكونا رابطة تسمى الرابطة الهيدروجينية التي تعطيه خصائص فريدة نوجزها بالاتي

1- الماء سائل عند مدى واسع من درجات الحرارة وهي الدرجات الاكثر ملائمة للحياة

2- الحرارة النوعية للماء عالية ويمتاز ان توصيله الحراري عالي ما يساعد على امتصاص وتوزيع كميات كبيرة من الطاقة دون زيادة كبيرة في درجة الحرارة ما يساعد على ثبات درجة حرارة الخلية دون حدوث تباين في الحرارة الداخلية للخلية والمحيط

3- الحرارة الكامنة للتبخر عالية بسبب الرابطة الهيدروجينية ، وتعرف حرارة التبخر انها الطاقة اللازمة لتحويل وزن جزيئي غرامي من الماء السائل إلى وزن جزيئي غرامي من بخار الماء ، وبما ان هذه الطاقة لابد ان يتم امتصاصها من

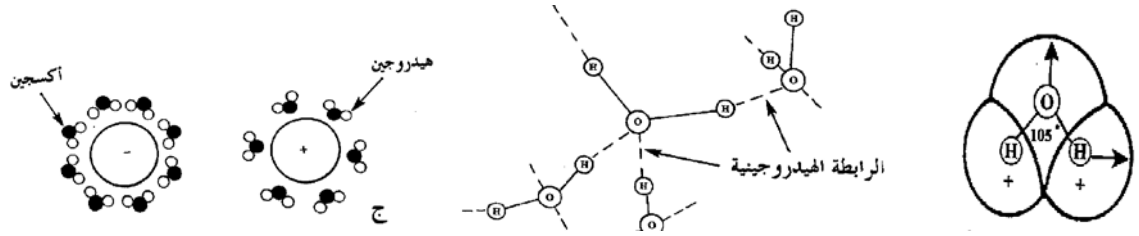
المحيط تعزى ظاهرة التبريد الملازمة لعملية التبخر إلى حرارة تبخر الماء ومن هنا فان عملية النتح تقوم بتبريد الورقة خلال فترات الجو الحار .

4- قوة التماسك وقوة التلاصق : يمتاز الماء بقوة تلاصق عالية بسبب الروابط الهيدروجينية فيكون تماسك جزيئات الماء مع بعضها عاليا ، أما قوة التلاصق فهي المسؤولة عن انجذاب الماء إلى المواد الأخرى التي يدخل في تركيبها الاوكسجين .

5- امتصاص الضوء : يمتص الماء كميات طفيفة من موجات الضوء المرئي ما يساعد على ثبات واستقرار درجة الحرارة سواء في النبات او على سطح الارض

6- لزوجة الماء تزداد اللزوجة بانخفاض الحرارة وتقل بارتفاعها

7- الماء مذيب عام بسبب خاصية القطبية التي يمتاز بها وقابليته لمعادلة الجذب الكهربائي بين الجزيئات الذائبة والايونات عن طريق إحاطة الايون أو الجزيء بطبقة أو أكثر من جزيئات الماء تسمى غلاف التميؤ ما يقلل فرصة ارتباط الايونات لتشكيل التراكيب البلورية .



جزيئة الماء الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء ذوبان المواد في الماء

أهمية الماء للنبات: يدخل الماء في تركيب النبات بنسبة كبيرة وترجع أهمية الماء للأسباب التالية:

1- يدخل في تركيب البروتوبلاست ويمثل 95 % من الوزن الكلي بالتالي فإن نقص الماء يؤدي الى توقف النشاط الحيوي للبروتوبلاست ، عند زيادة النقص يموت البروتوبلاست لان معظم المواد العضوية في البروتوبلاست تكون بحالتها الطبيعية في وجود الماء وعند ازالة الماء منها تتأثر خصائصها الكيميائية والفيزيائية .

2- ينظم عملية فتح واغلاق الثغور

3- يوجد الماء في الفجوات العصارية للحفاظ على انتفاخ الخلية وتماسك النبات ككل.

4- يشارك الماء بشكل مباشر في التفاعلات الكيميائية التي تحدث في البروتوبلاست

5 - يدخل في تركيب الانزيمات ومنظمات النمو

6- يحيط الماء بكل خلية من خلايا النبات بشكل غشاء رقيق

7- الماء هو مصدر ذرات الهيدروجين اللازمة لعملية التمثيل الضوئي

8- الماء هو المذيب الاساسي لكل المواد التي تدخل في التفاعلات الكيميائية

9- يوفر الماء البيئة الملائمة لحركة الذائبات في الخشب واللحاء .

يمكن تطبيق المبادئ و الاليات الخاصة بالخلية النباتية المنفردة او النباتات البدائية على النباتات الراقية حيث ان امتصاص الماء من التربة إلى الجذور وحركته ضمن النبات تتم على اساس فرق الجهد المائي .ويمكن تتبع مسار الماء داخل النبات كما يلي :

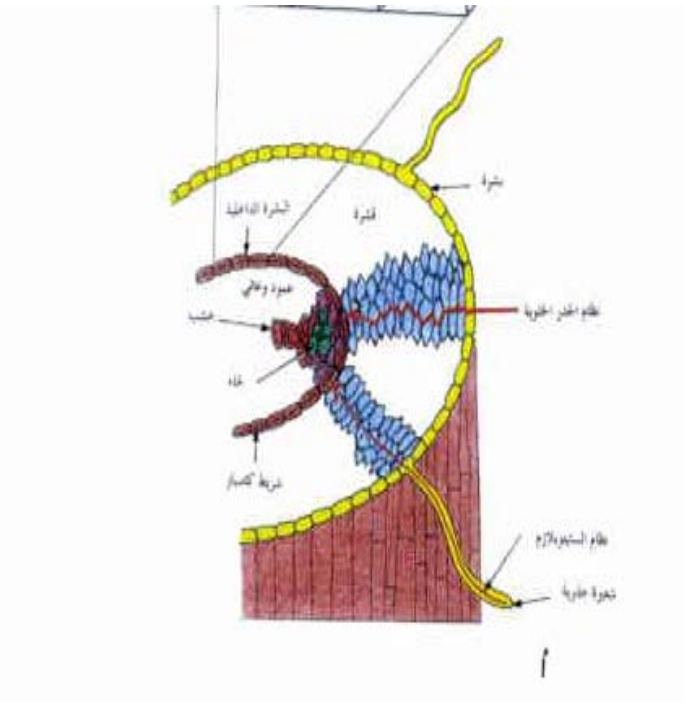
1- امتصاص الماء 2- صعود الماء في نسيج الخشب 3- النتح

1- امتصاص الماء : يحدث امتصاص معظم الماء في منطقة الشعيرات الجذرية من منطقة الجهد المائي العالي في محلول التربة إلى منطقة الجهد المائي المنخفض في خلايا الجذر ، ويتم امتصاص القليل من الماء في منطقة القمة النامية والمناطق مكتملة النمو حيث يواجه الماء مقاومة شديدة في منطقة القمة النامية بسبب كثافة البروتوبلاسم العالية وفي المنطقة مكتملة النمو بسبب اختفاء الشعيرات الجذرية و ترسب السوبرين والكيوتين على البشرة وزيادة ترسب شريط كاسبار في جدر خلايا البشرة الداخلية وبالتالي منع نفاذ الماء .

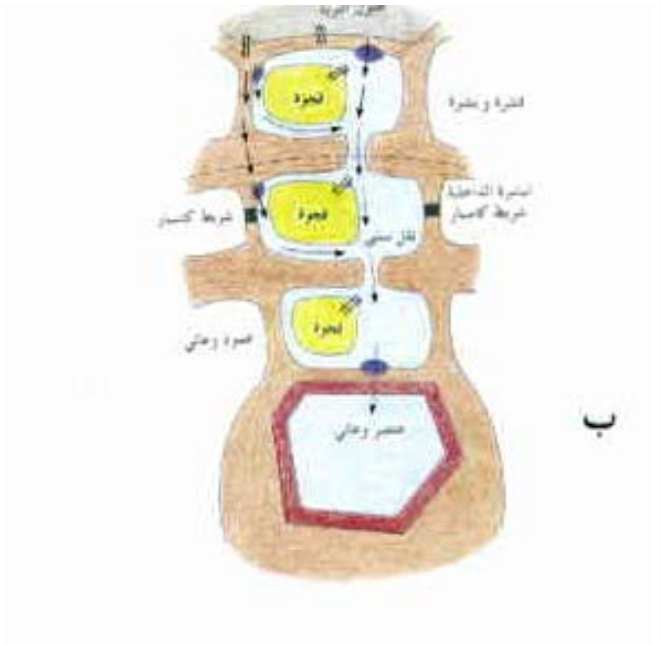
يدخل الماء إلى منطقة القشرة في الشعيرات الجذرية ويكون مسار الماء خلال هذه المنطقة وفق المسارين الاتيين:

- عن طريق نظام السيتوبلاسم او النظام الحي حيث يتحرك الماء عبر السيتوبلاسم والخيوط البلازمية إلى الخلايا الاخرى مرورا بالفجوات .

- عن طريق نظام الجدر الخلوية مرورا بالمساحات البينية



مسار الماء والايونات قطريا



مسار الماء والايونات في نظام الجدر الخلوية ونظام السيتوبلاسم

آلية امتصاص الماء في الجذر: تجري عملية امتصاص الماء وفق الالية الاسموزية هذا يعني ان الماء يتحرك من منطقة الجهد المائي العالي في التربة إلى منطقة الجهد المائي المنخفض في أنسجة الجذر ، وينشا هذا التدرج في الجهد المائي نتيجة نوعين من التأثيرات هما :

أ- تأثير النتح : يحدث هذا التأثير نتيجة قوى ناشئة في الجو أو في أنسجة الورقة ، فعند فقد الماء بالنتح لا بد من تعويضه من خلال امتصاصه من الجذر عبر الساق ، حيث أن فقد الماء من الاوراق يعني هبوط المحتوى المائي فيصبح الجهد المائي أكثر سالبية في انسجة الورقة وينتقل التأثير إلى الساق ثم الجذر ما يؤدي إلى دخول الماء من محلول التربة ذو الجهد المائي العالي إلى الجذر فالساق فالاوراق (أي أن هذا الامتصاص يحدث بتأثير قوى ناشئة في الورقة بتأثير عملية النتح)

ب- تأثير تراكم الذائبات : يحدث تدرج في الجهد المائي بين محلول التربة وأنسجة الجذر نتيجة امتصاص الايونات امتصاصا نشطا (صرف طاقة بشكل ATP) ما يؤدي إلى هبوط الجهد الاسموزي والجهد المائي وبالتالي الاسراع في امتصاص الماء ودخوله الاسطوانة الوعائية ونشوء ضغط يدفع الايونات والماء إلى اعلى وهذا ما يسمى بالضغط الجذري حيث يكون امتصاص الماء وفق الالية الاسموزية بعد امتصاص الايونات بالالية النشطة تسود هذه الالية في ظروف غياب تأثير النتح في الليل مثلا.

العوامل المؤثرة في امتصاص الماء

1 - تركيز محلول التربة: يؤدي انخفاض الجهد المائي لمحلول التربة الى خفض معدل امتصاص الماء حيث يعاني النبات من عجز شديد في الماء وتسمى هذه الحالة بالجفاف الفسيولوجي وقد يؤدي الى موت النبات الا أن بعض النباتات تتغلب على هذه الحالة وذلك بخفض الجهد الاسموزي لعصيرها الخلوي بطريقتين :

أ- زيادة امتصاص الايونات كما يحدث في الاراضي المالحة فينخفض الجهد المائي للعصير الخلوي وبالتالي استمرار امتصاص الماء من قبل النبات ،ان هذه العملية تبقي على حياة النبات الا أنها تكون على حساب نموه وانتاجيته لان معظم الايونات الممتصة تكون سامة اضافة الى صرف طاقة كبيرة على امتصاص الماء .

ب- التعجيل في تكوين المواد الذائبة العضوية حيث يعمل النبات على هدم البروتينات والكربوهيدرات ما يخفض الجهد المائي وبالتالي ابقاء التدرج في الجهد المائي لصالح دخول الماء الى النبات يحدث هذا في النباتات المعرضة للاجهاد المائي اضافة الى النباتات المعرضة للملوحة .

ان خفض الجهد الاسموزي والمائي بالطريقتين السابقتين يؤدي الى صرف طاقة على حساب نمو وانتاجية النبات لذلك نلاحظ انخفاض انتاجية النباتات المعرضة لظروف الجفاف والملوحة.

2- تهوية التربة : في الترب جيدة التهوية يكون امتصاص الماء سريعا عكس الترب سيئة التهوية وذلك بسبب :

- قلة الاوكسجين تسبب اعاقة النمو واعاقة العمليات الحيوية ومنها الامتصاص النشط للايونات والعناصر الغذائية
- تراكم ثاني اكسيد الكربون يسبب زيادة لزوجة البروتوبلازم وتقليل النفاذية وانقاص قدرة الجذور على الامتصاص.

3- الماء الميسور في التربة : يقوم النبات بامتصاص الماء عند مستوى معين من المحتوى المائي للتربة ويحدد هذا المستوى بنقطتين :

أ- النسبة المئوية للذبول الدائم في هذه النقطة يكون النبات غير قادر على امتصاص الماء وتظهر عليه اعراض الذبول الدائم حيث لا تستعيد الاوراق ضغط امتلائها حتى لو وضعت في جو مشبع ببخار الماء مدة 24 ساعة .

ب- السعة الحقلية : وهي المحتوى المائي للتربة بعد سقيها بالماء وتشبعها بالرطوبة حتى يتوقف تدفق الماء منها، ويمكن أن نسمي الماء الموجود في التربة ما بين نقطة الذبول الدائم والسعة الحقلية بالماء الشعري وتختلف قيمة الماء الشعري حسب نوع التربة .

4- معدل النتح في النبات : تسبب زيادة معدل النتح في النبات نقص الجهد المائي وبالتالي يكون التدرج الحاصل في الجهد المائي لصالح دخول الماء الى النبات.

5- خصائص المجموع الجذري : هناك نوعان من الجذور الوتدية المتعمقة في التربة والليفية التي تشكل شبكة كثيفة قريبة من سطح التربة و تقل قدرة الجذر الامتصاصية مع تقدمه في العمر حيث تغطي مادة السوبرين جدر خلايا الجذر .

6- الظروف المناخية : تؤثر الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والضوء وسرعة الرياح والرطوبة النسبية في امتصاص الماء . حيث تؤثر درجة حرارة الجو في امتصاص الماء من خلال تأثيرها في درجة حرارة التربة والتي غالبا ما تكون قريبة من درجة حرارة الجو ويؤدي انخفاض درجات الحرارة الى خفض امتصاص الماء من خلال تأثيرها في معدل انتشار الماء وخفض نفاذية الاغشية الخلوية و معدل العمليات الحيوية و معدل نمو الجذور وزيادة لزوجة الماء وهذه كلها عوامل تقلل معدل امتصاص الماء اضافة الى خفض معدل النتح الذي يقلل امتصاص الماء، بينما تزيد درجات الحرارة العالية معدل النتح فيزداد امتصاص الماء حتى الوصول الى درجة حرارة معينة عندها يكون تأثيرها سلبي على امتصاص الماء ومجمل العمليات الحيوية في النبات.

أما بالنسبة لتأثير الضوء فهو يسبب فتح الثغور وفقد الماء بالنتح وبالتالي حدوث تدرج في الجهد المائي و تسريع امتصاص الماء ، وهنا يمكن أن نقول أن اي عامل يزيد معدل النتح يتسبب في زيادة معدل امتصاص الماء كما هو الحال بالنسبة للرياح والرطوبة النسبية .

2- صعود الماء في نسيج الخشب : يقوم نسيج الخشب بنقل الماء من الجذر إلى الورقة ، وهناك أنواع متباينة من الانسجة ضمن نسيج الخشب (حية وغير حية) وهي:

أ- العناصر القصيبية تشمل الاوعية الخشبية والقصيبات

ب- ألياف الخشب

ج – بارنشيما الخشب

تقوم الاوعية الخشبية والقصيبات بالعمل الرئيسي في نقل الماء حيث تمتاز بتثخن جدرها بمادة اللجنين وبأشكال مختلفة حتى تمنح القوة لها فضلا عن مقاومتها للشد الناجم عن النتح . أما الالياف الخشبية تتميز بخلايا طولية مستدقة النهاية ومثخنة باللجنين وقد يمر قسم ضئيل من الماء خلالها ،أما البارانشيما فهي خلايا حية تساعد على الحركة الجانبية للماء والمواد الذائبة وهناك بعض الادلة على دور الخشب في نقل الماء منها:

- ان عناصر الخشب في النباتات المائية المغمورة قليلة مقارنة بالنباتات البرية والنباتات الوسطية التي تنتح بسرعة و تتميز بأنها ذات حزم وعائية وخشب أكثر من النباتات الصحراوية
- من خلال تجارب التحليق: يتم ازالة اللحاء وترك الخشب سليما عندها تبقى الاوراق فوق منطقة التحليق منتفخة ولكن عند ازالة الخشب فان الاوراق فوق منطقة التحليق تذبل بسرعة
- عند استخدام صبغة الايوسين حيث تغمر بادرات سليمة في محلول حاوي على هذه الصبغة عندها تتلون منطقة طرف الجذر بما فيها الانسجة المرستيمية الابتدائية غير ان منطقة الاسطوانية الوعائية في الجذور والساق والاوراق تتلون فيها الاوعية والقصيبات ما يدل على دورها في نقل العصارة من الجذر إلى الورقة
- باستخدام العناصر المشعة وذلك بغمر جذور بادرة سليمة في محلول فوسفات صوديوم مشع ويتم تحديد موقع العنصر المشع باستخدام التصوير الشعاعي في عناصر الخشب.

آلية نقل الماء في الساق : قبل مناقشة الاليات التي تفسر صعود الماء إلى أعلى النبات من خلال عناصر الخشب لا بد من التذكير ان حركة الماء تكون مع التدرج في الجهد المائي بين محلول التربة والهواء المحيط عبر انسجة النبات ، ويحدث الفرق في الجهد المائي بين الورقة ومحلول التربة من عملية النتح من خلال الورقة عبر الثغور وعملية النمو فضلا عن تراكم الذائبات في القمة النامية للساق والتي من شأنها ان تخفض الجهد المائي للمجموع الخضري ويمكن مناقشة الاليات الاتية لفهم عملية نقل الماء من الجذر إلى الورقة :

1- الضغط الجذري : هو الضغط المتولد من العناصر الخشبية نتيجة فعالية الخلايا في منطقة الجذر ولذلك فإنها تعد عملية نشطة حيث يتم امتصاص كميات من الايونات امتصاصا نشطا (صرف طاقة) الا ان صعود الماء في انسجة الخشب يتم وفق القاعدة الاسموزية . ويمكن ان نلاحظ ظاهرة الضغط الجذري عند قطع المجموع الخضري لنبات ما كالطماطم مثلا حيث نبقى جزء صغير من الساق ثم يروى النبات جيدا ويوصل الجزء المقطوع بأنبوبة زجاجية ويوضع قليل من الماء فيها وبعد فترة نلاحظ صعود الماء في الانبوبة الزجاجية وهذا ما يدل على حادثة الضغط الجذري .هناك ظاهرة اخرى تدل على الضغط الجذري وهي ظاهرة الادماع التي نلاحظها عند النجيليات حيث ينساب الماء من فتحات (ثغور مائية) في اطراف الاوراق للنباتات المروية جيدا. اضافة إلى ظاهرة تدعى النزف نلاحظها في سيقان نباتات العنب (الكرمة) المقطوعة حديثا في بداية الربيع .

بالرغم من أهمية ظاهرة الضغط الجذري في رفع الماء إلى الورقة عبر الساق إلا أنها لا تعطي تفسيرا كافيا للأسباب التالية

1- عدم ملاحظة هذه الظاهرة دائما

2- مقدار الضغط الناشئ صغير لا يكفي لرفع الماء إلى أعلى بعض الأشجار العالية

3- لم يلاحظ اي نوع من الضغوط في خشب النباتات المخروطية والتي تعد من الأشجار العالية

4- انسياب العصارة في أنسجة الخشب يكون أبطأ من معدل النتح ما يدعو للتفكير في آلية اخرى ينتقل من خلالها الماء إلى الورقة كما أن العصارة في انسجة الخشب تحت تأثير شد وليس ضغط وهذا الشد ناتج من النتح وليس من الضغط الجذري

ان الية الضغط الجذري تكون واضحة في حال زيادة رطوبة الجو والتربة حيث الظروف غير ملائمة لعملية النتح فيتكون ضغط في منطقة الجذر ، الا انه في الظروف التي تكون فيها عملية النتح فعالة يكون الماء تحت تأثير شد من الأعلى وليس ضغط من أسفل ، ويعتقد أن جهد الضغط يكون سالبا في خلايا الجذر عندما يتعرض النبات لظروف نتح شديد حيث يصعد الماء والايونات إلى أعلى بفعل الشد. أما اذا كان النتح بطيئا يتراكم الماء في منطقة الجذر بفعل الخاصية الاسموزية نتيجة تراكم الايونات بفعل الامتصاص النشط لذلك يتكون ضغط جذري موجب وبعد ذلك يندفع الماء إلى أعلى ساحبا معه الايونات.

2- نظرية الشد والتماسك : تؤكد هذه النظرية على أهمية التماسك لجزيئات الماء مع بعضها وخاصية التلاصق بين جزيئات الماء والجدر الداخلية لعناصر الخشب ،حيث يمتاز الماء بقوة تماسك عالية بسبب الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته ويكون تماسك جزيئات الماء مع بعضها أقوى من التداخل بين الماء والهواء وهذا ما يفسر استمرارية اعمدة الماء في عناصر الخشب ومقاومتها للقطع، لذلك فإن أعمدة العصارة التي تملأ تجاويف الاوعية الخشبية ترتفع كوحدة متماسكة إلى قمة النبات بقوة سحب كبيرة ناتجة عن النتح اضافة إلى قوة التلاصق بين جزيئات الماء وجدران الاوعية الخشبية التي تعمل على ابقاء عمود الماء معلقا . وعند فقد خلايا النسيج الوسطي في الورقة لبعض مائها اثناء النتح يحدث شد أو سحب في عمود العصارة المتصل بالاوعية الخشبية ليعمل على رفعه إلى أعلى .

أما قوة التلاصق فهي انجذاب الماء إلى المواد الاخرى التي يدخل الاوكسجين في تركيبها مثل السيللوز حيث يقوم الماء بتكوين روابط هيدروجينية معها ومثل هذه المواد تتلاصق مع الماء بشكل جيد(سيللوز- نشا – بروتينات) وهذا يساعد في صعود الماء في عناصر الخشب إلى اعلى النبات