chapitre2 : la nutrition hydrique

التغذية المائية la nutrition hydrique

مقدمة

الماء هو الوسط الذي تحدث فيه العمليات الحيوية الأساسية. وتظهر علامات الحياة على البروتوبلاست (المادة الحية في الخلية) فقط عندما يتوفر له الماء .على أن البروتوبلاست لا يموت إذا تعرض للجفاف، ولكنه قد يدخل في حالة من الخمول الحيوي يتم فيها تعليق العمليات الحيوية الأساسية .فالنباتات بشكل أساسي تتركب على كميات أو نسب متفاوتة من الماء، فمثلا:

- تشكل الأنسجة النشيطة وظيفياً في النباتات العشبية من 80- 95 % من الوزن الطازج (fraiche).
- وتحتوي الأجزاء الخشبية من النبات على كميات أقل من الماء تصل إلى 50% من وزنها الطازج.
- البذور الناضجة، تحتوي على 10-15% من وزنها ماء .
- أما البذور ذات المحتوى الذهني العالي فيوجد بها 5-7% ماء.

النباتات ثابتة المحتوى المائي هي (النباتات حقيقية النواة) لأنها تحتوي خلاياها على فجوات عصارية كبيرة. تنظم هذه الفجوات المحتوى المائي للخلايا. إلا أن وجود الفجوات يعني أن تلك النباتات لا تتحمل الجفاف. فالنبات يبقى حياً مادام هناك مصدر ثابت للماء تعتمد عليه الفجوات في تنظيم المحتوى المائي للخلايا .

وعموماً يمكن لبعض النباتات أن تبقى حية حتى لو انخفض محتواها من الماء بدرجة كبيرة (10-15%) غير أن الوظائف الحيوية في النبات لا تتم بشكل طبيعي، إلا إذا كان المحتوى المائي في الحدود الفسيولوچية وهي 85-90% في الخلايا النشيطة فسيولوجيا.

الوظائف المتعددة للماء في الخلايا النباتية تبرر ضرورة وجوده بهذه النسب المرتفعة. فهو على سبيل المثال:

- يعمل كوسط كيميائي لأغلبية التفاعلات الحيوية.
- ويدخل كمادة تفاعل في بعض التفاعلات الحيوية كالبناء الضوئي، وتفاعلات التحلل المائي الإنزيمي للكربوهيدرات والبروتينات وغيرها.
- كما يعمل كمذيب للكثير من المركبات الضرورية للخلية كالسكريات والأحماض الأمينية والبروتينات وغيرها .
- وهو الوسط الكيميائي الذي يضمن أقصى درجة ثبات للأغشية الخلوية والتي يختل تركيبها بشكل ملحوظ إذا انخفض المحتوى المائي للخلية.
- وهو الوسط الكيميائي الذي يتم فيه امتصاص العناصر المغذية من التربة بواسطة الجذور ونقلها للمجموع الخضري . كما أنه المذيب الذي توجد به العناصر المغذية للنبات بالتربة.

chapitre2 : la nutrition hydrique

1- المحتوى المائي للنباتات: (La teneur en eau des végétaux)

دائمًا ما تكون كمية المياه التي يحتويها النبات نتيجة للتوازن بين التغذية المائية l'alimentation hydrique من ناحية (غالبًا يكون الماء من التربة) وفقدان المياه من خلال النتح Tanspiration من ناحية أخرى. هذا التوازن بين النبات والبيئة le milieu دائمًا غير مستقر، على الرغم من بعض الآليات التنظيمية mécanisme de régulation، يعتمد النبات اعتمادًا كبيرًا على الماء، ويؤدي النقص في توازن الماء déficit hydrique إلى ذبول النبات، ثم الذبول على المدى الطويل (إجهاد مائي)، وأحيانا موت النبات.

لقياس المحتوى المائي للنباتات، يتم **تجفيف** المادة النباتية **la dessiccation** بشكل عام، يتم تحديد كمية الماء الموجودة من خلال اختلاف الوزن بين المادة الطازجة (MF) والمادة الجافة (MS). يمكن إجراء التجفيف في فرن عند درجة حرارة عالية (70-110 درجة مئوية) حتى تحافظ المادة على وزن ثابت. من الممكن أيضًا سحب الماء **(تجفيف النبات)** broyée من المادة النباتية عن طريق الحمامات المتتالية من xyléne أو toluéne ، ولكن هذه **المذيبات** لها عيب في إذابة مكونات أخرى غير الماء، خاصة الدهون. طريقة أخرى، تستخدم على نطاق واسع اليوم، هي **التجفيف بالتبريد la cryo-dessication ou Lyophylisation** تعمل الفجوة الكبيرة للخلايا النباتية كخزان للماء يدور في النبات في **الأوعية الموصلة للنسغ les vaisseaux conducteurs des sèves** ، نسيج **الخشب** (النسغ الخام) **xylème** (sève brute) **واللحاء** (النسغ المعالج) (sève élaborée) **phloème** .

يتم قياس المحتوى المائي للنبات من خلال الصيغة التالية:

حيث **Θ**: محتوى الماء٪

$$\Theta = (MF - MS) / MF * 100$$

MF و MS: المادة الطازجة والمادة الجافة Matière fraiche et Matière sèche

حساب العجز المائي la déficit hydrique:

$$D\theta = (\Theta m - \Theta) / \Theta m$$

حيث Θm: أقصى محتوى teneur maximale

Θ: محتوى حقيقي teneur réelle

2- الماء في خلايا النبات L'eau dans les cellules végétales

يوجد الماء في خلايا النبات الحية في عدة صور منها:

- **الماء المرتبط كيميائياً l'eau liéé:** مع بعض المركبات كالأملاح المعدنية .
- **الماء المتجمع سطحياً** : على بعض الجزيئات مزدوجة القطبية كالبروتينات والسكريات البسيطة والمركبة. يشكل هذا النوع 5-10% من إجمالي الماء الموجود في الخلية، غير أن أي تغيير - ولو بنسبة طفيفة به –

chapitre2 : la nutrition hydrique

يؤدي إلى تغيرات تركيبية كبيرة في البروتوبلاست. وترتبط جزيئات الماء هنا بالجزيئات الأخرى عن **طريق الخاصة الشعرية،** أو **قوى التشرب،** أو **الروابط الهيدر وچينية.**

- **الماء المخزن**: وهو النوع الأكثر قابلية للنقل في الأنسجة النباتية. ويمثل أكثر من 50 % من إجمالي الماء في النبات .غير أن هذا النوع أيضًا غير قابل للنقل بشكل كامل، إذ أنه يكون مرتبطًا بالقوى الأسموزية نتيجة وجود بعض المركبات مثل السكريات والأحماض الأمينية وغيرها.

3- **الجهد المائي للخلايا النباتية Potentiel hydrique des cellules végétales**

الجهد المائي (Psi: Ψ) : لنظام ما يعبر عن قدرة الماء الموجود في هذا النظام أي الانتقال من نقطة لأخرى داخل النظام أو خارجه، وهو يعتمد على تركيز الماء .

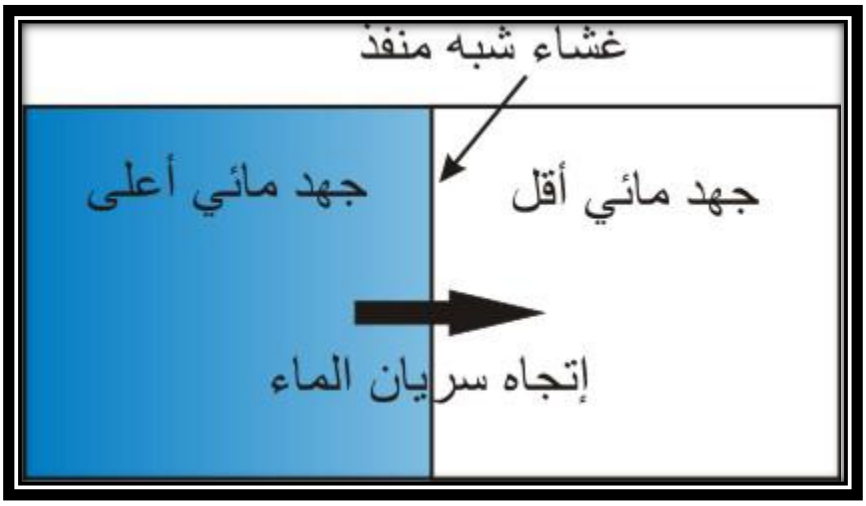
الماء يتحرك مثلا في أنبوبة تحت تأثير ضغط ما إما **بالسحب أو الدفع .** وعموماً عندما يتعرض نظام لضغط زائد يميل الماء إلى الاندفاع خارجاً من ذلك النظام، ولهذا تؤثر زيادة الضغط إيجابياً على الجهد المائي لنظام ما.

كما يتحرك أيضًا في محلول ملحي من نقطة تحتوي على تركيز منخفض من الملح، إلى نقطة أخرى أعلى تركيزا (أو بالنسبة للماء من نقطة تحتوي على تركيز أعلى من الماء، إلى نقطة أخرى أقل تركيزا). إذ إن وجود الملح يخفف الماء). وهذا ما يسمى بالضغط الأسموزي **Pression Osmotique** للنظام . وبزيادة تركيز المواد المذابة في نظام ما أو رفع درجة حرارته، أو كليهما، يزداد ضغطه الأسموزي . ولما كانت زيادة الضغط الأسموزي تحد من حرية الماء في الحركة، إذ تصبح جزيئات الماء مقيدة بجزيئات الملح، فإن زيادة الضغط الأسموزي لنظام ما تؤثر سلباً على جهده المائي.

وعلى سبيل المثال فالضغط الأسموزي لمحلول سكروز تركيزه 1.0 مولار يساوي 2.5 – ميجا باسكال، كما أن الضغط الأسموزي لمحلول كلوريد الصوديوم تركيزه 1.0 مولار يساوي 4.4 – ميجا باسكال عند درجة 25 مئوية. ويعزى الفرق في الضغط الأسموزي للمحلولين رغم تساوي تركيزهما إلى أن كلوريد الصوديوم يتأين في الماء إلى صوديوم وكلور، ولكل منهما نشاط أسموزي مستقل. وبالتالي يتوقع نظرياً أن يكون الضغط الأسموزي لمحلول كلوريد الصوديوم ضعف الضغط الأسموزي لمحلول السكروز عند تساوي التركيز .إلا أن الضغط الأسموزي الفعلي لكلوريد الصوديوم، يكون أقل من المتوقع، نظرا لعدم تأين كلوريد الصوديوم تأينا كاملا.

وأخيرا :ينتقل الماء إلى داخل قطعة من الإسفنج أو كمية من النشا أو السكر بخاصية **التشرب**. ولهذا فإن زيادة قوة التشرب لنظام ما تؤثر سلباً على جهده المائي.

chapitre2 : la nutrition hydrique

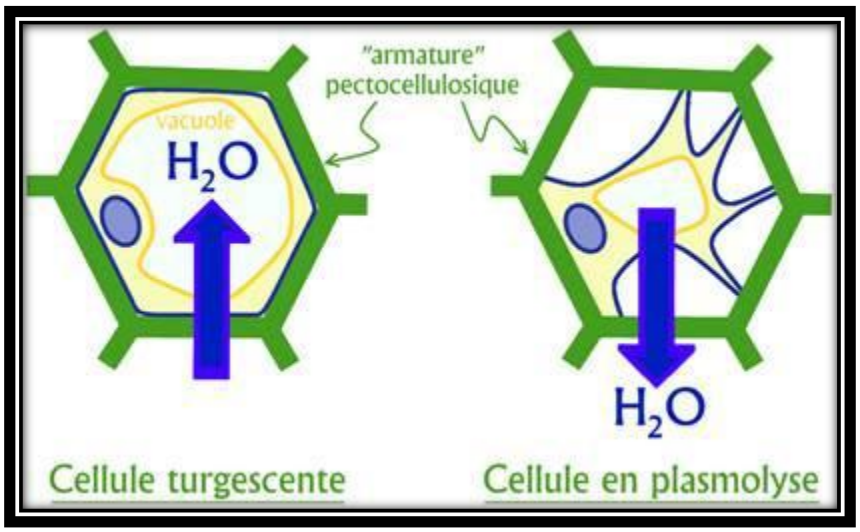


شكل 1 : ينتقل الماء **بالأسموزية (osmolarité)** من وسط ذي جهد مائي أعلى إلى وسط ذي جهد مائي أقل، حتى يحدث الاتزان بتساوي الجهد المائي على جانبي الغشاء.

4- تباين محتوى الماء في الخلية Variation de la teneur en eau dans la cellule

♦ عندما تكون الخلية في وسط قليل التوتر milieu hypotonique ، يدخل الماء إلى الخلية التي تصبح منتفخة بسبب التغيير في حجم الخلية.

♦ عندما تكون الخلية في وسط عالي التوتر milieu hypertonique ، يخرج الماء ويوجد تحلل البلازما، و تصبح الخلية منكمشة (**الشكل 2**).



شكل 2: Schéma d'une cellule turgescente (A)

Schéma d'une cellule plasmolysée (B)

chapitre2 : la nutrition hydrique

5- علاقة النبات بالماء

تشمل علاقة النبات بالماء ثلاث عمليات هى:

- إمتصاص النبات للماء .absorption de l'eau.
- إنتقال الماء فى النبات Transit de l'eau .
- فقد النبات للماء la perte d'eau.

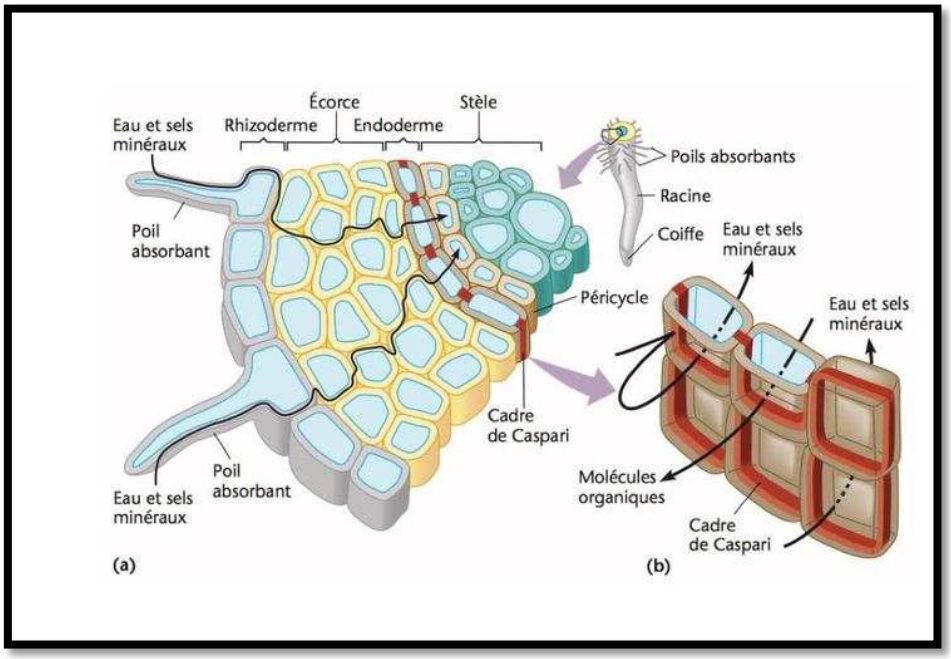
أولا: إمتصاص النبات للماء (امتصاص الماء من التربة) Absorption d'eau

- يتم إمتصاص النبات للماء بواسطة الجذور.
- قد يتم إمتصاص النبات للماء عن طريق المجموع الخضري (الأوراق) كما يحدث فى حالة الرى بالرش ولكن كميته تكون قليلة مقارنة بما يتم إمتصاصه بواسطة الجذور.
- فى النباتات المائية يحدث الإمتصاص بواسطة جميع أعضاء النبات المغمورة بالماء.

1.5- إمتصاص الماء بواسطة الجذور

تمتص النباتات لزهرية الماء من التربة بشكل أساسي عن طريق الجذور. و لكن يختلف امتصاص الماء عن طريق الجذر عن امتصاص الأيونات. ففي الغالب يتم امتصاص الايونات عن طريق:

- **الامتصاص النشط** (Absorption active) إلى بروتوبلاست الخلايا.
- **الامتصاص السالب** (passive absoption) من خلال الجدر الخلوية أو بروتوبلاست الخلايا .



شكل 3: تشريح الجذر

chapitre2 : la nutrition hydrique

1.1.5- الامتصاص السالب(الحر) للماء Absorption d'eau passive

يحدث ذلك أثناء التنفس فيصبح دور الجذر ليس امتصاص الماء، بل السماح له بالمرور نحو أوعية الخشب تحت تأثير **منحدر الجهد المائي** الناتج من فقد الماء (بالنتح) وتستطيع الجذور سحب الماء من التربة طالما كان الجهد المائي لخلاياها أكثر سالبية من الجهد المائي لمحلول التربة.

وعلى الرغم من ان فقدان الماء في عملية النتح هو السبب الرئيسي للقوة السالبة إلا ان فقدان الماء بأي طريقة اخرى كدخوله في التفاعلات الحيوية وعمليات النمو يؤدي إلى حدوث الامتصاص السالب للماء.

الجهد الأسموزي :potentiel osmotique هو الجهد الناتج من وجود المواد الذائبة حيث أن إضافة المواد الذائبة وزيادة تركيزها تؤدي إلى خفض تركيز الماء وحركة جزيئاته مما يؤدي إلى خفض الشد للماء الحر وبذلك يكون الشد الأسموزي دائماً ذات قيمة سالبة أقل من الصفر.

2.1.5 -الامتصاص النشط (الفعال) للماء Absorption d'eau active

يحدث امتصاص الماء بهذه الطريقة بسبب نشاط فعالية خلايا المجموع الجذري للنبات ويتطلب صرف طاقة حيوية يتم تجهيزها من عملية التنفس (يرتبط ارتباط وثيق بعملية التنفس للنبات) ويسير اما بآلية ازموزية أو غير اسموزية ويكون استخدام الطاقة فيه بشكل مباشر أو غير مباشر وكما يلي....

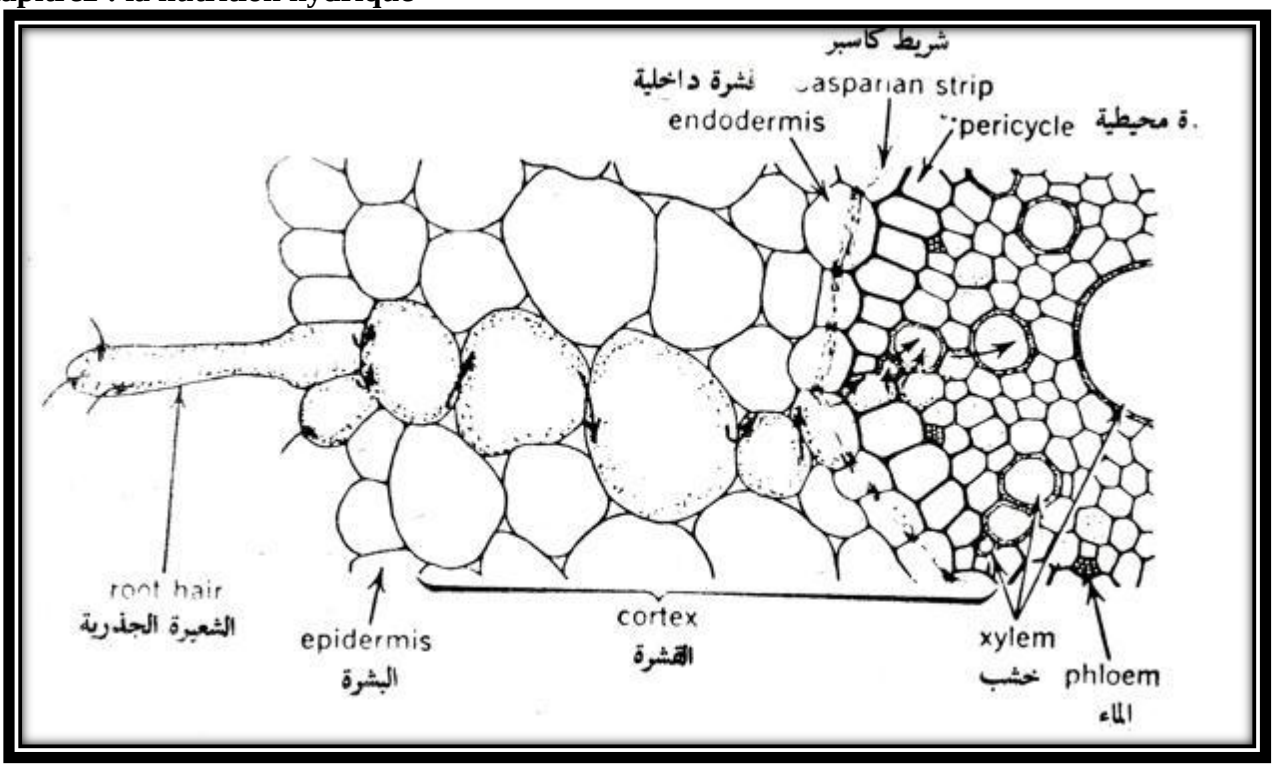
3- الآلية غير الأسموزية

حسب الآلية ينتقل الماء بما فيه من ذائبات من محلول التربة الى خلايا الجذر بمساعدة الطاقة المتحررة من عملية التنفس ويكون اتجاه حركته بعكس منحدر التركيز أي من التركيز المنخفض للماء الى التركيز العالي للماء وهذا يتطلب تجهيز طاقة بشكل مباشر للتغلب على قوانين الانتشار التي تسير بموجب منحدر التركيز وتحدث هذه الحالة عند النقص الشديد للنبات او جفاف التربة الذي يسبب الذبول المؤقت للنبات او كلاهما.

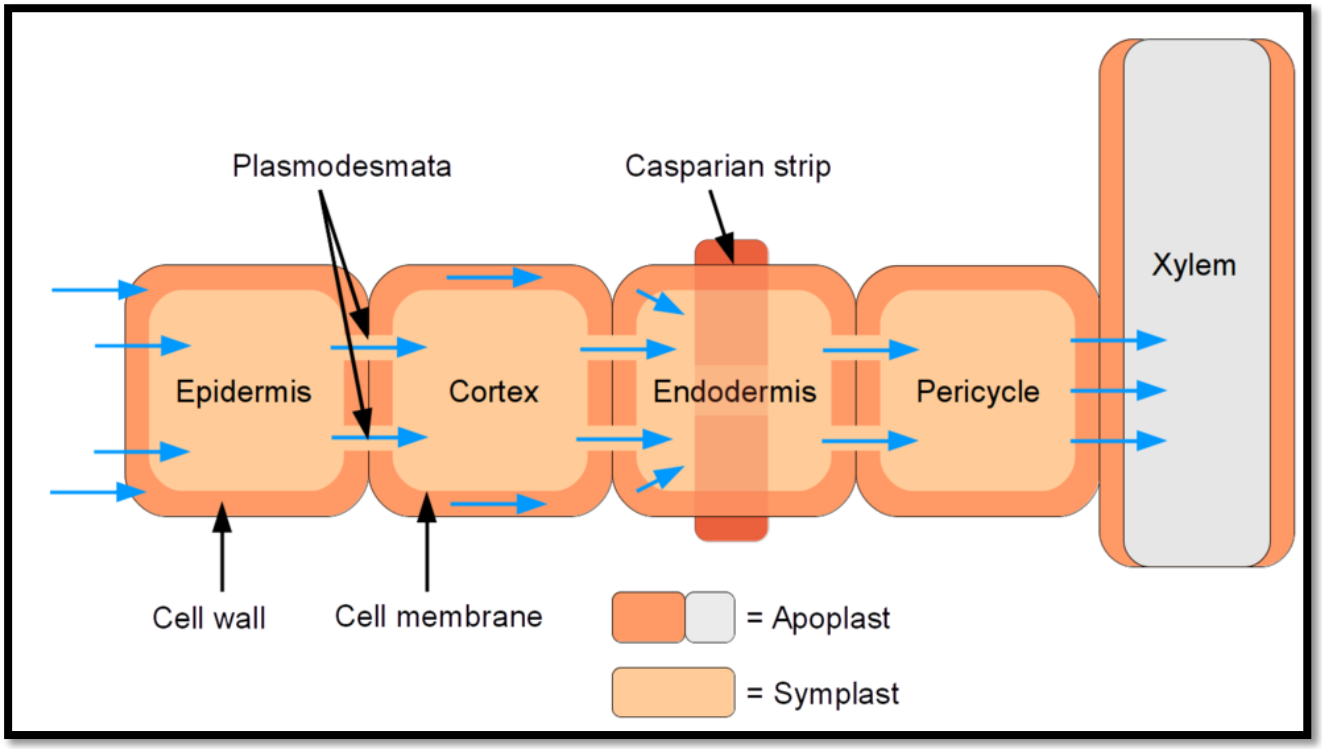
4- الالية الأسموزية

تتم هذه الطريقة باستخدام الطاقة لكن بشكل غير مباشر حيث أن الماء بما فيه من ذائبات ينتقل من التربة الى الاجزاء الداخلية من الجذر طبقا للآلية الاسموزية (osmolarité) أي من التركيز العالي للماء إلى التركيز المنخفض أي الماء ينتقل من خلال بشرة الجذر بما فيها من شعيرات الى القشرة cortex فالقشرة الداخلية endoderme ثم الاسطوانة الوعائية (البريسيكل) péricycle فأنسجة اللحاء وأخيرا الى الخشب (لاحظ **الشكل 4-5**).

chapitre2 : la nutrition hydrique



شكل 4: مقطع عرضي للجذر يوضح حركة الماء والأيونات من التربة الى الأوعية الخشبية وكيفية عبور شريط **كاسبر caspar**



شكل 5: مخطط لحركة مسار الماء قطرياً في الجذر

chapitre2 : la nutrition hydrique

نظام نقل الماء يتبع ثلاث مسارات المسارات (شكل 5):

مسار **Apoplasmique** : نظام نقل الماء عبر المسافات البينية بين الخلايا(الفراغات) وجدران الخلايا والأوعية القصبية للخشب المملوءة بالماء أو الهواء.

مسار **Symplasmique**: نظام نقل الماء عبر محتويات السايتوبلازم للخلية الواحدة ولمجموع الخلايا المتجاورة من خلال القنوات السايتوبلازمية التي تربط الخلايا مع بعضها البعض.

مسار **Transcellulaire**: ينتقل الماء من خلال جدار الخلايا و الغشاء السيتوبلازمي للفجوة.

ملاحظة هامة: تختلف كمية الماء التي يمكن للنبات امتصاصها من التربة) الماء المتاح (حسب نوع التربة) . فالسعة المائية للتربة) قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ,أو بمعنى آخر المحتوى المائي للتربة عند درجة التشبع بالماء وهي **السعة الحقلية (la capacité au champ)** تزداد كلما صغرت حبيبات التربة. أي أنها أقل ما يمكن في التربة الرملية، وأعلى ما يمكن في التربة الطينية .غير أن النبات لا يستطيع أن يمتص كل الماء الموجود بالتربة أيا كان نوعها. إذ تبقى كمية من الماء في التربة لا يمكن للنبات امتصاصها ,لأنها مرتبطة بقوة بحبيبات التربة وعندئذ يتوقف امتصاص النبات للماء تقريبا ويذبل النبات .والفرق بين السعة الحقلية للت ربة ومحتواها المائي عند الذبول) نقطة الذبول (يسمى الماء المتاح للنبات).

أما الماء الذي يبقى في التربة بعد ذبول النبات يسمى الماء غير المتاح . وتختلف نقطة الذبول من نبات لآخر في نفس نوع التربة، حسب قدرة النبات على امتصاص الماء، برغم من ارتباطه بحبيبات التربة أو برغم انخفاض الجهد المائي للتربة، بسبب الأملاح المذابة.

2.5- امتصاص الماء عن طريق الأوراق

تستطيع اغلب النباتات امتصاص الماء بالحالة السائلة أو البخارية عن طريق الأوراق ومدى امتصاص الماء بهذه الطريقة يعتمد على :

1- جهد الماء(الطاقة الحرة أو الكامنة) لعصير خلايا الورقة.
2- مدى نفاذية طبقة الكيوتين للماء .

بعض الباحثين يعتقد بان امتصاص الماء يحدث من ثغور الأوراق ولما كانت معظم النباتات تغلق ثغورها ليلا فان كمية الماء الممتصة عن طريق الثغور تكون قليلة أو لا تحدث أساساً وذلك لأنه خلال النهار تكون الثغور مفتوحة لحدوث عملية فقدان الماء بالنتح وليس امتصاصه.

chapitre2 : la nutrition hydrique

ثانيا: انتقال الماء فى النبات (صعود الماء) transit de l'eau

بعد امتصاص الماء فإنه يصعد إلى أعلى ليصل إلى الأوراق والقمم النامية ضد الجاذبية الأرضية، والطريقة الرئيسية أو المسار الرئيسى لانتقال الماء يكون فى تجويف الأوعية الخشبية من الجذر إلى الساق فالأوراق.

1- **ميكانيكية انتقال الماء:** أهم النظريات التى تفسر آلية صعود الماء فى النبات:

- **نظرية الانتقال بالضغط الجذرى Théorie du transfert de pression racinaire**

سبق أن علمنا أن **الضغط الجذرى pression radicale** هو أحد العوامل التى تعمل على دفع الماء إلى أعلى فى الساق وتكون هذه القوة أكثر فاعلية عندما ينعدم النتح فى بداية الربيع قبل تكون الأوراق الجديدة، ويعتقد البعض أن **الضغط الجذرى بمفرده كافى لصعود الماء عبر الساق ونحو الأوراق** وذلك لأن قوة الضغط الجذرى قد تبلد 1 بار أو أكثر وهذا ما يسدوى 10 أمتار لكل 1 بار، **إلا أن قوة الضغط الجذرى غير كافية لبعض النباتات** كما أثبتت الدراسات أن مجموعة النباتات المخروطية وهى من الأشجار العملاقة لا تمتلك ضغط جذرى ولم يثبت وجوده بهذا، علاوة على أن عصير الخشب يكون عادة تحت **شد وجذب وإجهاد** وليس تحت **ضغط** من أسفل .وعلى الرغم من ذلك فإن **قوة الضغط الجذرى** تكون هى أحد القوى المسببة لرفع الماء وانتقاله فى النباتات الحولية.

- **النظرية الحيوية Théorie vitale**

تعتمد هذه النظرية على أن صعود الماء وانتقاله إلى أعلى ما هى إلا عملية حيوية ترجع إلى خلايا بارنشيمة الخشب وخلايا أشعة الخشب الحية التى تعمل على ضخ الماء فى أوعية الخشب المجاورة لها مما يؤدى إلى إرتفاعه إلى مسافة أعلى حيث أنها تبذل قدر **من الطاقة الناتجة عن عملية التنفس** فى هذه العملية، إلا أن هذه النظرية استبعدت وهدمت بالتجارب التى أجريت على سيقان مقطوعة مررت فى سائل به مادة سامة أدى إلى قتل الخلايا الحية وبعد قتل الخلايا الحية لوحظ ارتفاع السائل فى الساق مما يدل على أن موت الخلايا لم يؤثر على صعود السائل لأعلى فى الساق.

- **نظرية ديكسون أو الشد المتماسك" Dixon or Cohesion-Tension theory**

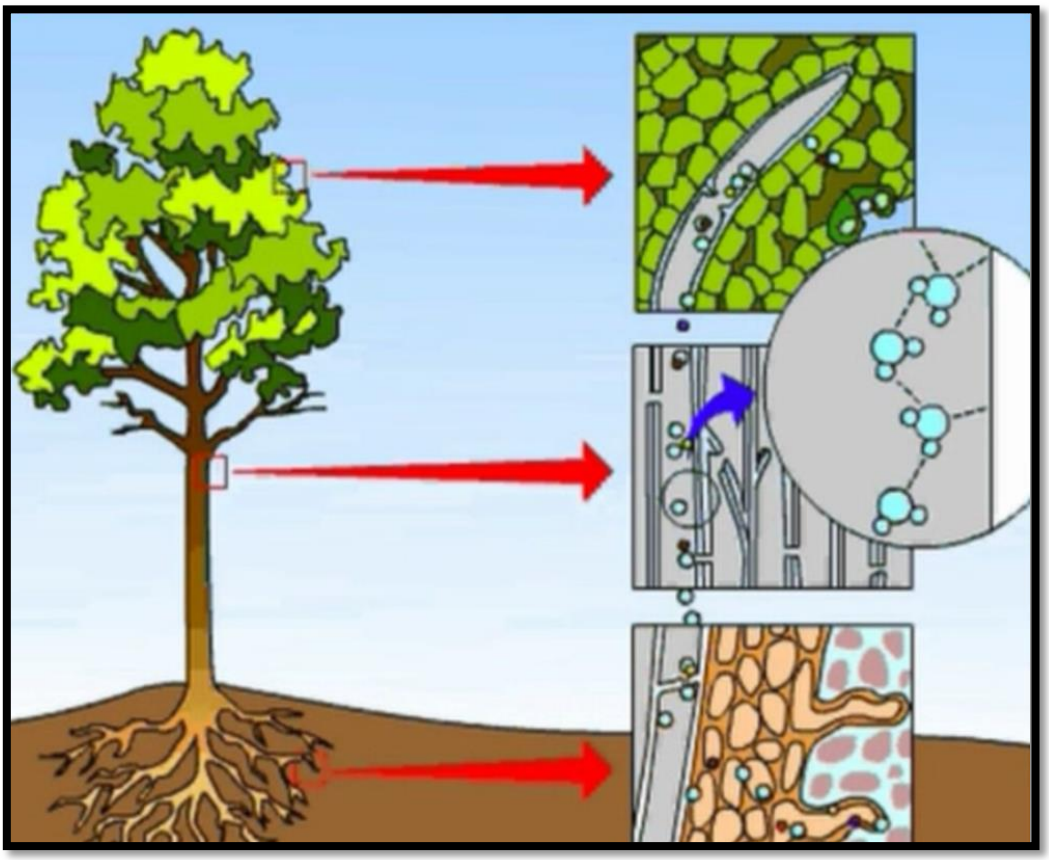
تعتمد نظرية الشد المتماسك أو عمود الماء على الخواص أو الصفات المميزة للماء وأهمها التماسك **Cohesion** والإلتصاق **Adhesion** وكذلك على الخواص التشريحية لنسيج الخشب، وخواص الماء هذه تعنى أن جزئيات الماء تتماسك مع بعضها البعض وفى نفس الوقت تلتصق مع جدار الأنبوبة أو الوعاء الذى يوضع به الماء . ولو إفترضنا عدم إنقطاع عمود الماء الواصل بين ماء التربة والجذر وأعمدة الماء في الساق حتى الأوراق وهذا إعتمادا على خاصية الماء **التلاصقية والتماسكية** وهذه حقيقة أكيدة، لأدركنا كيفية إنتقال الماء من التربة إلى الأجزاء العليا فى النبات عكس الجاذبية الأرضية وعكس قوى الإحتكاك بجدر الأوعية الخشبية، وهذا لأن الماء لا يصعد إلى أعلى إلا إذا كان يخضع **لقوى شد وجذب من أعلى وقوى دفع من أسفل**، وفى مثالنا السابق لا توجد قوى دفع من أسفل إذ ا فإن صعود الماء يعتمد أساسا على قوى الجذب والشد من الأعلى.

chapitre2 : la nutrition hydrique

تكوين قوى الشد والجذب العلوية

عندما يتم تبخر الماء من خلايا النسيج المتوسط للورقة (خلايا أسفنجية)فإن ذلك يسبب نقص فى الجهود المائية لخلايا النسيج المتوسط الملاصقة تمام اا للهواء المحيط عن الجهود المائية لخلايا نفس النسيج الملاصقة لها من الداخل .بذا النقص يعمل على إنتقال الماء من الخلايا الداخلية إلى الخلايا الخارجية ليعوض الماء المتبخر منها وليعادل الجهد المائى، ثم تسحب الخلايا الداخلية الماء من الخلايا الأكثر عمقا منها وبكذا دواليك حتى يصل السحب" شد الماء إلى أوعية الخشب فى الأوراق، هذه الحالة من الشد تستمر خلال العمود المائى الغير مقطوع من الأوراق إلى المجموع الجذرى فيصبح الجهد المائى فى الخلايا الحية للجذر بداية من البريسيكل حتى البشرة أكثر سالبية من الجهد المائى للتربة وبالتالى يتم تنشيط وتشجيع الإمتصاص.

- يمكننا الآن التساؤل هل تستطيع قوة الشد Résistance à la traction للماء رفع عمود الماء إلى قمم الأشجار العالية أم أن هناك قوى أخرى؟؟



- نعم، حيث أن قياسات قوى الشد للماء الناتج عن النتح تزيد عن300 بار ولصعود الماء إلى قمة شجرة طولها 400قدم 120 (متر) يلزم إختلاف في الضغط بين القمة والقاعدة حوالى 13 بار وهكذا نلاحظ أن قوى الشد كافية لتحريك ورفع الماء إلى أعلى حتى بوجود قوة الإحتكاك بجدران الأوعية.

تعتبر نظرية الشد المتماسك هى أكثر النظريات قبولا لتفسير إرتفاع وصعود الماء فى النبات ولكن هذا لا يعنى أن الضغط الجذرى غير قادر على تحريك الماء أو أنه لا يدخل فى عملية صعود الماء حيث أنه ينشط عندما يقل النتح فى

chapitre2 : la nutrition hydrique

النباتات ولكنه غير قادر بمفرده على إيصال الماء إلى القمم العالية بالإضافة أنه لا يوجد فى بعض الأشجار كالصنوبريات.

وأخيرا يجب الإشارة إلى أن الظواهر الفسيولوجية مثل فقد الماء أو تراكم الذائبات وتحركها وإمتصاص العناصر تسبب بطريقة مباشرة أو غير مباشرة زيادة فى سالبية الجهود المائية وزيادة فى تدرجها من مكان إلى آخر مما يؤثر بشكل أكيد على تحرك الماء وإنتقاله من مكان إلى آخر.

2- العوامل المؤثرة على امتصاص الماء من قبل النبات

- **درجة حرارة التربة :** عند درجة الحرارة المنخفضة للتربة ينخفض معدل الامتصاص لأن الماء يكون أكثر لزوجة عند مثل هذه الدرجات وبالتالي أقل قابلية على الحركة كما وأن البروتوبلازم يصبح أقل نفاذية بالإضافة إلى ضعف نمو الجذور أو توقفها.
- **تهوية التربة:** تمتص جذور النباتات الماء من التربة ذات التهوية الجيدة بمعدل أسرع من الترب ذات التهوية المتوسطة أو الرديئة . وهناك عدة أسباب لقلة امتصاص الماء من التربة الرديئة التهوية منها:
  - قلة الأوكسجين في التربة يعمل على خفض معدل التنفس وقلة إنتاج الطاقة في خلايا الجذور وبالتالي انخفاض العمليات الحيوية للجذر وقلة امتصاص الماء.
  - تراكم ثاني أوكسيد الكاربون في التربة الرديئة التهوية يؤدي إلى ضرر النبات بسبب زيادة لزوجة سايتوبلازم خلايا الجذر وقلة نفاذية الماء مما يؤدي إلى انخفاض معدل امتصاص الماء من قبل الجذور.
  - يعتقد أن تجمع ثاني أوكسيد الكاربون في الترب قد يؤدي إلى حدوث تسمم وتوقف عمل الأنزيمات.
- **تركيز محلول التربة :** قلة تركيز محلول التربة مقارنة مع تركيز العصير الخلوي يؤدي الى دخول الماء الى النبات بشكل اكبر.
- **معدل النتح في النبات :** كلما ارتفع النتح في النبات تزداد سالبية الجهد المائي او الطاقة الحرة للعصير الخلوي في النبات وخاصة الاوراق وبالتالي يزداد معدل امتصاص الماء.
- **خصائص المجموعة الجذرية :** تختلف المجموعة الجذرية للنباتات المختلفة اختلافا كبيرا في المظهر ومدى اختراقها للتربة فمثلا بعض المجاميع الجذرية تخترق التربة بعمق بينما مجاميع أخرى تألف شبكة كثيفة من الجذور المتفرعة التي لا تستطيع اختراق التربة عميقا ولكنها تغطي مساحات كبيرة من التربة وبعمق اقل ولكل منها قدرة معينة على امتصاص الماء لا تشابه الأخرى.
- **كمية ماء التربة القابلة للامتصاص :** ليس جميع الماء الموجود في التربة يمكن ان يمتصه النبات فعادة النباتات تمتص الماء من التربة اذا كان محتوى التربة من الماء يقع بين **السعة الحقلية** و **نقطة الذبول** اما اذا قل المحتوى المائي القريب من الجذور عن هذا الحد فسوف يصبح امتصاص الماء صعبا بسبب تغلب القوى الطبيعية التي تمسك الماء مع دقائق التربة على القوى المسببة لدخول الماء إلى النبات.

chapitre2 : la nutrition hydrique

ثالثا: فقد الماء Perte d'eau

% 99 - 90 من الماء المُمتص بواسطة الجذور تفقده النباتات ويبقى 1 -10 % تستخدمه النباتات فى نمو الخلايا الحديثة وفى العمليات الأيضية المختلفة، ويتم فقد الماء بعدة طرق منها:

- النتح Transpiration: على هيئة بخار (وسيتم دراستة بالتفصيل في الفصل القادم).
- ظاهرة الإدماع Guttation : وهو خروج الماء و ما به من عصارة في صورة سائلة بعيدا عن الثغور.
- الإفراز Sécrétion: فما هو إلا عملية فقد الماء على صورة محاليل من الغدد Glandes ومنها الغدد الرحيقية Nectaire.
- الأدماء bleeding :فهو فقد الماء عن طريق الجروح التي قد تصاب بها النباتات.

بالنسبة للأفراز و الإدماء فكمية الماء المفقودة بهاتين الطريقتين تعتبر بسيطة جد ا ولا قيمة لها، أما ظاهرتى الإدماع والنتح فهما الأهم وخصوصا النتح.

- الإدماع Guttation

تحت ظروف التربة الدافئة الرطبة تظهر على طول حواف أو قمم الأوراق نقاط مائية تظل عالقة بحواف النصل فى مظهر يشبه الدموع، لذا فإن فقد الماء بهذه الطريقة يسمى بالإدماع.

❖ العوامل التي تحفز الأدماع هي:

- الإمتصاص العالى للماء.
- الضغط الجذرى المرتفع.
- إنخفاض أو إنعدام النتح لظرف ما.

بمعنى آخر أنه تحت هذه الظروف الثلاثة فإن إمتصاص الماء يفوق عملية النتح التى تعتبر العملية الأساسية والرئيسية لفقد الماء، لذا تلاحظ هذه الظاهرة فى الصباح الباكر بعد الليالى الدافئة الرطبة حيث يخرج الماء من فتحات خاصة تعرف **بالثغور المائية** توجد عند نهاية العروق فى أوراق بعن النباتات مثل الفراولة والطماطم والقمح وهى ثغور مفتوحة باستمرار ويكون خروج الماء منها فى صورة سائلة على بيئة قطرات تظل عالقة بحافة نصل الورقة فى مظهر يشبه الدموع حتى تتبخر. ومن المواد التى وجدت في سائل الإدماع كانت معظم الأملاح المعدنية P ، K ، Na ، Ca Mg وكذلك كثير من السكريات مثل glucose، Fractose، Sucorose.. الخ، وكثيرا من الأحماض مثل glotamic acid، ... aspartic acid الخ، ومواد كثيرة أخرى مثل الدهون والبروتينات ويتراوح pH هذا السائل من 7 : 6 فى أغلبية النباتات.

- النتح Transpiration (أنظر الفصل الثالث)