انتقال المواد الذائبة Translocation of solutes

انتقال السكريات Translocation of sugars

تشريح انسجة اللحاء Anatomy of phloem Tissue

يتكون نسيج الحاء بصفة اساسية من:

ا- وحدات (عناصر)الانبوب المنخلي Sieve tube elements

2-الخلايا المرافقة Companion cell

وتصاحب الخلايا المرافقة عادة وحدات الانبوب المنخلي في نباتات مغطاه البذور،اما المخروطيات فهناك نوع مماثل في الخلايا ترافق وحدات الانبوب المنخلي تعرف بالخلايا الالبومينية albominous cells بالاضافة الى هذه الانواع من الخلايا توجدايضا الياف اللحاء phloem fibersوالخلايا المتصالبة Sclereids والخلاياالشعاعية ray cells.

المواد التي تنقل في اللحاء Substances Translocated in phloem

1- الكربوهيدرات Carbohydrades

الكربوهيدرات تشكل القسم الاكبر من المواد التي تنقل خلال اللحاء وان السكروز Sucrose يمثل القسم الاكبر من المواد التي تنقل في اللحاء بالاضافة الى السكروز فان بعض انواع النباتات تنقل بعض السكريات المضاعفة مثل الرافينوز raffinose،كما لاحظ بعض الباحثون وجود بعض السكريات الكحولية مثل المانتول mannitol،اما السكريات السداسية لا تنقل خلال اللحاء وان سكر الكلوكوز والفركتوز الموجود في الخلايا غير الناقلة لنسيج اللحاء تكونا نتيجة تحلل السكروز والسكريات الاخرى.

2- المركبات النايتروجينية Nitrogenous compounds

تنقل الاحماض الامينية والاميدات amides من الاوراق والازهار المسنة الى المناطق الفتية للنبات ،مثل حامض الكلوتاميك glutamic acid والاسباريتك aspartic acid ,والسيرين Serineوغيرها.

3- مواد اخرى كالاوكسينات والفيتامينات ومنظمات النمو الاخرى ذات الاهمية البالغة في حياة النبات

الخصائص العامة للنقل اللحائي

اتجاه الحركة Direction of Movement

ا- الحركة الثنائية الاتجاه Bidirectional movment

تكون حركة المواد العضوية في النبات باتجاهين –اي ان المواد تنقل في الساق باتجاهين متضادين في ان واحد المواد المتكونه في عملية البناء الضوئي والخارجة من الاوراق تنقل باتجاه الجذور ،او قد تنقل نحو مناطق النمو ،حيث قد تكون الازهار ،والاوراق الفتية والثمار في مرحلة التكشف .

اما حركة المواد العضوية الموجودة في اعضاء الخزن مثل الجذور الوتدية والدرنات والابصال لغرض تغذية الباردات النامية يكون بصورة عامة نحو الاعلى ،وان انتقال المواد الخارجة من الاوراق المسنة و الاوراق الفتية النامية يكون عادة نحو الاعلى ،وقد تنقل المواد التي تتحرك باتجاهين مختلفين تتم في اوعية لحائيه مختلفة او في نفس الوعاء في ان واحد.

ب- **الحركة الجانبية في الاتجاهات المماسية Lateral Movement intangential**

المواد المتنقلة في اوعية اللحاء تتحرك عموما بنمط خطي Linear fashionاي ان السكريات الخارجة من الاوراق تنساب في تيار النقل الرئيسي في كلا الاتجاهين اي الى اعلى والى اسفل الساق في خط طولي مع الورقة المجهزه ويصاحبها حركة مماسية قليلة جدا .الحلقات السنوية للاشجارو الواقعة مباشرة تحت الاغصان الكبيرة تكون اوسع من تلك الواقعة على الجانب المعاكس ،وان سقوط الاوراق من احد جوانب النبات يكون نمو غير متناظر حيث يكون نمو الجانب المنزوع الاوراق مختزلا واقل من الجانب الاخر.

ج- **الحركة الجانبية في الاتجاهات الشعاعية Lateral movement in radial directioms**

وهي انتقال المواد بشكل شعاعي من نسيج الحاء الى نسيج الخشب في عدد كبير من النباتات.

2-**معدلات الانتقال وسرعته Translocation Rates and Velocities**

عندما ناخذبنظر الاعتبار كميات المواد التي يحتاجها النمو السريع لاعضاء الخزن عندما تظهر اهمية معدلات الانتقال لحركة المواد في نسيج اللحاء ،وقد قدر الباحثون الاوائل هذه المعدلات عن طريق حساب الزيادة في الوزن الجاف للثمار والدرنات والجذورالخازنة والاعضاء الاخرى التى تسحب كميات كبيرة من المواد من اوعية اللحاء ولكن هناك صعوبات كثيرة ترافق هذه الطريقة ويتحتم القيام بدراسات كثيرة اخرى قبل ان يحسب المعدل الحقيقي بتقدم تقنيات التتبع (اقتناء الاثر)Tracing Tenchniquesتم الحصول على قياسات مضبوطة تقريبا لمعدلات الانتقال في اللحاء .

3-**اختلاف معدلات الانتقال تبعا لاختلاف المواد الايضية Different metabolites with different translocation**

لاحظ العديد من الباحثين بان المواد الايضية المختلفة تنتقل في اوعية اللحاء بمعدلات مختلفة

العوامل المؤثرة في النقل اللحائي :

1- **درجة الحرارة Temperature**:بتغير درجة حرارة النبات وقياس الزيادة والنقصان في الاوزان الجافة لا عضاء النبات المختلفة يمكننا الحصول على قياسات غير مباشرة لمعدلات الانتقال ،حيث ان الوزن الجاف لاي عضو يعكس معدل حركة الذائبات في داخل هذا العضو ،اي ان انتقال الذائبات يتأثر بدرجة الحرارة بنفس الطريقة التي يتاثر بها العمليات الفسيولوجية الاخرى ،وان معدل الانتقال يزداد بازدياده درجة الحرارة الى الحد الاعلى ومن ثم ينخفض بسبب التاثيرات الضارة لدرجة الحرارةالعالية.

2- **الضوء Light**:ان معدل تمثيل CO_2 يزداد بزيادة شدة الضوء ،كذلك تزداد نسبة الوزن الجاف للمجموع الخضري بازدياد شدة الضوء اي ان الانتقال نحو المجموع الجذري مقارنة بالانتفال نحو المجموع الخضري يزداد بازدياد شدة الضوء ،واظهرت الدرسات ان معدلات الانتقال قد تتأثربنوعية الضوء المستلم من قبل النبات ،ان انتقال نواتج البناء الضوئي تزداد بوجود الضوء الاحمر او الازرق وان الضوء الاحمر يحفز انتقال السكروز.

3- **المثبطات الايضية Metabolic inhibitors** :المثبطات الايضية مثل,dinitrophenol- 2،4(DNP)وازايد Azideوسيانيد الهيدروجين Hydrogen cyanide يثبط انتقال الكاربوهيدرات وهذا ينعكس على نواتج البناء الضوئي.

4- **مما ل او تدرج التركيزConcentration gradiants** :

يعتقد العلماء بان اتجاه سريان السكر في الانابيب المنخلية يكون باتجاه ممال الانخفاض في تركيز السكر الكلي ،اي من المكان الاعلى تركيزا للسكر الى المكان الاقل تركيزا له.

5- **نقص العناصر المعدنية Mineral deficiencies:**للعناصر المعدنية دور في النقل اللحائي مثل عنصر البورون وان امتصاص وانتقال السكروز يزداد بدرجة كبيرة عندما يضاف البورون الى المحلول ،والسكروز ليس المركب الوحيد الذي يصبح انتقاله اسرع بمساعدة البرون فمنظمات النمو مثل indoleacetic acid اندول حامض الخليك وغيرها من المنظمات يصبح انتقالها اسرع بمساعدة هذا العنصر.

6- **الهرمونات Hormones:**

ان الهرمونات تحفز النمو الخلوي والنمو النسيجي مما يجعل الحاجة قوية للمواد الايضية المتنقلة لغرض بناء مواد الطاقة ،وان الانتقال اللحائي بصورة جزئية خاضع لتاثير الهرمونات النباتية مثل السايتوكانينات Cytokinins واندول -3-

حامض الخليك (IAA)وحامض الجبرلين GA_3 اما Kinetinوهو سايتوكأنين صناعي له تأثير على انتقال المركبات النيتروجينية الذائبة.

اليات النقل اللحائي Mechanisms of phloem Transport

تقدم العديد من الباحثين بنظريات مختلفة لتفسير الية انتقال نواتج البناء الضوئي في اللحاء :

1-الحركة الانسيابية للبروتوبلازم Protoplasmic streaming

هذه النظرية تقول ان دقائق الذائبات تمسك من قبل السايتوبلازم المنساب في عناصر الانبوب المنخلي ،وبذلك تنقل من طرف الى الطرف الاخر للخلية ،وهذه الدقائق لابد ان تمر عبر الصفائح المنخلية بانتشارها خلال الخيوط السايتوبلازمية التي تربط عناصر الانبوب المنخلي مع بعضها ،وبمرور السنين فقد اتضح ان نظرية الانسياب السايتوبلازمي لا تستطيع ان تفسر النقل اللحائي.

2-نظرية الانسياب الضغطي (الكتلي) لمنغ Munch pressure Flow Hypothesis

ان الاساس الفسيولوجي لنظرية الانسياب الضغطي (والتي سميت الانسياب الكتلي)استنادا الى وجود ممال (تدرج)في الضغط الامتلائي بين النسيج المجهز (source)وبين النسيج المستلم (sink)ونسبة الى هذه النظرية فان المواد الايضية تحمل بصورة سلبية في الاتجاه الموجب للممال وبعبارة اخرى في نظام الانسياب الضغطي ،هناك انسياب للذائبات والماء باتجاه واحد خلال الاوعية المنخلية وهذا الانسياب يحدث بسبب وجود ممال للضغط الامتلائي ،وان حركة السكريات الخارجة من الخلايا الكلورنكيمية للورقة والداخلة الى عناصر الانابيب المنخلية ربما يحصل ضد ممال التركيز ،وبهذا يمكن اعتبار حركة الذائبات من خلية الى اخرى في نسيج الورقة ومن ثم انتقال الذائبات الى عناصر الانابيب المنخلية عملية نشيطة Active processوتعتبر الورقة هي العضو المجهز ويمكنها ان تغذي مستودعين sinksواحد باتجاه القمة والاخر باتجاه الجذر ،اي ان المواد الايضية تترك الورقة في اوعية لحائية منفصلة ،وبهذا تحصل حركة ثنائية ولكن في اوعية لحاء منفصلة ويكون تحت سيطرة نظام الانسياب الضغطي.

4- تحميل وتفريغ الحاء Phlom Loading and unloading

ان حركة نواتج البناء الضوئي تبداء اولا بافراز تللك النواتج داخل اللحاء بوجود الطاقة ATP**عملية نشطة** ويطلق على هذه العملية تحميل اللحاء (**Phloem loading**) فتدخل الذائبات اولا الى الخلايا المرافقة ومن ثم الى الانابيب المنخلية عن طريق الروابط السايتو بلازمية وهناك ادلة تشير الى ان الخلايا البرنكيمية تلعب دور في عملية التحميل ايضا ،وان تراكم

السكريات في الانابيب المنخلية يجعل الجهود المائية اكثر سالبية ،مما يسهل العملية الاوزموزية من الخلايا المحطية ومن تيار النتح ،وعند دخول الماء الى الانابيب المنخلية يتولد ضغط امتلاء (Turgor pressure)وبهذا تتحرك الذائبات الى الانسجة المستلمة من الجذور و المرستيمات الاوراق النامية او الاعضاء التكاثرية ،في الانسجة المستلمة والمسماة sinks فان السكر ينتقل بصورة فعالة active من الانابيب المنخلية على حساب الطاقة الايضية للخلايا المرافقة ويطلق على عملية النقل الفعال هذه بتفريغ اللحاء Phloem unloadingالذائبات تدخل اولا الى الخلايا المرافقة ومن ثم تمر الى الانابيب المنخلية عن طريق الروابط السايتوبلازمية ،وهناك ادلة تشير الى ان الخلايا البرنكيمة تلعب دورا في عملية التحميل ،وان زيادة تراكم السكريات في الانابيب المنخلية يجعل الجهود المائية اكثر سالبية مما يسهل العملية الاوزموزية من الخلايا المحيطة ومن تيار النتح ،ونتيجة دخول الماء الى الانابيب المنخلية يتولد ضغط امتلاء وبهذا تتحرك الذائبات الى الانسجة المستلمة مثل الجذور والمرستيمات الاوراق النامية او الاعضاء التكاثرية وعند هذه الانسجة المستلمة والتي تسمى المصب sinks فان السكر ينقل بصورة فعالةActive من الانابيب المنخلية بوجود الطاقة ويطلق على عملية النقل الفعال هذه تفريخ اللحاء ونتيجة ازالة الذائبات الفعالة اوزموزيا فان الجهود المائية للانابيب المنخلية تصبح اقل سالبية وهذا يولد تدرج مما يؤدي الى انتشار الماء خارج الخلايا المستلمة المصب sinksوتم تعود الى تيار النتح.

ومن هذه النظريات نستنتج:

1- تفسر هذه النظرية ان حركة الذائبات خلال الانابيب المنخلية تكون تماشيا مع ممال او تدرج الضغط الامتلائي من المصدر source الى المصب sink.
2- ان عملية تحميل وتفريغ الذائبات هي عملية نشطة .
3- ان الخلايا المرافقة والخلايا البرنكيمية المجاورة الى الانابيب المنخلية هي التي تزود الطاقة لعملية تحميل وتفريغ اللحاء.