العلاقات المائية Plant Water Relationship

ان علاقة النبات بالماء تشـــمل النظم التي تتحكم في دخول الماء الى الخلية النباتية وخروجه منها وحركته من خلية الى اخرى داخل النبات كما وتشمل صعود محلول التربة وما به من ذائبات في الخشب عبر الجذور حتى الساق والاوراق وكذلك كيفية توزيع المواد الغذائية بعد تصنيعها الى اجزاء النبات المختلفة بالاضافة الى النتح.

بشكل عام عملية امتصاص الماء من قبل الخلية النباتية لا زالت غير مفهومة بشكل متكامل الى حد الان الا انها تتضـمن على الاقل عمليتين من عمليات الانتشـار Diffusion هما الازموزية Osmosis والتشـرب Imbibition

الانتشار Diffusion

هو حركة الجزيئات من مكان تكون فيه ذات تركيز عالي الى اماكن اخرى حيث تكون اقل تركيزا (ســـواء تمت العملية بوجود غشـــاء او عدمه). فمثلا اذا وضـــعت قطعة من الســـكر في كأس ماء فأن الســـكر يذوب ببطئ وتتحرك جزيئاته من ســـطح القطعة حيث التركيز عالي الى مناطق اكثر بعدا حيث التركيز اقل. وبعد مرور فترة من الزمن تختفي قطعة السكر وتصبح موزعة توزيعا متساويا في السائل المحيط بها ويصبح النظام في حالة اتزان وعند ذلك تستمر حركة الجزيئات لكن من دون ان يحدث اي تغير في تركيز النظام.

في النبات تســـهم عملية الانتشـــار في نقل بعض المواد الموجودة في المحيط الخارجي للنبات الى داخله وبالعكس فمثلا يدخل CO_2 ويخرج O_2 وبخار الماء من خلال الثغور الموجودة على الاوراق بعملية الانتشـــار. كما وتســـاهم هذه العملية في طرح CO_2 وبعض المركبات الاخرى من قبل الجذور الى خارج النبات هذا بالاضافة الى دورها في نقل ايونات الاملاح المعدنية من التربة الى داخل النبات.

1.الازموزية Osmosis. يعد الباحث Abbe Nollet (1884) اول من لاحظ ظاهرة الازموزية عندما ملأ مثانة خنزير بالكحول ثم ربط فوهتها ووضعها في الماء فلاحظ انتفاخها بدرجة كبيرة. وبعد ذلك ملأ الباحث Dutrochet المثانة بمحلول سكري ووضعها في ماء نقي فلاحظ انتقال جزيئات الماء من الوسط الخارجي (اي الماء النقي) الى المحلول الســكري الموجود في المثانة بمعدل أســرع من انتقالها من داخل المثانة أي من المحلول السكري نحو الخارج (الماء النقي). ونتج عن ذلك ازدياد حجم المحلول في المثانة محدثا ضغط

على جدرانها الداخلية. من هذه التجارب تبين بأن الازموزية هي عملية انتشار لجزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية من مكان حيث طاقتها الحرة اكبر(او جهدها المائي اكبر) الى مكان حيث طاقتها الحرة اقل (او جهدها المائي اقل) . وعادة يكون مكان الطاقة الحرة الاقل للماء (او الجهد المائي الأقل) هو ذلك الذي تم تقييد حركة الماء فيه باضافة جزيئات المذاب التي لا تنفذ خلال الغشاء وبذلك يكون صافي الحركة من المنطقة التي تحتوي تركيز عالي للماء الى المنطقة التي تحتوي تركيز واطئ للماء، أي من المنطقة التي تحتوي طاقة حرة أعلى للماء إلى المنطقة التي تحوي طاقة حرة اقل للماء.

من هنا يتضح بان الازموزية ترتبط ارتباطا وثيقا بالأغشية الاختيارية النفاذية (التي تتميز بسماحها لمرور بعض الجزيئات ومنعها لمرور جزيئات اخرى) وليس بالمواد المارة خلال الغشاء.

تتضمن ظاهرة الازموزية انتشار جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية **Differentially permeable** والمتمثل بمثانة الخنزير والذي يتميز بأنه غير حي وثابت التركيب في حين تتواجد في الخلية النباتية عدة أغشية حية و اختيارية النفاذية وذات صفات متغيرة مثل الاغشية البلازمية، غشاء الفجوة، الشبكة الاندوبلازمية والأغشية التي تحيط بالجسيمات السيتوبلازمية وتتواجد في داخلها والتي تلعب دورا في حركة الماء من مكان الى اخر على جانبيها.

ومن هنا يتبين بأن ظاهرة الازموزية هي التي تحكم حركة الماء داخل اعضاء الخلية الواحدة وما بين خلية واخرى ومابين محلول التربة وخلايا الجذر الملاصقة له (بحكم وجود الأغشية الحية الاختيارية النفاذية في الخلية) حيث أن محلول التربة في الظروف العادية يحتوي على مواد مذابة اقل من العصير الخلوي. اي يكون تركيز الماء في محلول التربة اعلى نسبيا مما هو عليه في العصير الخلوي. وعندئذ تحدث ظاهرة الانتشار ويميل منحدر التركيز(فرق التركيز) الى التعادل اي يحدث الانتقال من التركيز العالي للماء حيث الطاقة الحركية العالية في محلول التربة الى التركيز الواطئ للماء حيث الطاقة الحركية الواطئة في العصير الخلوي. وبنفس الميكانيكية يتحرك الماء من خلية ذات تركيز ماء عالي (تركيز ذائبات قليل) الى خلية ذات تركيز ماء اقل (تركيز ذائبات اعلى).

كثيرا ما يستعمل مصطلح الجهد الازموزي **Osmotic Potential** للدلالة على الطاقة الحرة النسبية للماء داخل الخلية بقدر تأثرها بكمية المواد المذابة ويعبر عنه بوحدات الضغط الجوي (جو)، وهو يمثل أقصى ضغط يمكن ان ينشأ في محلول ما عند فصله عن المذيب النقي بغشاء اختياري النفاذية مسببا جذب جزيئات

المذيب النقي تجاهه اي باتجاه المحلول وهو ذات قيمة ســـالبة وهو يعادل الضـــغط اللازم إحداثه على المحلول لمنع دخول المذيب اليه عبر الغشاء.

الجهد الازموزي للماء النقي يساوي صفر وعندما تضاف له المواد المذابة ينخفض تركيز الماء وتبعا لذلك تنخفض طاقته الحرة ويصبح الجهد الازموزي سالبا. وبناءا على ذلك فأن الجهد الازموزي للعصير الخلوي ومحلول التربة يكون ســالب الشــحنة دائما لاحتوائه على الذائبات وان انتقال الماء يحدث من المحاليل ذات الجهود الازموزيــة الكبيرة الى المحــاليل ذات الجهود الازموزيــة الصـــغيرة. وبمــا ان الجهود الازموزيــة للمحاليل سالبة الشحنة دائما لذا يحدث انتقال الماء من المحاليل الأقل سالبية الى الأكثر سالبية كما موضح في المثال التالي:

نوع المحلول	قيمة جهد الماء	اتجاه حركة الماء
ماء نقي	0	↓
ماء + 5غم ملح	-5 جو	↓
ماء + 10غم ملح	-10 جو	↓

الامتلاء Turgor

يتميز الجدار الخلوي الذي يغلف الخلية النباتية وغشـــائها البلازمي بصـــلابته وتركيبه غير المطاطي. كما يتميز الجدار بانه منفذ لجميع المواد وعند وضـــع الخلية النباتية البالغة بوصـــفها نظاما ازموزيا في الماء وبســـبب أن الجهد الازموزي للعصـــير الخلوي يقل كثيرا عن الجهد الازموزي للمحلول الخارجي (بســـبب ارتفاع تركيز الذائبات في العصـــير الخلوي) فســـوف يتحرك الماء الى داخل الخلية وبالتالي تمتلئ الخلية بالماء ويزداد حجمها. ويحدث ان تضغط محتوياتها وخاصة غشاء البلازما على الجدار الخلوي ويسمى هذا الضـــغط المســـؤول عن دفع محتويات الخلية باتجاه الجدار الخلوي بالضـــغط الانتفاخي او ضـــغط الامتلاء Turgor Pressure.

اذاً الضغط الانتفاخي او ضغط الامتلاء هو الضغط الموجه من المحلول الخلوي للخلية المنتفخة على الجدار الخلوي وهذا الضـغط هو الذي يســاعد في المحافظة على شـكل النبات ويوفر للخلايا الحديثة النمو الضـغط اللازم لنموها في الحجم.

بالمقابل هناك ضغط يعاكس الضغط الانتفاخي في الاتجاه ويساويه بالمقدار وهو ضغط الجدار السليلوزي غير المرن نسبيا واتجاهه من الخارج نحو الداخل وعلى محتويات الخلية بما فيها العصير الخلوي ويسمى بالضغط الجداري **Wall pressure**.

اذن الضغط الجداري هو الضغط الموجه من جدار الخلية على محتوياتها والذي يساوي بالمقدار ويعاكس بالاتجاه الضغط الانتفاخي (ضغط الامتلاء).

جهد الحشوة Matric pressure

عبارة عن المقاومة التي يلاقيها الماء عند دخوله خلال الغشـــاء البلازمي الى داخل الخلية وفق العملية الازموزية نتيجة تعامله مع مركبات اخرى مثل مكونات الجدار الخلوي وغيرها مما يؤدي الى فقدان قســـم من الطاقة الحرة.

بشكل عام يمكن حساب القوة المسببة لامتصاص الماء من قبل الخلية من المعادلة التالية:

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_m \quad (1)$$

ψ_w يمثل جهد الماء للعصير الخلوي او الطاقة الكيمياوية الكامنة لماء الخلية

Ψ_s يمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن الذائبات او الازموزية (الجهد الازموزي) وهي ذات قيمة سالبة دائما

Ψ_p تمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن الضغط الجداري او الانتفاخي وهي ذات قيمة موجبة

Ψ_m تمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن التشرب او المواد التي تلتصق بالماء كالغرويات وهي ذات قيمة سالبة.

ولما كان جهد الحشوة (ψ_m) صغير القيمة ويصعب قياسه في النظم الازموزية لذلك يمكن حذفه لتصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p \quad (2)$$

وعلى هذا الاســاس فأن دخول الماء الى الخلية النباتية يتأثر بالجهد الازموزي للعصـير الخلوي الذي يعمل على زيادة معدل دخول الماء الى الخلية وبالضغط الجداري (الامتلاء) والذي يعمل على تقليل دخول الماء

الى الخلية. وعلى ذلك فأن الماء يدخل الى الخلية بقوة تساوي الفرق بينهما حيث يلاحظ استمرار دخول الماء الى الخلية مادام الجهد الازموزي للعصير الخلوي أكبر رقما من الضغط الجداري وعندما تصل الخلية الى حالة الامتلاء التام يتساوى كل من الجهد الازموزي والضغط الانتفاخي ويتوقف دخول الماء الى الخلية.

الازموزية بين الخلايا

لو تخيلنا خليتين ملتصقتين ومحميتين من اي تبخر الاولى (A) لها جهد ازموزي (14) وضغط انتفاخي او جداري (4) والأخرى (B) ولها جهد ازموزي (24) وضغط انتفاخي او جداري (8) ففي أي اتجاه سوف يتحرك الماء وما هو مقدار جهد الماء الذي عنده سوف تحصل حالة التوازن؟

B		A
$\psi_s = -24$	←←←	$\psi_s = -14$
$\psi_p = 8$	←←←	$\psi_p = 4$
$\psi_w = -16$	←←←	$\psi_w = -10$

بما ان محلولي الخليتين متصلان فأن الجهود المائية لكل منهما سوف تميل للوصول الى حالة التوازن الذي يحدث عند (- 13 جو) ولذلك سوف يتحرك الماء من الخلية (A) التي تمتلك جهد ماء اكبر(اقل سالبية) والذي يساوي(10-) جو الى الخلية (B) التي تمتلك جهد ماء اقل (اكبر سالبية) والذي يساوي(16-) جو.

اهمية الازموزية للنبات

1-تساعد على حفظ الأنسجة النباتية بحالة ممتلئة ونشطة

2-تسبب دخول الماء الى داخل النبات ومن ثم نقله وتوزيعه في جسم النبات

3-تسهم في اكساب الخلايا النباتية الغضة والحديثة النمو كالقمم النامية قوة وصلابة

4.تسهل إنبات البذور حيث تساعد على خروج الجزء الخضري فوق سطح التربة وتعمل على انتشار المجموع الجذري تحت سطح التربة

العوامل التي تؤثر على الازموزية في النبات

1-تركيز محلول التربة: كلما زادت كمية الماء في التربة قلت سـالبية الجهد الازموزي للتربة مقارنة مع النبات مما يؤدي الى انتقال الماء من التربة الى النبات.

2-تركيز العصير الخلوي: الجهد الازموزي لخلايا النباتات سالب الشحنة ويكون في النباتات الملحية أكثر سالبية بسبب عيشها في بيئة ملحية وقد يصل الى -60 جو مقارنة مع النباتات المائية حيث يتراوح مابين -2 الى -3 جو.

3-الرطوبة الجوية: ان فقدان الماء من اوراق النبات بعملية النتح بسـبب قلة الرطوبة الجوية يؤدي الى زيادة سالبية الجهد الازموزي لأنسجة الورقة وبالتالي يؤدي الى انتقال الماء اليها من باقي اجزاء النبات.

4-الضوء: الضوء من العوامل الاساسية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي وتساهم في صناعة السكريات التي تذوب في المحاليل الخلوية وبالتالي تؤدي الى زيادة سالبية الجهد المائي للعصير الخلوي.

5-درجة الحرارة: تلعب نفس الدور الذي يلعبه الضوء في عملية التركيب الضوئي بالاضافة الى تأثيرها على النتح ونفاذية الغشاء الخلوي.