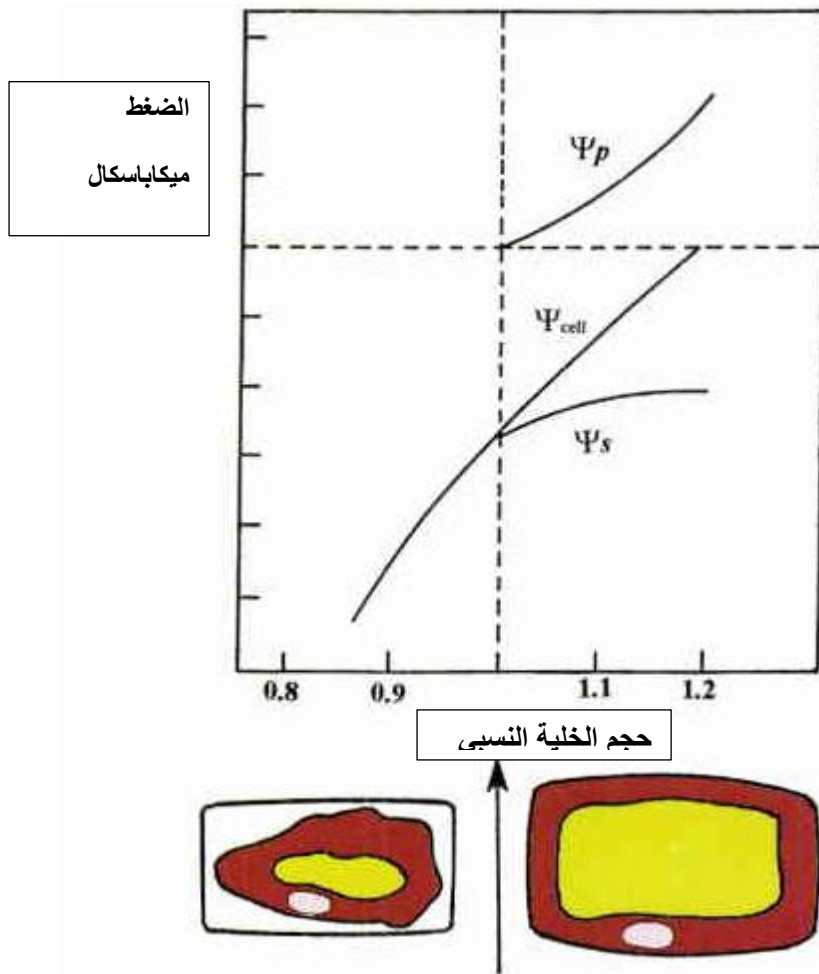


١- طرق قياس الجهد المائي للمحاليل : يتحدد الجهد المائي للمحاليل مثل كلوريد الصوديوم او السكروز بالجهد الازموزي لها حيث تؤثر الدقائق المدابة لها من ايونات وجزيئات في خفض طاقة جزيئات الماء او الجهد المائي للمحلول .

وعليه فان :  $\Psi_w = \Psi_s$



مخطط هوفلار Hoflar يوضح التغيرات في الجهد الازموزي والضغطي والمائي في خلية نباتية مع تغير حجم الخلية

اهم طرق قياس الجهد الازموزي للمحاليل :

١- علاقة فانت هوف **Vant Hoff relation**: وجد هذا العالم علاقة وثيقة بين تركيز المحلول وجهده

الازموزي

فقد وضع القانون :  $\Psi_s = m_i RT$

$\Psi_s$  = الجهد الازموزي بوحدات الباسكال

$m$  = التركيز المولالي

$i$  = ثابت التاين = ١ للمحاليل المثالية وقد يكون اكثر في المحاليل الملحية المتأينة حسب نوع المحلول

$R$  = ثابت الغازات ٠,٠٠٨٣ لتر ميغاباسكال مول<sup>-١</sup> درجة<sup>-١</sup>

$T$  = درجة الحرارة المئوية + ٢٧٣

ويفضل قياس الجهد الازموزي بوحدات الضغط حيث تحول وحدات الطاقة الى وحدة الضغط . وقد اشتق من قانون الغازات المثالية :

$$PV = nRT$$

$$P = n/v RT$$

$P$  = الضغط  $n/v$  = التركيز  $R$  = ثابت الغازات  $T$  = درجة الحرارة المطلقة

حيث ان:

هنالك تشابه في سلوك الغازات المثالية والمحاليل .

٢- طريقة الانخفاض في درجة تجميد المحاليل **Method of Depression in the freezing point of solution**

: من خصائص المحاليل انخفاض درجة تجمدها وارتفاع درجة غليانها مقارنة مع

الماء المقطر. بهذه الطريقة يقاس الجهد الازموزي حسب انخفاض درجة التجمد للمحلول . ذلك ان ان

ان ارتفاع درجة الحرارة اثناء قياس الجهد الازموزي حسب ارتفاع درجة الغليان قد تسبب تدمير المواد المدابة المراد قياس جهدها الازموزي ، وقد اشتقت المعادلة التالية :

$$\Psi_s = 1.22 \Delta T$$

الجهد الازموزي للمحاليل المثالية الغير متاينة = 1 مولال يتجمد بدرجة -1.86 و جهده الازموزي حينئذ يكون = -2.27 ميكاباسكال.

$$\Delta T = \text{مقدار الانخفاض بدرجة التجمد}$$

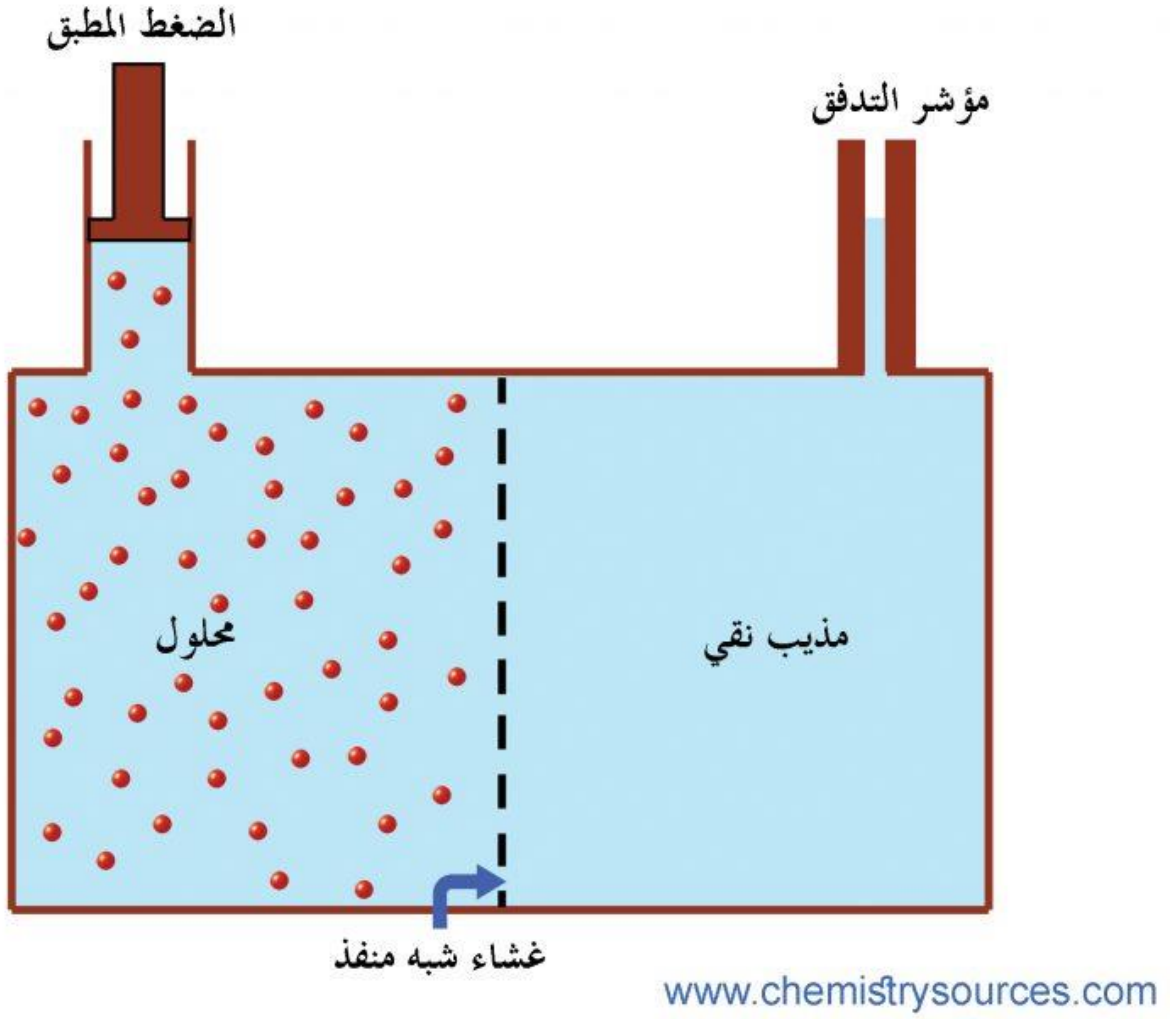
فعندما تحدد درجة تجمد اي محلول مثالي يمكن تحديد جهده الازموزي ، غير ان المعادلة اعلاه يمكن تطبيقها على المحاليل المتاينة والعصير الخلوي حيث تكون القيم تقديرية ، لذلك الطرق الصحيحة لقياس الجهد الازموزي للمحاليل المتاينة هو اما معادلة فان هوف او استعمال مقياس الجهد الازموزي Osmometer ، وهناك عدة اجهزة صممت لقياس الجهد الازموزي بطريقة التجمد مثل جهاز Cryoscopic Osmometer .

### ٣- جهاز Osmometer :

جهاز يستخدم لقياس الضغط الأسموزي لمحلول ما و هو مكون من إنائين يفصل بينهما غشاء شبه منفذ و يحتوي احد الإنائين على محلول مكون من المذيب والمذاب المناسبين، بينما يحتوي الإناء الآخر على المذيب فقط. وتستخدم أنابيب شعرية رفيعة لقياس التغيرات الصغيرة في مستوى السائلين. وعند بداية التجربة يكون مستوى السائلين متماثلا في الإناءين ثم يبدأ انتقال المذيب من الجهة التي يكون تركيزه فيها مرتفع إلى الجهة التي يكون تركيزه فيها منخفض (أي جهة المحلول). وهذا بدوره يسبب انخفاضا في مستوى السائل من جانب المذيب و ارتفاعا في مستوى السائل من جهة المحلول، وعند التوازن سيكون مستويا السائلين في الأنبوبتين مساويين لمقدار ثابت والنتيجة لذلك هي أنه يمكن الحصول على فرق في مستوى السائلين في الأنبوبتين وهذا الفرق راجع إلى الضغط الأسموزي ويقاس عادة بتطبيق العلاقة التي تعطي الضغط الهيدروستاتيكي، أي أن:

$$n = h\rho g$$

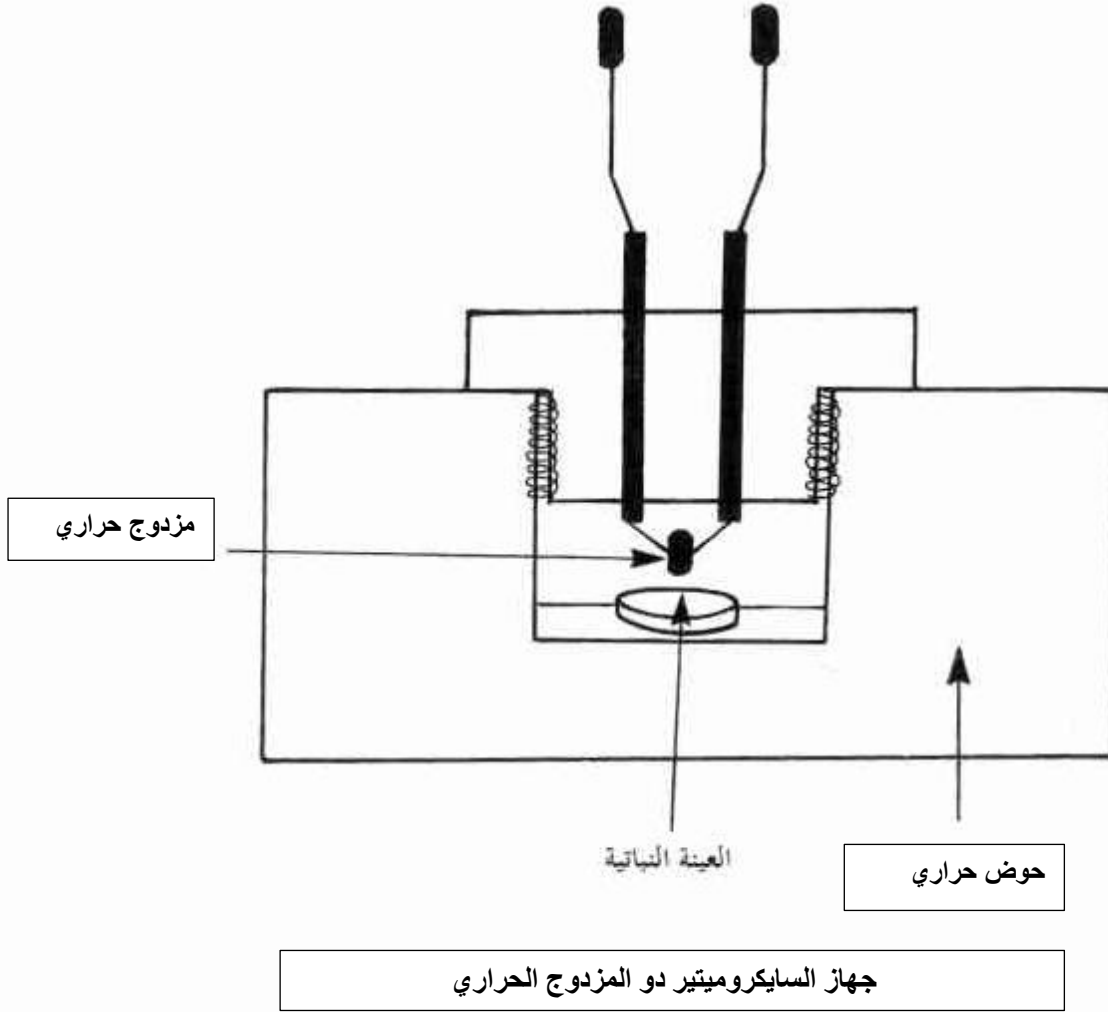
حيث h ارتفاع السائل و  $\rho$  كثافته و g التسارع الأرضي. و الضغط الأسموزي هو ضغط هيدروستاتيكي و هو الضغط اللازم و الكافي لإيقاف أي تدفق إضافي للمذيب خلال الغشاء. ويمكن بناء أسموميتر بوضع مكبس في جهة المحلول بحيث يعطي ضغطا فوق المحلول يكون كافيا فقط لمنع تدفق المذيب إلى جهة المحلول، ويكون الضغط حينئذ مساويا للضغط الاسموزي .



#### ٤- استعمال السايكروميتر دو المزدوج الحراري Thermocouple psychrometer:

ويستعمل هذا الجهاز لقياس الجهد المائي للمحاليل وماء التربة او الجهد المائي للانسجة النباتية ،تعتمد فكرة الجهاز على اساس ان الجهد المائي لبخار الماء والنسيج النباتي متساويان عند التوازن في حيز معين . وبالتالي يمكن ان نقيس الجهد المائي لنسيج نباتي بقياس الضغط البخاري في المكان الذي يضم النسيج النباتي والماء

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

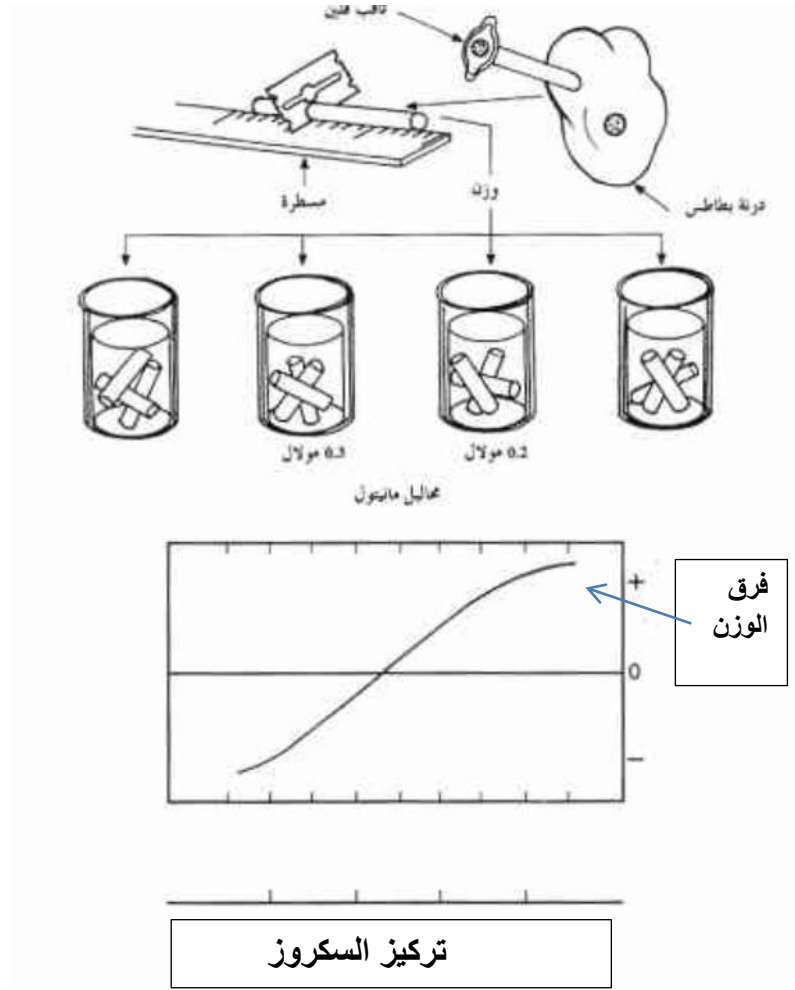


### قياس الجهد المائي ومكوناته في النسيج النباتي:

وتعتمد طرق القياس على الاتزان بين السائل المحيط والنسيج النباتي ، وتعتمد الطرق على التغير في حجم النسيج تبعاً لتغير في الجهد المائي للمحلول .

**١ الجهد المائي :-التغير في الوزن والحجم للنسيج النباتي :** توضع أنسجة نباتية معلومة الحجم أو الوزن أو الطول في محاليل متدرجة الجهد المائي . وهناك بعض المواد التي يمكن استعمالها مثل محلول السكر أو المانيتول أو محلول الملح ككلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم ، تترك هذه الأنسجة في المحاليل فترة من الزمن ثم يعاد قياسها مرة أخرى ويحدد مقدار الزيادة أو النقصان وترسم القيم في مخطط بياني يحدد الجهد الأزموزي لهذه المحاليل وفي نهاية التجربة يحدد المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع النسيج النباتي وذلك من خلال قياس التركيز الذي لا يسبب أي تغير في مقاييس النسيج النباتي ، ويستعمل معادلة فان

هوف لقياس الجهد الازموزي  $\Psi_s = m_iRT$  لتحديد الجهود الازموزية وبالتالي الجهود المائية للمحاليل المستعملة في التجربة .



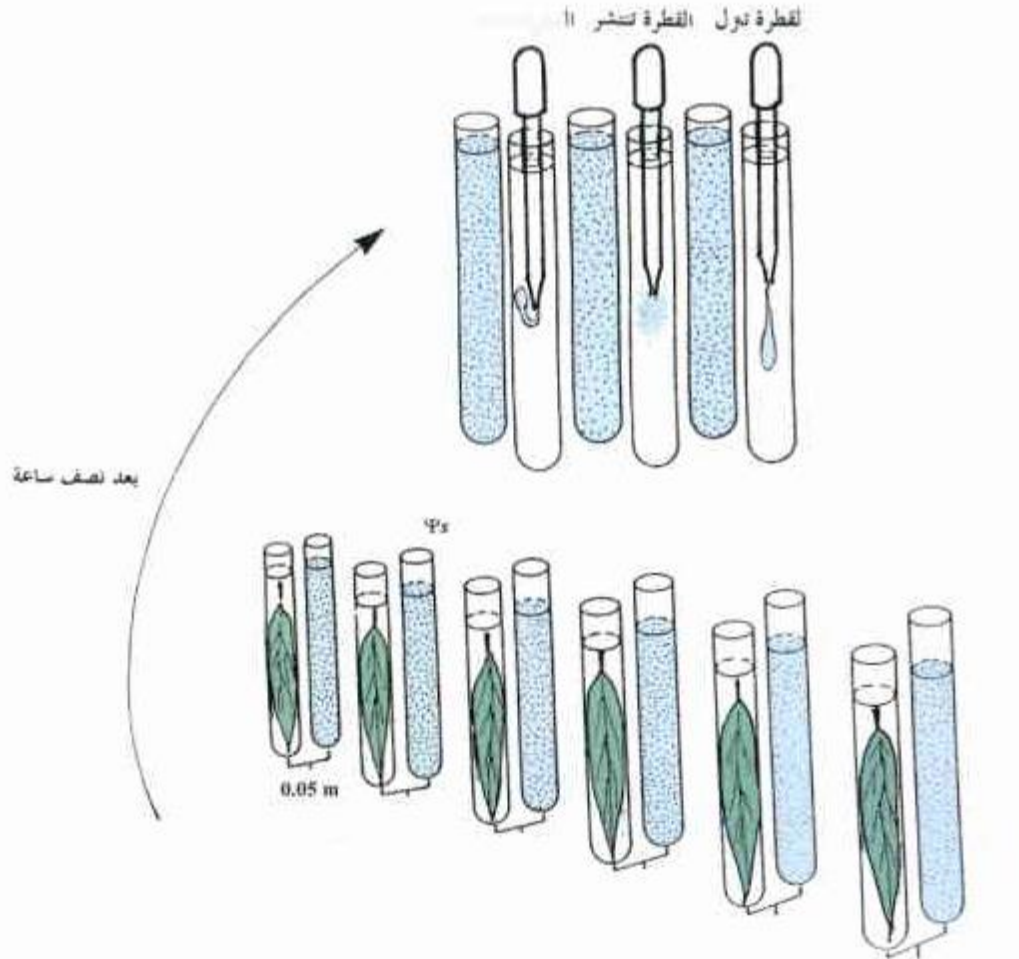
الطريقة الوزنية في قياس الجهد المائي للانسجة النباتية

## ٢- الطريقة اللونية او الصبغة او طريقة شاردكوف (The Day Method (chardkov method) :

تعتمد هذه الطريقة على التغيير في تركيز المحلول نتيجة دخول او خروج الماء منه . وفيه تحضر تراكيز مختلفة من محلول السكر ثم توزع في مجموعتين من انابيب الاختبار . ويضاف ازرق المثيلين كمادة ملونه الى احدى المجموعتين ويوضع في المجموعة الثانية انسجة نباتية متماثلة تقريبا . تترك الانسجة النباتية لفترة من الزمن ثم ترفع ، تضاف قطرة من المحلول الملون الى المحلول الذي يحتوي على النسيج سابقا وتضاف القطرة تحت السطح فاذا كان النسيج قد امتص الماء من المحلول فان

كثافة المحلول تزداد وبالتالي فان قطرة المادة الملونة تميل الى الطفو ، هذا المحلول يسمى محلول منخفض الازموزية Hypotonic solution.

اما اذا فقد النسيج النباتي الماء فان كثافة المحلول الخارجي تقل بعملية التخفيف وبالتالي فان كثافة المادة الملونة تنزل الى الاسفل نتيجة اختلاف الكثافة حيث تكون كثافة المادة الملونة اكثر من المحلول وهذا المحلول يسمى محلول عالي الازموزية Hypertonic solution . اما اذا بقت القطرة دون انتشار الى الاسفل او الاعلى وانما تنتشر بصورة بصورة بطيئة الى كافة الاتجاهات فان ذلك يعني تماثل الجهد المائي للمحلول والنسيج النباتي هذا المحلول يسمى محلول متوازن الازموزية(سوي الازموزية) Isotonic solution وجهده المائي يمثل الجهد المائي للنسيج النباتي .



سلسلة من تراكيز مختلفة بشكل مزدوج في الاتنايب التي فيها النسيج النباتي والتي بجاورها والحاوية الازرق المثل .

MPa

الجهد الازموزي : هنالك طرق قياس للجهد الازموزي منها :

١- طريقة البلزمة **Plasmolytic method** : حيث ان الجهد الضغطي  $\Psi_p$  عند البلزمة = صفر ويكون عندئذ  $\Psi_s = \Psi_w$  وان الجهد الازموزي للمحلول الذي يسبب البلزمة الابتدائية **Incipient plasmolysis** هو الذي يسمى الجهد الازموزي للعصير الخلوي . والبلزمة ظاهرة انسحاب البروتوبلاست من الجدار الخلوي وانكماشه بسبب وجود الخلية في محلول ذي جهد مائي اقل من الجهد المائي للخلية . ويمكن عمل تجربة بسيطة وذلك بتحضير سلسلة من التراكيز من محاليل السكروز وتوضع فيها بشرة اوراق نباتية او بشرة البصل بعد مرور نصف ساعة تفحص البشرة بالمجهر لملاحظة التغيرات التي حدثت بالبروتوبلاست وتسجل النسبة المئوية للخلايا التي حدث فيها البلزمة ويمكن تحديد الانسجة التي حدث فيها بلزمة ابتدائية عندما تكون ٥٠% من الخلايا قد حصل فيها بلزمة .

### البلزمة

ان خروج الماء من الخلية عند وضعها في محلول ذو جهد مائي منخفض (عالي السالبية) يسبب فقدان الخلية لانتفاخها وهو ما يعرف بظاهرة البلزمة. اذ يستمر حجم العصير الخلوي بالصغر وينكمش الغشاء البلازمي وينفصل عن الجدار الخلوي ويستمر خروج الماء لحين تعادل الجهد المائي على الجاتيين. وتحدث البلزمة بأشكال متعددة فقد تتعدم الفجوة اذا وضعت الخلية في محلول مركز (حدوث بلزمة شديدة) او يتجمع الغشاء البلازمي بشكل كتلة داخل الخلية وربما تقطع الروابط الساييتوبلازمية التي تربط سايتوبلازم خلية بأخرى.

وهناك نوعان من البلزمة هما:

1- البلزمة الدائمة **PERMANENT PLASMOLYSIS** وهي تحدث عند وضع الخلية في محلول مركز جدا ولا يسمح الغشاء البلازمي بنفوذ الجزيئات المذابة الى داخل الخلية.

2- البلزمة المؤقتة **LIMITED PLASMOLYSIS** وتحدث عند وضع الخلية في محلول مركز ولكن يسمح الغشاء لبعض المواد المذابة في المحلول الخارجي بالنفوذ الى الخلية وعندها تكون البلزمة مؤقتة، كما في حالة وضع الخلية في محلول مركز من اليوريا.



ومن الجدير بالذكر ان الخلايا التي عانت من البلازما قد تحدث لها عملية معاكسة تسمى عملية ازالة او شفاء البلازما DEPLASMOLYSIS وذلك عند وضعها في الماء النقي او محلول قليل التركيز اذ تستعيد الخلايا امتلائها نتيجة دخول الماء اليها.

#### البلازما الابتدائية

اتفق علماء الفسلجة النباتية على انه اذا كانت نصف الخلايا في نسيج نباتي يفحص بالمجهر قد ابتدأت بالبلازما وان السايٲوليزم قد انسحب قليلا عن الجدار الخلوي تكون عندئذ قيمة الجهد الضغطي تساوي صفرا وان المهد المائي للمحلول يعادل الجهد المائي لعصير الخلوي وتعرف هذه الحالة بالبلازما الابتدائية.

#### قياس الجهد المائي بطريقة البلازما

عند وضع خلية نباتية يكون الجهد المائي لعصيرها الخلوي في محلول له ذات الجهد المائي والذي يعرف بالمحلول سوي او متعادل الازموزية ISOTONIC فان شكل الخلايا يبقى طبيعيا. اما عند وضعها في محلول جهده الازموزي اعلى من الجهد المائي لعصيرها الخلوي ( قليل السالبيية) والذي يعرف بالمحلول ناقص الازموزية hypotonic فان الخلية سوف تمتص الماء وتتفخ ويزداد حجمها قليلا، ولا يمكن التمييز بسهولة بين الخليتين اعلاه من حيث الحجم.

اما عند وضع الخلية في محلول في محلول جهده المائي اقل من الجهد المائي لعصيرها الخلوي (عالي السالبيية) وهو المحلول عالي الازموزية HYPERTONIC فان الخلايا سوف تفقد الماء بسبب ذلك وتتكمش اي تحدث فيها عملية البلازما.

استنادا الى ماسبق يمكن تقدير الجهد المائي لعصير الخلوي عن طريق وضع نسيج نباتي في محلول سكري ذو جهد مائي منخفض (عالي السالبيية) اي تركيز السكر فيه عالي (0.8 مولالي مثلا) لحين حدوث البلازما التامة، ثم تنقل قطع من هذا النسيج الى تراكيز مختلفة من السكر اقل من 0.8 (0.6,0.4,0.2,0) ثم يفحص النسيج تحت المجهر لكي يلاحظ التركيز الذي يشفى فيه ما يقارب 50٪ من الخلايا المبلزما عندها يكون الجهد المائي لعصير الخلوي مساويا تقريبا للجهد المائي للمحلول الخارجي.

## ٢- استخدام مقياس الجهد الازموزي Osmometer:

بهذه الطريقة يستخلص العصير الخلوي من الخلايا النباتية ويقاس في جهاز قياس الجهد الازموزي المصمم حسب انخفاض الجهد الازموزي بوحدات قياس مل اوزمومول التي يمكن تحويلها الى وحدات الباسكال .

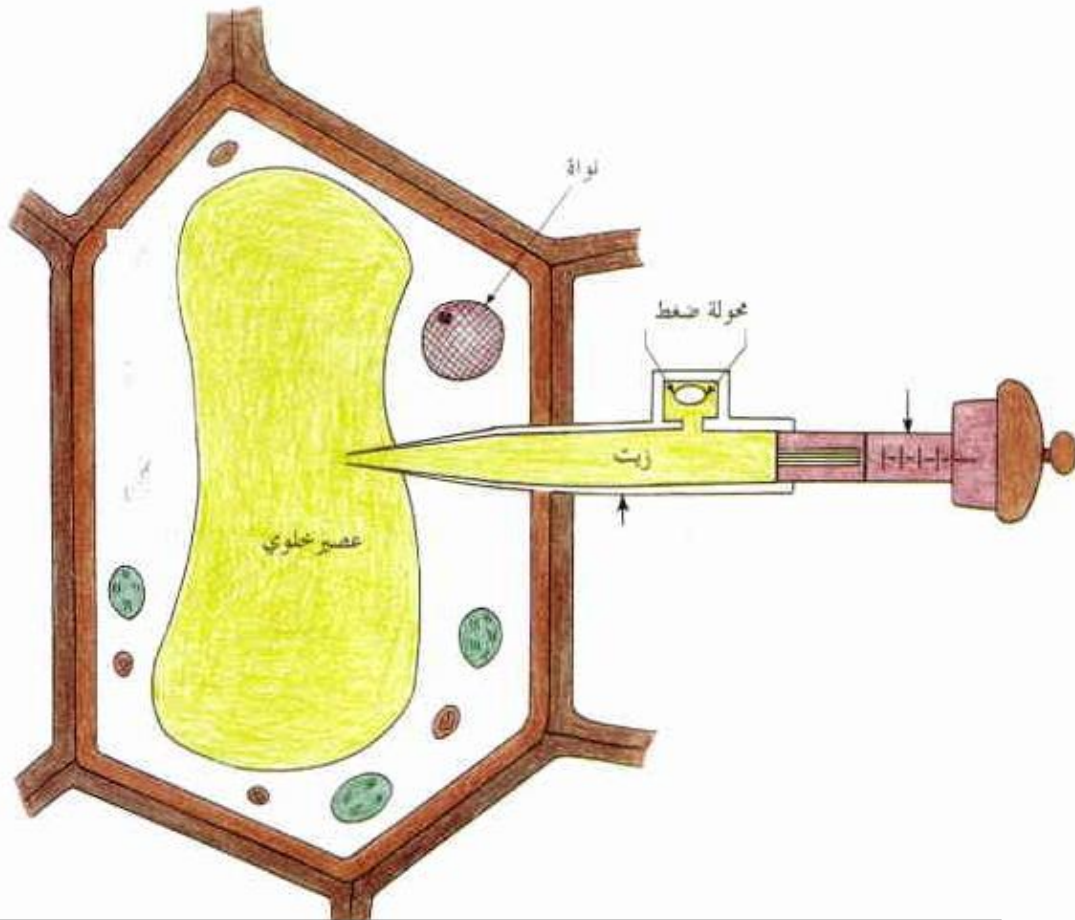
٣- الطريقة السايكرومترية **Psychrometric method**: كذلك في هذه الطريقة يستخدم العصير الخلوي بدل النسيج النباتي .

### جهد الضغط :

الجهد الضغطي يقاس من خلال الفرق بين الجهد الازموزي والجهد المائي في ذلك النسيج .

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

صمم جهاز مانوميتر دقيق Micromanometer لقياس الضغط الانتفاخي في خلايا كبيرة مثل طحلب النايثلا . ثم صمم جهاز لقياس الضغط الانتفاخي في الخلايا الرقيقة وهذا المقياس مصمم من مقياس دقيق او مايكروميتر micrometer مرتبط بانبوبة شعرية مملوءة بالزيت والانبوبة الاخيرة مرتبطة بمحولة ضغط pressure transducer الذي يقوم بتحويل الضغط الى طاقة كهربائية والتي يمكن ان تضخم وتظهر في المقياس . فعندما ينفذ المانوميتر الى الخلية يسيل السائل الخلوي من فجوة الخلية الى الانبوبة الشعرية . وبتدوير مفتاح المقياس الدقيق micrometer فان السايكرومتر يرجع الى طرف الانبوبة الشعرية حيث تستعيد الخلية حجمها الطبيعي . وعند هذه النقطة فان الضغط داخل الخلية يوازن الضغط في المانوميتر حيث يمكن ملاحظة ذلك في مقياس الضغط .



مانوميتر دقيق لقياس تغيرات الضغط في الخلايا الصغيرة

### التشرب : Imbibition

كما عرفنا سابقا ان التشرب هو نوع من الانتشار وهو حركة الماء عندما يكون هنالك فرق بالجهد المائي بين وسطين ولا تكون عبر اغشية .وهي عملية امتزاز او تجمع سطحي للمذيبات على اسطح الدقائق الغروانية ويتقيد الماء نتيجة لذلك بسبب ضغطا عند وضع المادة المتشربة في حيز محدود نتيجة لزيادة حجم المادة المتشربة ، وهنالك شرطان لحدوث التشرب :

- ١- وجوب حصول تدرج في الجهد المائي بين المادة المشربة والمتشربة .
- ٢- ان يكون هنالك نوع من التالف او التجادب بين النظامين فادا تشربت قطعة الخشب بالماء لايمكن ان تنتشر المدة امطاطية بالماء ولكن يمكن ان ينتشر المطاط مع مادة مديبة عضوية مثل الايثر .

ادن القوى التي تحدد الجهد المائي ترتبط بطبيعة المادة الموجودة ، ففي البذور الجافة او الخشب لاتوجد محاليل وانما مواد تشكل طبيعة غروانية مثل السليلوز او حبيبات النشا ، وهذا يعني ان جهد الغروانيات يؤدي دورا يؤدي دورا مهما في تحديد الجهد المائي . الجهد الازموزي في مثل هذا النظام الغروي مثل البذور والخشب تصبح متلاشية ، كذلك الجهد الضغطي يتلاشى دوره بسبب عدم عزل المواد المتشربة عن المادة المشربة بواسطة اغشية ذات اغشية نفادية اختيارية . لذلك فان الجهد المائي في البذور يتحدد بواسطة الجهد الغرواني :

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

$$\Psi_w = \Psi_m$$

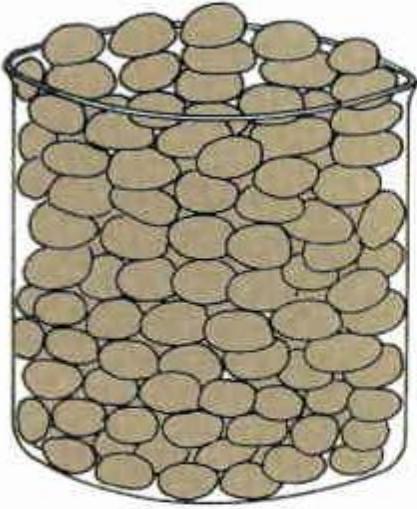
تصبح

$$\Psi_p , \Psi_s$$

لعدم اهمية

من الظواهر التي تحدث في النبات وتؤكد عملية التشرب :

- ١- اثناء عملية نقل الماء من الجذر الى الورقة ، فان جزءا كبيرا من عملية النقل يكون عبر عملية تشرب الجذر الخلوية نتيجة للفرق في الجهد المائي بين الانسجة في الورقة والساق والجذر نتيجة لتأثير عملية النتح .
- ٢- اثناء عملية الانبات فان عملية التشرب ذات اهمية كبيرة لبدء عملية الانبات حيث ان فعالية الانزيمات لاتكون واضحة الا عند تشرب البذور بالماء .



بعد التثرب



قبل التثرب

زيادة حجم البذور بسبب حدوث عملية التثرب

وبذلك ينشأ ضغط نتيجة تشرب المواد الغروانية مثل البذور الجافة او الضغط وهذا مايسمى الضغط التثري Imbibition pressure . وهو اعلى ضغط كامن يمكن ان ينشأ في المادة المتشربة عند وضعها في مديب نقي كالماء وهذا الضغط كافي ان يشقق البذور لبزوغ الجنين . كذلك تنشأ حرارة اثناء التثرب بسبب عملية الامتزاز التي تقيد حركة المواد الغروانية بسبب الاغلفة المائية الناشئة حول الجزيئات الغروانية وبذلك تفقد الطاقة الحركية الى طاقة حرارية ، لذلك فان طاقة جزيئات الماء تفقد اثناء الامتزاز او التثرب بسبب فقدان قسم من طاقة الاصرة الهيدروجينية بشكل حرارة .