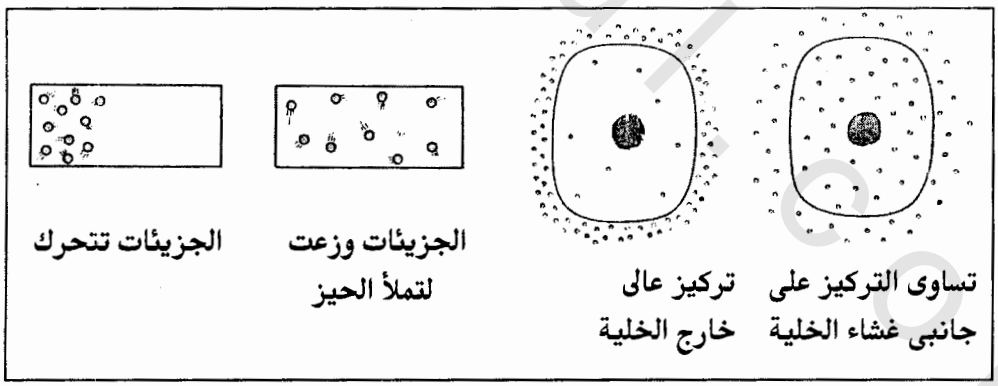
الفصل الثانى : كيف تدخل المواد وتخرج من الخلايا ؟
How Substances get in and out of cells ?

تحتاج الخلايا المواد الغذائية التى تؤكسدها للحصول على الطاقة ، أو تستعملها فى بناء تراكيب الخلية ، وكذلك تحتاج إلى الأملاح والماء الذى يلعب دورا فى التفاعلات الكيميائية داخل الخلية . ومن جهة أخرى تحتاج الخلايا إلى التخلص من بعض المواد مثل ثانى أكسيد الكربون ، لأنه إذا استقر فى الخلايا يسبب إيقاف التفاعلات الكيميائية وتسمم الخلية . والمواد تمر خلال غشاء الخلية إيجابيا بالانتشار أو تنشيطيا بواسطة بعض صور النقل النشط .

* الانتشار Diffusion :

جزيئات الغاز مثل الأكسجين فى حالة حركة طول الوقت وجزيئات السوائل أو المواد مثل السكر تذوب فى الماء ونتيجة الحركة تنشر الجزيئات تدريجيا لتملأ الحيز المتاح ، وتسمى هذه الظاهرة الانتشار ، ونتيجة لذلك تتحرك جزيئات الغازات والسوائل والمواد الذائبة من المنطقة ذات التركيز المرتفع إلى المنطقة ذات التركيز المنخفض حتى يتساوى التركيز على جانبى غشاء الخلية .



عندما تستخدم الخلايا الأكسجين فى التنفس الهوائى ، فإن تركيز الأكسجين داخل الخلية ينخفض ، ومن ثم يبدأ الأكسجين فى الانتشار إلى داخل الخلية حتى يزداد تركيزه ، وخلال تنفس الأنسجة ينتج ثانى أكسيد الكربون من داخل إلى خارج الخلية .

وبذلك يفسر الانتشار كيف تحصل الخلية على الأكسجين وتتخلص من ثانى أكسيد الكربون .

* معدلات الانتشار Rates of diffusion :

السرعة التى تنتشر بها المواد خلال جدار الخلية أو غشاء الخلية ، تعتمد على درجة الحرارة والضغط وشروط أخرى تشمل المسافة التى يتم خلالها الانتشار ، وتركيز المادة داخل وخارج الخلية ، وحجم الجزيئات أو الأيونات .

١ ـ غشاء الخلية معدل سمكه (٠,٠٠٧ نانومتر) ، بينما يختلف سمك جدار الخلية من خلية إلى أخرى ، وكذلك قابليته للنفاذية .. وبالتالى ، فإن الجدار الأكثر سمكا يقلل معدل الانتشار .

٢ ـ الاختلاف الكبير فى التركيز على جانبى الغشاء .. واستمرار انخفاض معدل التركيز على أحد جانبى الغشاء ، يحدد اتجاه الانتشار .

٣ ـ كلما زاد حجم الجزيئات أو الأيونات يقل معدل الانتشار ، وكثير من جزيئات المواد تجذب جزيئات الماء حولها مما يزيد من حجم هذه الجزيئات .

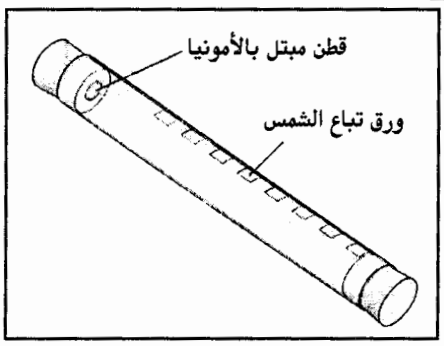
* ضبط الانتشار Controlled diffusion :

رغم أن معدل الانتشار يعتمد على تركيز المواد على جانبى الغشاء ، إلا أن معدل الانتشار قد يزداد أو ينخفض على غير المتوقع ، فالماء ينتشر ببطء بينما تنتشر الأحماض الأمينية بسرعة ، وفى بعض الحالات يحدث ذلك لأن الأيونات أو الجزيئات تمر عبر الغشاء من خلال ثقوب خاصة ، وهذه الثقوب قد تصبح تحت ظروف مختلفة مفتوحة أو مغلقة أو قليلة ، وفى حالات أخرى تزيد سرعة الانتشار نتيجة وجود إنزيمات تعمل فى الخلية أو زيادة مساحة السطح المعرض للامتصاص .

إثبات ظاهرة الانتشار عمليا

ـ انتشار الغازات :

نحضر أنبوبة مفتوحة الطرفين ونضع داخلها أوراق تباع شمس مبتلة طوليا ثم نسد فوهتى الأنبوبة مع مراعاة أن السدادة فى أحد الطرفين بها قطنة .

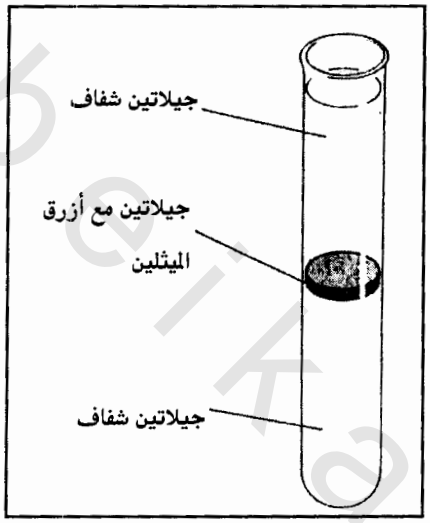


نبلل القطنة بمحلول الأمونيا .

نشاهد تلون أوراق تباع الشمس باللون الأزرق نتيجة التأثير القلوى لمحلول الأمونيا ، ويظهر التغير فى لون الأوراق تدريجيا من الطرف جهة الأمونيا إلى الطرف الآخر ، مما يثبت انتشار غاز الأمونيا على امتداد الأنبوبة .

- **انتشار السوائل :**

فى أنبوبة زجاجية ، نضع طبقة من الجيلاتين البارد المصبوغة بأزرق الميثلين بين طبقتين من الجيلاتين الشفاف الدافئ كما بالشكل .



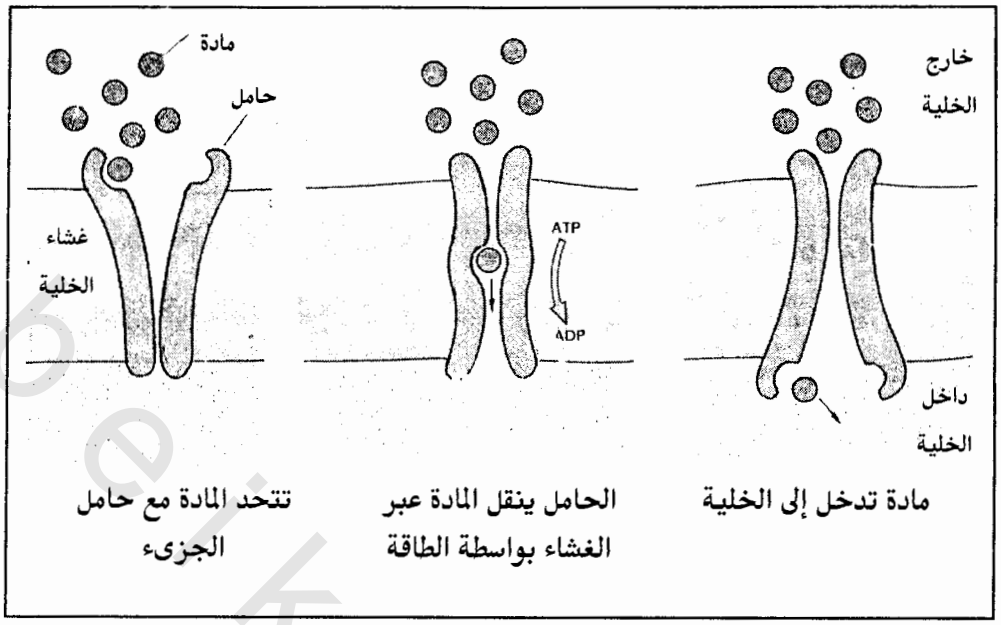
بعد أسبوع نجد أن اللون الأزرق انتشر إلى أعلى وإلى أسفل طبقة الجيلاتين الملونة وانتشار جزيئات أزرق المثيلين لا يتأثر بالجاذبية الأرضية

* النقل النشط Active transport :

يتمتع الغشاء الخلوى بخاصية التحكم فيما يتم دخوله إلى داخل الخلية أو خروجه منها ، وقد يتم خروج مواد من الخلية للخارج ر غم أن تركيزها فى الخارج مرتفع عن تركيزها فى الداخل ، وذلك بمعنى أن النقل يتم ضد تدرج التركيز ، فمثلا يمكن أن يستمر خروج أيونات الصوديوم إلى خارج الغشاء رغم أن تركيزها خارج الغشاء مرتفع عن تركيزها داخل الخلية ، ويتم ذلك عبر الغشاء باستهلاك قدر معين من الطاقة ، (يحول جزيئات ATP إلى ADP)

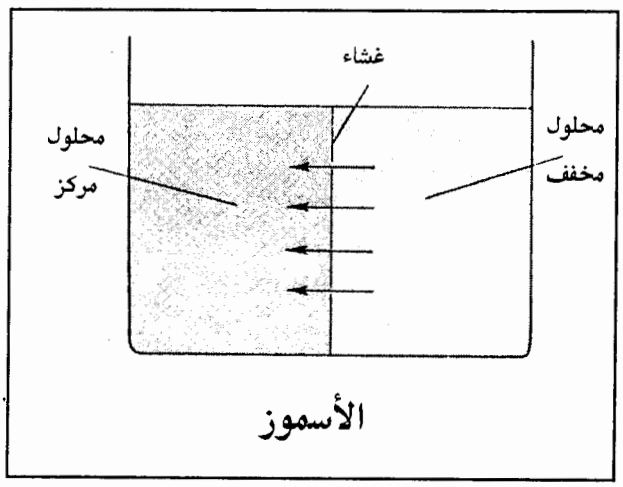
وبذلك يكون النقل النشط فى احتياج إلى إمداد مستمر من الطاقة الناتجة فى عملية التنفس .

وفى حالات معينة يحدث تعاون بين النقل النشط وضبط الانتشار ، فأيونات الصوديوم التى تدخل إلى الخلية بالانتشار خلال ثقوب خاصة بها فى الغشاء الخلوى ، وهى التى يتم طردها إلى خارج الخلية عن طريق النقل النشط .



* الأسموز Osmosis :

خاصية نفاذ الماء خلال الغشاء من المحلول المخفف إلى المحاليل الأكثر تركيزا ، وتعنى الخاصية الأسموزية نفاذية الماء من وإلى الخلايا ، ويعتبر الأسموز حالة خاصة من الانتشار الذى يدرس حركة جزيئات الماء حيث ينتقل من التركيز المرتفع للماء (محلول مخفف) إلى التركيز المنخفض للماء (محلول مركز) .

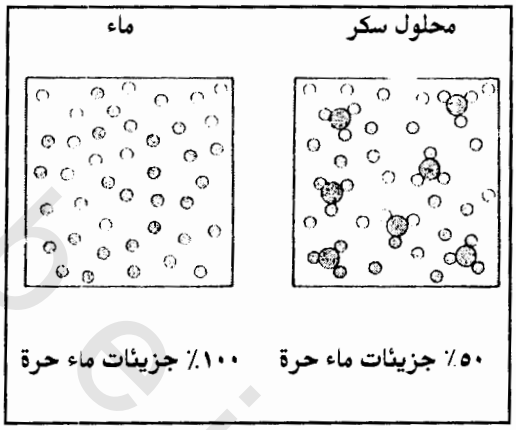


والغشاء البلازمى له خاصية النفاذية الاختيارية أو شبه منفذ ، لأنه ينفذ جزيئات الماء بسهولة أكثر من نفاذيته لجزيئات السكر .

ويمكن أن نعرف الأسموز بأنه مرور الماء عبر الأغشية المنفذة من المحاليل المخففة إلى المحاليل المركزة .

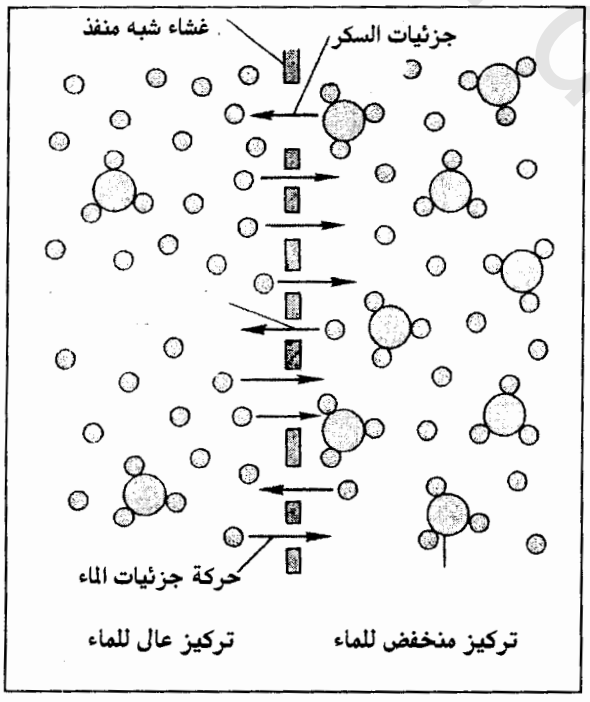
obeikandl.com

* تفسير الضغط الأسموزى Explanation of osmosis :



عندما تذوب مادة مثل السكر فى الماء ، فإن جزيئات السكر تجذب جزيئات الماء وتتحد معها ، وتصبح جزيئات الماء المتحدة مع جزيئات السكر أقل حرية فى الحركة ويصبح تأثير جذب جزيئات الماء فى المحلول مختزلاً وكلما كان المحلول مركزاً ، كان محتوى الماء الحر (غير المقيد مع السكر) أقل .

والمخطط التالى يوضح أن محلول السكر المخفف يفصل بينه وبين محلول السكر المركز غشاء رقيق يمنع اختلاط المحلولين بحرية ، ولكن يسمح لجزيئات الماء منفردة وكذلك جزيئات السكر بالمرور ، وهناك كثير من جزيئات الماء غير المقيدة فى المحلول المخفف عن المركز ، وبالتالى تتحرك جزيئات الماء غير المقيدة أسرع من المخفف إلى المركز (من التركيز العالى للماء إلى التركيز الأقل للماء) .



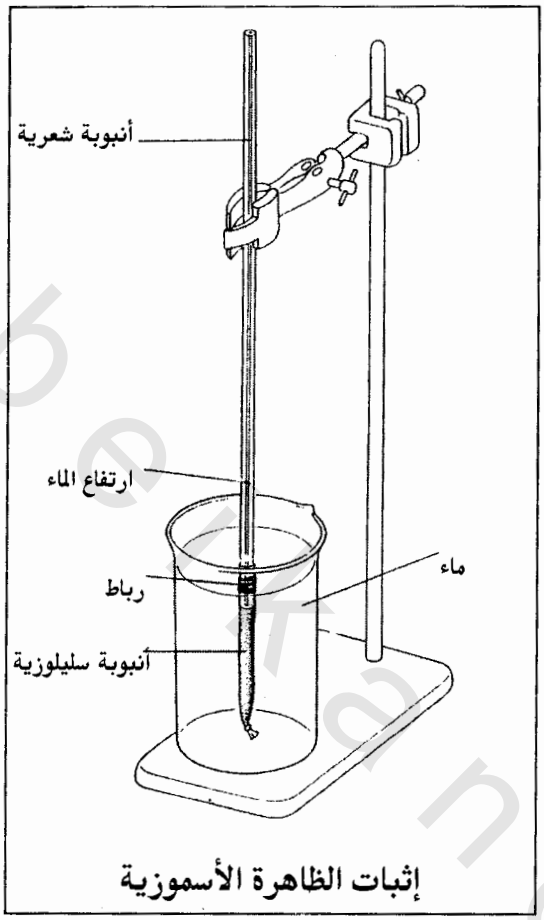
وبنفس الطريقة ستكون هناك حركة جزيئات السكر من تركيز السكر المرتفع إلى تركيزه المنخفض ، وجزيئات السكر أكبر حجما وبالتالى فهى أبطأ فى الحركة من جزيئات الماء ، ويصبح التأثير الغالب هو انتقال الماء من محلول السكر المخفف إلى المركز . والغشاء الذى يسمح بما سبق ، يسمى : **غشاء منفذ جزئيًا Partially permeable** .

* إثبات الخاصية الأسموزية :

نصل الأنبوبة السليلوزية التى تحتوى على محلول سكرى ، بأنبوبة شعرية كما بالشكل ، ونغمر الأنبوبة السليلوزية فى كأس به ماء ، نجد بعد فترة ارتفاع الماء فى الأنبوبة الشعرية .

المقدار الذى يرتفع به الماء يدل على الضغط الأسموزى ، وهو القوة التى تدفع بالماء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز أو بمعنى آخر :

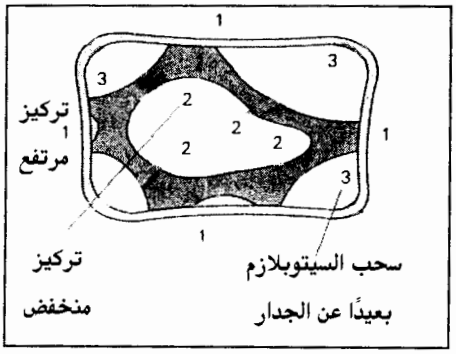
من مناطق تركيز الماء المرتفع إلى مناطق تركيز الماء المنخفض .



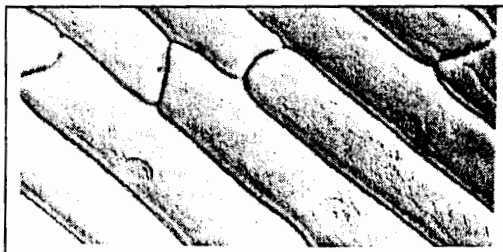
إثبات الظاهرة الأسموزية

* البلزمة Plasmolysis :

ظاهرة انتقال الماء من الخلايا إلى تركيزات مرتفعة خارج الخلايا يترتب عليها ابتعاد السيتوبلازم عن جدار الخلية ، وتصبح الخلية رخوة ويتضح من الشكل أن الماء ينتشر من داخل إلى خارج الخلية فتنكمش الفجوة العصارية ، وتسحب معها السيتوبلازم .



خلايا مبلزمة Plasmolysed cells
السيتوبلازم متباعد عن جدر الخلايا
والفجوة العصارية فقدت مائها



خلايا منتفخة Turgrid cells
السيتوبلازم يضغط على الجدار السليلوزى
والفجوة العصارية ممتلئة

* الغشاء المنفذ جزئيًا The partially permeable membrane :

تستخدم فى التجارب أغشية غير حية ذات نفاذية جزئية عبارة عن أوراق أو أنابيب من خلات السليلوز ، ويحتوى الغشاء على ثقوب مجهرية صغيرة لدرجة أنها تسمح للسوائا والجزيئات المنفردة بالمرور خلالها ، ولكن الجزيئات الكبيرة من البروتين والنشا لا تمر خلال هذه الثقوب وتسمح فقط للجزيئات الصغيرة مثل السكر والأملاح ، وبالتالى فهذه الأغشية تصلح لفصل الجزيئات الكبيرة من المحاليل .

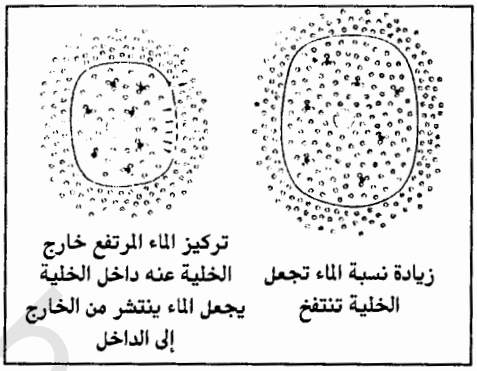
وهذه الأغشية الصناعية لا تتمتع بخاصية النفاذية الاختيارية Selective permeable لأن انتقال الماء والسكر يخضع لعوامل أخرى ، تسمح لهما بالمرور من خلال الثقوب ، وإن كان كل منهما يمر فى اتجاه عكس الآخر لاختلاف تركيز المحاليل على جانبى الغشاء .

وتختلف الأغشية الخلوية عن ذلك حيث تتمتع بخاصية النفاذية الجزئية بصورة مقيدة ، لأن هذه الأغشية تتركب من بروتينات وليبيدات ، كما أن عملية الإنفاذ تعتمد على تركيب الغشاء ونوعية التفاعلات الكيميائية داخل الخلية ، وأى بروتينات غير طبيعة أو التسخين يدمر هذه الأغشية ، وبالتالى فإن خاصية النفاذية الجزئية إذا حدثت سوف تسمح للمواد الضرورية داخل الخلية بالدخول إليها مما يدمر الخلايا .

* جهد الماء Water potential :

جهد الماء لأى محلول ، هو مقياس لقدرة المحلول على فقد أو اكتساب جزيئات الماء مع محلول آخر .

والمحلول المخفف يحتوى على كثير من جزيئات الماء الحرة ، ولذلك جهد الماء له مرتفع عن المحاليل المركزة ، والماء النقى له أعلى جهد لأن جزيئات الماء تنساب منه إلى أى محلول مائى آخر .

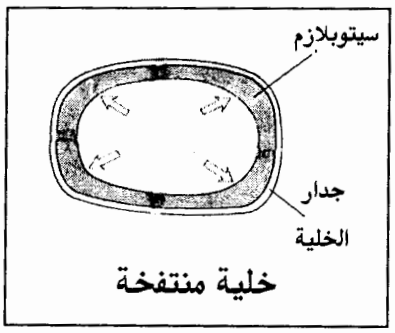


* الخلايا النباتية Plant cells :

يحتوى سيتوبلازم الخلية النباتية ، وكذلك العصير الخلوى فى الفجوة العصارية ، على أملاح وسكريات وبروتينات تقلل من تركيز جزيئات الماء الحرة داخل الخلية . وجدار الخلية cell wall منفذ بحرية الماء والمواد المذابة ولكن غشاء الخلية cell membrane ينفذ جزئيًا هذه المواد وينفذ اختياريا مواد أخرى .

ولكن إذا أحيطت الخلية النباتية بالماء أو محلول مخفف ، فإن الماء يدخل إلى الخلية بالضغط الأسموزى ، ويملأ الفجوة العصارية فتنتفخ وتزيح السيتوبلازم والنواة جانباً .

ولأن الجدار السليلوزى غير مرن ، تحدث بعد فترة مقاومة لدخول الماء نتيجة انتفاخ الخلية وعدم مرونة الجدار ، وتصبح الخلية منتفخة Turgid ، وإذا حدث العكس وفقدت الخلية الماء ، تصبح الخلايا رخوة Flaccid وانتقاخ الخلايا يجعل الأوراق ممتلئة والساق معتدلة والنبات ناضجًا Watering بينما الخلايا الرخوة فى الأوراق والسيقان تجعل النبات فى حالة ذبول Wilting .



خلية منتفخة

نبات ناضج

نبات ذابل

تعتمد حركة الماء بين خلايا النبات ،ليس فقط على جهد الماء فى الفجوات العصارية ، ولكن أيضا على مدى انتفاخ هذه الفجوات

ولإيضاح ذلك ، فإذا كانت الخليتان A , B متجاورتين وكانت الفجوة العصارية فى A تحتوى على عصير مخفف عن مثيله فى فجوة B فيندفع الماء بالأسموز من A إلى B واندفاع الماء إلى B يسبب تخفيف تركيز العصير الخلوى بالفجوة ويرفع من جهد الماء لها وكذلك يرفع من ضغط الانتفاخ للفجوة فى B Turgor preessure ، فتدفع B الماء إلى ما يجاورها من خلايا وهكذا .

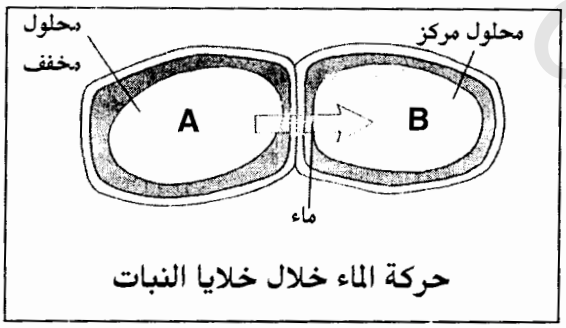
ولكن إذا امتلأت فجوة الخلية B تماماً ، تصبح غير قادرة على الانتفاخ أكثر من ذلك ، أو سحب ماء جديد ، يبدأ جهد الماء فى الانخفاض نتيجة ارتفاع ضغط الجدار الخلوى High wall presseure مما يدفع الماء إلى الخلية A ضد الأسموز .

وبذلك تعتمد حركة الماء بين الخلايا على :

= جهد الماء فى الفجوات (كلما كان تركيز الماء مرتفعا فى الفجوة ، يزداد جهد الماء)

= ضغط الانتفاخ فى الفجوات (يزداد الانتفاخ مع زيادة تركيز الماء فى الفجوة) .

= ضغط الجدار الخلوى (يزداد ضغط الجدار الخلوى مع زيادة الانتفاخ حتى يصل الانتفاخ إلى أقصى درجة فيسبب ارتفاع ضغط الجدار فى حركة الماء ضد الاسموز وهذا معناه أن جهد ماء الخلية انخفض (ظاهريًا)

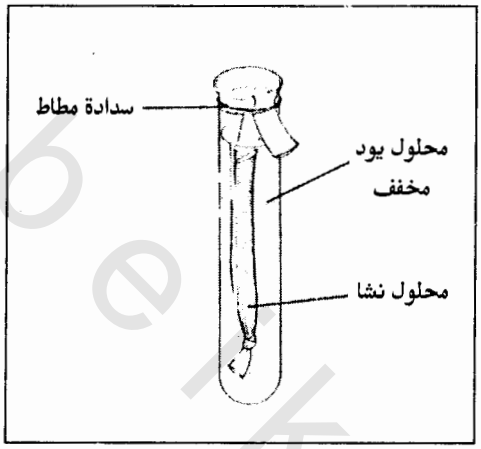


حركة الماء خلال خلايا النبات

وفى أغلب حالات انتقال الماء الجدار السليلوزى يشبع بالماء ، ويصبح من السهل على الخلية أن يرتفع ضغط الانتفاخ بها حتى تمتص الماء بالاسموز من الخلية المجاورة ، وهكذا .

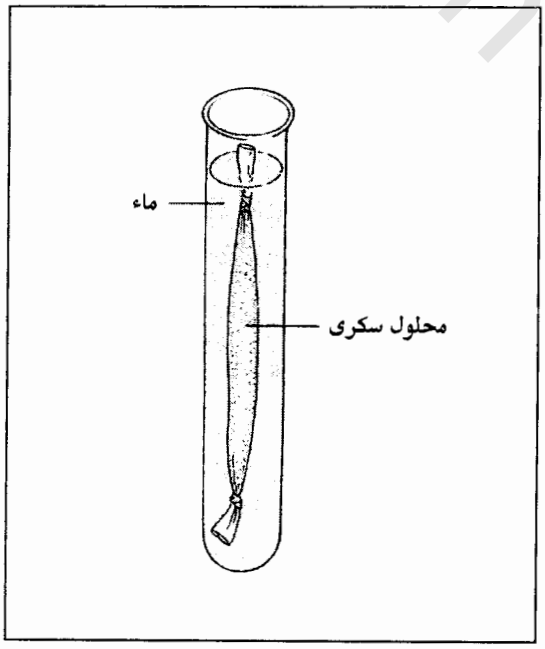
إثبات النفاذية الجزئية وجهد الماء عمليا

* النفاذية الجزئية Partially permeable :



نملأ أنبوبة من السليلوز بمحلول نشا ، ونضعها فى أنبوبة تحتوى محلول اليود الأصفر نجد أن الأنبوبة السليلوزية تصبح زرقاء اللون ، لدخول اليود إلى النشا بداخلها بينما اليود فى الخارج مازال أصفر اللون لعدم خروج النشا إليه ، مما يوضح خاصية النفاذية الجزئية للغشاء إن كبر حجم جزيئات النشا يحول دون خروجها إلى خارج الغشاء .

* جهد الماء Water potential :



نملأ أنبوبة من السليلوز بمحلول سكرى ، ونضعها فى أنبوبة من الماء ، نجد أن الماء ينتشر إلى داخل الأنبوبة ، لأن جهد الماء خارج الأنبوبة أعلى منه داخل الأنبوبة ، وتنتفخ نتيجة لذلك الأنبوبة السليلوزية

(جهد الماء يتوقف على عدد جزيئات الماء الحرة فى المحلول ، ويزداد بزيادة عددها) .

obeikandl.com

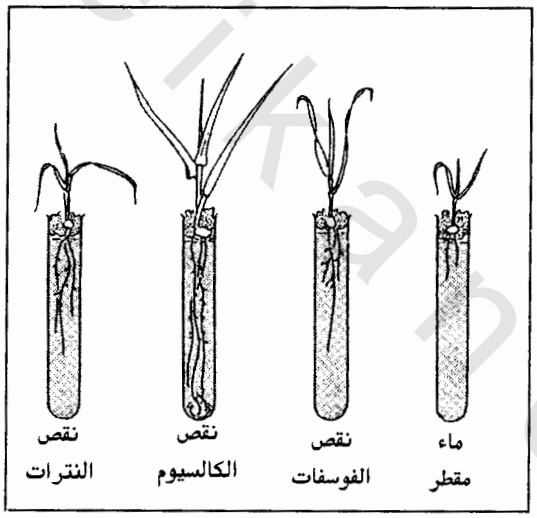
* العناصر الأساسية التى يحتاج إليها النبات Essential elements :

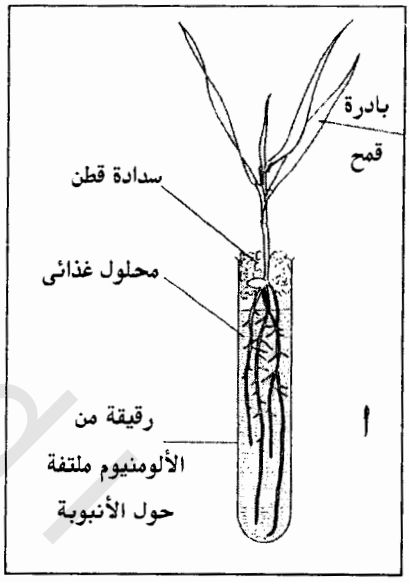
الكربون والـهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفوسـفور والكـبريت والماغنسـيوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد عشرة عناصر أساسية تحتـاج إليـها جميـع النباتـات الخضراء .. فالنبات يحصل على الكربون والأكسجين من الـهواء الجـوى ، ويحصـل على الـهيدروجين من الماء ، ويمتص بقية العناصر من التربة حيث توجـد فـى صـورة أملاح معدنية مثل نترات الكالسيوم وفوسفات اليوتاسيوم - واحد العناصر الأساسـية هو النيتروجين الذى يبنى البروتينات الضرورية فى عملية النمو بانقسام خلايـا القمـة النامية للساق أو الجذر .

وقد حضر العالم الألمانى وليام نـوب محلـولا يحتـوى العنـاصر الأساسية ويسـمى محلول نوب Knop's solution وقد أجرى تجربته على النباتات بعدة تجـارب فـى كل تجربة ينقص أحد العناصر الأساسية وقد ثبت تأثير كل عنصر من العنـاصر علـى البادرات النامية

العنصر	أهميته	أثر نقص العنصر
النيتروجين	بناء الأحماض الأمينية والبروتين	النمو الضعيف والأوراق الصفراء
الفوسفور	يدخل فى بناء مادة الوراثة وجزىء الطاقة	النمو الضعيف وأوراق خضراء قاتمة بحافة بنية
البوتاسيوم	يزيد من صلابة النبات	حواف الأوراق صفراء وموت النبات مبكرا
الكبريت	فى بناء البروتين	أوراق صفراء
الكالسيوم	فى تكوين الخلايا	براعم ضعيفة
الماغنسيوم	فى بناء جزىء الكلوروفيل	أوراق صفراء
الحديد	فى تكوين الكلوروفيل	أوراق صفراء

إلى جانب العناصر الأساسية هناك عناصر تؤثر بنسب قليلة Trace elements مثل البورون والزنك والنحاس والألومنيوم والموليبدنيوم والصوديوم والكلور والسليكون والمنجنيز والكوبلت ، وهذه العناصر تسمى بالعناصر الثانوية Minor elements ، ويتأثر نمو النبات بغياب أى عنصر منها رغم أنه يؤثر بنسب قليلة وأنه إذا توافر بنسبة كبيرة يسبب تدمير النبات وهذا ما أثبتته التجربة من أن نقص عنصر الموليبدنيوم mloybdenum فى بعض أراضى استراليا أدى إلى رداءة نمو محصول الطماطم ، وتم رش محلول به عنصر الموليبدنيوم بنسب قليلة مما أدى إلى علاج هذه الظاهرة ومما هو جدير بالذكر أن النسب المرتفعة من هذا العنصر لها تأثير مدمر على النبات .





بادرات نبات القمح نامية فى محلول غذائى مناسب (أ) فينمو فى طول الساق والأوراق خضراء داكنة والنباتات الأخرى ينقص كل منها أحد المغذيات ويبدو أثر ذلك على نمو الساق ولون الأوراق .