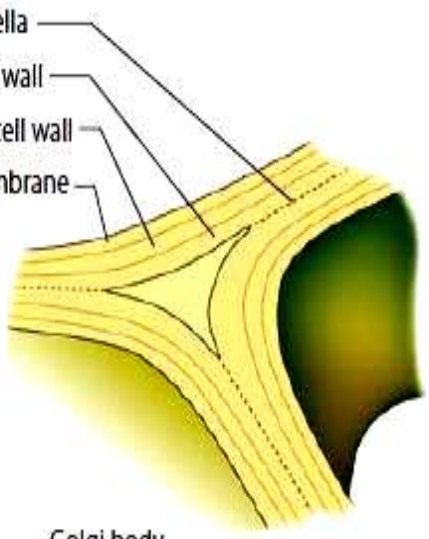
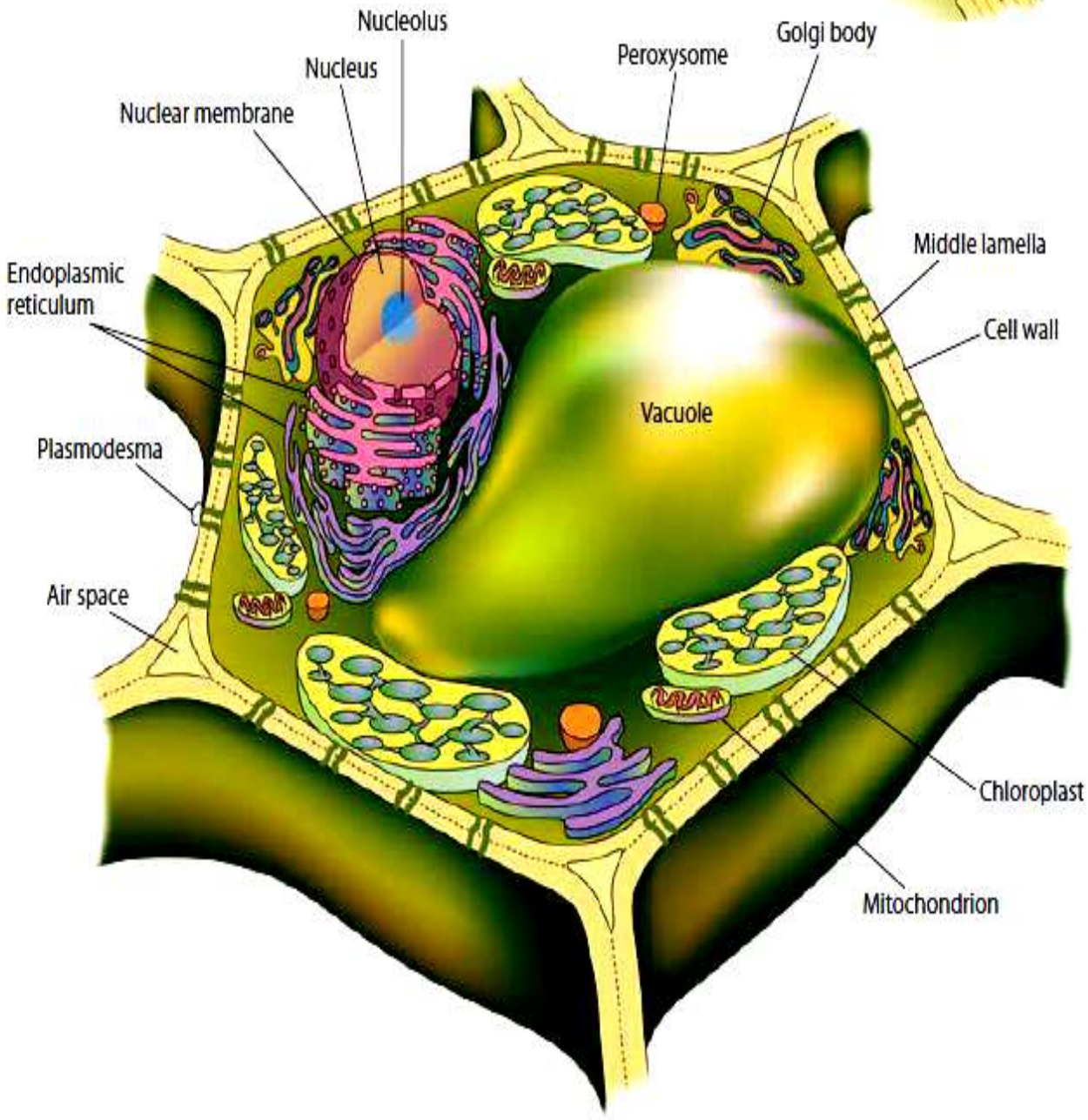
علم فسيولوجيا النبات

PLANT PHYSIOLOGY





DR. MAHMOOD AL SHAHEEN

2019 – 2020

المصدر :- كتاب علم فسيولوجيا النبات تأليف : د. فيصل عبد القادر السكري 1982

المحاضرة ألثانية

الازموزية Osmosis : -

هي نوع خاص من الانتشار والتي تشمل حركة الماء خلال غشاء نصف ناضح من المكان ذي القوة الدافعة العالية للماء Water Potential الى الجهة ذات القوة الدافعة للماء أقل . ان الازموزية يمكن مشاهدتها عند توفر محلول وماء مقطر على ان يكونا معزولين بمادة ما تقيد حركة الدقائق المذابة اكثر من تقييدها لحركة جزيئات المذيب وهذا الحاجز لا يمتزج بالمحاليل المحيطة به ويطلق عليه الغشاء نصف الناضح .

التشرب Imbibition:

من العمليات التي يتم بواسطتها اخذ الماء من قبل النبات ، ويعتبر التشرب نوع خاص من الانتشار ويستمر التشرب مادام هناك فرق في الضغط الانتشاري بين السائل في داخل المادة المتشربة والسائل خارج المادة المتشربة . التشرب هو احد اسباب حركة الماء في الجسم النباتي ويحدث بسبب وجود المسافات البينية في التراكيب تحت المجهرية كجزيئات السليلوز والنشا والبروتينات والجزيئات الغروية حيث تنجذب جزيئات الماء بقوة الى جزيئاتها (قوة التلاصق) فتصبح هذه السطوح محاطة بغشاء رقيق جدا من الماء الملتصق على سطوحها، وهناك شرطان اساسيان لحدوث التشرب هما : -

1- يجب حصول منحدر للضغط الانتشاري بين المتشرب والمادة المتشربة .

2- وجود نوع معين من التجاذب بين مكونات المادة المتشربة ومحلول التشرب (قوة تلاصق وتماسك) .

(*) ينتج عن التشرب ضغط كبير نتيجة للزيادة الحاصلة في حجم المادة المتشربة .

(*) الضغط الانتشاري في مادة نباتية جافة لها القابلية على التشرب يساوي صفر لذا يتشرب الماء بسرعة الى داخلها بسبب فرق الضغط الانتشاري وباستمرار حركة الماء يقل هذا الفرق بين الخارج والداخل حتى حصول حالة التوازن Equilibrium .

النفاذية permeability :-

يمر الماء من والى الخلية بصورة مستمرة وبحركة تامة طالما يوجد فرق في تركيز الجزيئات الذائبة بين داخل وخارج الخلية ويتأثر ذلك بالطاقة الكيمياوية الكامنة للماء water potential .

قسمت الاغشية عموما تبعا لنفاذيتها الى ثلاثة اقسام هي :-

1- اذا سمح الغشاء لجزيئات المواد المختلفة بالنفاذ خلاله سمي غشاءا نفاذا permeable membrane مثل أوراق الترشيح .

2- اذا لم يسمح الغشاء لجزيئات المواد المختلفة بالنفاذ خلاله فيصبح غشاءا غير منفذ impermeable membrane مثل الزجاج (glass)

3- اذا سمح الغشاء لجزيئات المذيب بان تمر خلاله ولم يسمح لجزيئات المذاب بالنفاذ فيسمى بالغشاء نصف الناضح Semi-permeable membrane وقد يكون طبيعيا مثل المثانة او اصطناعيا كورقة السيلوفان او البارشمنت والكلودين. وفي حالة الازموزية المثالية فان المذيب يخترق الغشاء دون المذاب ويسمى هذا الغشاء بالغشاء نصف الناضح ، كما ان بعض الاغشية النباتية تسمح بمرور بعض المواد المذابة اضافة للمذيب ولذلك تسمى بالاغشية متمايزة النفاذية Differentially permeable membrane .

وتعتمد نفاذية الخلية على :-

1- درجة الحرارة تزيد من النفاذية ضمن حدود معينة .

2- الضغط الازموزي يتسبب عن وجود الذائبات فيزداد بزيادتها ، فكلما ازداد الضغط الازموزي داخل الخلية كلما قلت الطاقة الكيمياوية الكامنة للماء (ψ) مقارنة بخارج الخلية ولذلك ينفذ الماء الى الخلية ، تحدث الحالة اذا اعتبرنا الخلية نظام ازموزي مثالي وان جدار الخلية هو غشاء نصف ناضح Semi-permeable membrane أي انه لا يسمح بمرور الذائبات نهائيا ، ولكن الغشاء الخلوي هو من نوع متمايز النفاذية Differentially p. m. فهو يسمح بمرور بعض الذائبات دون الاخرى ولذلك فالتوازن النهائي لا يعتمد على الجهد المائي (ψ_w) على جهتي الغشاء البلازمي فحسب بل على حالة مرور الذائبات من والى الخلية .

ان المعدل الحقيقي لحركة الماء عبر الاغشية يتحدد بعاملين مهمين هما :

أ- **الجريان Flow** : وهو جريان السائل او الماء خلال وحدة المساحة للمقطع العرضي للغشاء وهو يتناسب مع الفرق في القوة الدافعة الكيمياوية للماء ($\Delta\psi$) وعكسيا مع مقاومة الغشاء نصف الناضح .

ب- **مقاومة الغشاء نصف الناضح** وهي معكوس نفاذية الغشاء والتي تشير الى معدل نفوذ الماء تحت تأثير القوة الدافعة الكيمياوية للماء .

قواعد النفاذية العامة :-

1- تزداد نفاذية المواد بزيادة قابلية ذوبانها في الدهون لانها يمكن ان تخترق بسهولة تركيب الاغشية الخلوية والحاوية على المواد الدهنية ، والمجاميع القطبية { **مثل الهيدروكسيل OH والالدهايد CHO والكاربونيل**

C= O والكاربوكسيل COOH والأمين NH_2 والاميد$CONH_2$ والكبريتات SH } تزيد من قطبية الاغشية Polarity وتقلل من قابلية الذوبان للدهون فينخفض معدل النفاذية. كما ان المجاميع القطبية تعمل على تكوين أواصر هيدروجينية مع الماء وتحاط بأغشية مائية فتقلل من سرعة نفاذ هذه المواد ولذلك وجد بان السكريات والأحماض الامينية تنفذ من خلال الاغشية ببطء.

2- زيادة طول السلاسل الكربونية للمركبات يسبب قلة القطبية وزيادة الذوبان في الدهون وبالتالي سهولة النفاذية عبر الغشاء من ناحية الجزء ألدهني للغشاء .

3- كل مركبات النترو والهالوجينات الهيدروكربونية ومشتقاتها تكون سريعة الذوبان في الدهون وتمر خلال الغشاء البلازمي بسهولة .

4- ان استبدال ذرات الاوكسجين بذرات الكبريت يزيد من قابلية الذوبان في الدهون وبالتالي تزداد سرعة النفاذية فالمركب ثايويوريا Thio urea يمر خلال الغشاء البلازمي بسرعة اكبر من اليوريا

5- توجد علاقة بين معدل النفاذية وحجم الجزيئات والمواد المارة ضمن حدود معينة .

ملاحظة: ان المحتوى ألدهني في الاغشية هو المسؤول عن خاصية تمايز النفاذية Differentially permeability للخلايا الحية لذلك تختلف نفاذية غشاء البلازما والـ Tonoplast عن نفاذية بقية البروتوبلازم بسبب احتوائهما على نسبة عالية من الدهون وهما العائق الحقيقي للانتشار الحر خلال الخلية.

العوامل المؤثرة على نفاذية الغشاء البلازمي :

1- الحرارة : تزيد من نفاذية الغشاء البلازمي الى حد معين وبعد ذلك تقل النفاذية بسبب فقدان الخصائص البايولوجية للبروتوبلازم والغشاء .

2- PH : زيادة او نقصان تركيز ايون الهيدروجين H^+ يؤثر على تأين المواد المارة.

3- ظاهرة التضاد الأيوني Ion Antagonism : يتحول الغشاء البلازمي من حالة غروية الى أخرى تحت تأثير الايونات المختلفة فإذا أصبح دهن في ماء تصبح نفاذية المواد القابلة للذوبان في الماء واطئة .

4- المواد المخدرة السامة كالكلوروفورم : تغير من خواص الغشاء وبالتالي تغير نفاذيته للمواد.

5- تأثير الإشعاع مثل أشعة كاما او الأشعة السينية ، الضوء المرئي ، الأشعة فوق البنفسجية ، والإشعاعات الذرية تقلل من نفاذية الاغشية .

6- النشاط الفسيولوجي للخلية : زيادة فعالية الخلية تستهلك كميات كبيرة من المواد الذائبة المختلفة فتعمل على تكوين منحدر لتركيز الذائبات من الخارج الى الداخل مما يؤدي الى دخول المواد للخلية .

الجهد الكيمياوي Chemical potential :

الجهد الكيمياوي او الطاقة الكيمياوية Chemical potential هي الطاقة الحرة للمول الواحد من أية مادة في النظام الكيمياوي ولذلك تكون تحت ظروف الضغط ودرجة الحرارة المتشابهة معتمدة على عدد مولات تلك المادة الموجودة اما الطاقة الحرة Free energy او Gibbs F. E. فتعني قابلية النظام لانجاز عمل وتعتمد على عاملين :

1- معدل حركة الجزيئات. 2- عدد الجزيئات بوحدة الحجم.

وتحتسب الطاقة الكيمياوية او الجهد الكيمياوي لأي مادة من المعادلة التالية :

$$U = RT \ln A$$

U : الطاقة الكيمياوية للمادة المنتشرة بوحدة(Joule/Gram)

R : معامل الغاز الثابت(8.3×10^7 erg / mole / degree)

T : درجة الحرارة المطلقة(درجة كالفن)

In: اللوغاريتم الطبيعي (2.3 × log 10) **A: تركيز المادة**

من المعادلة السابقة عند ثبوت درجة الحرارة فان الطاقة الكيمياوية تتناسب مع تركيز المادة .

الجهد المائي Water potential (الطاقة الكيمياوية الكامنة للماء)

عند دراسة علاقة النبات بالماء فان الطاقة الكيمياوية الكامنة للماء يشار لها باصطلاح الجهد المائي water potential ويرمز لها بالرمز(ψ_w). اما حاصل الطاقة الكيمياوية للماء في أي نظام كان فهو يعادل الطاقة الكيمياوية للماء النقي الحر مع القوى المؤثرة في ذلك النظام والتي تغير طاقته الكيمياوية .

والطاقة الكيمياوية الكامنة تعني الاختلاف بين الطاقة الكيمياوية للماء في أي نظام والطاقة الكيمياوية للماء النقي ، أي ان :

$$\psi_w = U_w - U_{w0}$$

العوامل المؤثرة على جهد الماء

ان جهد الماء في أي نظام يتأثر بالعديد من العوامل التي تغير الطاقة الحرة والفعالية الكيمياوية للجزيئات حيث انه :-

1- يقل بإضافة المواد الذائبة .

2- يقل بالقوى المتشربة التي تمتص او تلتصق بالماء .

3- يقل بالضغط السالب الحاصل في أوعية خشب النباتات ذات النتح العالي .

4- يقل بتقليل درجة الحرارة .

5- يزداد بزيادة الضغط ألجداري او الضغط الانتفاخي .

الجهد الازموزي Osmotic potential

الضغط الازموزي Osmotic Pressure هو احد مكونات جهد الماء Water Potential ولا يمكن مشاهدته إلا في حالة فصل محلول معين عن الماء النقي بغشاء نصف ناضح ويستعمل أحيانا مصطلح الجهد ألأزموزي Osmotic Potential وليس الضغط الازموزي وذلك لتساوي قيمهما عدديا والفرق يكون في العلامة فقط ، فعندما يفصل محلول عن المذيب النقي (الماء النقي) بغشاء نصف ناضح يتحرك المذيب باتجاه المحلول لأن الطاقة الكيميائية الكامنة للماء النقي أعلى مما هي في المحلول وتسمى هذه العملية بالازموزية ، اما فرق الضغط الذي يجب إضافته الى المحلول لمنع حركة الماء فيسمى بالضغط الازموزي ويقاس بالقانون التالي :-

$$\pi = \alpha \times \frac{\Lambda}{V} \times RT$$

π - الضغط الازموزي مقاسا بالضغط الجوي α = ثابت التأين ، وللمحاليل غير المتأينة = 1

Λ = عدد مولات المذاب V = حجم المذيب باللتر

انواع المحاليل نسبة لتأثيرها على الخلايا النباتيةٌ

اولا: المحلول سوي الأزموزية : Isotonic Solution

هو المحلول الذي يتساوى تركيزه مع تركيز العصير الخلويCell Sap ، فعند وضع خلية نباتية في مثل هذا المحلول لا يطرأ عليها اي تغيير .

ثانيا: المحلول العالي التركيز : Hypertonic Solution

"ويكون جهده الأزموزي اكثر سالبية من الجهد الأزموزي للعصير الخلوي فعند وضع خلية نباتية فيه سيؤدي الى انكماشها بسبب خروج جزيئات الماء من الخلية باتجاه المحلول.

ثالثا: المحلول الواطئ التركيز : Hypotonic Solution

ويكون تركيزه اقل من تركيز العصير الخلوي ، فعند وضع خلية نباتية فيه ، نلاحظ انتقال جزيئات الماء من المحلول باتجاه الخلية مسببا امتلاء الخلية.

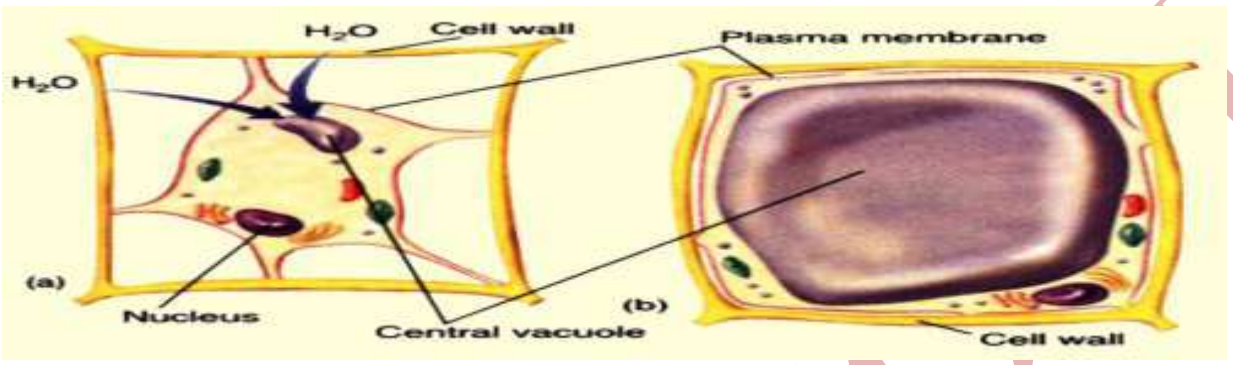
الجهد الضغطي (ضغط الامتلاء او الانتفاخ) Turgor Pressure :

احد مكونات الجهد المائي Water Potential وهو الضغط المتولد في الخلايا نتيجة لانتشار الماء فيها ان سايتوبلازم الخلية النباتية والعضيات تكون محاطة بأغشية حية شبه منفذه اما الجدار الخلوي فهو منفذ لجميع المواد وعند وضع الخلية النباتية البالغة (بوصفها نظاما ازموزيا) في الماء وبسبب ان الـ (ψ) للماء في العصير الخلوي يقل كثيرا بسبب وجود الذائبات فيه عن (ψ) للمحلول الخارجي لذلك يتحرك الماء الى داخل الخلية ثم تمتلئ الخلية ويزداد حجمها ولكنها لا تنفجر بسبب وجود الجدار الخلوي ، ويحدث ان تضغط محتوياتها وخاصة غشاء البلازما على الجدار الخلوي ، ويسمى الضغط الحقيقي والمسئول عن دفع محتويات الخلية الى الجدار الخلوي بالضغط الانتفاخي Turgor pressure وهذا الضغط يقابله (يعاكسه)

DR.MAHMOOD

ويساويه بالمقدار ضغط الجدار السليلوزي wall pressure غير المرن نسبيا من الخارج على محتويات الخلية بما فيها العصير الخلوي الى ان تصل الخلية الى حالة التوازن Equilibrium تقريبا مع الـ (ψ) للمحلول الخارجي ويقال للخلية بهذه الظروف بأنها منتفخة Turgid

في حالة نقص الماء في الخلايا يؤدي ذلك الى انقباض الخلايا ثم يقل الضغط الانتفاخي .



- عند حالة التوازن يتساوى عدد جزيئات الماء الداخلة والخارجة عبر الغشاء البلازمي للخلية وعندها يتساوى الضغط الانتفاخي مع الضغط الازموزي للخلية .

ان سبب انتقال جزيئات المذيب من محلول نقي الى آخر غير نقي عبر غشاء نصف ناضح يعود الى النقص او العجز في الضغط الانتشاري بين المحلولين Diffusion pressure deficit (DPD) فعندما يكونان محلولان مائيان مختلفين في الضغط الازموزي ومفصولين بغشاء نصف ناضح فان :

$$DPD = \pi - P$$

π : الضغط ألأزموزي P = الضغط ألجداري

لذلك ينتقل الماء من الجهة ذات DPD الواطئة (الماء النقي) الى الجهة ذات DPD العالية (المحلول) . يتضح من هذا القانون والذي وضعه ماير انه عندما يكون الضغط الازموزي والضغط الانتفاخي للمحلول متعادلين فان DPD يساوي صفرا .

العلاقة بين الكميات الازموزية :-

في حالة الخلية النباتية تحت الظروف المتوازنة تكون :

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_m$$

حيث ψ_w هي الطاقة الكيمياوية الكامنة لماء الخلية

ψ_s هي الطاقة الكيمياوية الكامنة المتسببة عن الذائبات او الازموزية.

ψ_p هي الطاقة الكيمياوية المتسببة الضغط ألجداري او الانتفاخي .

ψ_m هي الطاقة الكيمياوية الناتجة عن التشرب او المواد التي تلتصق بالماء كالغرويات .

- في حالة الخلية كاملة الانتفاخ فان المجموع الجبري لهذه المصطلحات الثلاثة يكون صفرا وبذلك فان (ψ_w) للخلية = صفر
- في حالة الأنسجة الجافة جدا كالبذور مثلا او في الخلايا ذات الفجوات الصغيرة فان(ψ_w) تكون كمية ضئيلة جدا ومهملة ويصبح مقدار الطاقة الكامنة للماء هو: ($\psi_w = \psi_s + \psi_p$) .