علاقات الماء في الخلايا النباتية

نفوذ الماء إلى الخلية النباتية

يدخل الماء إلى الخلية الحية بفعل الحلول (الأسموزية)، و بما أن لهذه الخلايا غالبا ضغطا حلوليا أعلى من الضغط الحلولي للوسط الخارجي، فان الماء يمر من ذلك الوسط إلى داخل الخلية، و تحدد هذه النفوذية بمرونة و قدرة الغلاف على التمدد الذي سيعارض زيادة حجم الخلية هذه المقاومة المكافئة للضغط الأسموزي.

نفوذ العناصر الغذائية إلى الخلية

يدخل الماء إلى الخلية بفعل الحلول و هذا يعني طبقة الأندودرمس تقوم بدور غشاء نصف نفوذ تجاه الماء، فإذا كان هذا صحيحا فان جميع المواد لا تدخل إلى الخلية، و بالنتيجة فان الخلية لا تقدر أن تتغذى، لذا لابد من القبول بأن الغشاء البلازمي مع الطبقة السيتوبلازمية يعملان كغشاء نصف نفوذ نسبي، آخذين بعين الاعتبار عملية الاصطفاء المعروفة (النفاذية الاختيارية).

التأكد من نفوذ العناصر الغذائية

أ/ نفوذ المواد الملونة : إذا غمرنا خميرة أو أشنه أو أي خلية أخرى بسائل يحتوي على صبغة أحمر المعتدل، فإننا نلاحظ أن الفجوات تلونت باللون الأحمر بسرعة، فالملون الحيوي قد نفذ مع الماء إلى الخلية.

تسمح هذه التجربة البسيطة جدا بتأكيد دخول بعض المواد الملونة داخل الخلية الحية.

ب/ طريقة التفاعلات الكيميائية المجهرية : يمكن كذلك أن نستدل على دخول مادة ما من ردود الفعل التي تحدث داخل الخلية نفسها. يمكن استخدام الأوبار الماصة الفتية لنبات القرنفل التي تحتوي على حمض أكزاليك في فجواتها للاستدلال على نفوذ شاردة الكالسيوم Ca^{++} ، إذ يكفي أن نراقب عملية ترسب بلورات أكزالات الكالسيوم و التي تظهر داخل الخلية.

كذلك فان أشباه القلويات (قلويدات) تترسب بوجود المواد العفصية (العفصيات أو الدباغيات)، و بالتالي فانه من الممكن دراسة نفوذ القلويدات إلى الفجوات التي تحتوي على مواد عفصية و بالعكس.

طبيعة الأغشية الحيوية (راجع الجدار الهيكلي و الغشاء البلازمي من محاضرات السنة الأولى مقياس بيولوجيا)

الخلية النباتية البالغة كنظام أسموزي

إذا وضعنا خلية نباتية بالغة في الماء المقطر، فإننا نجد أن الغشاء البلازمي الخارجي و الداخلي يمثلان غشاء شبه منفذ يفصل بين الماء و الخلية من الخارج و بين العصير الخلوي الموجود في الفجوة العصارية في الداخل. أما الجدار الخلوي (السليلوزي أو الهيكلي) فيمكن إهماله لأنه غشاء منفذ تماما للماء و المواد الذائبة فيه.

في هذا النظام واضح أن الضغط الانتشاري للماء في محلول العصير الخلوي ينقص كثيرا عن الضغط الانتشاري للماء في خارج الخلية،و بالتالي تكون حركة الماء في اتجاه الخلية، و يطلق نقص الضغط الانتشاري للماء داخل الخلية عنه خارجها ب **(قوة الامتصاص الأسموزية للخلية)**، و بما أن حجم الخلية محدود لأنها محاطة بالجدار الهيكلي، فانه يتدخل في هذا النظام عامل آخر جديد هو **(ضغط الجدار** أو **ضغط الامتلاء)**، إذ ينجم عن دخول الماء إلى الخلية امتلاؤها، فتضغط محتوياتها على الجدار من الداخل، هذا الضغط يقابله و يساويه في المقدار ضغط الجار غير المرن من الخارج على محتويات الخلية بما فيها العصير الخلوي، مما يؤدي إلى زيادة الضغط الانتشاري للماء في العصير الخلوي، و هكذا حتى تمتلئ الخلية، و في هذه الحالة يتساوى الضغط الانتشاري للماء داخل و خارج الخلية، و تصبح الخلية في **حالة اتزان ديناميكي**، أي أن عدد جزيئات الماء المنتشرة من خارج الخلية إلى داخلها في وحدة زمنية يساوي العدد المنتشر في الاتجاه العكسي، أي تصبح **قوة الامتصاص الأسموزية = 0** و منه :

قوة الامتصاص الأسموزي = الضغط الأسموزي للعصير الخلوي – ضغط الجدار (ضغط الامتلاء)

و عليه فانه عندما تكون الخلية في بداية الامتلاء يكون : **ضغط الامتلاء = 0** و منه :

قوة الامتصاص الأسموزية = الضغط الأسموزي للعصير الخلوي

هذا باعتبار أن الخلية موضوعة في ماء مقطر أي أن : **الضغط الأسموزي للمحلول الخارجي = 0**

أما إذا وضعت الخلية في محلول ذو ضغط أسموزي معين فإن هذا يقلل من قوة الامتصاص الأسموزية نظرا لأن الضغط الانتشاري للماء الخارجي أقل مما هو في حالة الماء النقي و منه :

قوة الامتصاص الأسموزية = الضغط الأسموزي للعصير الخلوي – (ضغط امتلاء + الضغط الأسموزي للمحلول الخارجي)

الظواهر الأسموزية بين خليتين نباتيتين متجاورتين

مثال :

الظواهر الأسموزية/ الخلايا	خلية أ	خلية ب
الضغط الأسموزي للعصير الخلوي	7	9
ضغط الجدار	2 3	6 5
قوة الامتصاص الأسموزية	5 4	3 4

بمعنى أن الخلية أ تمتص الماء من الخلية ب لان قوة الامتصاص الأسموزية لها (5) أعلى من قوة الامتصاص الأسموزية للخلية ب (3) بالرغم من أن الضغط الأسموزي لعصيرها الخلوي أقل، و بامتصاص الخلية أ الماء من الخلية ب يزداد ضغطها الامتلائي (3) و يقل ضغط امتلاء الخلية ب (5).

و عندها تتساوى قوة الامتصاص الأسموزية لكل من الخليتين أ و ب ، و عندها تحصل حالة الاتزان الديناميكي لهما.

نتيجة :

يتحرك الماء بين الخلايا تحت تأثير قوة الامتصاص الأسموزية و ليس تحت تأثير قوة الضغط الأسموزي

مثال : لنأخذ 4 خلايا نباتية لها ضغط امتلاء = 0 ضغط جو يعني في بدء عملية الانكماش و ضغط أسموزي للعصير الخلوي = 10 ضغط جو، و على فرض أن : 1 حجم الخلايا متساو

2 حجم المحلول الخارجي كبير بالنسبة لحجم الخلايا

3 درجة حرارة الخلايا متساوية

4 الأغشية الخلوية نفوذه للماء و غير نفوذه للأملاح

5 جدر الخلايا على درجة واحدة من المرونة

الخلية الأولى وضعت في ماء مقطر ضغطه الأسموزي =0 في هذه الحالة يدخل الماء تدريجيا بقوة امتصاص اسموزية = 10 ض ج ، عند الابتداء، و يتناقص تدريجيا بزيادة امتلاء الخلية و زيادة حجمها حتى يصبح ضغطها الجدري = 10 ض ج ، في هذه الحالة يتوقف دخول الماء ظاهريا و تصبح :

قوة الامتصاص الأسموزية = 0 ض ج

نقول في هذه الحالة أن الخلية في حالة امتلاء تام أو في حالة انتباج Turgescence

الخلية الثانية وضعت في محلول ضغطه الأسموزي = 6 ض ج ، فالخلية تبدأ بالامتصاص بقوة امتصاص اسموزية = 4 ض ج و تتناقص تدريجيا إلى أن يصبح ضغط الامتلاء = 10/4 ض ج عندها تحصل حالة الاتزان الديناميكي. تسمى هذه المحاليل **محاليل ناقصة الأسموزية Hypotonique**

الخلية الثالثة وضعت في محلول ضغطه الأسموزي يساوي الضغط الأسموزي للخلية ، و منه
قوة الامتصاص الأسموزية = 0 ض ج
فهي في حالة اتزان ديناميكي، تسمى هذه المحاليل **محاليل سوية الأسموزية** **Isotonique**

الخلية الرابعة وضعت في محلول ضغطه الأسموزي أعلى من الضغط الأسموزي للخلية و ليكن 14 ض ج ، في هذه الحالة تصبح قوة الامتصاص سالبة = −4 ض ج و تفقد الخلية جزء من مائها و يقل حجمها و تمر بعدة تغيرات يطلق عليها البلزمة Plasmolyse ،و يطلق على هذه المحاليل بالمحاليل زائدة الأسموزية Hypertonique

الانتباج و الانكماش Turgescence and plasmolyse

1/ الانتباج Turgescence : إذا أخذنا طحلب خيطي مثل طحلب سبيروجيرا، و تركناه بضع دقائق عرضة للهواء تحت المجهر، لوجدنا أن الماء يتبخر منه بسرعة حيث تتقعر جدران خلاياه، كما تنفصل السيتوبلازمى عن الجدار الخلوي و تنكمش، فإذا أضفنا إليه الماء فان شكله يتغير بسرعة، حيث يمر الماء من الوسط الخارجي الأقل تركيزا إلى العصارة الفجوية، مما يجعل الفجوة تزداد ضخامة بفضل هذا الماء و تضغط على السيتوبلازمى المحيطة بها، مما يؤدي بالنتيجة إلى تحدب الجدار الهيكلي للخلية، و تستمر هذه الظاهرة حتى يصل الجدار إلى قامته العظمى، فيقوم عندئذ بمقاومة دخول الماء بقوة مكافئة للضغط المطبق من قبل السيتوبلازمى، و في هذه الحالة يأخذ الطحلب شكلا منتفخا، و إذا ثقبنا سطحه بإبرة مجهرية فان محتوياته تندفع بقوة نحو الخارج. **فنقول أن الخلية في حالة انتباج تام.**

2/ الانكماش (البلزمة) plasmolise : إذا أخذنا نفس الطحلب و وضعناه في محلول زائد الأسموزية فان خلاياه تمر بتغيرات :

- يحدث تقلص في حجم الخلايا نتيجة الحلول الخارجي أي خروج الماء من الخلايا إلى المحلول الخارجي حتى يصل حجم الخلايا إلى حد معين نقول عنه **بداية البلزمة**، و فيها تكون الخلايا غير ممتلئة أي ضغطها الجداري=0 ض ج.
- باستمرار فقد الخلايا للماء يقل ضغط العصير الخلوي على السيتوبلازمى المبطن للجدار الخلوي فينفصل السيتوبلازم عنه، و يظهر في البداية عند أركان الخلايا و في مناطق الاتصالات السيتوبلازمية المتينة و تسمى هذه الحالة **بالبلزمة المؤقتة** لأنه يمكن إزالتها بنقل الخلية إلى محلول ناقص الأسموزية كالماء المقطر.
- إذا استمر بقاء الخلايا في هذا المحلول الزائد الأسموزية فإنها تستمر في فقدها للماء و ينكمش السيتوبلازم و يتكور أو يتمزق إلى عدة أجزاء، و يفقد حيويته، و تسمى هذه الحالة **بالبلزمة المس**تديمة و التي لا يمكن شفاؤها و تموت الخلايا.

العوامل التي تؤثر على الضغط الأسموزي لخلايا النبات

1/ تركيز الوسط الخارجي أو تركيز محلول التربة (الضغط الأسموزي لمحلول التربة)

هناك علاقة طردية بين تركيز محلول التربة و بين الضغط الأسموزي للعصير الخلوي فقد وجد أن الضغط الأسموزي في خلايا الفطور يزداد بازدياد تركيز الوسط الذي تنمو فيه، و كذلك فان الضغط الأسموزي للأشنيات البحرية يزداد بازدياد تركيز الأملاح في ماء البحر.

2/ موقع النسيج النباتي

ينخفض الضغط الأسموزي للنسج النباتية كلما أقترب مكان النسيج من مصدر الماء، و عليه فان الضغط الأسموزي في الجذور يكون أخف من الضغط الأسموزي في السوق و الأوراق.

3/ الضوء

يسبب الضوء زيادة ملحوظة في الضغط الأسموزي للنسج و خاصة في الأوراق، و ذلك بسبب زيادة تركيز السكاكير الناتجة من عملية التمثيل الضوئي.

4/ النتح

علاقة طردية، كلما زاد معدل النتح (تبخر الماء) كلما زاد الضغط الأسموزي.

5/ درجة الحرارة

علاقة عكسية، و ينتج ذلك من انخفاض معدل التنفس و إعاقة النمو مما يؤدي إلى تجميع السكاكير.

6/ الوقت من اليوم و السنة

يلاحظ أن الضغط~~أن الضغط~~ الأسموزي ينخفض في الصباح نتيجة انخفاض تركيز العصارة الخلوية و يزداد تدريجيا حتى يبلغ ذروته في منتصف النهار، ثم يبدأ بالانخفاض مرة أخرى، بسبب زيادة و نقصان عملية التمثيل الضوئي، كما أنه تحدث تغيرات في الضغط الأسموزي خلال فصول السنة، فيزداد أثناء فصل النمو و يقل أثناء فصل الكمون.

وظائف الحلول (الخاصية الأسموزية) في النبات

1/ يساعد في عملية امتصاص الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية و انتقاله من خلية إلى أخرى.

2/ يساعد على بقاء أنسجة النبات في حالة امتلاء مما يسهل عملية الاستقلاب الغذائي.

3/ يسبب امتلاء الخلايا قوة تساعد على تمدد الخلايا و استطالتها، و يساعد في نمو الأنسجة، مثلا القوة اللازمة للجذر كي يتغلغل في طبقات التربة هي في الغالب قوة أسموزية، و كذلك في عملية الإنبات أي اختراق النبتة للتربة ما هي إلا قوة أسموزية.

4/ يساعد على توزيع الماء في جميع أجزاء النبات.

5/ ارتفاع الضغط الأسموزي يصاحبه انغلاق الثغور و انخفاضه يسبب انفتاح الثغور.