

الماء وخصائصه

الماء جوهر الحياة

1. يكون الجزء الاكبر من البروتوبلازم 80-90% وزنا
2. يشترك بشكل مباشر او غير مباشر في العمليات الحيوية كالتركيب الضوئي
3. مذيب للغازات مثل CO_2 و O_2
4. واسطة لنقل المواد المعدنية الذائية والمواد العضوية الغذائية في انسجة النبات
5. يحافظ على الضغط الازموزي

خواص الماء

1. حرارة نوعية عالية. لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مؤية واحدة تحتاج لسرعة حرارية واحدة
2. الحرارة الكامنة للغليان عالية (540 سعرة حرارية) والحرارة الكامنة للانصهار عالية (80 سعرة حرارية)
3. يمتلك خاصية التمسك بسبب الاوامر الهيدروجينية وخاصية التلاصق بسبب الخاصية القطبية
4. الماء سائل بدرجة حرارة الغرفة بسبب الاوامر الهيدروجينية (الوزن الجزيئي 18)
5. شفاف للضوء العادي المرئي (300-750 ملليميكرون)- يمتص كثيرا من الاشعة الساقطة
6. الماء مذيب عام بسبب الاوامر الهيدروجينية وكذلك توزيع الشحنات غير المنتظم

علاقة النبات بالماء

الانتشار Diffusion

إن ظاهرة الانتشار تعني حركة المادة من وسط عالي التركيز إلى وسط منخفض التركيز وذلك نتيجة للحركة العشوائية الانتقالية للجزيئات أو الذرات أو الأيونات لتلك المادة بفعل الطاقة الحركية الذاتية التي تمتلكها.

وظاهرة الانتشار في النباتات تحدث تلقائياً بالاعتماد على الطاقة الذاتية الانتقالية التي تكون مسؤولة عن تحرك الجزيئات سواء كانت سوائل أو غازات أو مواد أخرى وأبسط مثال لانتشار الغازات هو انتشار العطر من الزجاجة عند فتحها حيث تنتشر جزيئاته في الهواء المحاط بالاعتماد على الطاقة الحركية الذاتية لجزيئاته مكونة خليطاً متجانساً من العطر والهواء،

الانتشار في النباتات

إن الجسم النباتي بصورة عامة يتكون من مواد وعناصر كيماوية موجودة في التربة او الهواء وتيد خل هذه العناصر لجسم النبات على شكل ايونات سالبة او موجبة او على شكل ذرات او جزيئات بعضها ييد خل عن طريق الاجزاء الخضرية والبعض الآخر عن طريق الجذور ، فمثلاً يدخل الاوكسجين وغاز ثاني اوكسيد الكاربون عن طريق الشغور اما الماء والایونات الموجبة والسائلة للمعادن فتنقل من التربة الى النبات عن طريق

الجذور ثم تنتقل الى باقي اجزاء الجسم النباتي حيث تشارك في باقي الفعالities المختلفة . إن النبات يفقد المواد الفائضة عن حاجته الى المحيط الخارجي عن طريق الانتشار مثالاً لها فقدان الماء من الجزء الخضري على شكل سائل او بخار ماء وطرح الاوكسجين و ثاني اوكسيد الكاربون والمواد المتطايرة الاخرى . ان القسم الاعظم لحركة هذه المواد داخل او خارج الجسم النباتي او من منطقة لأخرى انما يعزى للانتشار .

العوامل المؤثرة على عملية الانتشار

1. حجم الدقائق المادة المنتشرة :

تناسب سرعة الانتشار تناصباً عكسيأً مع حجم الايونات المنتشرة ، بمعنى انه كلما صغر حجم الايون او الجزيئه المنتشرة كلما زادت سرعة انتشاره .

2. كتلة دقائق المادة المنتشرة :

تناسب تناصباً عكسيأً مع الوزن الذري او الجزيئي ، لذلك اذا تساوت الدقائق في حجمها فان الاثقل تكون هي الابطأ في سرعة الانتشار.

3. تركيز دقائق المادة المنتشرة :

تنقل الذرات او الجزيئات من نقطة التركيز العالية الها الى نقطة اخرى درجة التركيز عندها اقل بمعدل بعد اسرع من العكس .

4. درجة الحرارة والضغط :

تزداد سرعة الانتشار بزيادة درجة الحرارة او الضغط بسبب زيادة الطاقة الحركية للجزيئات .

5. قابلية المادة المنتشرة على الذوبان في وسط الانتشار :

تناسب سرعة الانتشار تناصباً طرديأً مع سرعة الذوبان المادة المنتشرة ، اي كلما كانت المادة اسرع بالذوبان كان انتشارها اسرع .

الازموزية Osmosis

هي نوع خاص من الانتشار التي تشمل حركة الماء خلال غشاء ناضج من المكان ذو القوة الدافعة العالية للماء Water Potential الى الجهة الاقل منها. يمكن مشاهدة الازموزية عند توفر الماء او المحاليل على ان تكون معزولة بمادة ما تقييد حركة الدقائق المذابة اكثر من تقييدها لحركة جزيئات المذيب. وهذا العازل الذي لا يمتزج مع المحاليل المحيطة به يطلق عليه غشاء ناضج ناضج.

معضم الاغشية النباتية تسمح لمروor بعض المواد المذابة اضافة للمذيب ولهذا يسمى هذا الغشاء بالغشاء متمايز Differentially Permeable Membrane

اطلق على تقييد انتشار دقائق المذاب مقارنة بالمذيب وما يترب على ذلك بما يسمى بمنحدر القوة الدافعة (او الطاقة الكامنة للماء) Water Potential Gradient . علما ان W.P للماء النقى يساوي صفر تحت الضغط

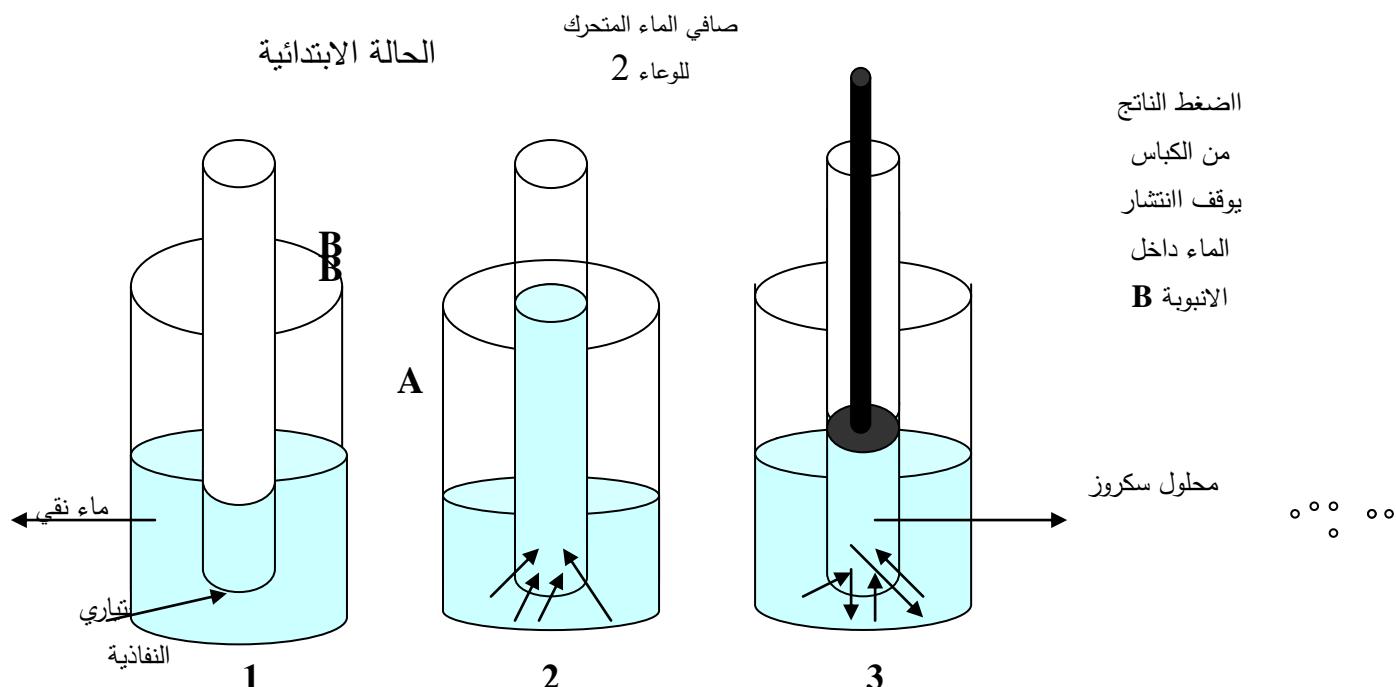
الجوي الواحد ولذلك فان W.P للمحلول يكون اقل من الصفر (سالب) ولكن بعد التناقض فان W.P للجانبين يكون متساوي.

أهمية الازموزية للنبات

- 1 - دخول الماء الى الخلايا النباتية من المحيط الخارجي يعتمد على الازموزية (ماء التربة دائمًا مخفف بالنسبة الى عصير الخلية أي فيه ماء كثیر).
- 2 - حركة الماء من احدى الخلايا الحية الى اخرى تحدث بسبب الازموزية (بسبب فرق التركيز للماء أي يقل الماء في الخلية ويرتفع ضغطها الازموزي) وبالتالي تسحب الماء من الخلية المجاورة (والتي ضغطها الازموزي اوسط).
- 3 - انواع الحركة في النبات تعتمد على ظاهرة الازموزية منها فتح الثغور اما انخفاضه فيسبب غلق الثغور تفتح الازهار وانغلاقها في الليل والنهار.
- 4 - زيادة الضغط الازموزي تسبب زيادة في مقاومة النبات لدرجة الحرارة المنخفضة والجفاف.

الجهد الأزموزي: Osmotic potential

يتم قياس الجهد الأزموزي بواسطة جهاز غایة في البساطة يعرف باسم الأزموميتر Osmometre فإذا وضعنا وعاءً كبيراً يحتوي على ماء نقي (A) وفي داخله وعاء ذو غشاء نفاذ (B) يسمح بمرور الماء ويحتوي بداخله محلولاً سكري (محلول سكروروز) نلاحظ الآتي:



طريقة قياس الضغط الأزموزي

بما أن غشاء الوعاء B منفذًا للماء لـ حرية الانتقال بين الأنابيب وبالتالي نلاحظ أن الماء يندفع بقوة متجهاً من الإناء A إلى الإناء B وذلك عبر الغشاء النفاذ وبسبب اختلاف الجهد بين الماء في الأنابيب حيث يكون جهد الماء المخلوط (المحلول) في الإناء B أقل من جهدة في الإناء A الذي يحتوي على الماء النقي، لاحتوائه على طاقة انتقالية ذاتية أكبر.

نلاحظ أيضاً أنه في البداية يكون معدل تحرك الماء إلى الوعاء B مرتفع وينخفض تدريجياً حيث إن زيادة الماء في الوعاء B سيعمل على ارتفاع جهد المحلول في الإناء B. إذا وضعنا محبسًا من الوعاء B ودفعنا هذا المكبس حتى توقف تدفق الماء إلى الوعاء B عن طريق الضغط بقوة، القوة اللازمة لوقف تدفق المياه إلى الإناء B تساوي أقصى ما يمكن من ضغط لوقف دخول الماء المحصور داخله محلول السكري.

الضغط اللازم للمحلول لكي ينشأ زيادة في جهد الكيميائي عن جهد الماء النقي حتى يتوقف تحرك الماء إلى B تماماً يسمى بالضغط الأزموزي Osmotic pressure وعلى هذا فإن:

الضغط الأزموزي للمحلول Osmotic pressure هو الضغط اللازم لوقف انتشار الماء النقي إلى محلول تحت ظروف الأزموزية المثالية وبالتالي فإن الضغط الأزموزي ما هو إلا جهد حقيقي أي قوة حقيقة تمثل بجهد أو طاقة.

وترجع أهمية الجهد الأزموزي إلى كونه يميز محلول بطرق مختلفة فهو يدل على الضغط الأقصى (الضغط الأزموزي) الذي ينشأ للوصول إلى حالة الاتزان مع الماء النقي في النظام الأزموزي المثالي وله علاقة طردية تتناسبية مع كمية المذاب في محلول ومع النقص في الجهد الكيميائي للمحلول (طاقة الحرارة الكلية).

الضغط الانتفاخي (ضغط الامتلاء) Turgor Pressure

العضيات في الخلية تكون محاطة باغشية حية شبه منفذة أما جدار الخلية فهو منفذ. وعند وضع الخلية النباتية بوصفها نظاماً أزموزياً في الماء. وبسبب أن Ψ للماء في العصير الخلوي يقل كثيراً (بسبب وجود الذائبات) نسبياً للمحلول الخارجي لذا يتحرك الماء إلى داخل الخلية وبالتالي تمتلئ الخلية ويزداد حجمها. ويحدث انضغاط محتوياتها وخاصة غشاء البلازما على الجدار الخلوي ويسمى الضغط الحقيقي والمسؤول عن دفع محتويات الخلية إلى الجدار الخلوي بالضغط الانتفاخي. وهذا الضغط يقابله ويساويه في المقدار ضغط الجدار السليولي. ونتيجة لانفراخ الخلية وامتلائها فإن Ψ للعصير الخلوي يزداد إلى أن يتوازن تقرباً مع Ψ للمحلول الخارجي ويقال للخلية بهذه الظروف بأنها منتفخة.

البلزمه Plasmolysis

من الناحية الحيوية فإن البلزمه تعني التغيرات التي تحدث للخلية النباتية الحية عندما توضع في وسط ذو تركيز مختلف عن تركيز العصارة الخلوية وخصوصاً لو كان الوسط الخارجي ذو تركيز ملحي او سكري مرتفع. ومثال على ذلك لو وضع خلية نباتية في وسط يحتوي على تركيز مرتفع من السكرور فإن التغيرات التي تحدث هي انجذاب الغشاء البلازمي بعيداً عن الجدار الخلوي وابتعاده مع بعضها البعض، وهذا الابتعاد ناتج عن عدة أسباب هي:-

1. إن الماء داخل الخلية له طاقة حرارة أعلى من الطاقة الحرارة للماء الخارجي وبالتالي ميلًا إلى الانسياط للخارج.
2. إن الأغشية الفجوية غير مُنفذة للسكرور ولكنها تستطيع نفاذ الماء.
3. إن الجدار الخلوي cell wall يسمح بنفاذ السكرور والماء بحرية.

وعلى هذا الأساس فإن الماء ينتقل من الفجوة العصارية إلى محلول الخارجي أي إلى السيتوبلازم ثم للخارج أي من منطقة ذات جهد مائي أقل سالبية (عالي) إلى منطقة جهد الماء المائي أكثر سالبية (منخفض)، هذا التحرك يسبب انكماس الفجوة وبالتالي جذب الغشاء الخلوي بعيداً عن الجدار الخلوي وذلك لأن الجدار الخلوي صلب ولا ينجدب بسهولة وهنا يكون ضغط الامتلاء يساوي الصفر $Turgor\ pressure = 0$ تنتج حالة مختلفة لو أن الخلية وضعت في محلول أقل تركيزاً من تركيز العصير الخلوي وهنا سوف تمتليء الخلية ولكن عادة كمية دخول الماء تكون قليلة وبهذا فالتغيرات في شكل الخلية تكون بسيطة.

الأزموزية بين الخلايا Osmosis between cells

دعنا نتخيل خلتين ملتصقتين ومحميتين من أي بخار، والعصير الخلوي للخلية (A) ذي جهد ذموزي (-14 بار) وضغط إمتلاء يساوي (4 بار)، أما الخلية B فهي ذات جهد مائي (-16 بار) والحالة النهائية لكل خلية يمكن التعبير عنها:

$$-\psi_w = -\psi_s + \psi_p$$

ψ_w = الجهد المائي.

ψ_s = الجهد الأزموزي.

ψ_p = ضغط الامتلاء.

حدد في أي اتجاه يسير الماء ولماذا؟

التشرب وضغط التشرب Imbibition and Matric Pressure

التشرب احد انواع الانتشار لأن صافي حركة الماء تعتمد على فرق الضغط الانتشاري. فعند وضع بذور جافة بالماء فانها تتضخم ويظهر ان الماء يلتصق وينجذب على اسطح الدقائق الغروية وان مدى الالتصاق السطحي او الامتصاص Adsorption يعتمد على المسافة بين الاسطح والجزئيات. هذا ويكون ضغط كبير يسمى ضغط التشرب عندما يكون الجسم المترتب قد خصص او عزل في مكان وسمح للجسم ان يتشرب بالماء. الغرويات الجافة لها ضغط تشرب عالي قد يصل 3000 بار في حالة وضعها بالماء.

يجب توفر شرطين لحدوث التشرب (1) وجود فرق في $\Delta W.P$ بين الجسم المترتب والمادة المشربة (2) وجود الفة خاصة بين الجسم المترتب والمادة المشربة مثل تشرب المطاط بالايثر وليس بالماء.

$\Delta W.P$ يشابه الضغط الازموزي حيث يمثل اعلى ضغط يتكون للمادة المترتبة عند وضعها بالماء النقي وبعض الباحثين افترض

$$\Psi_w = \Psi_p + (\Psi_{\Pi} - \Psi_m)$$

والبعض يضع المعادلة كالتالي $\Psi_w = \Psi_p + \Psi_m$

ولايكون الضغط الانتفاخى في المادة المترتبة غير المعزلة ولهذا تصبح $\Psi_w = \Psi_p$ كما ان الضغط المترى للبذور الجافة قد يصل 1000 بار كما ان $\Delta W.P$ للماء القليل في هذه البذور قد يصل 1000 بار.

العوامل التي تؤثر على التشرب هي الحرارة حيث بزيادة درجة الحرارة يزداد التشرب كما انه كلما زاد الضغط الازموزي للمادة التي ستنشرب بالماء كلما قل معدل تشربها بالماء.

النفاذية Permeability

الماء يمر من والى الخلية بصورة مستمرة وبحرية كافية طالما كان هناك فرق في تركيز الذائبات بين داخل وخارج الخلية. وتتأثر حركة مرور الماء خلال الغشاء البلازمي بخاصية الطاقة الكيميائية الكامنة للماء والتي تعتمد على عاملين:

1. الحرارة حيث زیادتها بحدود معينة تزيد من نفاذية الماء خلال الغشاء البلازمي.
2. الضغط الازموزي حيث كلما زادت الذائبات زاد الضغط الازموزي وقلت الطاقة الكيميائية الكامنة للماء مقارنة بالخارج وبذلك ينفذ الماء الى داخل الخلية.

غشاء الخلية له خاصية النفاذية التمايزية فهو يسمح لبعض الذائبات بالمرور دون غيرها لذا فالتوازن النهائي لا يعتمد على Ψ للماء على جهتي الغشاء البلازمي فحسب بل على حالة مرور الذائبات من والى الخلية. وان المعدل الحقيقي للجريان (Flow) يتاسب طرديا مع القوة الدافعة او فرق القوة الدافعة الكيميائية للماء Ψ \propto وعكسيا مع مقاومة الغشاء نصف الناضح (r)

cm/sec هذا و تعد مقاومة الغشاء معكوس النفاذية حيث L_w نفاذية غشاء الخلية $J = \Delta\Psi / r$
وبالتعويض
نحصل على

$$J = \Delta\Psi L_w$$

$$\Delta\Psi = \Delta p - \Delta_\Pi$$

$$J = L_w (\Delta p - \Delta_\Pi)$$

هذا ويمكن قياس النفاذية من معدل الجريان والقوة الدافعة الكيمياوية للماء من والى الخلية.

1. نفاذية المواد تزداد بزيادة قابلية ذوبانها في الدهون. كلما وجدت مجاميع قطبية مثل OH والكاربونيل CO والكاربوكسيل COOH والامين NH2 في المواد زادت القطبية وقلت قابلية ذوبانها في الدهون وانخفاض معدل النفاذية (يسبب تكوينها او ااصر هيدروجينية مع الماء).

2. زيادة طول السلسل الكابوني للمركب يقلل من القطبية ويزيد من قابلية الذوبان بالدهون وبالتالي سهولة اخترار هذه المواد للاغشية

3. استبدال ذرات الاوكسجين بذرات الكبريت يزيد من قابلية الذوبان في الدهون وبالتالي تزداد سرعة النفاذية

$\text{Thiourea} > \text{Urea}$

4. هناك علاقة مابين معدل النفاذية وحجم الجزيئات المارة خلال الاغشية مع بعض الشواز.

5. المواد التأينة لاتنفذ بسهولة عبر الاغشية الخلوية كونها مواد قطبية. لماذا لاتنفذ المواد الالكتروليتية بسهولة خلال الاغشية؟

A. الالكتروليتات تتأين الى ايونات حاملة لشحنات كهربائية. كلما كانت شحنة الايون الموجبة قوية عرقلت دخول الايون للخلية. وكلما كان تكافؤ الايون اعلى قلت نفاذيته. مثلا Na^{+1} و K^{+1} تتفد اسرع من ايونات Fe^{+3} و Mg^{+2} وهذه اسرع من NO_3^{-1} و SO_4^{-2} .

B. تميؤ الايون Ion Hydration اي احاطة الايون بغلاف مائي بسبب قابلية ارتباط الايونات بالاواصر الهيدروجينية مع جزيئات الماء. تميؤ الايونات ينتج عنه دقائق ذات حجم اكبر من الايونات نفسها.

علاقة النفاذية بتضاد الايونات وتعاونها

تأثير الاملاح الموجودة في بيئه الخلية على نفاذية المواد المختلفة خلال الغشاء. فقد تتفد الايونات الموجبة احادية الشحنة بسرعة معينة خلال الغشاء اذا كانت منفردة اما اذا وجد في الوسط ايونات موجبة ثنائية الشحنة فأن الاحادية الشحنة تقل نفاذيتها كثيرا . وهذا يفسر موت بعض النباتات البحرية مثل Laminaria اذا نقل الى كأس فيه محلول ملح واحد سوي التركيز وعدم موت النبات اذا وضع في محلول ملحيين مختلفي التركيز.

غمر النبات في محلول KCl و NaCl السوي التركيز يزيد من النفاذية وتصبح الخلايا منفدة تماماً للـ KCl ويموت البروتوبلازم ويتألف الغشاء ويموت النبات.

اذا اعيدت التجربة في محلول CaCl_2 سوي التركيز فأن نفاذية الغشاء للملح تقل ويموت البروتوبلازم. ولكن عند وضع النبات في محلول سوي التركيز من CaCl_2 و KCl بنفس وجودهم بماء البحر فأن النفاذية تكون طبيعية. ومن المرجح ان الكالسيوم يبطئ نفاذية البوتاسيوم او الصوديوم مما يحافظ على وحدة وتركيب الغشاء البلازمي. وبسمى تعطيل او منع نفاذية ايون ذي تكافؤ اقل بواسطة ايون ذي تكافؤ اعلى يحمل الشحنة نفسها بظاهرة التضاد Salt Antagonism وهذه الظاهرة يراها البعض هي ليست تقليل النفاذية بل حفظ الغشاء الخلوي من الضرر.

كما لوحظ ان اضافة بعض الايونات بتركيز معينة قد يزيد من نفاذية بعض الايونات الاخرى التي تحمل الشحنة الكهربائية نفسها وتسمى الظاهرة بالمساعدة Synergism مثل اضافة ايونات الكالسيوم بتركيز قليل الى ايونات البوتاسيوم حيث تؤدي الى زيادة نفاذية البوتاسيوم.

اتزان دونان Donnan Equilibrium

عند وضع خلية نباتية في محلول يحتوي على ايونات مختلفة يلاحظ ان الايونات لا توازن على جنبي الغشاء الخلوي وفسرها دونان عام 1911 بما اسماه اتزان دونان والتي مفادها انه اذا كانت بعض الايونات السالبة قد ثبتت في الخلية وعند انتشار اعداد متكافئة من ايونات سالبة وموجبة الى داخل الخلية عبر غشائها لذا يكون توزيع الايونات على جنبي الغشاء غير متكافئ.

عند الاتزان يكون تركيز الايونات الموجبة الشحنة مساوياً لتركيز الايونات السالبة الشحنة في كلا من جنبي الغشاء كذلك يجب ان يكون حاصل ضرب الايونات القابلة للانتشار الموجبة مضروباً في تركيز الايونات القابلة للانتشار السالبة على كل من جنبي الغشاء متساوية. ونتيجة لذلك يكون تركيز الايونات السالبة داخل الخلية اكثر من خارجها ولا جدوى من التوازن الكهربائي تمر ايونات موجبة اضافية عبر الغشاء الخلوي لمعادلة الايونات السالبة المثبتة داخل الخلية وهذا يؤدي الى كون تركيز الايونات الموجبة داخل الخلية اكبر مما في خارجها بعكس تركيز الايونات السالبة.

ميكانيكية النفاذية خلال الاغشية الخلوية

الاغشية الخلوية من نوع *Differentially permeable membrane* وتكون متشبهة المنخل الدهني *Molecular lipid sieve* وتعني بان الاغشية مكونة من دقائق دهنية كبيرة الحجم وتتحرك حركة مستمرة بسبب طاقتها الحركية العالية ثم تنفصل هذه الجزيئات ويتسبب عن ذلك تكون فتحات مائية *Aqueous pores*. وحسب فرضية *Lipid sieve theory of permeability* فان حجم الجزيئات القابلة للذوبان في الدهن كافة تمر بسهولة خلال الدقائق الدهنية للغشاء الخلوي. واما الجزيئات الصغيرة غير القابلة للذوبان في الدهون فأنها

تمر خلال الفتحات المائية الادلة الموجودة لم تدحض نهائيا هذه الفرضية وهي ملائمة لتقسيير معدل النفاذية وغيرها.

العوامل المؤثرة على النفاذية

1. الحرارة حيث زيادتها تزيد من النفاذية ثم تقل النفاذية بسبب الضرر للاغشية
2. زيادة او قلة الحامضية تؤثر على تأين المواد وكذلك هيئة وتركيب بروتوبلازم الغشاء
3. ظاهرة التضاد او تأثير الايونات
4. المواد المخدرة او السامة. حيث تؤثر هذه المواد مثل الكلوروفورم على حساسية الخلية وتنفسها. وكلما كان ذوبان هذه المواد في الدهن كبيرا كان تأثيرها على نفاذية الغشاء كثيرا وهذا يدل على انها تدخل الخلية
5. الاشعاعات تقلل من النفاذية وذلك من خلال تغييره الفتحات في الغشاء اللازمي او ربما تغيير النظم الانزيمية التي تعمل على نقل الدقائق خلال الغشاء.
- 6 النشاط الفسيولوجي للخلايا حيث الخلايا النشطة تستهلك كميات كبيرة من المواد الغذائية (الذائبات) مقارنة بالخلايا غير النشطة وبذلك يظل هناك منحدرا لتركيز الذائبات من خارج الغشاء الى داخله.