الفصل الرابع

علاقة النبات بالماء

Plant Water Relations

obeikan.com

obeikan.com

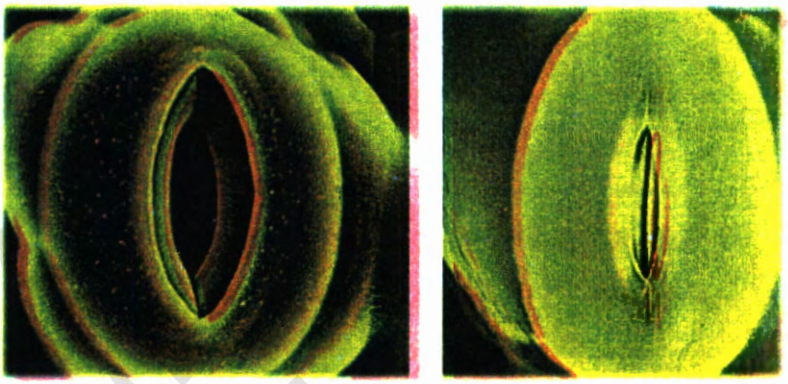
مقدمة :

يقول الله عز وجل (وجعلنا من الماء كل شئ حي) صدق الله العظيم

من المعروف أن بخر الماء الى الهواء الخارجي يتم في وجود الطاقة الشمسية و لتي تزيد من قابلية الهواء على حمل المزيد من جزيئات الماء ويحصل الهواء على جزيئات الماء من أي سطح رطب يكون فيه جهد الماء (طاقة الماء الحر) أعلى من الجهد المائي للهواء والأوراق النباتية إحدى هذه السطوح الرطبة الغضة التي يمكن أن تمد الهواء بجزيئات الماء · نتيجة لفقد الأوراق للماء لابد من وجود عملية إمداد للنبات بالماء من التربة لتعوض الفقد وهو ما يعرف بعملية الامتصاص·فعملية الامتصاص إذن عملية دخول الماء للنبات مع ما يحتويه من أملاح وأيونات ذائبة من خلال الجذور وقد يتم امتصاص الماء عن طريق المجموع الخضري ولكن الكميات الممتصة من الماء عن طريقة الأوراق عادة ما تكون قليلة ·

امتصاص الماء وعلاقته بالنتح:

يفقد الماء من الأوراق خلال الثغور التي تفتح لتسمح بدخول ثاني أكسيد الكربون وهو المادة الضرورية لعملية البناء الضوئي لذلك يمكن اعتبار النتح عملية ثانوية و ضريبة لابد أن يدفعها النبات لقاء تسهيلات المرور التي تعطيها الأوراق لمرور ثاني أكسيد الكربون نتيجة الفقد المستمر للماء كان لابد للنبات تعويض هذه الكمية بالامتصاص و إلا هلكت الأوراق و هلك النبات·



(الشكل ١٠) يوضح الجهاز الثغرى وعملية فتح وغلق الثغور

يفقد الماء من أعلى النبات فيزداد تركيز المواد في خلايا الأوراق فيقل الجهد المائي فيها مما يزيد من سحبها للماء من الخلايا المجاورة وينتقل هذا التأثير الي خشب الأوراق ثم الى خشب الساق و الجذور ومن الجذر إلى جزيئات التربة المحيطة بها فيتحرك الماء من التربة إلى الأوراق كخيط قوى يتحرك حين يسحب أحد طرفيه· وعمليتي النتح و الامتصاص متلازمتان على الدوام عندما يزيد النتح عن الامتصاص يقل محتوى خلايا النبات من الماء فيقل الضغط فى داخلها فيذبل النبات و يحدث هذا عادة أثناء ساعات النهار التي ترتفع فيه درجات الحرارة و تقل الرطوبة النسبية فيكون النتح فى أقصاه والجهد المائي للخلايا الورقية فى أدنى مستواه · لذلك لابد من أخذ فكرة عن النتح و العوامل المؤثرة عليه·

أنواع النتح:

النتح هو فقد الماء على هيئة بخار ماء من أسطحه المعرضة للجو خاصة الأوراق فاذا فقد الماء عن طريق ثقوب ميكروسكوبية تسمى بالثغور stomata سمى بالنتح الثغري· اما اذا فقد الماء على صورة بخار الماء من خلال العديسات

lenticcles الموجودة فى الأنسجة الفلينية التي تغطي أسطح السيقان و الأفرع سمى بالنتح العديسي أما الفقد من أسطح الأوراق و السيقان العشبية خلال طبقة الأدمة يسمي بالنتح الأدمي.

لما كان النتح ضروريا للنبات و كان من الضروري أيضا أن يقي النبات نفسه من أخطار الذبول المترتب علي شدة النتح تعين أن يوجد جهاز خاص علي السطوح لورقية لتنظيم حركة فقد الماء من النبات بحيث لا يفقد النبات الماء إلا بالقدر المناسب ـ هذا الجهاز هو مجموعة الثغور المبعثرة علي سطح الأوراق.

للنتح فوائد عديدة نجملها فى النقاط التالية:

١. يقي النبات من أخطار الحر الشديد لأن تبخر الماء من أنسجة الورقة يقتضي استنفاذ مقدار من الحرارة تعرف بحرارة التبخير و التي تستمدها من الأوراق فتبرد.

٢. ينتج من النتح قوة سالبة هي العامل المهم في إمداد النبات بالماء.

٣. يساهم النتح في زيادة معدل امتصاص النبات للذائبات من التربة.

ميكانيكية فتح و غلق الثغور(الحركة الثغرية) :

يحمل سطح بشرة الورقة عدد كبير من الثغور تحاط كل منها بخليتين من حلايا البشرة متخصصتين تعرفان بالخلايا الحارسة يتحكمان فى فتح وغلق الثغور.و احركة الثغرية تعتمد بصفة عامة علي الاستجابة المباشرة للزيادة أو النقص للجهد الاسموزي للخلايا الحارسة و التغير في الجهد المائي الناتج من التغيرات الأسموزية بسبب تحرك الماء من أو الي الخلايا الحارسة . فعند امتلاء الخلايا الحارسة (أي يخرج منها الماء) فان الثغر يغلق . و يرجع زيادة الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و نظرا لاحتوائها علي البلاستيدات الخضراء الي زيادة السكريات الناتجة من عمليات التمثيل الكربوهيدراتى فقد قيس الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة ووجد أنها ٩٠ ضغط جوي بينما تصل الي ربع هذا المقدار فى خلايا البشرة المجاورة. وقد لوحظ أنه

بمجرد غلق الثغور يتراكم النشا فى الخلايا الحارسة وفي نفس الوقت ينخفض ضغطها الاسموزي حتى يوازي الضغط الاسموزي لخلايا البشرة.

غير أن فتح الثغور أسرع من أن يرجع الي عملية التمثيل الضوئي وهي عملية تتطلب وقتا حتى ينتج السكر، لذلك أن يكون هناك سببا أخر مباشرا لإحداث التغير اللازم فى الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة. فهناك رأي أن زيادة الضغط الاسموزى ناتج من تحلل النشا تحليلا مائيا الي سكريات تزيد من الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و هذا التفاعل عكسي نتيجة عمل أنزيم starch phosphorylase ، فعند ارتفاع الرقم الايدروجيني pH الي حوالي ٧ تحدث عملية الفسفرة phsphorolysis أو التحلل الفسفوري بمساعدة الأنزيم لتكوين جلوكوز $^{-1}$ فوسفات، وعند انخفاض الرقم الي حوالي ٥ فان النشا يتكون من جلوكوز $^{-1}$ فوسفات بواسطة نفس الأنزيم و ينفرد حمض الفوسفوريك . فعند حلول الظلام ببلا يتراكم ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس و الذي يتحول الي حمض كربونيك فيؤدي الي رفع الحموضة و انخفاض رقم ال pH هذا الوسط الحامضى يلائم أن يعمل الأنزيم في اتجاه (سكر --- نشا) فينخفض الضغط الأسموزي في الخلايا الحارسة فتسحب الماء من الخلايا فتنكمش و تضيق فتحة الثغر و تغلق الثغور. أما في الضوء فعلي العكس حيث أن عملية التمثيل الضوئي تستهلك ثاني أكسيد الكربون الذتج من التنفس وبذلك تقل الحموضة و يرتفع رقم ال pH فى العصير الخلوي للخلايا الحارسة وهذا الوسط القريب للتعادل يلائم عمل الأنزيم في اتجاه (نشا --- سكر) فيؤدي الي رفع الضغط الاسموزى للخلايا الحارسة و بالتالي تمتص الماء من الخلايا المجاورة فتنفتح الخلايا الحارسة و ينفتح الثغر. و هناك رأي أخر للعالم Scarth وضعه لتفسير سرعة الثغور عند تعرضها للضوء و الذي أنكر علي الأنزيم سرعة فتح الثغر لان العمل الأنزيمي يحتاج الي وقت أطول من فتح الثغر عند تعرضه للضوء ، فقد أشار الي أن الضوء يسبب نقص تركيز الايدورجين في عصارة الخلايا الحارسة وهذا يزيد من قوة التشرب للمكونات الغروية للخلايا الحارسة فتمتص الماء من الخلايا المجاورة ، وعليه فانتقال الماء فى هذه الحالة ما هو الا نتيجة لقوة التشرب و ليس لقوة الامتصاص الأسموزية.

العوامل المؤثرة علي الحركة الثغرية :

١- الضوء :

يؤثر الضوء علي فتح وغلق الثغور بالميكانيكية السابق ذكرها.

٢- البوتاسيوم :

وجود البوتاسيوم بالخلايا الحارسة يؤدى لانحلال النشا الى سكريات بسيطة زيادة التركيز الاسموزى فى الخلايا الحارسة مما يؤدى لانتقال الماء الى داخل لخلايا الحارسة وبالتالى يزيد من ضغط الامتلاء فينفتح الثغر.

٢- تركيزثانى أكسيد الكربون :

عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المسافات البينية لأنسجة الورقة عن لتركيز في الجو الخارجي يؤدى لغلق الثغور وعند التعرض للضوء يستهلك ثانى كسيد الكربون في عملية التمثيل الضوئي فيقل تركيز ثانى أكسيد الكربون ويفتح الثغر.

٤- درجة الحرارة :

عند درجة حرارة من ٠ م - ٣٠ م يزداد فتح الثغر وعند درجة حرارة أقل من م أو أكثر من ٣٠ م يؤدى ذلك إلى غلق الثغور وذلك في معظم النباتات .ويرجع علق الثغور إلى زيادة معدل التنفس عند هذه الدرجات من الحرارة فيزداد تركيز ثانى أكسيد الكربون فيغلق الثغر.

٥ – نقص الماء وحامض الأبسيسيك :

هناك بعض الحالات لا يستطيع النبات امتصاص الماء رغم الظروف الملائمة للامتصاص فيحدث بالتالي نقص الماء داخل النبات وللحفاظ على القدر الضئيل من الماء داخل النبات يتجه النبات الى تكوين هرمون حمض الأبسيسيك ABA وينقل هذا الهرمون إلى الأوراق ويؤدى ذلك لتنشيط علق الثغور.

العوامل المؤثرة على معدل عملية النتح:

أ) العوامل النباتية :

١– نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري: عندما يزداد المجموع الجذري عن المجموع الخضري للنبات ووجود الظروف الملائمة للامتصاص والنتح تكون كمية الماء الممتص أكبر من كمية الماء المفقود بالنتح وبالتالي ينمو النبات والعكس عندما يقل المجموع الجذري عن المجموع الخضري يحدث ذبول للنباتات

٢– مساحة الورقة : من المعلوم أن زيادة مساحة الورقة يتبعها زيادة الماء المفقود وغالبا ما تنتح النباتات الصغيرة بمعدل أكبر عن النباتات الكبيرة وذلك على أساس وحدة المساحة ولو أن النباتات الكبيرة تفقد كميات من الماء أكبر إلا أن الماء المفقود بالنسبة لوحدة المساحة يكون أكثر فى النباتات الصغيرة.

٣– تركيب الورقة : يختلف عدد الثغور الموجودة وسمك طبقة الكيوتين المغطية للأوراق وسطحية وتعمق الثغور على سطح الورقة وتعريق الأوراق باختلاف الأنواع النباتية مما يؤثر على معدل النتح.

ب) العوامل البيئية :

١- الرطوبة النسبية في الجو :

ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو يترتب علية زيادة الضغط البخاري لبخار الماء فى هذا الجو ، ويؤدى ذلك بالطبع إلى تقليل البخر وبالتالي تقليل النتح.

٢- الرياح :

يتسبب عن حركة الهواء تقليل الرطوبة النسبية بإزالة الهواء الرطب في الجو الملامس مباشرة لسطح الأوراق وبالتالي يزداد النتح . أما عند اشتداد الرياح فان الثغور تقفل ، وبالتالي يقل معدل النتح .وتقفل الثغور هنا بسبب فقد النبات لكميات هائلة من الماء تؤدى الى نقص شديد فى انتفاخ البشرة والخلايا الحارسة وبالتالى تقفل الثغور.

٣- درجة الحرارة :

يؤدى ارتفاع درجة الحرارة الى زيادة البخر وبالتالى الى زيادة النتح وتعتبر عملية النتح عملية تلطف من حرارة النبات لأن قدر كبير من الحرارة التى تتعرض لها أسطح الأوراق تستنفذ فى تبخير كميات كبيرة من الماء فى صورة نتح.

٤- الضوء :

تتجلى دور الضوء من خلال تأثيرة على حركة فتح وغلق الثغور كما ان الضوء الشديد يزيد من درجة الحرارة وبالتالى يزيد من معدل النتح.

٥- تيسر ماء التربة :

كلما كان ماء التربة محددا كلما قل امتصاص الجذور للماء ويؤثر ذلك بالطبع على التوازن المائى فى النبات وعلى النتح.

امتصاص الماء :

أ- مسار تحرك الماء خلال الجذر :

يمتص الماء بواسطة الشعيرات الجذرية وخلايا البشرة الأخرى القريبة من منطقة الشعيرات الجذرية ثم يتحرك الماء من هذه الخلايا الى خلايا أنسجة القشرة ثم الى الاندودرمس ثم الى البريسيكل وفى النهاية الى الخشب · يتحرك الماء الى خلايا الاندودرمس خلال التدرج الاسموزى الى البريسيكل ثم الى الخلايا الموصلة للخشب ·ويتصل نسيج خشب الجذر مباشرة بنسيج الخشب فى الساق ولذلك يتحرك الماء من الجذر الى الساق·

تركيب النسيج الناقل فى الساق والأوراق: عند فحص قطاع عرضي لساق خشبية يلاحظ وجود منطقتين متميزتين هما:

- القلف وهو على شكل حلقة خارجية تحيط بالساق وتتشقق أحيانا·

- الخشب ويشكل اسطوانة الى داخل القلف وقد يوجد النخاع pith الى داخل الخشب · ويوجد بين اسطوانة الخشب او القلف عدة صفوف من خلايا نشطة تسمى الكمبيوم الوعائي والذى ينقسم مكونا خلايا جديدة للخشب واللحاء ويحاط القلف من الخارج بالكمبيوم الفلينى وهو نسيج مرستيمى تنقسم خلاياه ببطء· لذلك فان الانقسامات السنوية للكمبيوم الوعائي تؤدى الى زيادة نسبة الخشب الى القلف ·

- ويتكون الخشب من:

١- أوعية Vessels وهى خلايا متتابعة طوليا أسطوانية الشكل تفصل نهايتها مع بعضها البعض لتكون أنابيب طويلة نسبيا·

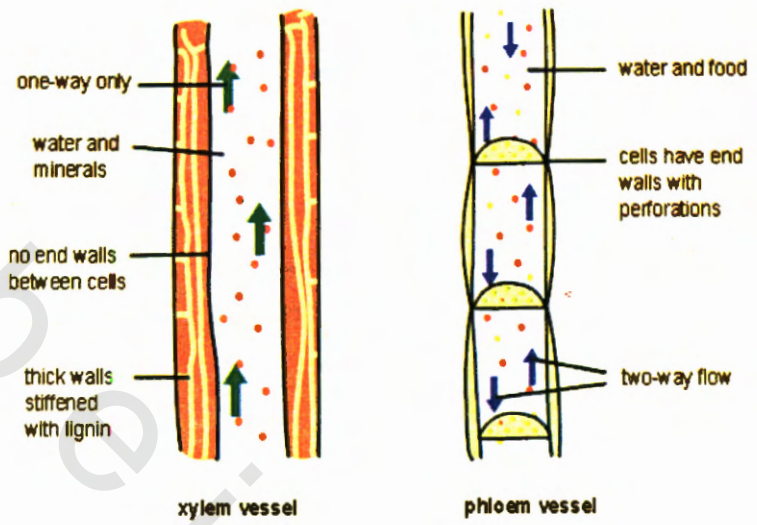
٢- قصيبات Tracheids وهى خلايا تميل للاستطالة ذات نهايات مدببة فتموت فيها البروتوبلازم عند النضج وتحتوى بعض القصيبات على

حالات نمو بشكل حلزوني ، حلقي مكون من السليولوز الملجنن كما تحتوى جدرانها على نقر تسهل حركة الماء والمواد المذابة من قصيبة لأخرى.

كما تحتوى نسيج الخشب ايضا على أشعة وعائية تساعد على حركة الماء بصورة افقية فى الساق وبعض الخلايا البرانشيمية التى تخزن الماء والمواد الغذائية والألياف الخشبية وتعمل على دعم الأنسجة الأخرى.

أما العروق الورقية فأنها عبارة عن حزم وعائية تتصل بمثيلاتها بعنق الورقة وتتركب العروق من خشب مكون من أوعية وقصيبات ولحاء مكونا أساسا من أنابيب منخلية ويكون الخشب القسم العلوي من العروق اى الى جهة البشرة العلوية بينما يكون اللحاء القسم السفلي.

openkan.com



(الشكل ١١) يوضح تركيب الوعاء الخشبى واللحاء

ب- حركة الماء فى الساق :

يتحرك الماء الى الأعلى مع بعض المواد الذائبة من أملاح ذائبة وتركيز منخفض من السكريات والممر الرئيسى للماء هو الخشب وتختلف سرعة صعود الماء الى الأعلى باختلاف النبات، فصل النمو، والظروف البيئية المحيطة.

ج- حركة الماء فى الأوراق :

تمثل الأوراق المرحلة النهائية لحركة الماء فى النبات. يتصل نصل كل ورقة بالساق فى عقدة الساق وفى العقدة يبرز النسيج الناقل الذى يغذى الورقة بالماء ويتوزع النسيج الناقل فى كل ورقة باختلاف النبات. ففى أوراق معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة تكون العروق موازية للعرق الرئيسى وتتفرع من هذه العروق فروع صغيرة ليصل الماء الى كل منطقة فى الورقة وفى نباتات ذوات الفلقتين يختلف توزيع العروق فى أوراقها فبعضها ذات عروق راحية حيث تتصل العروق الثانوية فى الورقة بالعرق

الرئيسى عند قاعدة الورقة. وفى البعض الأخر تكون العروق ريشية حيث يمتد العرق الوسطى الى حافة الورقة وتتصل بها الأفرع من الجانبين.

طرق قياس سرعة حركة الماء :

١- حقن المحاليل الملونة، المواد المشعة :

حيث يتم عمل شق فى الساق وتحقن محاليل ملونة،محاليل مواد مشعة باستعمال مكابس خاصة بضغط المحلول إلى أنابيب معدنية تغرز فى الساق. يقاس الوقت الذى استغرق المحلول للوصول الى ارتفاع معين حيث يقطع الساق الى مقاطع ويلاحظ المقطع الذى وصلت آلية الصبغة ولكن هذه الطريقة غير دقيقة فى نتائجها لان سرعة حركة الماء قد تتغير نتيجة شق الساق، فرز الأنابيب.

٢- الطريقة الحرارية:

حيث يسخن الماء فى الخشب بوضع سخان كهربائي على الساق وتقاس سرعة حركة الماء الى الأعلى بواسطة محبس حرارى يوضع على ارتفاع مناسب من السخان وهذه الطريقة لها عيوب إلا أنها ما زالت تستخدم على نطاق واسع.

آلية امتصاص الماء :

لقد بين علماء النبات أن امتصاص الماء يحدث بطريقتين رئيسيتين هما:

أ- الامتصاص النشط Active absorption: وهو أقل أهمية لمعظم النباتات ولأغلب الظروف.

ب- الامتصاص السلبي Passive absorption: ويحدث هذا الامتصاص نتيجة لتأثير قوة فيزيائية لا تحتاج لطاقة واهم هذه القوى هى النتح.

أولا): الامتصاص النشط :

من أهم الظواهر المألوفة فى النبات (أ) ظاهرة الادماع Guttation (ب) ظاهرة الضغط الجذرى Root pressure .

الادماع هو خروج قطرات الماء من الأوراق خلال العديسات الموجودة على حواف الأوراق نتيجة الضغط الجذرى يزيد عن المقاومة التى يلاقيها الماء فى حركته داخل النبات ·وقد يكون هناك ضغط جذري دون حدوث ظاهرة الادماع كما هو الحال فى بعض النباتات مثل سيقان العنب فى بداية الربيع ويمكن ملاحظة الضغط الجذرى بقطع أحد السيقان فيستمر ينزف الماء مما يدل على أن الماء داخل السيقان واقع تحت ضغط موجب (يزيد عن الضغط الجوى)·

وظاهرة الادماع والضغط الجذري لا يمكن تفسيرهما بالامتصاص السلبي فالامتصاص السلبي يعنى سحب الماء من الأعلى ويكون ضغطه داخل الساق سلبيا نتيجة الشد الواقع عليه من الأعلى بينما تحدث السابقة الذكر نتيجة دفع الماء من الأسفل أي من قبل الجذر و يكون ضغط الماء داخل الساق موجب ·

وقد وجد أن مقدار الضغط الجذري فى معظم النباتات يتراوح من ١-٢ بار قد يصل كثر من ذلك فى بعض النباتات مثل الطماطم (٧ بار) وسيقان نبات العنب (٥-٦ بار).

- الضغط الجذري غير ثابت و يعتمد علي كثير من العوامل.

• **العوامل المؤثرة علي الضغط الجذري :**

١- توفر الماء فى التربة : الضغط الجذري يكون فى أشده عند السعة الحقلية.

٢- الجهد الاسموزي لمحلول التربة: يصل الماء الي الجذر نتيجة فرق الجهد و تزداد كمية الضغط الجذري كلما كان الجهد الاسموزي للخلايا الجذرية قليل و الجهد الاسموزي لمحلول كبير (أقل سلبية).

٣- درجة حرارة التربة: يقل الضغط الجذري فى التربة المنخفضة الحرارة وذلك لزيادة لزوجة الماء و مقاومة الجذر وقلة نمو الجذر الرئيسي و بطئ سرعة امتصاص الأيونات.

٤- تهوية التربة: تزداد سرعة امتصاص الماء و يزداد الضغط الجذري فى التربة جيدة الصرف وقليلة الأملاح.

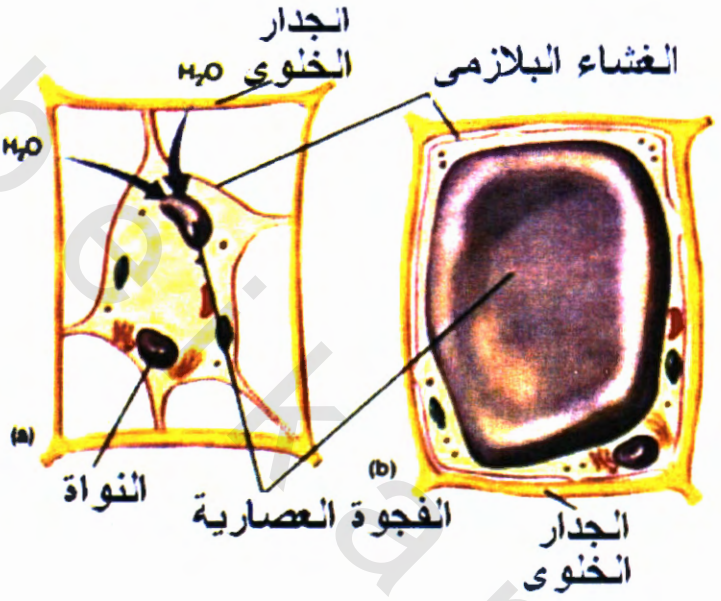
٥- عمر النبات: يقل الضغط الجذري فى الجذور القديمة التي تحتوي علي نسبة عالية من اللجنين و السوبرين و يزداد فى الجذور النشطة.

٦- ينعدم تأثير الضغط الجذرى في النباتات عندما تكون سرعة النتح أعلي من سرعة اندفاع الماء بالضغط الجذري لذلك فان جميع العوامل البيئية تساعد علي سرعة النتح تقلل من أهمية الضغط الجذري للنبات.

٧- يختلف مقدار الضغط الجذري خلال ساعات النهار و باختلاف الفصول بغض النظر عن تأثيره في رفع الماء ويكون في أشده في منتصف النهار و يقل أثناء

obeikan.com

الليل و يعزي ذلك الي عاملين هما الامتصاص النشط للأيونات و انتقالها الي الساق يكون في أشده خلال ساعات النهار وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لفاعلية الجذر خلال هذه الساعات· وزيادة مقاومة الجذر خلال ساعات النهار·



(الشكل١٢) يوضح ضغط الامتلاء واثرة على امتصاص الماء

كيفية حدوث الامتصاص النشط (الضغط الجذري) :

لقد عزي الضغط الجذري الي ثلاثة عوامل و هي:

- **يحدث الامتصاص نتيجة حدوث فرق في الجهد الاسموزي بين الجذر ومحلول التربة :**

يتحرك الماء من المناطق التي يكون فيها جهده مرتفعا الي المناطق التي يكون فيها جهده منخفضا·يقل الجهد الاسموزي لخلايا الجذر نتيجة تجمع الأيونات داخل خلايا الجذر و الخشب و تجمع هذه الأيونات من قبل الجذر ناتج عن استهلاك طاقة لأن تجمع الأيونات يحدث بعكس تركيزهما · و يحافظ الجذر علي فرق الجهد بين

خلاياه و محلول التربة باستمرار جمع الأيونات و حصوله علي السكريات من الجزء الخضري · و نتيجة لفرق الجهد يدخل الماء من التربة الي الجذر بعملية الانتشار البسيطة · إذن فعملية الامتصاص بهذه الطريقة لا تحتاج الي طاقة بصورة مباشرة و لكنها تحدث نتيجة امتصاص الأيونات بالامتصاص النشط و باستهلاك الطاقة · و لقد أمكن في كثير من الحالات تقليل الضغط الجذري باستعمال مواد مثبطة لتنفس الجذر كما أمكن تثبيط الامتصاص النشط بتسخين التربة أو وضع الجذر فى محلول الجهد الاسموزي مساويا للجهد الاسموزى فيه خلايا الجذر·

- **امتصاص جزيئات الماء امتصاصا نشطا:**

لقد اقترح أن جزيئات الماء قد تمتص باستهلاك طاقة بصورة مباشرة أي أنها تمتص امتصاصا نشطا كما هو الحال بالنسبة للأيونات و لم تجد هذه النظرية قبولا من أغلب الباحثين·

- **فرق الجهد الكهربائي الاسموزي:**

من المعروف أن الماء يمر من مكان الي أخر عبر الأغشية المنفذة إذا كان هناك فرق في التيار الكهربائي بين الجهتين و تكون حركة الماء في اتجاه القطب الكهربائي الذي يحمل شحنة مشابهة لشحنة الغشاء و بما أن غشاء السليولوز يكون شحنته سالبة في الماء و القسم الداخلي من الجذر يكون شحنته سالبة أيضا فان الماء يتحرك باتجاه الجذر و قد بينت الأبحاث بان فرق الجهد الكهربائي بين سطح الجذر و داخله تقدر بحوالي مائة مللي فولت و هذا الفرق تبين فيما بعد بأنه غير كافي لحركة الماء·

• قياس الضغط الجذري :

يمكن قياس مقدار الضغط الجذري لأغلب النباتات باستعمال مانوميتر حيث يقطع ساق النبات قرب سطح التربة و يوصل بأنبوب مطاط يتصل بالمانوميتر · يندفع الماء داخل الأنبوب فيرتفع الزئبق في أنبوبة المانوميتر و من حساب الفرق بين عمودي الزئبق يمكن حساب الضغط الجذري·

ثانيا): الامتصاص السلبي :

١- نظرية التماسك و الشد Cohesion –Tension theory

ولوأن الضغط الجذرى يساعد فى رفع الماء من الجذر الى الأوراق لكنة لا يعتبر القوة الأساسية المحركة للماء فالقوة المحركة للماء هى النتح والدليل على ذلك تلازم عمليتا الامتصاص والنتح وهذه القوة تتكون فى الأجزاء الخضرية وينتقل تأثيرها الى الجذور ويساعد فى ذلك قوة تماسك جزيئات الماء Cohension وقوة التصاقها بالخشب Adhesion ويمكن تفسير آلية الامتصاص السلبى كالتالى:-

يتبخر الماء من الأوراق لان الجهد المائى للهواء المحيط بانورقة يكون قليلا (اكثر سلبيا)، وعندما يتبخر الماء من خلايا الأوراق ويقل جهدها المائى فتتحرك نتيجة ذلك جزيئات الماء من الخلايا المجاورة حيث أن الماء يحاول موازنة جهده وينتقل التأثير من خلية الى أخرى حتى يصل إلى العروق الورقية فيقل لماء فى هذه العروق نتيجة حركته الى الخلايا وعندما يقل فى انعروق يتخلخل الضغط فيحدث Tension على جزيئاته وهذا الشد مشابه للشد الذى يحصل خيط من الجزيئات عند سحب أحد اطرافة ونتيجة للشد الحاصل على جزيئات الماء فى عروق الورقة يتحرك اليها الماء من العروق الأكبر حتى يصل التأثير الى خشب الساق ثم خشب الجذر وحتى الخلايا الحية من الجذر ثم الى سطح الجذر وعلى سطح الجذر تتماسك جزيئات الماء مع الجزيئات الموجودة فى محلول التربة وعلى هذا فان الجهد المائى يقل تدريجيا من التربة وحتى خلايا الورقة عندما يكون النتح مستمرا·

وهنا يتبادر للذهن سؤالا فى أنة إذا كانت جزيئات الماء تسحب من أعلى بشكل سلسلة فهل يتحمل عمود الماء هذا الشد دون انفصال جزيئات الماء عن بعضها ؟حيث ان انكسار عمود الماء يعنى موت النبات.

يعتمد مقدار الشد الواقع على عمود الماء على ارتفاع النبات فالشد الواقع على جزيئات الماء فى شجرة ارتفاعها ١٣٠م يبلغ (١٣ بار) هذا بالاضافة الى الشد الناتج عن مقاومة خشب الساق والأوراق والخلايا ولهذا فان الشد الواقع قد يصل الى(-٢٦ بار) بمعنى آخر أن هناك قوة سحب تحاول فصل جزيئات الماء عن بعضها البعض وهذه القوة تعادل ٢٦بار فهل تتحمل الرابطة الموجودة بين جزيئات الماء هذه القوة؟ تختلف القوة التى تربط جزيئات الماء مع بعضها Cohesion باختلاف قطر الأنبوب فكلما قل قطر عمود الماء (قطر الأنبوب) زادت القوة التى ترتبط بها الجزيئات . ولقد وجد بالتجربة العملية ان قوة ارتباط الجزيئات مع بعضها فى أنبوب قطرة ٠،٥ مم تبلغ – 2. بار، وقطر أوعية وقصيبات الساق أقل بكثير من ٠٥ مم لهذا فان قوة ارتباط جزيئات الماء فى أوعية الساق قد تصل لاكثر من –٣٠٠بار.

لقد أصبح واضحا أن الامتصاص النشط يحدث عرضيا نتيجة الفرق في الجهد الاسموزي بين الجذر و محلول التربة . الامتصاص النشط لا يشكل أهمية كبيرة في امتصاص الماء في معظم النباتات وذلك للأسباب التالية:

١- يتكون الضغط الجذري في ظروف معينة من درجة حرارة و رطوبة.

٢- أن كمية الماء الناتجة عند قطع الساق و المدفوعة بالجذر قليلة قياسا الي الكميات التي يفقدها النبات بالنتح و هذه الكمية وجد انها لا تتعدى ٥% من الماء المفقود بالنتح في نباتات الطماطم.

٢- تمتص النباتات الماء عند وضع جذورها في محاليل يزيد تركيزها عن تركيز محلول الجذر عندما يكون النتح مستمرا ؛ يتوقف دخول الماء عند قطع الساق . و لقد وجد أن النبات يمكنه امتصاص من محاليل يصل جهدها الاسموزي الي سالب

١٤٠٦ بار بينما لايتمكن الجذر الذي فصل من الجزء الخضري من امتصاص الماء من محاليل جهدها الاسموزي سالب ١٠٩ بار.

٤- هناك العديد من النباتات لا تكون ضغط جذري واضح مثل الصنوبريات.

٥- أن الضغط الذي يكونه الجذر يتراوح من ١-٣ بار و هذا الضغط غير كافي لصعود الماء الي قمم الأشجار المرتفعة.

٦- لوحظ أن امتصاص الماء من قبل الجذور يزداد عند موت الجذور في بعض النباتات حتى يستمر النتح من أجزائها الخضرية و يعود سبب ذلك الي قلة المقاومة التي تبديها الجذور الميتة لحركة الماء المسحوبة من الأوراق بالنتح.

٧- إذا كان الضغط الجذري كافيا لرفع الماء الي الأعلى فان ضغط الماء داخل خشب الساق يكون موجب و يندفع نتيجة ذلك الي الخارج عند قطع الساق ولكن الواقع غير ذلك فالماء داخل النبات واقع تحت شد كبير ويمكن الاستدلال علي ذلك بقطع الساق بأحد النباتات بعد غمره في محلول من صبغة ملونة يلاحظ صعود الماء الي الجزئين العلوي و السفلي للساق مما يدل علي وجود تخلخلا فى الضغط داخل الساق.

٨- لقد ثبت أن المجاميع الخضرية المقطوعة التي أطرافها في الماء تستطيع امتصاص الماء من الجزء المقطوع لفترة طويلة.

٩- تقلص سيقان الأشجار عندما يكون النتح سريعا يدل علي حدوث ضغط سالب داخل الساق.

١٠- يزداد امتصاص الماء في جذور الأشجار المسوبرة التي حدث فيها تشقق أو جروح التي تكثر فيها العديسات.

كل الأدلة السابقة تشير الي أن القوة المحركة للماء في النبات هي النتح و هنا لا نريد ان نقلل من أهمية الجذر في امتصاص الماء فالجذر يوفر للنبات سطح امتصاص واسع كما أن النموات الجذرية التي تضاف كل يوم تشكل أهمية بالغة في التفتيش عن أماكن جديدة من التربة يكثر فيها الماء و الأيونات.

العوامل المؤثرة علي امتصاص الماء :

يمكن تقسيم العوامل المؤثرة علي امتصاص الماء الي:

أ – عوامل التربة:

١ – توفر الماء (تيسر الماء) :

ان الماء الميسر للنبات هو الماء الذي تحتويه التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول و تعتمد كمية الماء المتوفرة علي تركيب التربة و عموما تكون هذه الكمية كبيرة في التربة الثقيلة و قليلة في التربة الرملية.و الجهد المائي لماء التربة عند السعة الحقلية يساوي سالب 1/3 بار تقريبا و يقل هذا الجهد كلما قلت نسبة الماء في التربة وذلك لزيادة شد الماء و التصاقه بحبيبات التربة .و يقل امتصاص الماء كلما قل الماء عن السعة الحقلية.

٢– درجة الحرارة:

يلاحظ أن النبات يمتص كمية قليلة من الماء عند درجات حرارة التربة المنخفضة و يرجع ذلك العوامل التالية:

- قلة نمو الجذور وتفرعاتها.
- انخفاض سرعة حركة الماء من التربة الي الجذر .

• زيادة مقاومة الجذور حيث تقل نفاذية أغفة خلايا الجذور و تزداد لزوجة البرتوبلازم.

• تزداد لزوجة الماء في درجات الحرارة المنخفضة حيث تصل الضعف عندما تقل درجة الحرارة من ٢٥ مئوية الي الصفر. ويقل امتصاص العنصر والأيونات المختلفة عندما تقل درجة الحرارة فيقل دخول الماء بفرق الأسموزية.

٣- التهوية :

تزداد سرعة امتصاص الماء في التربة جيدة الصرف حيث أن قلة تركيز الأكسجين و زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون يؤدي الى زيادة مقاومة الجذور لدخول الماء للأسباب التالية:-

• تزداد لزوجة البرتوبلازم و تقل نفاذية الغشاء الخلوي لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون

• قلة التفرعات الجذرية و النمو الجذري.

• تقل فاعلية الخلايا الجذرية فيقل الضغط الجذري.

٤- تركيز محلول التربة :

تمتص الجذور الماء نتيجة فرق الجهد بين التربة و الجذر . و الجهد المائي لماء التربة هو محصلة الجهد الاسموزي لمحلول التربة و الجهد الحبيبي الناتج من جذب حبيبات التربة للماء . وعليه فزيادة تركيز محلول التربة تعني قلة الجهد الاسموزي و قلة الجهد المائي الكلي لمحلول التربة و بالتالي قلة حركة الماء باتجاه الجذر و صعوبة امتصاصه . ان سرعة دخول الماء الي الجذر تعتمد علي فرق الجهد بين التربة و الجذر ،وهو ما يسمي بانحدار الجهد G و كلما كان هذا الفرق كبيرا زادت سرعة الامتصاص (في حدود معينة). و يتوقف الماء عن الدخول إذا تساوي الجهد المائي

للتربة مع الجهد المائي للجذر و قد يتحرك الماء من الجذر الي التربة إذا زاد الجهد المائي للجذر عن الجهد المائي للتربة و هذا ما يحدث عند ري النباتات بمحلول ملحي مركز.

وتسبب إضافة الأسمدة أحيانا قلة امتصاص الماء وظهور علامات الذبول علي الأوراق و ذلك لزيادة تركيز الأيونات و قلة الجهد الاسموزي لمحلول التربة. وهذا الانخفاض في الجهد الاسموزي الناتج عن إضافة الأملاح نادر الحدوث في الحقل و إذا حدث فانه يكون في طبقة التربة السطحية بعد وضع السماد مباشرة فالأيونات المذابة سوف تنتشر بسرعة في محلول التربة. إلا أن ظاهرة ذبول النباتات المزروعة في الأصص بعد إضافة الأسمدة أمر مألوف. بالإضافة الي تأثير الأملاح في تقليل الجهد الاسموزي فأنها تسبب قلة امتصاص الماء نتيجة التأثير المباشر علي خلايا الجذور من الأيونات المؤثرة K^{+} , So_4^{--} , CL^{-} حيث تؤثر هذه الأيونات علي فعالية خلايا الجذور كما قد تؤثر هذه الأيونات في غلق الثغور و عملية البناء الضوئي.

٥- التوصيل المائي للتربة (التوصيل الهيدروليكي):

تختلف سرعة حركة الماء في التربة باختلاف نوع التربة فالتوصيل الرطوبي للتربة الرملية أقل من التوصيل الرطوبي للتربة الطينية. و تؤثر حركة الماء في التربة علي سرعة إمداد الجذور بالماء من مناطق بعيدة بعد نفاذها من محيط الجذر. وحركة الماء باتجاه الجذور تتم نتيجة فرق الجهد فالجذر يمتص الماء من حبيبات التربة القريبة منه فيقل جهدها المائي فيندفع الماء من مناطق التربة المجاورة و نتيجة لامتصاص الماء من قبل الجذور ومقاومة التربة تنشأ حول الجذر مناطق مدرجة الجهد وعمق هذه المسافة علي سرعة امتصاص الماء والتوصيل الرطوبي للتربة فكلما كان النتح سريعا والتوصيل الرطوبي بطيئا زاد عمق هذه الطبقة.

ب- عوامل بيئية :

تتناسب كمية الماء الممتصة تناسبا طرديا مع كمية الماء المفقودة بالنتح إذا كانت رطوبة التربة عاملا غير محدد. و من أهم العوامل التى تؤثر علي سرعة النتح و بالتالي تلعب دورا هاما في سرعة الامتصاص هي:

١- شدة الإضاءة ٢- درجة حرارة الهواء

٣- الرطوبة النسبية ٤- سرعة الرياح

ج - صفات المجموع الجذري:

١- تعمق الجذور و انتشارها:

تختلف جذور النباتات اختلافا كبيرا من حيث عدد التفرعات و انتشارها و العمق الذي تصل إليه . تمتص جذور النباتات معظم الماء من أطراف الجذور الحديثة النمو و يقل الامتصاص من مناطق الجذور المتصلبة و تزداد أهمية انتشار الجذور و تعمقها في الأراضي ذات التوصيل الرطوبي المنخفض عنها في ذات التوصيل الرطوبي الجيد .و عندما يقل الماء في إحدى مناطق التربة في إحدى مناطق التربة تمتص الجذور الماء بسرعة من مناطق التربة الرطبة لسد النقص وعموما يمتص الماء من الطبقة السطحية للتربة أولا ثم تدريجيا لاسفل في النباتات الحولية أما في لنباتات المعمرة فان امتصاص الماء قد يتم من مناطق مختلفة و للعمق الذي يصل اليه الجذر تأثير كبير في مقاومة النبات للجفاف بالنباتات ذات الجذور السطحية تتعرض للجفاف حال نفاذ الماء من الطبقة السطحية كما أنها تعاني من الشد بعد أجراء العزق الذي يؤدي الي قطع تفرعات الجذر السطحية.

٢- نفاذية الجذر:

حيث أن الجذور تختلف من حيث التركيب فأنها لابد أن تختلف من حيث النفاذية و لما كانت نفاذية أطراف الجذر أكثر من قاعدته فان المجاميع الجذرية ذات العدد الكبير من الأطراف ذات نفاذية عالية كما تختلف النفاذية باختلاف عمر الجذور و الظروف البيئية المحيطة.

٣- اختلاف فعالية الجذر:

تختلف الجذور في قابلية امتصاصها للأيونات ومقاومتها للظروف البيئية المحيطة و ترجع هذه الاختلافات لعوامل وراثية · بعض الجذور ذات قابلية عالية لجمع الأيونات من مناطق التربة المختلفة وتجمع الأيونات في الجذر يساعد علي امتصاص الماء النشط و يزيد من فرق الأسموزية بين الجذر ومحلول التربة كما أن الجذور تختلف في مقاومتها للظروف السائدة كما تختلف جذور النباتات من حيث تأثرها بسرعة التهوية و درجات الحرارة غير الملائمة فجذور الصفصاف يمكنها القيام بفعاليتها المختلفة و هي مغمورة بالماء·

د- صفات المجموع الخضري:

كل صفات المجموع الخضري التي تؤدي لزيادة النتح تؤدي الي زيادة سرعة امتصاص الماء حيث أن العمليتين مترابطتين تماما و عموما تزداد سرعة امتصاص الماء كلما زادت نسبة المساحة السطحية للجزء الخضري الي المساحة السطحية للجذورلأن المساحة الخضرية تمثل سطح الفقد و معظم الماء الداخل الي النبات يجد طريقه عبر الجذور·

مراجع مختارة .

1- Bacic, G. and Ratkovic, S. (1984): Water exchange in plant tissuestudied by proton NMR in the presence of paramagnetic centers. Biophys. J. 45· 767-776

2- Badelt, K.; White, R. G.; Overall R. L. and Vesk, M. (1994): Ultrastructural specialisations of the cell wall sleeve around plasmodesmata. American Journal of Botany. 81: 1422–1427.

3- Balachandran, S.; Xiang, Y.; Schobert C.; Thompson G. A. and Lucas, W. J. (1997): Phloem sap proteins from Cucurbita maxima and Ricinus communis have the capacity to traffic cell to cell through plasmodesmata. Proceedings of the National Academy of Science, USA 94: 14150–14155.

4- Balu˘ska, F.; Cvrckova, F.; Kendrick-Jones, J. and Volkmann, D. (2001): Sink plasmodesmata as gateways for phloem unloading. Myosin VIII and calreticulin as molecular determinants of sink strength? Plant Physiology. 126: 39–46.

5- Baluska, F.; Samaj J.; Napier R. and Volkmann, D. (1999): Maize calreticulin localizes preferentially to plasmodesmata in root apex. Plant Journal. 19: 481–488.

6- Beebe, D. U. and Turgeon, R. (1991): Current perspectives on plasmodesmata: structure and function. Physiologia Plantarum. 83:194–199.

7- Blackman, L. M. and Overall, R. L. (2001): Structure and function of plasmodesmata. Australian Journal of Plant Physiology. 28: 709– 727.

8- Blackman, L. M., Harper, J. D. I. and Overall R. L. (1999): Localization of a centrin-like protein to higher plant plasmodesmata. European Journal of Cell Biology. 78:297–304.

9- Botha, C. E. J. and Cross, R. H. M. (2000): Towards reconciliation of structure with function in plasmodesmata – who is the gatekeeper? Micron. 31:713–721.

10- Boyer, J. S. (1969): Measurement of the water status of plants. Ann Rev Plant Physiol. 20: 351 - 364.

11- Cantrill, L. C., Overall R. L. and Goodwin, P. B. (1999) Cell-to-cell communication via plant endomembranes. Cell Biology International. 23: 653–661.

12- Cantrill, L. C.; Overall R. L. and Goodwin, P. B. (2001): Changes in symplastic permeability during adventitious shoot regeneration in tobacco thin cell layers. Planta. 214: 206–214.

13- Canny, M. (1998): Transporting water in plants. Amer. Scientist. 86: 152 - 159.

14- Cleland, R. E.; Fujiwara, T. and Lucas, W. J. (1994): Plasmodesmal mediated cell-to-cell transport in wheat roots is modulated by anaerobic stress. Protoplasma. 178: 81–85.

15- Colire, C. E.; Le Rumeur J.; Gallier, J. de Certaines and Larher, F. (1988): An assessment of proton magnetic resonance as an alternative method to describe water status of leaf tissues in wilted plants. Plant Physiol. Biochem. 26: 767-776.

16- Hebrank, M. R. (1997): Reduce confusion about diffusion. American Biology Teacher 59: 160.

17- Hills, B. P. and Duce, S. L. (1990): The influence of chemical and diffusive exchange on the water proton transverse relaxation in plant tissues. Magn. Reson. Imaging. 8: 321-331

18- Odom, A. L. (1995): Secondary and College Biology Students' misconceptions about diffusion & osmosis. American Biology Teacher 57: 409 - 415

19- Reinders, J. E. A.; Van As H.; Schaafsma T. J.; de Jager, P. A., and Sherrif, D. W. (1988): Water balance in Cucumis plants, measured by NMR. J. Exp. Bot. 39: 1199-1210.

20- Van As, H.; T. J., Schaafsma and Blaakmeer, J. (1986): Applications of NMR to water flow and balance in plants. Acta Hort. 174: 491-495.

21- Van Bel, A. J. E. and Knoblauch, M. (2000): Sieve element and companion cell: the story of the comatose patient and the hyperactive nurse. Australian Journal of Plant Physiology. 27: 477–487.

22- Van Bel, A. J. E. and Van Rijen, H. V. M. (1994): Microelectrode recorded development of the symplasmic autonomy of the sieve element / companion cell complex in the stem phloem of Lupinus luteus L. Planta. 192: 165–175.

23- Vogel Steven. (1994): Dealing Honestly with diffusion. American Biology Teacher. 56: 405-407.

24- Wheatley, D. (1993): Diffusion theory in biology: its validity and relevance. Journal of Biological Education. 27: 181-187.

25- Zuckerman, J. T. (1994): Problem solvers conceptions about osmosis. American Biology Teacher. 56: 22-25.

obeikan.com