

## لية امتصاص الماء و الاملاح المعدنية عند النباتات

تعيش النباتات الخضراء في ظروف بيئية معينة، وتحتل المستوى الأول في الشبكات الغذائية، حيث تمثل مستوى المنتجين اي انها قادرة على انتاج مادة عضوية انطلاقا من مواد معدنية. تحتاج هذه النباتات الى ظروف ملائمة من بينها وجود الماء والاملاح المعدنية، فكيف تتم تبادلات الماء والمواد المذابة بين النبات والوسط الخارجي؟ وما هي الليات هذا التبادل على مستوى خلايا النباتات اليخضورية؟

### I. الكشف عن تبادلات الماء على مستوى الخلايا

#### 1. ملاحظات بالعين المجردة

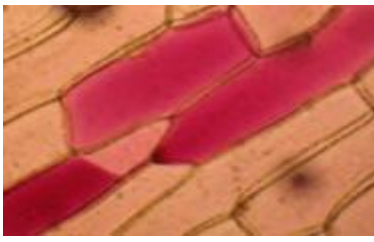
- تجربة 1: يؤدي وضع قليل من الملح على قطعة بطاطس جافة الى ظهور الماء استنتاج 1: خروج الماء من قطعة البطاطس
- تجربة 2: نقوم بتقطيع قطع متساوية من البطاطس ثم تضعها في انابيب اختبار تحتوي على محلول السكروز بتركيز متزايدة

رقم الانبوب	1	2	3	4	5	6
تركيز السكروز mol/l	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
طول القطعة في البداية mm	30	30	30	30	30	30
طول القطعة في النهاية mm	32	31	30	29	28	27

تحليل: في التراكيز الضعيفة يزداد حجم القطع بينما ينقص في التراكيز الكبيرة - تفسير: تغير حجم القطع ناتج عن دخول او خروج مواد و بما ان الانبوب 1 لا يحتوي الا على الماء المقطر و رغم ذلك ازداد حجم القطعة اذن فدخول الماء هو المسؤول عن هذا التغير. - استنتاج 2: ،الماء يمكن ان يدخل او يخرج تبعا لتركيز المحلول التي توضع في قطعة البطاطس ، اي هناك تبادلات مائية بين الخلايا المكونة لقطعة البطاطس و الوسط الخارجي.

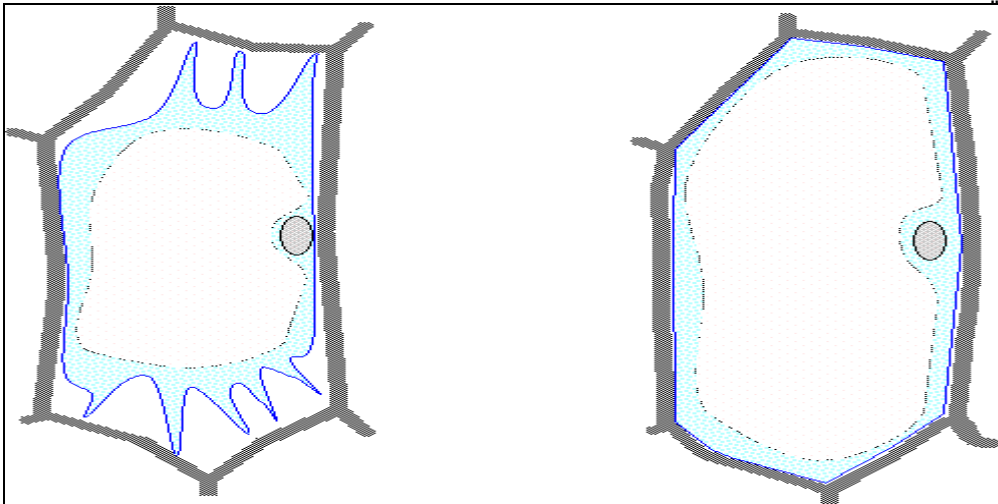
#### 2. ملاحظات مجهرية:

- تجربة: نأخذ قطعتين من قشرة البصل:
  - نضع الاولى في زجاجة 1 تحتوي على الماء المقطر + الاحمر المتعادل
  - نضع الثانية في زجاجة 2 تحتوي على محلول السكروز بتركيز mol/10.6 + الاحمر المتعادل
- بعد مدة زمنية نلاحظ التحضير المجهرى بالمجهر الضوئي
- ملاحظة:

في محلول السكروز بتركيز mol/10.6 + الاحمر المتعادل x 640	في الماء المقطر + الاحمر المتعادل x 640
اضغط على الصورة للتكبير	
	

#### انظر الرابط

- رسم تخطيطي للملاحظة:



في الزجاجه 1: تحتل الفجوة الخلوية الحيز الأكبر من الخلية و يكون لونها فاتحا نقول إن الخلية ممتلئة.

في الزجاجه 2 : أصبحت الفجوة الخلوية بقدر صغير و أصبح لونها قاتما في هذه الحالة نقول إن الخلية مبلزمة.

من هذه النتائج يمكن إستنتاج : عندما يكون تركيز الوسط الخارجي منخفض (ناقص التوتر) يزداد حجم الفجوة بسبب دخول الماء الذي يعطي لونا فاتحا و تصبح الخلية ممتلئة، عندما يكون تركيز الوسط الخارجي مرتفع (مفرط التوتر) يخرج الماء من الخلية فينقلص حجم الفجوة ويزداد تركيز الملون الطبيعي فيصبح قاتما و تصبح الخلية مبلزمة.

و يسمى هذا التبادل المائي بالتنافذ او الأسموز osmose

### 3 - العامل المتحكم في التنافذ

- تجربة 1:

- تجربة 2: [انظر الرابط 1](#) ، [انظر الرابط 2](#)

Add salt = إضافة الملح

<http://www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/>

- تفسير: انتقال الماء من الوسط الناقص التوتر الى الوسط المفرط التوتر راجع الى وجود قوة تختلف شدتها باختلاف التركيز (ترتفع بارتفاعه) وهذه القوة هي التي تجذب الماء بحثا عن التوازن وتسمى هذه القوة بضغط التنافذ pression osmotique

[انظر الرابط](#)

يمكن حساب ضغط التنافذ باستعمال الصيغة التالية:

$$\Pi = RCT$$

$\Pi$  : الضغط التنافذي ب Pa

R : ثابتة الغازات الكاملة 0.082

T درجة الحرارة المطلقة ب °K بحيث  $K = C + 273$

C التركيز المولي للمادة المذابة mol/l

$$C = n/V \text{ avec } n = m/M$$

m كتلة المادة المذابة و M الكتلة المولية و V الحجم

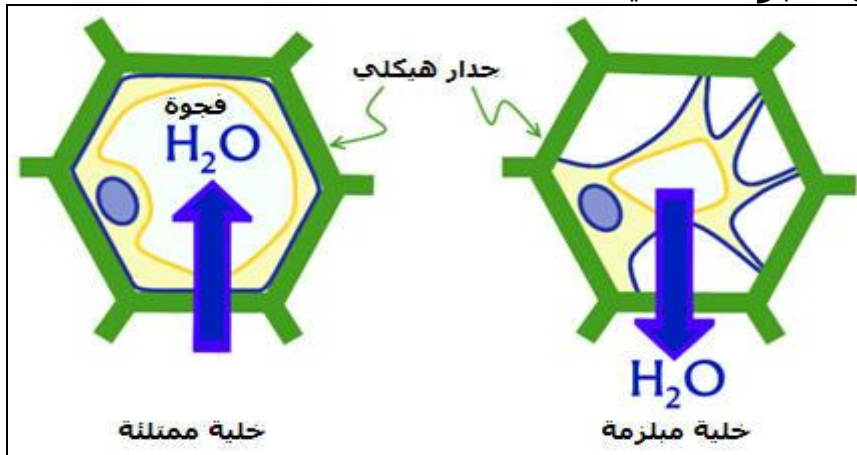
بالنسبة للمحاليل المؤينة تضرب هذه القيمة في عدد الايونات المحصل عليها، مثل NaCl يتحلل الى أيونين  $Na^+$  و  $Cl^-$  فتكون قيمة الضغط التنافذي

$$\Pi = 2RCT$$

- خلاصة:

- خلية في وسط مرتفع التركيز << توتر مفرط << ضغط تنافذي مرتفع << خروج الماء من الفجوة الى الوسط الخارجي << بلزمة الخلية.

- خلية في وسط منخفض التركيز << توتر ناقص << ضغط تنافذي منخفض << دخول الماء من الوسط الخارجي الى الفجوة << خلية ممتلئة.



في حالة تساوي التوتر تكون التبادلات المائية عبر الغشاء متساوية ويكون مظهر الخلية عاديا.

II - الكشف عن تبادلات المواد المذابة على مستوى الخلايا

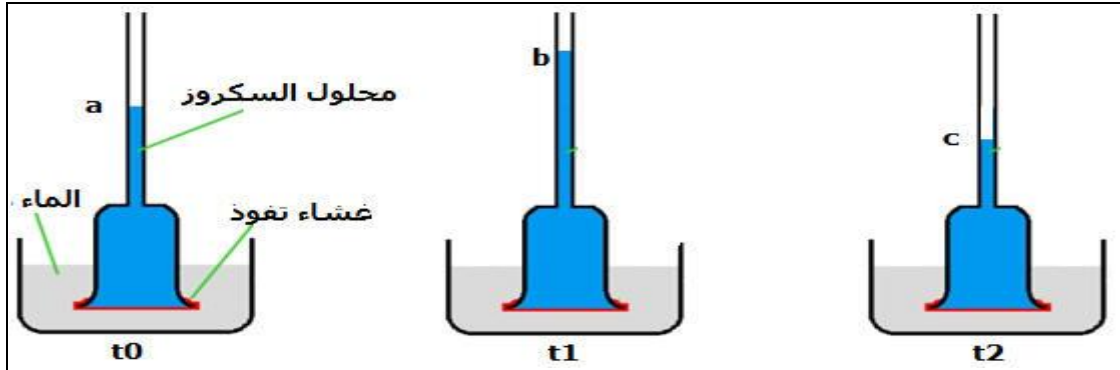
1 - ظاهرة الانتشار: [انظر الرابط](#)

أ - ملاحظة

في التجارب السابقة و بعد وضع خلايا البصل في محلول الاحمر المتعادل اصبحت فجواتها حمراء رغم غسلها بالماء وهذا يعني دخول المحلول اليها.

## ب - تجارب:

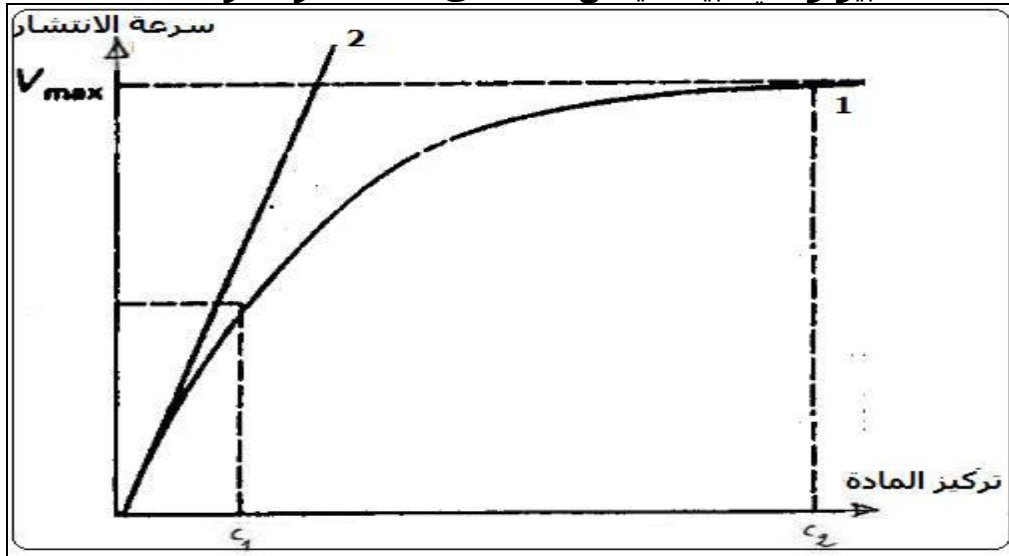
- 1- تجربة:** نضع جزءا من بشرة ورق الكرب الاحمر في محلول اسينات الامونيوم بتركيز  $mol/10.04$  ، بعد الملاحظة المجهرية تبدو الخلايا في البداية مبلزمة ولون فجواتها احمر فاني(وجود صبغة الانتوسيان) بعد فترة وحيزة تصبح الخلايا ممتلئة تتكلم عن زوال البلمرة، كما ان لون الفجوات اصبح بنفسجيا، علما ان اسينات الامونيوم له القدرة على تحويل لون الانتوسيان الى البنفسجي. اعتمادا على هذه النتائج التجريبية، فسر زوال البلمرة.
- 2- تجربة:** dutrochet



- تحليل و تفسير:** في الزمن  $t_1$  يرتفع مستوى المحلول من a الى b و هذا راجع لدخول الماء الى مقياس التنافذ ، اما في الزمن  $t_2$  فينخفض مستوى المحلول من b الى c و هذا راجع خروج الماء من جديد من المقياس اي ان التوتر في هذا الاخير اصبح ناقصا في حين اصبح مفرطا في الاناء بسبب ارتفاع تركيز السكرور في الاناء اي ان السكرور اخترق الغشاء من المقياس الى الاناء.
- خلاصة:** تنتقل المواد المذابة عموما عبر الاغشية الخلوية من الوسط المفرط التوتر الى الوسط ناقص التوتر ، و نتكلم عن ظاهرة الانتشار او الميز الغشائي، و بما انها تحدث كذلك عند الاغشية الاصطناعية(غير حية) فهي لا تتطلب طاقة فنكلم عن نقل سلبي.

**ملحوظة:** عند استعمال غشاء نصف نفوذ نحصل على النتيجة الميمنة في الوثيقة التالية:

- 3- تجربة:** تمثل المنحنى 1 من الوثيقة التالية نتائج قياس سرعة انتشار مادة معدنية حسب ارتفاع التركيز عند غشاء بيولوجي، بينما يمثل المنحنى 2 الانتشار الحر عند غشاء اصطناعي.



- تحليل و تفسير:** يلاحظ ارتفاع سرعة انتشار المادة مع زيادة التركيز، لكن عند الوصول الى التركيز  $C_2$  تستقر السرعة بالنسبة للغشاء البيولوجي، و يمكن تفسير ذلك بان هذا الاخير عكس الاغشية الاصطناعية، يتدخل بواسطة نواقل (برمياز) تلتصق بالمادة المنقولة و تسهل عبورها و عندما تتشبع هذه النواقل (تصبح كلها مشغولة) تستقر سرعة الانتشار، نتكلم اذن عن نقل مسهل.
- 2 - الكشف عن النقل النشط:**

## 1- تجربة:

- نضع 3 مجموعات من قطع الشمندر الاحمر لثلاث مناومات:
- المجموعة الاولى: توضع في اناء يحتوي على الماء المقطر فقط
  - المجموعة الثانية: توضع في اناء يحتوي على الحمض الخلي
  - المجموعة الثالثة: توضع في اناء يحتوي على الماء المقطر تم نخضعها لعملية التغليفية
- نتيجة:**

بعد يومين نلاحظ ان ماء الانائين 2 و 3 اصبح احمرًا بينما بقي الاول صافيا.

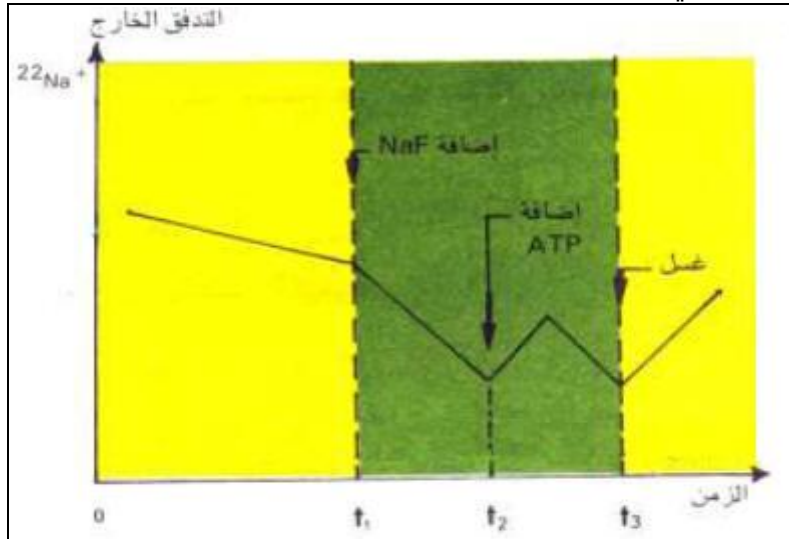
### - تفسير:

ان خلايا الشمندر الاحمر الحية (المجموعة الاولى) حافظت على تراكم الصبغة الحمراء betacyanine في داخلها في حين فقدت الخلايا الميتة (بالحرارة او بالحمض) صبغتها، وهذا يعني ان عمل الغشاء في هذه الحالة مرتبط بحياة الخلية. فماذا توفر الخلية الحية لغشائها ليقوم بوظيفته؟

### - تجربة 2:

نضع كريات حمراء حية في وسط غني بالصوديوم المشع  $^{22}\text{Na}$  و بعد تدفق هذه الايونات وتراكمها داخل الكريات الحمراء ننقل هذه الاخيرة الى وسط عادي ونقيس كمية  $^{22}\text{Na}$  الخارجة بدلالة الزمن في ظروف مختلفة:

- بعد اضافة فليورور الصوديوم NaF وهي مادة سامة تمنع الخلية من انتاج الطاقة.
  - وبعد اضافة ادينوزين ثلاثي الفوسفات ATP وهي جزيئة مخزنة للطاقة.
- النتائج ممثلة في الوثيقة التالية:



### - تحليل:

مع بداية التجربة كان تدفق الايونات قويا وينخفض ببطئ. عند اضافة NaF انخفض خروج الايونات بشكل سريع عند اضافة ATP ارتفع خروج الايونات بشكل سريع لكن بصفة مؤقتة. عند الغسل من NaF يرتفع خروج الايونات من جديد.

### - تفسير:

ان خروج هذه الايونات من الخلية يتطلب طاقة ATP لذا تسمى هذه النفاذية بالنقل النشط وهو ظاهرة بيولوجية تتطلب حياة الخلية وتتم عكس التركيز (من ناقص التوتر الى مفرط التوتر). [انظر](#)

### الرابط

### 3 - خلاصة:

يمكن تقسيم انواع التبادلات للمواد المذابة الى قسمين:  
- نقل سلبي لا يتطلب طاقة و يتم وفق تنازلية التركيز و يشمل النقل الحر(ظاهرة فيزيائية فقط) و النقل المسهل(تدخل نواقل غشائية).  
- نقل نشيط يتطلب طاقة ATP يوفرها النشاط الاستقلابي للخلية و يتم عكس تنازلية التركيز(من ناقص التوتر الى مفرط التوتر).

### - ملاحظة:

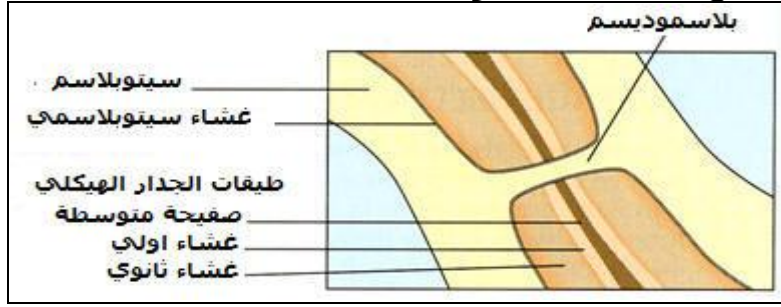
هناك وسائل اخرى لنقل العناصر السائلة و الصلبة التي لا يمكن للغشاء ادخالها او اخراجها، خصوصا بالنسبة للكائنات وحيدة الخلية و يتعلق الامر بـ: [انظر الرابط](#)  
- عملية الادخال Endocytose: يحيط الغشاء السيتوبلازمي بالمادة و يتلغها داخل فجوة بلعمية تنفصل عن الغشاء و تتجه نحو الستوبلاسم.  
- عملية الاخراج Exocytose: تتم عكس الابتلاع حيث تندمج الحويصلات الستوبلاسمية مع الغشاء و تخرج محتواها خارج الخلية.





### III - بنية الاغشية الخلوية المتدخلة في نقل الماء و الاملاح المعدنية

1 - **بنية الغشاء الهيكلي:** يمتاز الغشاء الهيكلي بصلابته يجعل الخلايا النباتية متماسكة و مترابطة فيما بينها، و هو ذو طبيعة سكرية اساسا حيث يتكون من ليفات سيليلوزية مغمورة في قالب من البكتين بالاضافة الى وجود بعض البروتينات الهيكلية. تخترق هذا الغشاء البيكتوسيليلوزي قنوات تسمى بلاسموديسم تسمح بالتبادلات الخلوية.



<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/2-cytologie/plasmodesme.gif>

### 2 - بنية و فوق بنية الغشاء السيتوبلاسمي:

أ - ملاحظة بالمجهر الالكتروني:



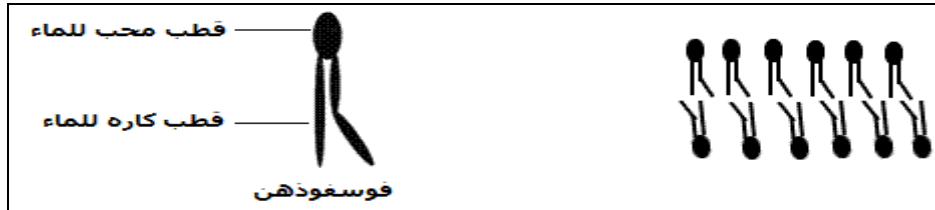
<http://bio.m2osw.com/gcartable/mbc.jpg>

يبدو الغشاء السيتوبلاسمي مكونا من طبقتين داكنتين تفصل بينهما طبقة فاتحة.  
ب - التركيب الكيميائي:

بين التحليل الكيميائي للغشاء السيتوبلاسمي أنه مكون من:

- دهنيات: و تمثل حوالي 40% من وزن الغشاء وتشمل فوسفودهنيات 50-60% والكوليسترول 17-23% وكليكودهنيات 7-8%

وتملك الفوسفودهنيات قطبا محبا للماء واخرا كارها للماء مما يجعلها تنتظم على شكل طبقتين تبقى خلالها الاقطاب الكارهة للماء داخل الغشاء والاقطاب المحبة للماء نحو السيتوبلاسم والوسط الخارجي للخلية.



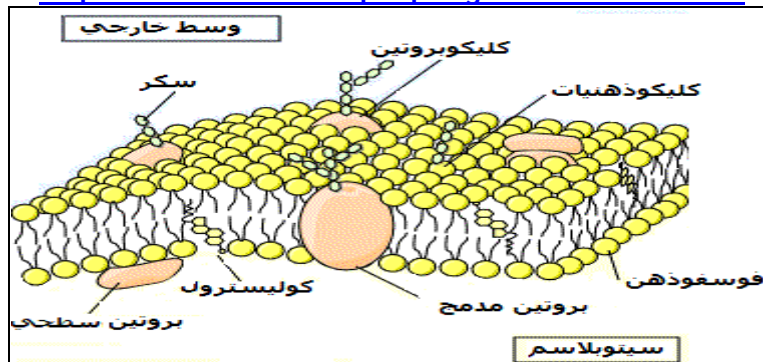
- بروتينات: و مثل حوالي 60% من وزن الغشاء وتنقسم الى قسمين بروتينات مدمجة داخل الغشاء وبروتينات سطحية في اتجاه الوسط الداخلي او الخارجي للخلية.

- سكريات: وتمثل 2-10% وقد ترتبط بالدهنيات مشكلة كليكودهنيات او بالبروتينات لتشكل كليكوبروتينات.

### 3- نموذج تفسيري لبنية الغشاء السيتوبلاسمي:

تنتظم الفوسفودهنيات على شكل طبقتين تندمج بداخلها البروتينات، مشكلة عناصر فسيفسائية تتحرك فيما بينها وهذا ما يسمى نموذج الفسيفساء السائلة [انظر الرابط 1](#) - [انظر الرابط 2](#)

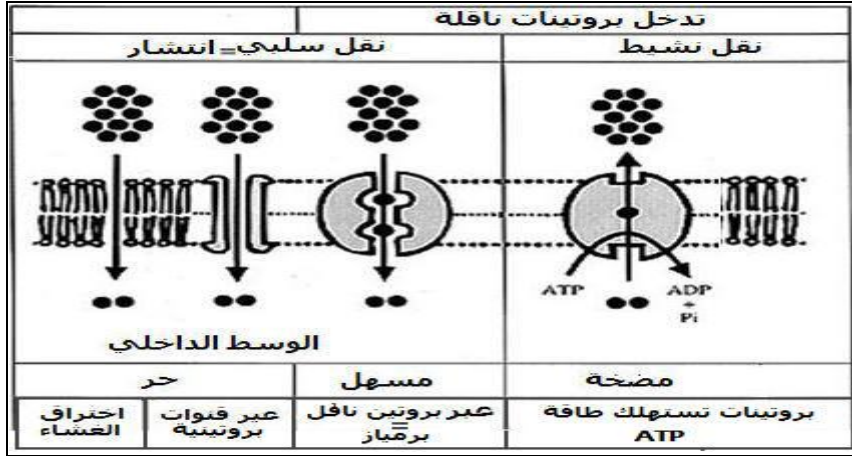
<http://www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat>



<http://homepage.mac.com/ltbo/images/membrane.GIF>

- خلاصة: روابط اخرى [انظر الرابط 1](#) - [انظر الرابط 2](#) - [انظر الرابط 3](#) - [انظر الرابط 4](#) - [انظر الرابط 5](#)

## الانتشار المسهل - النقل النشط



<http://bio.m2osw.com/gcartable/transp.jpg>

### IV - دور زغب الامتصاص في امتصاص الماء والأملاح المعدنية

يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية بواسطة منطقة جذرية تتوفر على شعيرات دقيقة تسمى زغب الامتصاص. [انظر الرابط](#)

#### 1 - بنية زغب الامتصاص

ملاحظة مجهرية لمقطع عرضي لجذر على مستوى المنطقة الشعيرية [انظر الرابط 1](#) - [انظر الرابط 2](#)



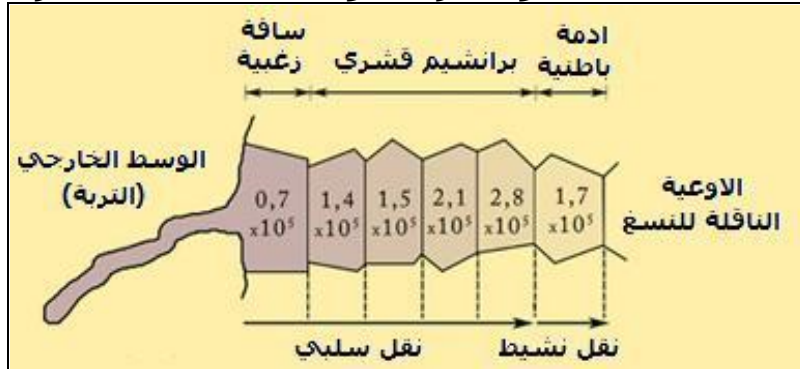
<http://www.rouen.iufm.fr/pedagogie/disciplines/svt/svt%20tice/coupes/poils.JPG>

يتبين ان زغب الامتصاص يمثل امتدادا سيتوبلاسميا لخلايا الطبقة الخارجية للجذر، المسماة السافة الزغبية l'assise pilifère وهذه الامتدادات تزيد من مساحة التماس بين الجذر والترية.

#### 2- امتصاص الماء والأملاح المعدنية

##### أ - اليات امتصاص الماء:

تمثل ارقام الوثيقة التالية قيم الضغط التنافي داخل العصارة الفجوية لمختلف الخلايا المكونة للجذر، مع العلم ان الضغط التنافي لمحلول التربة يكون منخفضا بالنسبة لزغب الامتصاص.



[http://www.drshiva.org/pics/transit\\_parenchyme.jpg](http://www.drshiva.org/pics/transit_parenchyme.jpg)

حسب قانون التنافذ فان الماء يتدفق من الوسط ناقص التوتر الى الوسط مغرط التوتر اي من زغب الامتصاص الى حدود الادمة الباطنية حيث ينخفض الضغط التنافي ويتدخل النقل النشط.

#### ب - اليات امتصاص الاملاح المعدنية:

بما ان الاملاح المعدنية تتقل من زغب الامتصاص الى حدود الادمة الباطنية اي من وسط ناقص التوتر الى وسط مغرط التوتر فذلك يتم عن طريق النقل النشط بعد ذلك ينخفض الضغط التنافي ويتدخل النقل السلبي (الانتشار الحر او المسهل).

- ينتقل الماء والأملاح المعدنية عبر المسلك السيتوبلاسمي ومن الفجوة الى الفجوة وعبر المسلك الجداري، ونظرا لوجود شريط caspary على مستوى الادمة الباطنية (غير نفوذ) [انظر الرابط 1](#) - [انظر الرابط 2](#) في هذه الحالة، تتدفق عبر الخلايا.

- يكون الماء و الاملاح المعدنية النسغ الخام الذي يوزع على باقي اعضاء النبتة عن طريق الاعوية الناقلة للنسغ. [انظر الرابط](#)