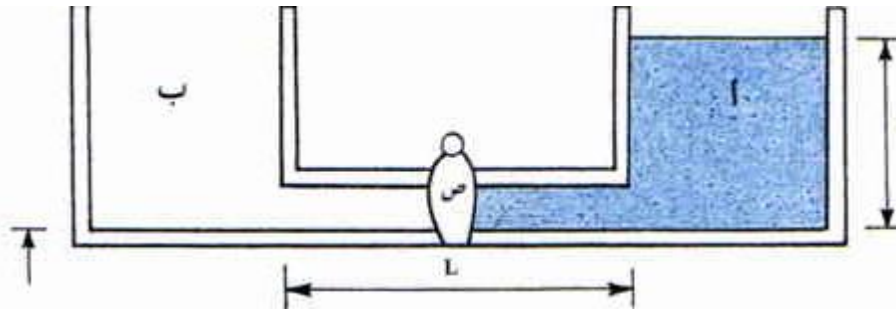


يمكن دراسة حركة الماء من خلال العمليات التي يشترك بها الماء مثل حركته من التربة الى النبات وفقدانه من خلال الورقة بعملية النتح ، والاسس الفيزيائية لحركة الماء تتمثل :

١- الانسياب (التدفق) الاجمالي الكتلي **Mass flow or Bulk flow**:

وهو الحركة التلقائية للمادة بسبب قوة الضغط الفيزيائية وتنخفض طاقة جزيئات الماء عندما تتحرك في منحدر ويكون بتاثير الجاذبية وهنا تتحول الطاقة الكامنه الى طاقة حركية والتي تنبدد كحرارة . ان مثل هذه الحركة للماء مع بعض العوالق او المواد المتواجدة مع الماء او المرتبطة به تسمى بالانسياب الكتلي الاجمالي وكما يظهر في الشكل ادناه نلاحظ ان الحوض أ مملوء بالماء بينما الحوض ب فارغ فاذا فتح الحاجز ص فان الماء يتدفق من الحوض أ الى الحوض ب حتى يتساوى الحوضين بالماء وان معدل انسياب الماء يعتمد على فرق الضغط الهيدروستاتيكي ومقاومة الانبوب الواصل بينهما .



معدل انسياب الماء = فرق الضغط

المقاومة

ويستمر انسياب الماء من الحوض أ الى ب حتى يصبح فرق الضغط صفرا بينهما عندها يتوقف انسياب الماء ويمكن ان نزيد من حركة الماء اما بتسليط ضغط على الحوض أ او بتسليط شد على الحوض ب .

٢- الانتشار Diffusion: يعني الانتشار الحركة العشوائية الغير منظمة للدقائق عندما يكون فرق بالطاقة الحرة بين النظامين ، وتعرف الطاقة الحرة بانهما الطاقة الممكنة لأداء اي شغل ، وفي الوزن الجزيئي الغرامي للمادة يوصف بانه الجهد الكيميائي والذي يقاس بوحدات الطاقة المعروفة مثل جول/ مول والتي يمكن تحويلها الى وحدة الباسكال ، وعليه الجهد الكيميائي للمادة يعتمد على عدد الاوزان الجزيئية الغرامية عند ثبات الضغط ودرجة الحرارة في تلك المادة . والجهد الكيميائي يعني الجهد المائي اذا كانت المادة المنتشرة هي الماء .

ويمكن عمل تجربة بسيطة فعند وضع بلورات من السكر في حوض ماء فان السكر يدوب اولاً ثم يتحرك بعيداً في حوض الماء ، وتفسر الحركة على اساس من المنطقة ذات الضغط العالي الى المنطقة ذات الضغط الواطئ او من المنطقة ذات الجهد الكيميائي العالي الى المنطقة ذات الجهد الكيميائي الواطئ وهو يشمل الماء ايضاً من المنطقة ذات الجهد المائي العالي الى المنطقة ذات الجهد المائي الواطئ .

تتأثر عملية الانتشار بمقاومة الاحتكاك والتركيز ومساحة المنطقة التي تمر منها المادة المنتشرة والوزن الجزيئي وحجم الدرات التي تمر منها المادة المنتشرة ودرجة الحرارة والضغط فضلاً عن وسط الانتشار وقابلية دوبان المادة المنتشرة .



ويعتبر الانتشار من العمليات الحيوية المهمة التي تجري في النبات لان الماء والايونات والغازات تدخل النبات بعملية الانتشار .

العوامل المحددة لعملية الانتشار :

١- طبيعة المحلول : تنتشر جزيئات او ايونات المحاليل الحقيقية دون المحاليل الغروية ، مثلاً جزيئات الماء تنتشر ولا تنتشر جزيئات النشا اي ان الانتشار يقتصر على المحاليل الحقيقية دون المحاليل الغروية .

٢- **درجة الحرارة** : يزداد معدل الانتشار بارتفاع درجات الحرارة ويرجع ذلك لزيادة الطاقة الحركية لجزيئات المادة المنتشرة

٣- **تركيز المادة** : يتوقف معدل انتشار المادة على الفرق بين تركيز المادة في منطقتين مختلفتين حيث تنتشر دقائق المادة من المنطقة التي يكون فيها تركيز المادة عاليا الى المنطقة ذات تركيز اقل وكلما زاد الفرق بين التركيزين زاد معدل الانتشار، كما يتاثر الانتشار بالمسافة التي تنتقل اليها المادة المنتشرة .

$$D=(C1-C2)/d$$

D=معدل الانتشار C1= التركيز العالي C2= التركيز المنخفض d= مسافة بين موقعين

٤- **حجم وكتلة الدقائق** : تنتشر الايونات الصغيرة بمعدل اسرع من الايونات الكبيرة مثلا ايونات الهيدروجين تنتقل ضعف الاوكسجين وخمسة اضعاف ثاني اوكسيد الكربون .

اهمية ظاهرة الانتشار للنبات :

١- تبادل الغازات من الهواء عبر فتحات الثغور الى داخل النبات

٢- انتشار المغذيات من التربة الى النبات

٣- انتقال العناصر الغذائية عبر الاوعية الخشبية في الجذور ثم السيقان والاوراق.

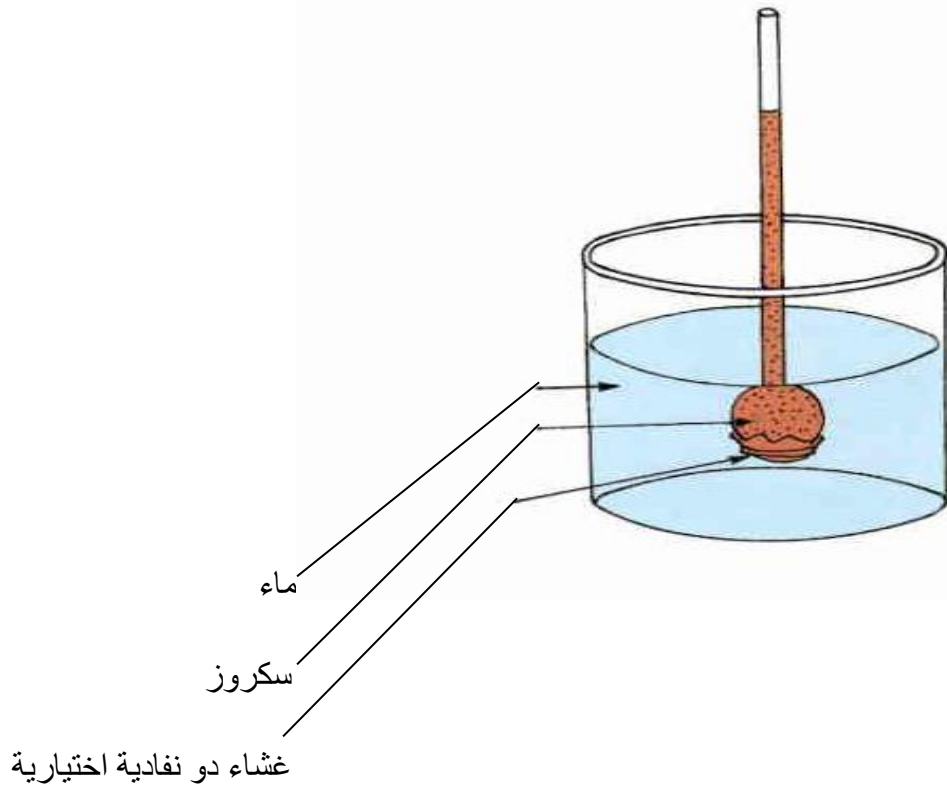
٤-

الازموزية Osmosis:

الخلايا النباتية محاطة بجدر واغشية خلوية وحتى تتم عملية الانتشار لابد ان تخترق تلك الاغشية وتلك الجدران الخلوية وان انتشار المذيب (الماء عادة) عبر الاغشية شبه المنفذة semi-preamble membranes او الاغشية اختيارية النفاذية Differentially – preamble membranes يسمى بالازموزية. والعشاء شبه المنفذ هو الذي يسمح بمرور المذيب ولايسمح بمرور المداب مثل ورق السيلوفان وهذه الصفة تنطبق على الاغشية الخلوية مع وجود خصوصية بعض الاغشية بمرور بعض المواد المدابة .

ويمكن توضيح الفكرة من خلال استخدام اغشية اصطناعية ، يؤخذ قمع ثيسل thistle funnel ويربط على فوهته غشاء السيلوفان الذي يسمح بمرور جزيئات الماء ولايسمح بمرور الدائبات مثل السكروز ، فعند وضع محلول مركز من السكروز ٢٠% في داخل القمع ويثبت القمع داخل حوض يحتوي ماء مقطر بحيث يكون ساق القمع الى الاعلى نلاحظ بعد فترة صعود الماء الى داخل ساق القمع وانتفاخ في كيس السيلوفان ويستمر الى ان

ينشأ ضغط يمنع دخول جزيئات اضافية من الماء من الحوض الى داخل كيس السيلوفان بمعنى ان محصلة دخول وخروج جزيئات الماء من والى داخل كيس السيلوفان تصبح متساوية وتفسر حركة جزيئات الماء الى داخل كيس السيلوفان حسب طاقة حركة جزيئات الماء ، ان الطاقة الحرة لجزيئات الماء في الحوض اعلى من طاقة جزيئات الماء داخل كيس السيلوفان بسبب اعاقه حركة جزيئات الماء بسبب جزيئات السكر وان الماء الداخلى الى داخل عمود قمع ثيسل يسبب زيادة في ضغط عمود الماء فضلا عن تخفيف المحلول داخل كيس السيلوفان ، ويمكن القول بان الماء قد دخل قمع ثيسل بسبب فرق الجهد المائي بين الحوض وقمع ثيسل حيث ان الجهد المائي كان اعلى في الحوض واقل في قمع ثيسل وحسب تعريف الانتشار فان الماء ينتقل من منطقة ذات الضغط العالي الى منطقة ذات الجهد الواطئ في كيس السيلوفان بسبب وجود جزيئات السكر التي اعاقه وقللت من حركة جزيئات الماء وبالتالي انتقال الماء من الحوض الى داخل السيلوفان الى ان يستقر النظام على جانبي الغشاء وهذا يحدث بسبب ضغط وتخفيف محلول في العمود . وقد اعتبر الجهد المائي للماء المقطر مساوي للصفر لغرض تنظيم مقادير الجهد المائي .



الجهد المائي Water potential: تعتمد فكرة الجهد المائي على الجهد الكيميائي ، ويعرف الجهد الكيميائي بأنه مقدار الطاقة الحرة في الجزيئ الغرامي من المادة وادا كانت المادة ماء فانه يساوي الجهد المائي نفسه .

والجهد المائي عبارة عن الفرق بين الجهد الكيميائي للماء في اي محلول والجهد الكيميائي للماء النقي عند درجة الحرارة والضغط نفسها .

$$\Psi_w = U_w^0 - U_w$$

الجهد الكيميائي المطلق في اي نظام Ψ_w

الجهد الكيميائي المطلق للماء النقي U_w^0 ، الجهد الكيميائي المطلق للماء في اي محلول U_w

$$RT \ln P/P^0 = U_w^0 - U_w$$

P الضغط البخاري للماء في الدرجة T

P^0 الضغط البخاري للماء النقي في الدرجة T

فادا كانت المادة المراد قياس جهدها المائي هي الماء النقي فان P/P^0 يساوي 1 وبالتالي فان اللوغارتم الطبيعي للواحد يساوي صفر و عليه فان الجهد المائي للماء النقي يساوي صفر .

ويعرف الضغط البخاري بانه ضغط البخار الذي يوجد في حالة توازن مع السائل . وعند ثبات درجة الحرارة فان عدد جزيئات المذيب التي توجد بشكل بخار فوق سطح المحلول في اناء مغلق يعتمد على طاقة المذيب او طاقة جزيئاته وزيادة طاقة المذيب يزداد الضغط البخاري ولما كانت المادة المدابة تقلل من الطاقة الحرة للمذيب فانها كذلك تقلل من الضغط البخاري ، ويمكن القول ان مفهوم الجهد المائي يعتمد على اساس ان لكل مادة طاقة كامنة في جزيئاتها وهذه الطاقة تكون اعلى مايمكن عندما تكون المادة نقية ويطلق على هذه الطاقة باسم الطاقة الحرة للمادة وهناك عدة عوامل تؤثر في تلك الطاقة :

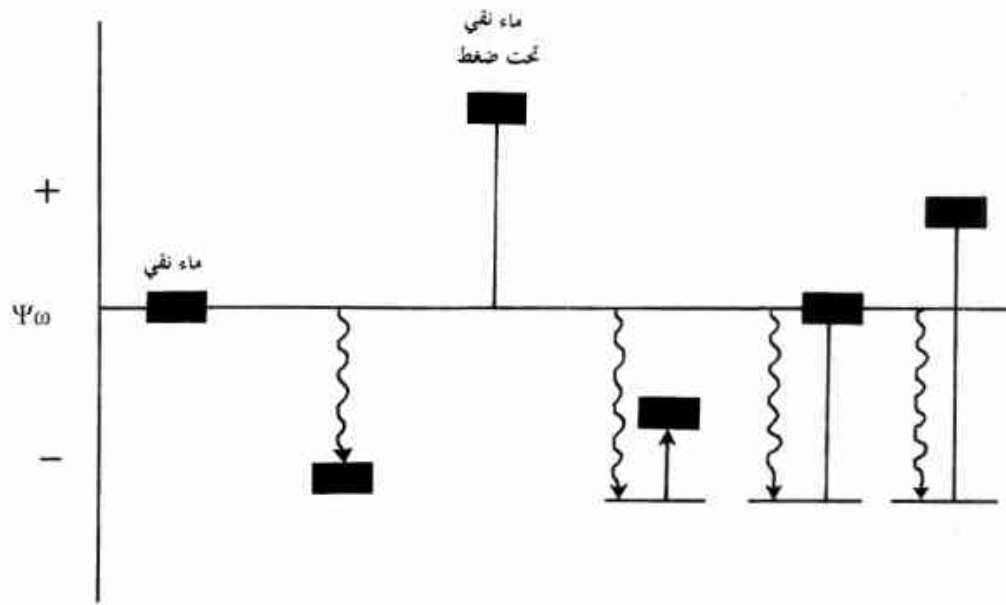
١- المواد الدائبة ٢- الضغط المسلط ٣- درجة الحرارة ٤- المواد الغروانية وغيرها

٢- مستويات الجهد المائي

١- يساوي صفر في حالة الماء النقي

٢- اقل من صفر (سالبة القيمة) في حالة المحاليل

٣- اكثر من صفر (موجبة القيمة) في حالة ماء او محلول مسلط عليه ضغط



Water potential and its components in the plant cell

الجهد المائي في الخلية النباتية هو محصلة او مجموع القوى المؤثرة في الجهد الكيميائي للماء في الخلية النباتية ، الخلية النباتية تشبه النظام الازموزي حيث ان الخلية محاطة بجدار خلوي وغشاء بلازمي كما تحتوي الخلية على فجوة هي كذلك محاطة بغشاء بلازمي وتضم ماء واملاح ومركبات عضوية وايضا توجد مركبات عضوية ولاعضوية في السايكوبلازم مثل الاحماض العضوية والسكريات والبروتينات والاحماض الامينية وغيرها والتي تشكل محاليل. كما ان الخلية تضم تجمعات جزيئية بشكل نظام غروي . ويمكن تصنيف القوى المؤثرة في الجهد المائي للخلية النباتية كالآتي :

- 1- تأثير الاملاح والمواد العضوية مثل السكريات والاحماض الامينية والاحماض العضوية وهذه في الخلية تشكل ايونات وجزيئات بشكل محاليل ، وهذه المواد تخفض من الجهد المائي اي تجعله اكثر سالبية وان الجهد المائي الناتج من هذه المواد يدعى الجهد الازموزي Osmotic potential وهو دائما سالب القيمة ويرمز له Ψ_s .
- 2- تأثير التجمعات الغروانية وهي بصورة عامة محبة للماء وبالتالي تقوم بتقييد الماء مما يخفض من طاقته . وان جزء الجهد المائي الناتج عن وجود الغروانيات والتجمعات الجزيئية الكبيرة في الخلية يسمى بجهد الغروانيات Matnc potential وهو سالب القيمة دائما ويرمز له بالرمز Ψ_m .

٣- تأثير ضغط مكونات الخلية على الجدار الخلوي بسبب انتفاخ الخلية وهذا ما يسمى بالضغط الانتفاخي Turgor pressure ويوجد ضغط معاكس له ومساوي له من قبل جدار الخلية والذي يسمى بضغط الجدار Wall pressure هذا الضغط من شأنه ان يرفع الجهد المائي وان جزء من الجهد المائي الناتج عن ذلك يدعى جهد الضغط Pressure potential وهو موجب القيمة ويرمز له Ψ_p .

ادن الجهد المائي في الخلية = الجهد الازموزي + جهد الضغط + جهد الغروانيات

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m$$

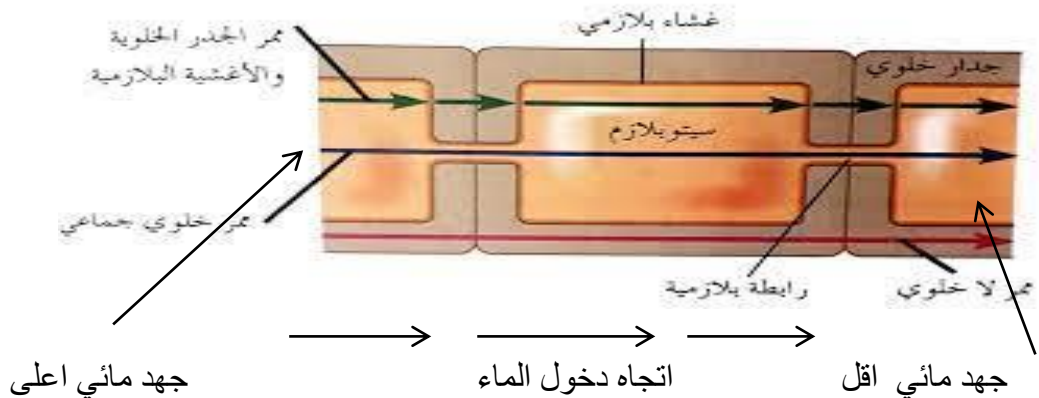
في كثير من الحالات فان Ψ_m يهمل لان قيمته منخفضة جدا خصوصا في الخلايا المتقدمة بالعمر دات الفجوات ، لذلك تصبح المعادلة كالآتي :

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

ان حركة الماء من محلول التربة الى انسجة النبات وانسجة النبات في منطقة الجذر وحركة الماء بين خلايا النبات من الجذر الى الساق والاوراق يفسر على اساس الفرق في الجهد المائي حيث يستمر الماء في الدخول من التربة الى خلايا الشعيرات الجذرية كلما كان الجهد المائي للخلايا اقل من الجهد المائي للمحيط الخارجي للخلايا ، لذلك فان دخول الماء الى الخلية النباتية يؤدي الى :

- ١- يرفع قيمة الجهد الازموزي يصبح اقل سالبية .
- ٢- زيادة قيمة الجهد الضغطي .
- ٣- زيادة قيمة الجهد المائي اي يصبح اقل سالبية.
- ٤- زيادة حجم الخلية بما تسمح به مرونة النسيج .

في البذور الجافة المواد الغروانية هي السائدة لذلك نحدد الجهد المائي من خلال الجهد الغرواني اي من خلال مدى جذب الغروانيات للماء وبذلك يهمل الجهد الازموزي والجهد الضغطي .



٣-التشرب Imbibition:

عند وضع بدور جافة او قطعة من الخشب في ماء لبضع ساعات يلاحظ انتفاخ هذه البدور او قطعة الخشب بدرجة ملحوظة وهذه الظاهرة تدعى التشرب وكمية الماء التي تمتصها المادة المتشربة يسمى ماء التشرب ويمكن لمادة ما ان تمتص ابخرة الماء ويلاحظ ذلك في الاجواء الرطبة مثل تمدد الابواب الخشبية في الجو الرطب . والتشرب هي عملية انتشار جزيئات الماء الى داخل المواد المتشربة بالخاصية الشعرية حيث تكون المادة المنتشرة ذات تركيب مسامي . وتعزى هذه الخاصية عادة الى الفرق بين ضغطي الانتشار بين النظامين الخارجي والداخلي للمادة المتشربة وبما ان قيمة الخارجي اعلى فيستمر التشرب الى ان يصل الى حالة الاتزان بين النظامين ومن خصائص المادة المتشربة تزداد نتيجة التشرب لسببين :

- ١- انشغال الفراغات البينية للمادة المتشربة بالماء .
- ٢- توزيع جزيئات الماء على السطوح المدمصة بطريقة تجعلها مكونة اغلفة مائية متعددة حول الجزيئات الغروية وبذلك يزداد حجم المادة المتشربة .