فسيولوجى نبات

المحاضرة الثامنة الجزء الأول»

تابع التغذية المعدنية فى النباتات الراقية

إعداد

الأستاذ الدكتور/ أحمد لطفى ونس

أستاذ النبات وعميد الكلية

إنتقال أو صعود العناصر الغذائية (الأيونات) من الجذر إلى المجموع الخضرى

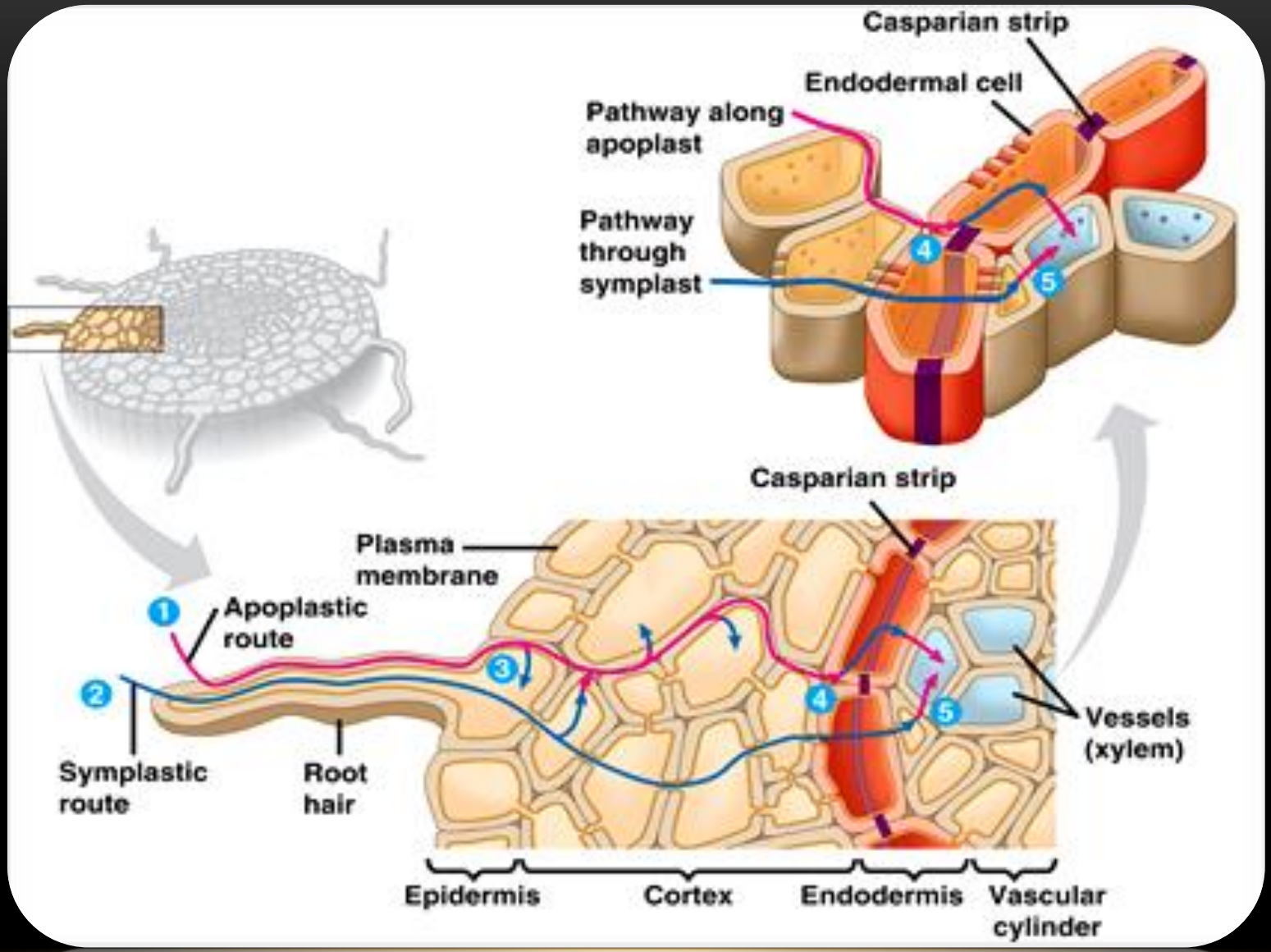
بعد إمتصاص العناصر الغذائية بواسطة الشعيرات الجذرية وخلايا البشرة فى الجذر تنتقل هذه الأيونات خلال خلايا البشرة والقشرة فى إتجاه عناصر الخشب لتنتقل أو ترحل مع تيار الماء الصاعد بواسطة الشد الناتج عن النتح إلى الأوراق.
وتنتقل أيونات العناصر من البشرة إلى طبقات القشرة المتتالية حتى تصل إلى طبقة الإندوديرمس فى ثلاث مسارات هما:

أ) الإنتقال عبر الغشاء البلازمى **Transmembrane route** حيث تتحرك الأيونات الذائبة من خلية إلى أخرى عبر الغشاء البلازمى.

ب) الإنتقال عبر الجزء الحى **Symplast route** وهنا يتم إنتقال أيونات العناصر من خلية إلى أخرى عبر الروابط البرتوبلازمية (البلازموديزماتا) وهى عبارة عن خيوط بروتوبلازمية تصل بروتوبلازم الخلايا المتجاورة ببعضه البعض.

ج) الإنتقال فى الجزء غير الحى **Apoplast route** حيث تنتقل الأيونات الحرة عبر الجدر الخلوية والمسافات البين خلوية واللذان يطلق عليهما إسم الفراغات الحرة، فتنتقل الأيونات من خلية لأخرى بداية من البشرة حتى تصل إلى طبقة الإندوديرمس فى القشرة فيتوقف الإنتقال الجدارى.

بعد وصول الأيونات إلى طبقة الإندوديرمس سواء عبر الجزء الحى أو الجزء الغير الحى لا تجد طريق تعبر من خلاله طبقة الإندوديرمس سوى النفاذ عبر الجزء الحى نظرا لتغلظ جدر خلايا الإندوديرمس بشريط كسبار الذى يتكون من مادة السوبرين الغير منفذة للماء والمواد الذائبة. إذاً شريط كسبار يجعل جميع الأيونات تمر عبر السيتوبلازم لتتم عملية النفاذية الإختيارية والمرور فى إتجاه أوعية الخشب.


Casparian strip
Endodermal cell
Pathway along apoplast
Pathway through symplast
4
5
Casparian strip
Plasma membrane
1
Apoplastic route
2
3
4
5
Vessels (xylem)
Symplastic route
Root hair
Epidermis
Cortex
Endodermis
Vascular cylinder

Routes from cell to cell

Moving water & solutes between cells

transmembrane route :

repeated crossing of plasma membranes

slowest route but offers more control

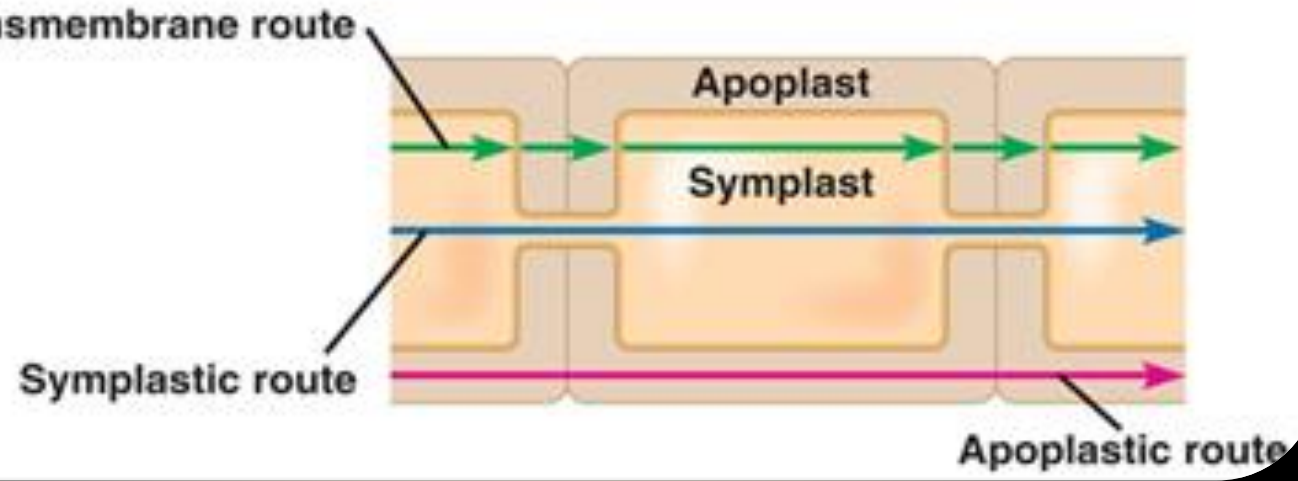
symplast route :

move from cell to cell within cytosol

apoplast route :

move through connected cell wall without crossing cell membrane

fastest route but never enter cell



١. يتم إنتقال وصعود الأيونات المعدنية الحرة مع تيار الماء من الجذر إلى أعلى عن طريق أوعية الخشب حتى تصل إلى الأوراق والقمم النامية وتدخل فى التحولات الغذائية المختلفة.

٢. يحدث إعادة توزيع أو إنتقال للعناصر الغذائية من الأوراق ومناطق النمو أو الثمار خلال الساق إلى أسفل عن طريق اللحاء ليتم توزيعها على أجزاء النبات المختلفة، كما يحدث إنتقال للعناصر الذائبة من الأوراق البالغة عن طريق اللحاء إلى الساق ليتم نقلها إلى أعلى عبر أوعية الخشب.

٣. يحدث أيضا إنتقال جانبى للعناصر المعدنية فيما بين أوعية الخشب واللحاء عن طريق الخلايا البارنكيمية والكامبيوم.

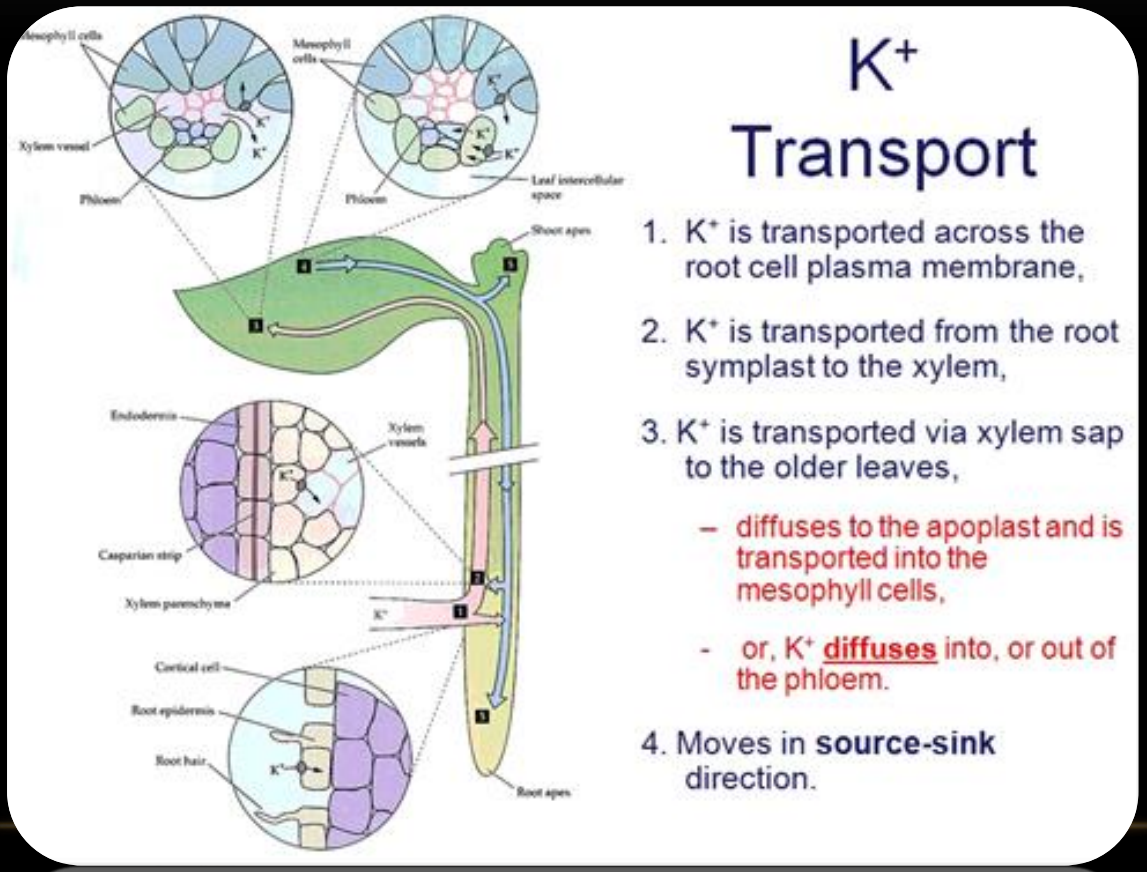
- **حركة العناصر الغذائية فى النباتات:** تقسم العناصر الغذائية إلى قسمين:

١) عناصر متحركة: وتشمل العناصر الكبرى عدا الكالسيوم مثل أيونات النتيروجين والكبريت والبوتاسيوم والفسفور والمغنيسيوم بالإضافة إلى عنصر الزنك، وهذه العناصر تنتقل من الأوراق البالغة إلى الأوراق الحديثة والقمم النامية ولذا تظهر أعراض نقصها على الأوراق السفلى البالغة.

٢) عناصر غير متحركة: وهى تشمل الكالسيوم ومعظم العناصر الصغرى مثل الحديد الزنك النحاس والمنجنيز والبورون وهى لا تنتقل من الأوراق المسنة أو من الأوراق التى كانت متراكمة بها إلى الأوراق الحديثة ومناطق النمو لذا تظهر أعراض نقصها على الأوراق الحديثة والقمم النامية.

دوران وإعادة إستخدام العناصر الغذائية:

تستطيع العناصر المتحركة والدوارة فى النبات مثل النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم أن تنتقل من الجذر إلى الأوراق والبراعم والثمار والبذور عبر الخشب، كما تنتقل جانبيا من الخشب إلى اللحاء عبر الخلايا البارنكيمية ثم تنتقل مرة ثانية لأسفل عبر اللحاء ليتم توزيعها على باقى أجزاء النبات والجذر، وقد ويعاد إستخدامها فى الأوراق والجذور أو تخرج خارج النبات وهذا الدوران هام جدا لنمو النباتات.



❖ **إنتقال الأملاح إلى خارج الورقة:**

لوحظ أن أوراق النبات المتساقطة تحدث حركة للأملاح قبيل التساقط إلى خارج الورقة حيث تخرج بعض العناصر مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفات والكبريت، وتحت ظروف خاصة قد تخرج الحديد والماغنسيوم بينما لا تخرج عناصر أخرى مثل الكالسيوم البورون والمنجنيز والسليكون. والمواد الخارجة من الورقة تظهر أولاً في اللحاء حيث تتحرك لأسفل ثم تتحرك حركة فرعية خلال الخلايا البارنكيمية إلى الخشب وهنا تتحرك لأعلى فى الخشب ولأسفل فى اللحاء. وقد يتحرك الفوسفور من الأوراق السفلية لأسفل إلى الجذر بينما يتحرك الفوسفور من الأوراق العلوية لأعلى فى الساق وتستقبل الأوراق الصغيرة هذه العناصر. تلاحظ هذه الظاهرة مثلاً عند نقص النيتروجين والفوسفور في التربة فإن الأعراض تظهر أولاً على الأوراق السفلى حيث تهاجر منها العناصر إلى الأوراق الأصغر التى يتأخر ظهور أعراض النقص عليها.

The translocation of organic solutes إنتقال الذائبات العضوية خلال اللحاء

كما سبق فإن الماء والأملاح المعدنية وبعض المواد العضوية تنتقل من الجذور إلى أعلى للمجموع الخضرى عن طريق أوعية الخشب، كذلك فإن المركبات العضوية الناتجة عن عملية البناء الضوئى فى الأوراق (مصادر التكوين) تنتقل إلى جميع خلايا وأنسجة النبات الأخرى والفائض يوجه إلى أماكن التخزين ثم يعاد إنتقالها مرة أخرى ويعتبر الطريق الرئيس لإنتقال المركبات العضوية أو العصارة الناضجة (الغذاء المجهز) هو نسيج اللحاء حيث يقوم بنقلها إلى جميع أجزاء النبات. ويكون إنتقال المركبات الكربوهيدراتية فى صورة سكروز بداية من المصدر (خلايا النسيج المتوسط فى الأوراق) إلى الأنابيب الغربالية فى نسيج اللحاء للأوراق ليتم نقلها إلى نسيج اللحاء فى الساق ثم تنتقل لأسفل إلى الجذر وإلى أعلى خلال نسيج اللحاء وتنتقل المواد النيتروجينية العضوية فى صورة أحماض أمينية وأميدات خلال عصارة اللحاء. هذا الإنتقال فى الخشب واللحاء يرجع إلى التخصص الوظيفى فى النباتات الراقية حيث يتم إنتقال المواد الغذائية من جزء لآخر حتى تقوم جميع الأعضاء بوظائفها المختلفة فالخشب متخصص فى نقل الماء والأملاح المعدنية إلى أعلى واللحاء متخصص فى نقل المركبات العضوية أى العصارة الناضجة إلى أسفل وإلى أعلى فى النبات وإلى جميع أجزاء النبات المختلفة ولكى يتم إنتقال المركبات المعقدة مثل النشا والبروتين لابد أن تتحلل أولاً إلى مركبات بسيطة ذائبة بواسطة الإنزيمات المتخصصة الموجودة فى خلايا النبات ثم يتم نقل البروتينات فى صورة أحماض أمينية وأميدات أما الكربوهيدرات فتنقل فى صورة سكروز.

النظريات التى تفسر ميكانيكية الإنتقال فى اللحاء

(١) نظرية الانسياب الكتلى Mass flow

تعتمد هذه النظرية على الإنسياب الطبيعى والقوى الأسموزية المختلفة ويتم إنتقال الذائبات بتأثير ضغط كتلتها فتتدفق تحت تأثير هذا الضغط نتيجة لإختلاف الضغط الأسموزى بين خلايا نسيج المصدر الذى تتكون فيه وبين خلايا نسيج المصب التى تنتقل إليها ويندفع تيار الماء من النسيج (أ) المصدر إلى النسيج (ب) المصب حاملاً معه المركبات العضوية التى يستمر تدفقها وإنتقالها إلى ما لا نهاية وقد إقترح منش Munch أن الإنتقال خلال اللحاء يتم على أساس الإنسياب الطبيعى البحت ويوضح طريقة الإنتقال كالتالى: الضغط الأسموزى فى خلايا الورقة يكون عالى نتيجة لقيامها بالبناء الضوئى وبناء المواد السكرية وهى تمثل المصدر وأما خلايا الجذر يكون ضغطها الأسموزى منخفض باستمرار وذلك لإستهلاك المواد الناشطة أسموزياً فى التنفس والنمو والإدخار فى الخلايا المخزنة ونتيجة لزيادة الضغط الأسموزى لخلايا الأوراق تمتص الماء ويزيد إمتلائها ثم يتولد ضغط هيدروستاتيكى فى خلايا الأوراق يؤدى إلى إندفاع وإنتقال المحلول السكرى من خلايا الأوراق (المصدر) إلى الأنابيب الغربالية ويستمر إنسياب المحلول السكرى داخل اللحاء بالضغط الناشئ فى خلايا الأوراق حتى يصل إلى الخلايا المستقبلة له (المصب) فى الجذر أو مناطق التخزين حيث يتم إستهلاك السكر وغيره من المواد العضوية فى عملية البناء أو النمو أو التخزين أو التنفس ولذا تظل الخلايا المستقبلة (المصب) ضغطها منخفض باستمرار. إذاً فإن الماء ينتقل باستمرار من الجذر إلى الأوراق عن طريق الخشب ويستمر إنسياب المواد العضوية الذائبة فى اللحاء من الأوراق إلى الجذر.

وعملية الإنتقال خلال اللحاء تقسم على ثلاث خطوات هى

(١) التحميل Loading

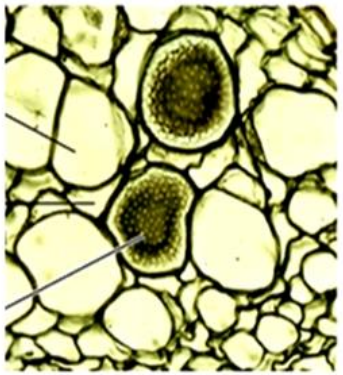
(٢) الانسياب Flow

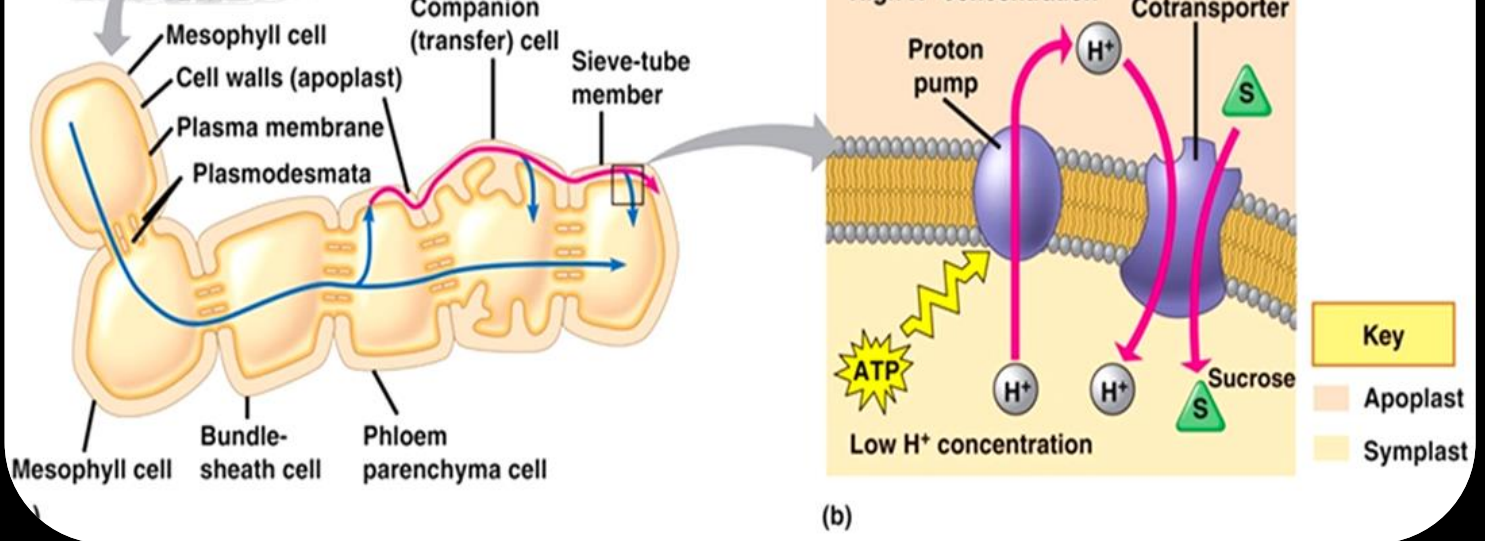
(٣) التفريغ Unloading

عملية التحميل والتفريغ تحتاج إلى طاقة ناتجة عن عملية التنفس وأما عملية الإنسياب هى عملية طبيعية بحتة وعملية التحميل عبر أغشية اللحاء تكون عملية إختيارية أى تختار تحميل مركبات معينة دون أخرى مثل تحميل أحماض أمينية معينة كالسيرين والألانين ولا تحمل الأسبارتيك وتختار تحميل عنصر البوتاسيوم أو الماغنسيوم ولا تحمل الكالسيوم وتختار تحميل السكروز أى السكريات الغير مختزلة عن المختزلة وكل المركبات تنساب داخل اللحاء وأثناء التحميل والتفريغ قد يحدث تحلل للسكريات أو قد لا يحدث تبعاً للنبات. ويوضح الشكل التالى نظرية الإنسياب الكتلى لإنتقال المواد فى الأنابيب الغربالية للنبات.

Transport of sugars in phloem

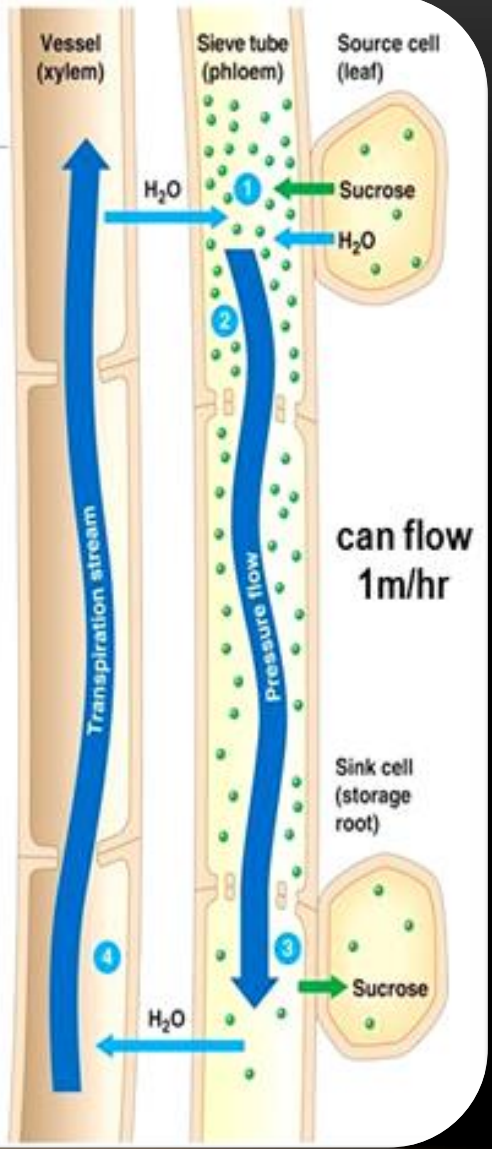
- **Loading of sucrose into phloem**
  - flow through symplast via plasmodesmata
  - active cotransport of sucrose with H^+ protons
    - proton pumps



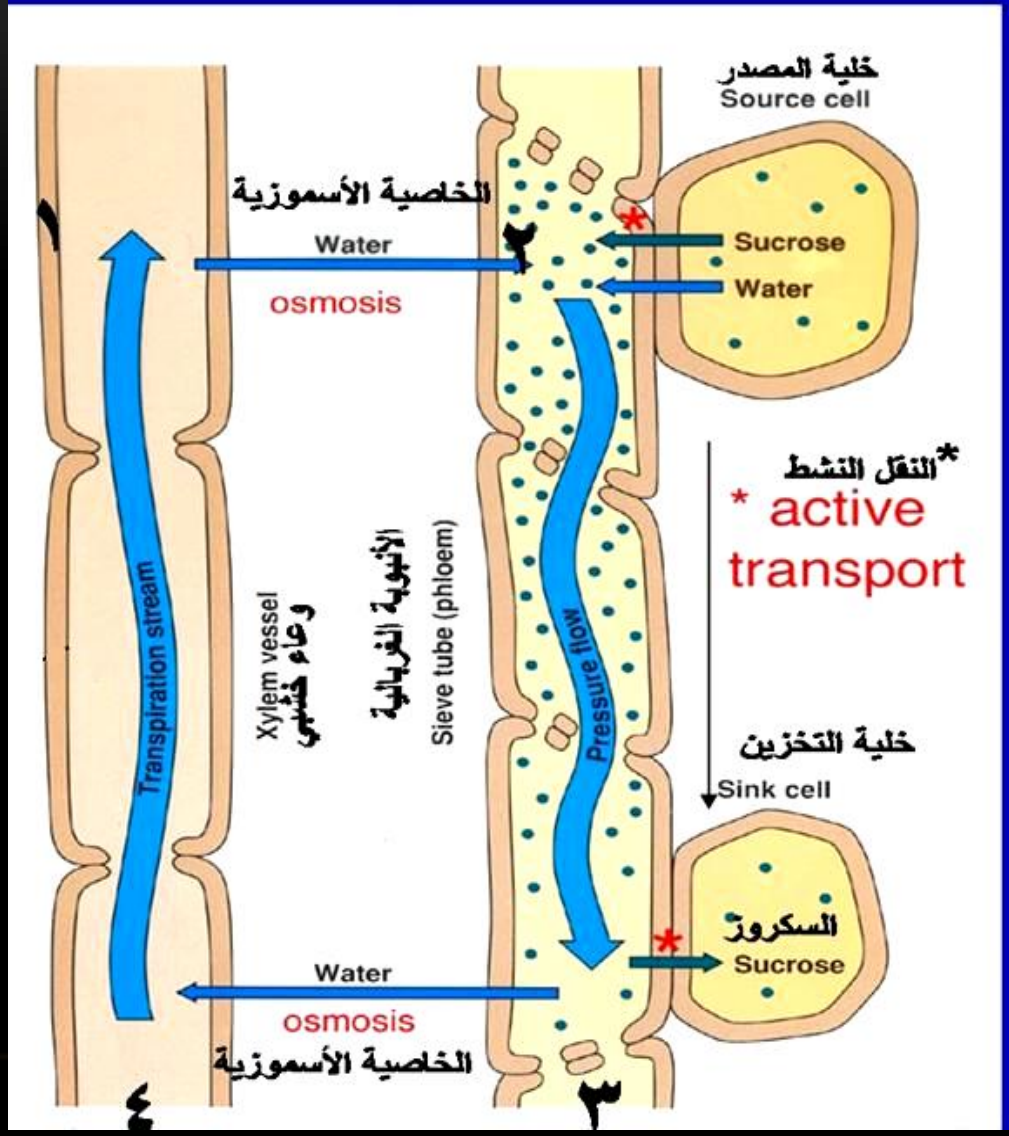


Pressure flow in sieve tubes

- Water potential gradient
  - "source to sink" flow
    - direction of transport in phloem is variable
  - sucrose flows into phloem sieve tube decreasing H_2O potential
  - water flows in from xylem vessels
    - increase in pressure due to increase in H_2O causes flow



فرضية ضغط التدفق للعالم منش وتتم كما في الخطوات التالية



1- يحمل السكروز من مكان تكوينه إلى الأنابيب الغربالية في اللحاء بعملية النقل النشط ، يؤدي ذلك إلى رفع الضغط الأسموزي فيها ، يؤدي ذلك إلى دخول الماء إليها بالخاصية الأسموزية.

2- يتولد ضغط في الأنبوب الغربالي يدفع بمحتويات اللحاء إلى مكان الاستهلاك أو التخزين بالنقل النشط.

3- عند خروج السكروز من الأنابيب الغربالية يقل الضغط الأسموزي فيها.

4- يخرج الماء من الأنابيب حسب الخاصية الأسموزية ويتم استهلاك السكروز وتخزينه في الخلايا التي ينقل إليها ويعود الماء للخشب.

(٢) نظرية الانسياب البروتوبلازمى Protoplasmic streaming

تعتمد هذه النظرية على أن البروتوبلازم دائماً فى حركة مستمرة وبالتالى يؤدى إنسيابه وتحركه داخل الأنبوب الغربالى إلى نقل المواد العضوية الموجودة فى البروتوبلازم من طرف الأنبوب الغربالى إلى الطرف الآخر ثم تنتقل وتمر خلال خيوط البلازموديزماتا من الثقوب الغربالية بواسطة الإنتشار من الأنبوب الغربالى إلى الذى يليه ويتم بسرعة عالية فى المسافات القصيرة وهذه النظرية يمكنها تفسير الإنتقال فى إتجاهين فى وقت واحد فى نفس الأنبوب الغربالى.