العلاقات المائية للنباتات Plant water Relations

يعتبر الماء مركبا لا يمكن الاستغناء عنه مطلقا من اجل استمرار الحياة. تجري داخل البروتوبلازم التفاعلات الحيوية في وسط مائي بنسبة 80% إلى أكثر من 90% وهي نسبة الماء في البروتوبلازم، والمعروف أن الحياة لا يمكن أن توجد دون وجود الماء. حيث بينت الدراسات ان انتاج 1 غم من المادة العضوية النباتية يتطلب 500 غم من الماء.

يُكَون الماء الموجود فى التربة مع ماء النبات نظاما متصل بصفة مستمرة من التربة وخلال النبات حتى أعلاه حيث تفقد الاوراق هذا الماء على صورة بخار إلى الجو المحيط، ويمكن القول على وجه التقريب أن كل الماء الذى يتحرك داخل النبات إلى أعلاه يفقد فى عملية النتح، وأن حوالى% 1 من هذا الماء هو الذى يستخدم فى العمليات الحيوية المختلفة لاسيما تفاعلات التحولات الغذائية داخل النبات وهو ما يعرف **بالماء الفسيولوجى**

أهمية الماء للخلايا الحية

1. الماء مذيب عام لجميع المركبات بلا استثناء والتي تذوب فيه بدرجة او باخرى (مثل السكريات الاحماض الامينية والهرمونات والاملاح المعدنية والغازات وغيرها)والتي تنتقل الى جميع اجزا ء النبات في وسط مائي، فجدار واغشية الخلايا تنفذ الماء بسهولة وينتج عن ذلك استمرارية الطور السائل في كل اجزاء النبات مما يسهل عمليات نقل المواد الذائبة في الماء بين اجزاء النبات المختلفة.
2. الماء ضروري للتفاعلات الكيميائية فكثير من المواد لاتدخل التفاعل إلا بعد ذوبانها بالماء
3. الماء ضروري لنقل المواد بين خلية و أخرى أو داخل الخلية.
4. الماء ضروري جدا لإنبات البذور بعد حصول التشرب وتنشيط ال amylase الذي يحلل النشا إلى سكر لتغذية الجنين ليحصل الإنبات
5. الماء مهم لعمليات التحلل المائي
6. الماء مهم لعملية التمثيل الضوئي فالالكترون الذي تبدأ به عملية الفسفرة الضوئية مصدره الماء
7. الماء مهم لعملية انتفاخ الخلايا مما يعطي النبات شكال منتصبا و عندما تفقد الخلية مائها فإنها تفقد انتفاخها مما يؤدي إلى انكماش الخلايا و هو ما يلاحظ عند ذبول النبات
8. الماء مهم جدا لأمتصاص العناصر الغذائية من التربة ولا يستطيع النبات اخذ العناصر إلا بعد ذوبانها بالماء
9. يؤدي الماء دورا في تبريد النبات من خلال عملية النتح و فقدان الماء على شكل بخار من أسطح الاوراق

العلاقات المائية للخلية النباتية

تحكم العلاقات بين الخلايا النباتية والماء عدة ظواهر طبيعية لابد من دراستها اولا حتى يمكننا فهم الأسس التي تقوم عليها العلاقات، وهذه الظواهر هي في الواقع صور لظاهرة واحدة وهي الانتشار والتي يتفرع منها ظاهرتين هما الانتشار الغشائي والتشرب، وهاتان العمليتان وغيرهما من العمليات الحيوية المسؤولة عن حركة الماء داخل النبات وخروجه وما يترتب على ذلك من عمليات حيوية ترتبط ارتباط كلي بقوانين التحول في الطاقة والتي تخضع بدورها لقوانين الديناميكا الحرارية . ويندر ان يوجد من بين العمليات الفسيولوجية التي تحدث في النبات ما لايرتبط بطريقة مباشرة او غير مباشرة بظواهر الانتشار.

اولا :الانتشارDiffusion

الانتشار هو عبارة عن صافي حركة جزئيات مركب من منطقة يكون تركيزها فيه مرتفع إلى منطقة يكون تركيزها فيها أقل، وهذا الانتقال يأتي نتيجة للحركة العشوائية لجزئيات أو دقائق المادة، بفعل الطاقة الوضعية الانتقالية الكامنة في جزئيات او دقائق المادة.

-الطاقة الانتقاليةEnergy Translational

هي عبارة عن القوة المسؤولة عن تحريك الجزئيات سواء كانت الجزئيات لسائل أم لغاز .في درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق(-273.15م)تكون جزئيات أي مادة ما في حركة دائبة نظرا لاحتوائها على كمية معينة من الطاقة الذاتية، هذه الحركة الدائبة هي حركة عشوائية حيث تتحرك الجزئيات في جميع الاتجاهات وفي حالات عديدة تتصادم مع بعضها البعض.

الجهد الكيميائي Chemical Potential

كمية الطاقة الحرة لكل واحد غرام وزن جزيئي للمادة وهذا يعني أننا نسبنا الطاقة الحرة إلى كمية معلومة من المادة . بناء على مفهوم الجهد الكيميائي يمكننا إذا إعادة **تعريف الاتشار** :عبارة عن محصلة حركة أي مادة من وسط يحتوي على جهد كيميائي مرتفع إلى وسط يحتوي على جهد كيميائي أقل وهذه الحركة تعتمد على العشوائية والطاقة الانتقالية للجزئيات أو الذرات أو الايونات

الجهد لكل مادة يعتبر مستقلاً عن المادة الاخرى ، أي إن انتشار أي مادة مايكون مستقل عن المادة الاخرى التي قد توجد في نفس الوسط وذلك حسب تركيز أو جهد كل مادة على حدة.

.

العوامل التي تؤثر على معدل انتشار المواد المختلفة

1. درجة التركيز:تتناسب سرعة الانتشار طرديا مع درجة تركيز الايونات او الجزيئات المنتشرة.
2. الحجم :تتناسب سرعة الانتشار عكسيا مع حجم الايونات او الجزيئات المنتشرة
3. الكتلة :تتناسب سرعة الانتشار تناسبا عكسيا مع الوزن الذري او الجزيئي

4. انحدار الجهد الكيميائي : هو مقدار الفرق في الجهد الكيميائي للمادة بين منطقتين، كلما ا زد انحدار الجهد الكيميائي كلما ا زدت سرعة الانتشار.
5. درجة الحرارة :تزداد سرعة الانتشار بارتفاع درجة الحرارة بسبب زيادة الطاقة الحركية للجزيئات.
6. قابلية الذوبان في وسط الانتشار :كلما زادت قابلية المادة للذوبان في وسط الانتشار زادت سرعة انتشارها في الوسط ولكن اذا كان وسط الانتشار ذو تركيز مرتفع فسوف تزداد درجة مقاومته للمواد المنتشرة.

ثانيا :التشربImbibition

هو صورة من صور الانتشار ويمثل حركة الماء أو المذيب عند وجود فرق في الجهد المائي بين المادة المشربة(الماء) والمادة المتشربة Imbibant دون وجود أغشية .ويحدث التشرب بفعل قوة الادمصاص Adsorptionللمذيبات على اسطح الدقائق الغروية ويسبب التشرب ضغطا كبيرا عند وضع المادة المتشربة في حيز محدود .لحدوث التشرب يجب توفر شرطان اساسيان:

1. وجود تدرج في الجهد المائي بين المادة المشربة والمادة المتشربة.
2. وجود الفة او تجاذب بين النظامين، مثلاً تتشرب قطعة الخشب بالماء ولا تتشرب قطعة المطاط ويمكن ان يتشرب المطاط بمذيب عضوي مثل الايثر.

اين نجد ظاهرة التشرب في النبات؟

1- عملية تشرب البذور بالماء هي اهم و أول مراحل الإنبات وهي تعطي ضغط يسمى بالضغط التشربي Imbibition pressure وهو اعلى ضغط كامن يمكن أن ينشأ في المادة المتشربة عند وضعها في مذيب نقي (الماء مثلاً) وهذا ضروري لتمزيق قصرة البذرة اثناء الإنبات. يمكن ان تصل قوة الضغط التشربي إلى 30 ميكا باسكال.
2- نقل الماء من الجذر الى الورقة، جزء كبير من العملية يكون عبر تشرب الجذور الخلوية نتيجة للفرق في الجهد المائي بين انسجة الورقة والساق والجذر نتيجة تأثير عملية النتح.

ثالثا - الأزموزية Osmosis

هي عملية انتشار الماء عبر اغشية شبة منفذة Semi-permeable membranes أو الأغشية ذات النفاذية الاختيارية Differentially permeable membranes ، الغشاء شبه المنفذ هو الذي يسمح بمرور دقائق المذيب ولا يسمح بمرور دقائق المذاب مثل ورق السيلوفان، لا توجد اغشية تمنع دقائق

المذاب من المرور كلها لكن يبقى هناك بعض الدقائق التي تعبر وهذا الحال ينطبق على الأغشية البلازمية الحية مع خصوصية هذه الأغشية في السيطرة على مرور المواد المذابة.

عند فصل الماء المقطر عن محلول سكري او ملحي بغشاء شبه منفذ مثل السيلوفان فأن فرق الجهد الكيميائي للمذاب والمذيب سوف يلعب دوراً في التوازن الا ان المذاب لا يستطيع المرور عبر الغشاء شبه المنفذ أي انه محتجز داخله وعليه يبقى الماء النقي من يملك حرية الحركة وينتقل الى منطقة المحلول لأن جهده (الماء) الكيميائي منخفض فيها على العكس من منطقة الماء المقطر وعند دخوله يعلق في المحلول بسبب جهد الذائبات مما يسبب ضغط ازموزي داخل الغشاء يعمل على رفع مستوى الماء لحد معين يساوي الضغط الناشئ عن عمود الماء.

الجهد المائي(Ψw) Water potential :

وهو مصطلح للتعبير عن الجهد الكيميائي للماء ويرمز له بالرمز. **Ψw**

ويعرف الجهد المائي بانه عبارة عن الفرق بين الجهد الكيميائي للماء في محلول ما والجهد الكيميائي للماء النقي عند ظروف قياسية من درجة الحرارة والضغط .فلماء كغيره من المواد له طاقة وتكون هذه الطاقة اعلى ما يكون في الماء النقي، ويطلق على الطاقة الحرة للماء اسم الجهد الكيميائي.

الجهد الكيميائي هو مقدار الطاقة الحرة الكلية لكل وزن جزيئي غرامي من المادة واذا كانت هذه المادة ماء فانه يعرف بالجهد المائي، وأن الطاقة الحرة للماء متغيرة حسب محتوى الماء من الذائبات بثبات العوامل الاخرى درجة الحرارة والضغط.

ولقد اتفق العلماء على ان جهد الماء النقي يساوي صفر(اي اعلى جهد للماء عندما يكون نقي يساوي صفر)ويكون الجهد المائي اقل من الصفر(اي سالب)في المحاليل لوجود مواد ذائبة فيه .والماء في المحاليل مثل محلول التربة ومحلول العصير الخلوي في الخلايا النباتية غير نقي لوجود مواد ذائبة ترتبط مع عدد من جزيئات الماء فتقلل الجهد المائي للمحلول ويصبح الجهد المائي للمحاليل ذو قيمة سالبة وكلما ازداد تركيز المادة الذائبة كلما ازدادت سالبية الجهد المائي.

لاحظ الارتباط بين مفهوم الطاقة الحرة والجهد الكيميائي والجهد المائي، فهم الجهد المائي يعتمد على اساس أن لكل مادة طاقة كامنة في جزيئاتها وتسمى بالطاقة الحرة وتكون أعلى ما يمكن عندما تكون المادة نقية، وهي تتأثر بالعوامل:

1. الذائبات 2. الضغط المسلط 3. درجة الحرارة 4. المواد الغروية

الجهد المائي للخلية

عبارة عن محصلة قوتين متعاكستين في الاتجاه هما:

1- الجهد الأزموزي Osmotic potential ψ_s وهو سالب القيمة دائماً، ناتج عن تأثير الذائبات مثل الأملاح والمواد العضوية مثل السكريات والأحماض الأمينية والأحماض العضوية التي تشكل ايونات وجزيئات بشكل محاليل تخفض الجهد المائي(تجعله أكثر سالبية).

2. جهد الضغط Pressure potential أو الضغط الانتفاخي Turgor pressure ψ_p ، ينتج عن ضغط مكونات الخلية على الغشاء الخلوي ومن ثم الجدار الخلوي ضغط اذا استمر في الزيادة فانه يفجر الخلية ويظهر دور جهد الضغط في كبح هذه القوى والحفاظ على خلايا ممتلئة، وهو موجب القيمة عادةً ويكون سالب القيمة في اوعية الخشب اثناء عملية النتح.

الجهد المائي= الجهد الأزموزي +جهد الضغط

$$\psi w = \psi s + \psi p$$

اذا وضعت الخلية النباتية في ماء نقي يدخل الماء النقي الفجوة ويسبب زيادة حجمها ويحدث تخفيف لمحلول الفجوة وتنتفخ الخلية وينشا ضغط انتفاخي او ضغط امتلاء Turgor pressure ويسمى جهد الضغط Pressure Potential (ψp) ، والذي يحدث ضغط على السايتوبلازم والذي بدوره يضغط على الجدار الخلوي مسبباً تمدده بدرجة محدودة فيُحدِث الجدار الخلوي ضغط مساوي في القيمة ومعاكس في الاتجاه لضغط الانتفاخ او الامتلاء يسمى بالضغط الجداري wall pressure وهذا الضغط يوقف انتقال الماء الى الخلية ويحد من امتلائها بالماء لتاخذ الخلية شكلها المنتفخ دون حدوث مزيد من الزيادة في الحجم، وايضا يصبح ضغط الامتلاء المتولد مساوياً لقوة جهد الماء المتدفق الى داخل الخلية.

عندما يزداد ضغط الامتلاء(جهد الضغط)في الخلية يزداد الجهد المائي لها وتقل سالبيته، وعندما تصل الخلية الى حالة الامتلاء الكامل يمنع ضغط الامتلاء اي زيادة في المحتوى المائي للخلية وتصل الخلية الى حالة الاتزان وعندها يتساوى جهد الضغط (ضغط الامتلاء)الموجب مع الجهد الازموزي السالب في القيمة للخلية ويصبح الجهد المائي للخلية(المحصلة)يساوي صفر.

اي عندما $\psi S = \psi p$ اذا تصبح ψw = صفر

الخلايا التي تكون فيها قيمة جهد الضغط(ضغط الامتلاء)تساوي قيمة الجهد الازموزي تكون في حالة امتلاء كامل، وكلما قلت قيمة جهد الصغط عن الجهد الازموزي تصبح الخلايا اقل امتلاءً واذا انخفضت قيمته الى الصفر تكون الخلايا وصلت الى حالة البلزمة، مثال:

الجهد المائي للخلية (صفر) = الجهد الازموزي (-20) + ضغط الامتلاء (20) الخلايا منتفخة

الجهد المائي للخلية (-10) = الجهد الازموزي (-20) + ضغط الامتلاء (10) الخلايا اقل انتفاخا

الجهد المائي للخلية (-20) = الجهد الازموزي (-20) + ضغط الامتلاء (صفر) الخلايا في حالة بلزمة

مما سبق يتضح ان :الجهد المائي للخلية عبارة عن محصلة قوتين متعاكستين في الاتجاه هما:

1. الجهد الازموزي ψS لمحلول الخلية وقيمته سالبة.
2. جهد الضغط(الامتلاء)وقيمته موجبة في الخلايا الممتلئة ويتضح ذلك من المعادلة التالية:

$$\Psi w = \Psi P + \Psi s$$

اذا الجهد المائي هو مقياس القوة المسئولة عن انتقال الماء الى داخل الخلية من المحلول الخارجي . ويستخدم الجهد المائي لمعرفة اتجاه حركة الماء وانتقاله بين خليتين متجاورتين او بين نسيجين متجاورين او بين محلول التربة والنبات حيث ينتقل الماء من منطقة جهدها المائي عالي(اقل سالبية)الى منطقة اخرى جهدها المائي منخفض (اكثر سالبية)

البلزمة Plasmolysis

هي عبارة عن خروج الماء من الفجوة الى خارج الخلية و تقلص السايتوبلازم بعيدا عن جدار الخلية ، فاذا ما وضعت الخلية النباتية في محلول ما له جهد مائي اقل من الجهد المائي للعصير الخلوي فسوف ينتشر الماء و يخرج من الخلية الى المحلول الخارجي . و ان معظم الماء الذي يخرج من الخلية يكون عادة من الفجوة فكلما نقصت الفجوة في الحجم كلما تقلص السايتوبلازم و بدأ بالانفصال و الابتعاد عن جدار الخلية (vacuole)

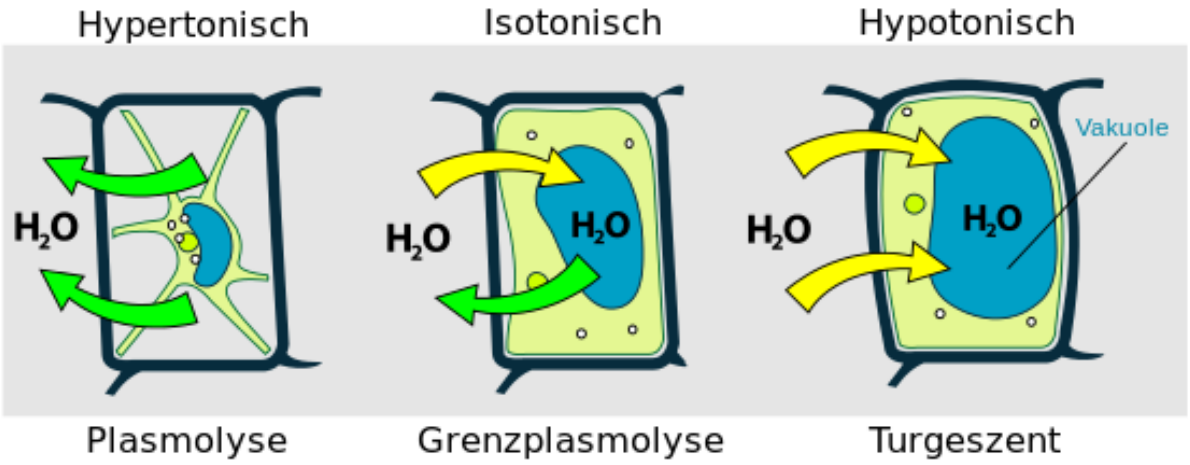
انواع البلزمة

1. **بلزمة دائمية - Permanent Plasmolysis**

تحدث للخلية التي مرت ببلزمة شديدة ، و ابتعد المحتوى البروتوبلازمي عن الجدار و اتخذ شكلا كرويا داخل الخلية النباتية

2. **بلزمة مؤقتة(بدائية) Incipient Pasmolysis**

تحدث للخلايا التي تمر ببلزمة خفيفة حيث انها تستطيع ان تستعيد حالتها الطبيعية اذا ما وضعت في الماء او في محلول اخر ذو جهد مائي اعلى من الجهد المائي للخلية



اهمية الازموزية في حياة النبات

1. تقوم بحفظ انسجه النبات فى حاله امتلاء وهذا له اهميه قصوى اذ يمكن للخلايا ان تستمر فى القيام بالعمليات الايضية والنمو على اكمل وجه
2. هي المسئولة عن امتصاص الماء بواسطة الشعيرات الجذرية من محلول التربة وانتقال الماء من خلية الى خلية مجاوره لها ومن نسيج اخر داخل النبات.
3. بعض الاعضاء النباتيه الرخوه كالقمم الناميه فى السوق والجذور لا تحتوى على انسجه دعاميه وبفعل الخاصيه الازموزيه تمتلى هذه الخلايا بالماء وتتوتر وبذا تكتسب هذه الاعضاء صلابه وقوه واذا ما انخفض او انعدم امداد الماء للنبات فان الانسجه تبدا فى الارتخاء وتهدل الاوراق وتسمى هذه الحاله بحاله الذبول.
4. الازموزية مسئولة عن انتقال الماء وتحركه والتحكم فى توزيعه داخل النبات حيث يعتمد توزيع الماء على الفرق في الجهد المائي للخلايا.
5. مهمة في حركة فتح وغلق الثغور نتيجة لحركة الخلايا الحارسة واعتمادها على الخاصية الازموزية.
6. زيادة الجهد الازموزي للخلايا تساعد في زيادة مقاومة النبات للتجمد والجفاف (بسبب زيادة تركيز الذائبات.)

المصادر

- اساسيات فسيولوجيا النبات ، 2008 ، حشمت سليمان الدسوقي
- عماد فسيولوجيا النبات ، 1998 ، عمادالدين وصفي
- الأسس العلمية لادارة وإنتاج وتحسين المحاصيل الحقلية ، 2018 ، اياد حسن علي و محمد عويد غدير