

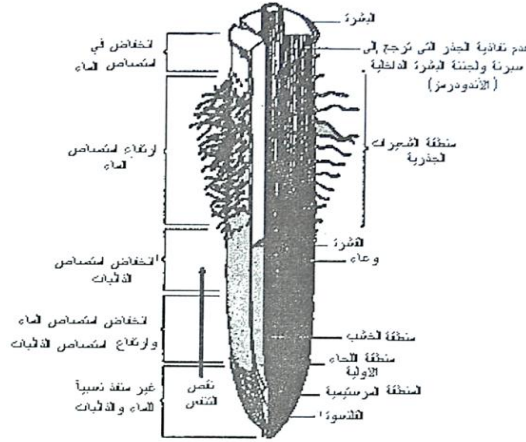
امتصاص الماء Absorption of water وانتقاله في النبات :

يتم امتصاص الماء م خلال المجموع الجذري تحت الظروف الطبيعية واكثر مناطق الجذر الحديث امتصاصاً للماء هي منطقة الشعيرات الجذرية " انظر الشكل "

ينتشر الماء الى الشعيرات من المنطقة (الخلايا) الأقل سالبية للجهد المائي الى الخلايا الأخرى للبشرة كنتيجة للتدرج في الجهد المائي وكلما ظل الجهد المائي للعصير الخلوي لخلايا الجذر اكثر سالبية عن ذلك لمحلول التربة فإن الماء يستمر في الدخول الى الخلية **والزيادة في تركيز المذبات في الخلايا او النقص في ضغط امتلائها سوف يسببان سالبية للجهد المائي** الذي ينشأ في العصير الخلوي ونتيجة لذلك فإن امتصاص الماء يزداد وبالتالي فإن معظم الماء الممتص يحدث خلال وساطة الميكانيكا الازموزية . ولما كان المجموع الجذري للنباتات المختلفة ربما يختلف اختلافاً كبيراً في المظهر وفي امتداده داخل التربة لذلك فلا يوجد ادنى شك في الاختلاف الشديد في قدرات الجذور على امتصاص الماء

اما في الجذور المسويرة كما في نبات الحور الأصفر Yellow Poplar والصمغ الحلو Sweet gum فإن امتصاص الماء يتم عن طريق ثلاثة مرات هي:

- العديسات Lenticles
- الكسور حول الافرع الجذرية break around branch roots
- الجروح Wounds



مسار تحرك الماء

أ- مسار حركة الماء خلال الجذر : Path of Water movement through root

يتم امتصاص الماء عن طريق الشعيرات الجذرية في الجذر ثم ينتقل الى بشرة المجموع الجذري نتيجة للفرق في الجهد المائي بين التربة و العصير الفجوي لخلايا الجذر ويستمر الماء بالانتشار الى داخل النبات مادام هناك فروق في الجهد المائي لخلايا الجذر ثم يدخل خلال انسجة القشرة ثم الى (Endodermis) ثم يتحرك الى الدائرة المحيطة ثم يصل الى اوعية الخشب ونتيجة لوجود اشربة كاسبر التي هي من مادة السوبرين فيتحول الماء الى داخل خلايا الخشب بالألية الازموزية ومن جهد مائي اقل سالبية الى جهد مائي اكثر سالبية وبما ان نسيج الخشب بالجذر مرتبط بنسيج الخشب بالساق فإن الماء ينتقل من نسيج الخشب في الجذر الى نسيج الخشب في الساق ثم يقع الماء الممتص تحت تأثير الشد النتحى الى بقية أجزاء النبات.

ان حركة الماء خلال جذر خلايا البشرة الداخلية يعاق بسبب شريط كاسبر Casparian Strip وهو شريط من السوبرين يغطي السطوح الداخلية للجذر الأولية العرضية والشعاعية لخلايا البشرة.

ب- مسار حركة الماء في الورقة :Path of Water movement in Leaf

يتشعب خشب الساق ليكون شبكة معقدة من الانسجة الموصلة للماء والتي تنتهي بالعروق او الحزم الوعائية في الورقة والتي أيضاً تتفرع الى تشعبات ثانوية وهكذا والتي تنتهي بالعروق الدقيقة والتي تمثل الحزم الوعائية في الورقة وفي ذوات الفلقة الواحدة تحاط الحزمة الوعائية بخلايا برنكيميكية تسمى غلاف الحزمة bundle sheath ويتحرك الماء من العروق الى ميزوفيل الورقة حيث يستخدم نسبة قليلة منه في المحافظة على امتلاء الخلايا اما الغالبية العظمى منه يخرج الى الغرف الهوائية تحت الثغور ثم يخرج عن طريق الثغور الى المحيط الخارجي وذلك نتيجة للفرق في تركيز البخار في الداخل والخارج وهذا يسمى بعملية النتح Transpiration.

امتصاص الماء بواسطة أجزاء النبات الهوائية :Absorption of Water by aerial of plants

يحدث احياناً امتصاص الماء بصورتيه السائلة والبخارية وبدرجة محدودة بواسطة الأجزاء الهوائية في النباتات ويعتمد ذلك على :

أ- الجهد المائي لخلايا الورقة

ب- نفاذية طبقة الكيوتكل

اذا كان الجهد المائي لخلايا الورقة اكثر سالبيه من الجهد المائي في المحيط الخارجي فأن الماء ينتقل من الخارج الى داخل الورقة وبالعكس اما نفاذية طبقة الكيوتكل فكلما كانت رقيقة سمحت لنفوذ الماء من خلالها اما اذا كانت متخشنة فأنها تمنع ذلك وقد يحتوي الكيوتكل على طبقة متقطعة حيث تتخللها مادة البكتين (نظام غروي محب) ذات قدرات اقتصادية عالية تستطيع اخذ الماء بهذه الطريقة ولكن بصورة عامة نسبة الماء الممتص بهذه الطريقة غير مهمة.

عوامل التربة المؤثرة في امتصاص الماء :

١- درجة الحرارة : حيث بأنخفاضها يقل الامتصاص وذلك :

أ- تقل حركة الماء بأخفاض درجة الحرارة وذلك لزيادة لزوجة الماء

ب- تزداد لزوجة السايبتوبلازم فيصبح اقل نفاذية للماء.

ت- يحصل توقف لنمو الجذور وتقليل امتصاص الماء.

٢- الجهد المائي لمحلول التربة : ان امتصاص الماء يحدث نتيجة لوجود تدرج في الجهد المائي لمحلول التربة والجهد المائي للعصير الخلوي لخلايا الجذر وذلك يجب ان يكون دائماً الجهد المائي لمحلول التربة اقل سالبيه من الجهد للعصير الخلوي للجذور وذلك فالنباتات المتحملة للملوحة والتي تعيش في تربة مالحة Halophytes هي التي تأخذ الماء من التربة بسهولة.

٣- تهوية التربة (توفر O_2) : ان تهوية التربة عامل أساسي لنمو الجذور نمواً طبيعياً لأن وجود O_2 مهم لتنفس الجذور وتحرير طاقة تساعد الجذور على القيام بالعمليات الحيوية ومنها امتصاص الماء ولذا عند السقي بالماء بغزارة يسبب طرد الهواء ونقص O_2 ويتوقف التنفس وينخفض معدل ايض الجذر وقدرته على امتصاص الاملاح تنخفض فتتراكم الاملاح ويؤثر على امتصاص الماء وخاصة عندما تكون التهوية رديئة والنتج سريع فيحدث ذبول للأوراق وقد يموت النبات بالرغم من غمر التربة بالماء (ظروف غرفة).

٤- تركيز CO_2 (زيادة CO_2) : ان تركيز CO_2 وزيادته وتراكمه له تأثير مثبطاً لأمتصاص الماء نتيجة لعدم توفر O_2 وايضاً ان زيادة CO_2 يسبب لزوجة البروتوبلازم وانخفاض في نفاذية الجذر للماء وبالتالي إعاقة امتصاص الماء.

٥- توفر ماء التربة (جاهزية) : لا يعد كل الماء الموجود في التربة متيسر للنبات فعندما يستنزف الماء من جزء التربة المحيط بالنظام الجذري يصبح امتصاص الماء بواسطة النبات اكثر صعوبة نتيجة للنقص في التدرج للجهد المائي بين الجذور والتربة ولذا فأن العوامل الفيزيائية التي تسمك الماء بالتربة اقوى من العوامل الفيزيائية التي تسهم في امتصاص النبات للماء.

هناك علاقات بين ماء التربة والتبات وهي :

أ- السعة الحقلية (F.C) Field Capacity: ويقصد بها محتوى التربة من الماء بعد سقيها و صرف الماء الزائد منها بفعل الجاذبية الأرضية مباشرة تاركاً فقط الماء المتبقي المرتبط بحبيبات التربة بفعل العوامل الفيزيائية (المحتوى المائي للتربة بعد تشبعها بالماء وصرف الماء الزائد منها مباشرة).

ب- نسبة الذبول الدائم (PWP) Permanent wilting percentage : يقصد بها النسبة المئوية لماء التربة المتبقي عندما تظهر اول اعراض الذبول على النبات أي الماء الذي لا يستطيع النبات امتصاصه ويقصد بها ايضاً هو حالة التربة عندما تكون الأوراق في وضع لا يستطيع استرجاع مائها حتى لو وضعت في محيط مشبع بالماء وتختلف PWP , FC باختلاف النباتات وانواع الترب فمثلاً في التربة الطينية تكون كلاهما عالية اما في التربة الرملية فتكون لكلاهما واطنة وتختلف PWP باختلاف النباتات لأن عوامل ازوموزية النبات هي التي تحدد PWP اكثر من عوامل التربة نفسها فمثلاً في النباتات ذات البيئة المعتدلة Mesophytes تكون ذات جهد ازوموزي -٣٠ بار بينما النباتات الصحراوية halophytes لها جهد ازوموزي -٣٠٠ وهذا دليل على اختلاف النباتات في قدرتها على امتصاص الماء أي ان PWP تعتمد على العلاقات المائية في داخل النبات بالنسبة لأمتصاص الماء وليس على رطوبة التربة.

ج- الاجهاد او الشد الكلي لرطوبة التربة (TSMS) Total soil moisture stress:

هي مجموع الجهد الازوموزيه لمحلول التربة والشد الرطوبي للتربة ويقصد بالشد الرطوبي هو تلك القوى التي تمسك الماء بالتربة مثل قوى الجاذبية وقوى الادمصاص والقوى الهيدروستاتية (اتزان الماء) في الليل تقل سالبيه TSMS نتيجة لتحرك الماء من أجزاء التربة البعيدة عن الجذر نحو سط الجذر وكذلك يقل الجهد المائي (اقل سالبيه) في النهار نتيجة لعملية النتج ويتبخر الماء يصبح TSMS اكثر سالبيه وكذلك الجهد المائي لضمان استمرار امتصاص الماء من قبل جذور النبات من التربة بدلاً من خروجه وان جفاف التربة المستمر يزداد سالبيه TSMS وكذلك سالبيه ψ_m للنبات حتى يصل الى مستوى يكون فيه الضغط الامتلاني (الانتفاخي) للأوراق صفراً اي حالة الذبول الدائم PWP ونستنتج مما سبق ان الماء المتوفر للنبات يمثل كمية الماء الباقية في التربة والتي تتراوح بين PWP , FC حيث تمثل FC الحد الأعلى لماء التربة المتوفر PWP الحد الأدنى له أي ان الماء لايعتبر متيسر بسهولة للنبات الا اذا كان عند مستوى اعلى من FC واقل من PWP.

نظام المكون غير الحي والمكون الحي Apoplast and Symplast

Apoplast :أشار الى هذا المصطلح الباحث munch في دراسات على انسياب الماء والمحلول في النبات وهو مصطلح يعبر عن النظام الذي يتضمن جميع الاجزاء غير الحية وجميع الجدر والمسافات البينية في الجذور والسيقان والأوراق التي ينتقل عن طريقها الماء و الذائبات لذا فإن انتقال الماء في هذا النظام لا يكون بسبب فعل الازوموزية المباشر وانما يعود الى الخاصية الشعرية Capillary action او مثلما في الذائبات يرجع الى الانتشار الحر.

Symplast :أشار اليه نفس الباحث أعلاه وهو مصطلح يعبر عن حركة الماء المستمرة في الأجزاء الحية في النبات والتي تشمل الروابط البلازمية Plasmodesmata وعناصر الغشاء الساييتوبلازمي وتكون حركة الماء بالألية الازوموزية

وكقاعدة أساسية ان الماء يتحرك من التربة الى داخل الجذر على طول تزايد سالبيه تدرج الجهد المائي وهذا يرتبط بتركيز الذائبات في الخلايا الجذرية ويكون المحتوى الملحي في الخلايا الداخلية اعلى مما هو عليه في الخلايا الخارجية للجذر لكي يستمر الماء في الحركة من محلول التربة الى داخل الخلايا وان السبب في ذلك هو ان امتصاص وتراكم الاملاح يتطلب صرف طاقة ايضية وان الاوكسجين يكون عالي التركيز في القشرة ويتناقص في اتجاه الأسطوانة الوعائية بينما ثاني أوكسيد الكربون يكون عكس ذلك لذا يكون النشاط الايضي عند اقل مستوى في الخلايا الداخليه في المنطقة القريبة في قنوات الخشب لذا لايتوفر مستوى من الطاقة كافي لعدد الاملاح عكسياً الى خارج خلايا الجذر باتجاه القشرة ثم البشرة الى المحيط الخارجي لذلك فإن خلايا الاسطوانة الوعائية تفضل فقد الماء الى اعلى كما ان فقد الرجعي خلال شريط كاسبر غير ممكن وكما ذكرنا ان فقد الملح في اتجاه واحد داخل تجويف خلايا الخشب بسبب تدرج الطاقة من الخارج الى الداخل بالنسبة لخلايا الجذر فإن الماء لابد ان يسلك هذا الطريق الوحيد

الاتجاه وينتشر من محلول التربة ذا الجهد المائي الأقل سالبية الى العصير الخلوي للخلايا الداخلية في الجذر ذات الجهد المائي الأكثر سالبية.

انتقال الماء :Translocation of Water

ان العوامل التي تسيطر على صعود الماء بالنبات قد فسرت من قبل عدة نظريات ومن هذه النظريات هي :

أ- نظرية الضغط الجذري Root Pressure:

يعرف الضغط الجذري انه الضغط الذي يتولد في عناصر القصيبات للخشب بسبب النشاط الايضي للجذور لذا يوصف بأنه عملية نشطة وان حركة الماء في الساق تكون نتيجة الضغط الجذري بسبب الاليات الازموزية التي تتولد نتيجة للامتصاص النشط للملح بواسطة الجذور ويتأثر الضغط الجذري بالعوامل التي تؤثر ايضاً في عملية التنفس (على سبيل المثال الاجهاد الاوكسجيني (Oxygen tension) والمواد المخدرة (narcotics) والاكسينات (auxins) ومثبطات التنفس (respiration inhibitions).

تعتبر البية الضغط الجذري عامل مهم في رفع الماء الى النبات عندما تكون ظروف النتج غير ملائمة له وان صعود الماء بهذه الطريقة ما هو الا دليل على وجود الضغط الجذري الذي ينقل الماء من الأسفل الى الأعلى الا انه لا يكون العامل الوحيد لرفع الماء الى أعالي الأشجار للأسباب التالية له :

- ١- لارتفاع قيمة الضغط الجذري عن (٢) ضغط جوي وان الضغوط الجذرية الأعلى من (٢) ضغط جوي (قد تكون اكثر من ٦ ضغط جوي) نادراً ما يتم الحصول عليها
- ٢- الضغط الجذري لم يلاحظ في الأشجار العالية كالمخروطيات
- ٣- ان معدل انسياب الماء بسبب الضغط الجذري يقل كثيراً عن معدل النتج
- ٤- ان الماء في اوعية الخشب وجد انه تحت تأثير شد وليس تحت ضغط.

ويختلف معدل خروج السوائل (الماء) عند السطوح المقطوعة للساق اعتماداً على قابلية الامتصاص فمثلاً في المحاليل الملحية المنخفضة التركيز تظهر معدلات للارتشاح exudation ونقص به خروج السائل (الماء) بسبب الضغط الجذري عند قطع الساق وهناك علاقة قوية بين دور الضغط الجذري ومعدل الارتشاح أي ان السرعة النسبية لخروج السائل عنج السطح المقطوع للساق قد يكون الضغط الجذري عاملاً مهماً في تحريك الماء وقد يلاحظ في بعض النباتات ظاهرة الادماغ (guttation) والتي غالباً ما تلاحظ تحت الظروف الغير مشجعة للنتج وهي انسياب الماء في نهاية العروق.

٢- النظرية الحيوية Vital Theory:

ان صعود الماء يقع تحت تأثير الفعاليات الحيوية في الساق ويدعم ذلك ان نسيج الخشب يحتوي على خلايا حية (الخلايا الحشوية و اشعة الخشب) الا ان هذه النظرية استبعدت لأن السيقان التي قتلت خلاياها الحية بالسموم تبقى قادرة على نقل الماء.

٣- نظرية الشد – التماسك Cohesion – Tension Theory :

وقد تسمى السحب النتحي Transpiration pull وأول من وضع هذه النظرية العام (دكسن) وهي اكثر النظريات قبولاً لتفسير انتقال الماء بالنبات وان جهاز نقل الماء داخل النبات هو نسيج الخشب ويكون بهيئة شبكة دقيقة مملوءة بالماء حيث تكون أعمدة مائية خيطية متواصلة تمتد من قاعدة النبات الى قمته وبفعل تماسك جزيئات الماء والتلاصق بين جزيئات الماء وجدران الاوعية الخشبية فان الشد الذي يقع عند أي نقطة ينتقل الى جميع الأجزاء فعند تبخر الماء من جدران خلايا الميزوفيل الى الخارج وهذا الماء يأتي من داخل الخلايا أي من البروتوبلازم الى الجدران ثم ينتقل من الخلايا الداخلية العميقة للميزوفيل الى الخلايا السطحية لها ولذا فان الخلايا تسحب الماء من قنوات الخشب لعروق الورقة جاعلة الماء في هذه القنوات تحت تأثير شد وهذا الشد يساعد في انتقال الماء من خلية الى اخرى نتيجة للفرق في الجهد المائي .