# العوامل المؤثرة في البناء الضوئي

**العوامل المؤثرة في عملية البناء الضوئي**

**أولا – العوامل الخارجية External Factors**

**1 – تركيز $CO_2$ $CO_2$ Concentration**

تركيز $CO_2$ في الجو ضئيل حوالي 0.03 % حجما وهي كمية ثابتة تقريبا لكنها توفر الكمية المطلوبة للطحالب والنباتات لعملية البناء الضوئي.

**2 – درجة الحرارة Temperature**

تؤثر درجة الحرارة كثيرا في عملية البناء الضوئي بالرغم من أنها نشطة في مدى يتراوح بين 0 – أقل من 60° م.

**3 – الضوء Light**

هناك مجموعة العوامل الضوئية المؤثرة في عملية البناء الضوئي وهذه تشمل الضوء المنعكس Reflected والممتص Absorbed والنافذ Transmitted فضلا عن شدة ونوعية الضوء وفترة الإضاءة المتاحة والتأثير المدمر للضوء.

**4 – الماء والعناصر الغذائية Water & Nutrient elements**

بالرغم من أن عملية البناء الضوئي لاتحتاج إلى كمية كبيرة من الماء بالمقارنة مع تلك الكميات المطلوبة لإستمرار الحياة والفعاليات الحيوية الأخرى فأن العجز في الماء إنما يؤثر في مجمل النظام الحي وبالتالي يؤثر في البناء الضوئي بصورة غير مباشرة.

**5 – الأوكسجين Oxygen**

هناك عدد من الأسباب حول التأثير السلبي للأوكسجين على عملية البناء الضوئي أهمها:

أ – الأوكسجين ضروري لعملية التنفس وهذه تتنافس مع عملية البناء الضوئي على بعض المركبات الوسطية المهمة المشتركة للعمليتين.

ب – قد يتنافس الأوكسجين مع $CO_2$ على الهيدروجين وبالتالي يختزل الأوكسجين بدلا من $CO_2$.

ت – قد يحصل تنافس بين الأوكسجين و $CO_2$ على المواقع الفعالة لأنزيم Rubisco؛ إذ يكون هذا التنافس لصالح الأوكسجين.

**6 – الملوثات Pollutants**

تنتشر الملوثات بدرجة كبيرة في المناطق الصناعية والتي تؤثر كثيرا في أيض النبات وخاصة في عملية البناء الضوئي.

**ثانيا – العوامل الداخلية Internal Factors**

**1 – الكلوروفيل Chlorophyll**

هو أحد العوامل الرئيسة في إنجاز عملية البناء الضوئي.

**2 – تراكم نواتج عملية البناء الضوئي**

**Accumulation of the Products of Photosynthesis**

أن تراكم نواتج عملية البناء الضوئي بدرجة كبيرة يكون مصاحبا بهبوط في سرعة هذه العملية وزيادة في سرعة عملية التنفس.

**3- الأنزيمات:**

**حيث تتوقف عملية البناء الضوئي على توفر الأنزيمات الخاصة بها وكفاءتها وحدوث أي خلل بها يؤدي إلى التأثير على معدل العملية**

**4- تركيب الورقة الداخلي:**

**حيث تتوقف كفاءة العملية على التركيب الداخلي للورقة والذي يختلف في ذوات الفلقة عن ذوات الفلقتين .**

## النقل اللحائي Phloem Translocation

المعلوم أن معظم الماء والأيونات اللاعضوية تنتقل بواسطة عناصر الخشب(اوعية خشبية وقصيبات) من الجذر حتى الورقة. وهناك نظام اخر يتولى مهمة نقل الذائبات العضوية المصنعة بالاوراق الى اجزاء النبات الاخرى وهي عناصر اللحاء[الأنابيب الغربالية(المنخلية) والخلايا المرافقة] ويمكن وصف النقل اللحائي بأنه حركة نواتج التمثيل الضوئي من المصدر(الأوراق) الى المصب(مناطق النمو والخزن مثل الثمار)، فضلاً عن إعادة توزيع الماء والمركبات المختلفة خلال جسم النبات.

## الادلة على دور اللحاء في نقل الذائبات

### 1- النضح من الشقوق في القلف

عند عمل شق في قلف شجرة نفظية يلاحظ نضح سائل يحوي سكريات بتركيز عالي. وعند اجراء فحص دقيق يتبين ان هذا النضح ناتج من الانابيب الغربالية.

### 2- تجارب التحليق

التحليق هو ازالة جزء من قلف (اللحاء) الاشجار بشكل حلقة كاملة وهذا يعني ايقاف الحركة السفلية للذائبات العضوية ومما يؤدي الى تراكم الذائبات وانتفاخ النسيج في اعلى الحلقة .

### 3-تجارب النظائر المشعة

اجريت العديد من التجارب باستعمال الكربون المشع( $C^{14}$) أو الهيدروجين الثقيل Tritium($H^3$) لدراسة حركة المتمثلات المنتجة بعملية البناء الضوئي. وجاءت لتؤكد ما ذهب اليه الباحثين منذُ وقت مبكر بأن اللحاء هو الذي يقوم بعملية نقل الذائبات.

## طبيعة المواد المنقولة في اللحاء

يعد الماء من اكثر المواد المنقولة باللحاء فضلا عن الذائبات التي تتكون من المواد السكرية والاحماض الامينية والعضوية والبروتينات وبعض المعادن ودلت نتائج التجارب ان الكاربوهيدرات المنقولة تكون دائما بشكل سكريات غير مختزلة ذلك لانها اقل فعالية من السكريات المختزلة ويعد السكروز او المركبات الكربوهيراتية الحاوية على السكروز هي المركبات الاكثر نقلا في اللحاء ومن امثلة تلك المركبات رافينوزRaffinose واستاكيوزStachyose وفيرباسكوسVerbascose . ويمكن ملاحظة المانيتول والسربيتول اما المركبات النتروجينية فهي مركبات عضوية بشكل احماض امينية مثل

الكلوتاميك والسبارتك والاميدات مثل الكلوتامين والسبارجين . وجد ان سرعة حركة المواد المنقولة في اللحاء هي مابين 300 الى 1500 ملم بالساعة اما الكمية فقد وجد انها تعادل تقريبا 0.164 غم بالساعة .

**تحميل وتفريغ اللحاء**

ان عملية تحميل وتفريغ اللحاء من اهم العمليات الخاصة بتنظيم نقل وتوزيع المتمثلات بين المصبات Sinks المتنافسة وبالتالي تؤدي دور كبير في انتاجية النبات. ويمكن وصف عملية التحميل بأنها ايصال المواد المصنعة في النسيج الذي يقوم بعملية البناء الضوئي (Source) الى اللحاء الغربالي اما عملية التفريغ فهي ايصال تلك المواد من العناصر الغربالية الى اماكن الخزن (المصبات). هناك ثلاث خطوات رئيسة لعملية التحميل هي :-

أ- تتحرك السكريات الثلاثية المفسفرة من البلاستيدة الخضراء الى السايتوسول اذ تجري سلسلة من تفاعلات كيموحيوية تنتهي بتكوين السكروز .

ب- يتحرك السكروز من خلايا النسيج المتوسط الى منطقة قريبة من العناصر الغربالية في العروق الصغيرة للورقية ويكون هذا المسار لمسافة خليتين او ثلاث خلايا ويدعى النقل للمسافات القصيرة .

ج- نقل السكر بألية نشطة الى عناصر اللحاء تتم بنقل الذائبات خلال النظام الوعائي وصولا للمصبات وتسمى عملية النقل للمسافات الطويلة .

ان عملية تحميل اللحاء تحتاج طاقة حيوية وهي تجري ضد التدرج في الجهد الكيميائي ومن الادلة على ذلك ان استعمال مثبطات عملية التنفس التي تنقص تركيز ATP تثبط عملية تحميل السكروز المعامل للنبات خارجيا.

ومن جانب اخر فان عملية تفريغ اللحاء هي اخراج السكريات( وغيرها من الذائبات) المنقولة في عناصر اللحاء الغربالية الى انسجة المصبات والتي قد تكون اماكن خزن لتلك المركبات مثل الجذور النامية او الدرنات او التراكيب التكاثرية،قد تكون عملية التفريغ من خلال نظام السايتوبلازم او نظام الجدر الخلوية وتقوم المركبات الحاملة بتسهيل مرور السكروز اذا كان ذلك عن طريق الاغشية البلازمية ومن جانب اخر فان مرور السكريات عن طريق الخيوط البلازمية يكون بألية غير نشطة (سلبية)حيث ينتقل السكروز من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز المنخفض في خلايا المصب وفي الحالات كلها فان عملية التنفس التي توفر ATP لتحويل السكروز الى مركبات اخرى مهمة في عملية النمو. الطاقة الحيوية المطلوبة بشكل مباشر للمصبات النامية لاغراض التنفس وتفاعلات البناء الحيوي وبشكل غير مباشر لامتصاص المغذيات .

# اليـــات الـــنقل

## اليات النقل قصيرة المدى

1- نظريات التيار السايتوبلازمي :- اقترحت هذه النظرية لأول مرة عام 1885 وتنص على ان الذائبات تحمل من مكان لأخر بواسطة التيار السايتوبلازمي مع النقل عبر الصفيحة الغربالية بألية الانتشار ويمكن ان يحدث النقل الى اعلى او اسفل حسب الحاجة وبالتالي فان هذه النظرية تستطيع تفسير النقل المزدوج. وفي السنوات الاخيرة وجهت لهذه النظرية انتقادات اهمها هي ان حركة الذائبات بهذه الطريقة تحتاج الى سايتوبلازم نشط ايضيا، في حين أن الأنابيب الغربالية المكتملة النمو غير فعالة لدرجة كبيرة لانها تفتقر للنواة.

2-نظرية التيار عبر الخلايا:- تعد هذه النظرية تحوير للنظرية الاولى، لوحظ وجود أشرطة عابرة للخلايا في الأنابيب الغربالية، ويمكن وصف التيار عبر الخلايا بأنه حركة دقائق أو مكونات سائلة للسايتوبلازم خلال صف طولي من خلايا مرتبة طولياً. وقد افترض أن تلك الأشرطة هي انيبيبات بروتينية الخصائص لإضفاء تمدد وتقلص ايقاعي على حركة الأشرطة. تفسر هذه النظرية النقل المزدوج وذلك لأن الأشرطة المختلفة ضمن الانبوب الغربالي الواحد بإمكانها ان تنقل السكريات بإتجاهات متعاكسة في أن واحد. الإنتقادات الموجهه لهذه النظرية هي كيفية تحول الطاقة الحيوية الى قوة فيزيائية ضمن الانبوب الغربالي. كما أن الأنابيب غير واضحة الخصائص فيما إذا كانت صلدة أو انبوبية. باستعمال تجارب النظائر المشعة تأكد وجود نقل مزدوج في الأنابيب الغربالية لكن لم يتأكد وجود النقل في الإتجاهين في الإنبوب الغربالي نفسه.

3- النظرية الكهروازموزية:- تفترض هذه النظرية أن ايونات البوتاسيوم تمر خلال الفتحات الغربالية بالكهروأزموزية وان جزيئات السكر الملتصقة بقوة مع ايونات البوتاسيوم تمر سوية، وبالاستفادة من ATP فان الأنابيب الغربالية تنقل ايونات البوتاسيوم وعليه فإن كل صفيحة غربالية تمثل محطة ضخ كهروأزموزية تدعم الانسياب الكتلي لمحلول السكر على طول الانبوب الغربالي. الانتقادات الموجهه لهذه النظرية هي انها تفتقر للادلة التجريبية وان الهجرة المستمرة للبوتاسيوم عبر الصفائح الغربالية غير مقبولة إذ تكون الطاقة المطلوبة لتحريك البوتاسيوم كبيرة. فضلاً عن انها لا تفسر النقل في الاتجاهين.

4-الإنتشار والضخ المنشط:-لاحظ علماء فسيولوجيا النبات في الثلاثينيات من القرن العشرين ان معدل النقل يتباين مع تدرج تركيز السكروز في اللحاء اذ لوحظ ان توزيع السكروز المشع وعلى طول الساق بعد مدة قصيرة من تجهيزه للنبات يمثل دالة لوغارتمية للمسافة عن مصدر التجهيز. وحركة السكروز هنا ناتجة عن الانتشار لا الضخ او اليات الانسياب او التدفق الكتلي وقد اكد العلماء بأن هناك خاصية غير محددة للبروتوبلازم تقلل مقاومة الانتشار ولها دور في تنشيط عملية الانتشار.

لم تقبل اي من هذه الفرضيات بشكل عام وذلك لعدم وجود مايبرهن صحتها.

## اليــة النقـل بعــيد الــمــدى

لاقت نظرية الانسياب الضغطي التي اقترحها مونخ عام 1930 والتي تنص على ان تدفق المحلول في العناصر الغربالية يكون موجها بواسطة تدرج الضغط المتولد ازموزيا بين المصدر والمصب .وينشأ تدرج الضغط نتيجة لتحميل اللحاء في المصدروتفريغه في المصب، وهذا يعني ان طاقة تحميل اللحاء تولد جهد ازموزي منخفض في العناصر الغربالية لنسيج المصدر والتي تؤدي الى هبوط حاد في قيمة الجهد المائي ، واستجابة للتدرج في الجهد المائي فأن الماء يدخل عناصر اللحاء ليزيد من جهد الضغط ، وعند نهاية العنصر اللحائي لمسار النقل فان تفريغ اللحاء يقود الى تقليل الجهد الازموزي عند نسيج المصب وبزيادة قيمة الجهد المائي في عناصر اللحاء قياسا مع عناصر الخشب فأن الماء ينتقل من اللحاء استجابة للتدرج في الجهد المائي مؤديا الى نقص في جهد الضغط لعناصر الانبوب الغربالي في المصب .

**الدعم لهذه النظرية :-**

1- ثقوب الصفائح الغربالية هي قنوات مفتوحة وتصل بين عناصر اللحاء الغربالي.

2- النقل المزدوج غير موجود ضمن العنصر اللحائي الواحد ، لكنه لوحظ في الحزم المختلفة .

3- دلت الدراسات على وجود تدرج في جهد الضغط بين خلايا المصدر وخلايا المصب وقدرت بعض الدراسات الفرق في جهد الضغط بحوالي 0.41 ميكاباسكال وهو كافٍ لتحريك العصارة اللحائية بين المصدر والمصب .

**الانتقادات لهذه النظرية:-**

1- اكدت هذه النظرية على ان النقل يكون وفق الية غير نشطة اي بعملية فيزيائية الا ان نتائج الابحاث باستعمال درجات الحرارة المنخفضة او المثبطات الايضية اكدت تثبيط عملية النقل تحت تلك الظروف مما يدل على انها نشطة.

2- وجد ان السكر يمكنه ان ينتشر ضد تدرج الجهد الازموزي في خلايا النسيج المتوسط والانابيب الغربالية وقد افترض ان ATP يعجل معدل عملية النقل من خلايا النسيج المتوسط الى خلايا اللحاء.

3- هناك من يعتقد بان فتحات الصفائح الغربالية تبقى مسدودة بالبروتوبلازم الكثيف الذي يعمل حاجزا ضد التدفق الكتلي.

4- لابد من وجود ضغط انتفاخي كبير للسيطرة على مقاومة الجدر العرضية والخيوط البلازمية وهذا غير موجود فعليا.

5- لاتوجد ادلة واضحة على وجود مضخة في النباتات تشكل تدرج في الجهد الضغط بين الانبوب الغربالي وخلايا النسيج المتوسط. وقد ذكر بعض الباحثين ان تركيز السكروز في الانبوب الغربالي هو اعلى بـ 23 مرة من مما في خلايا النسيج المتوسط للورقة وهذا يضعف نظرية مونخ بوصفها الية لتفسير عملية النقل اللحائي. ومع ذلك فليس لهذه النظرية بديل في الوقت الحاضر لتفسير الية النقل بعيد المدى.