**عمليات الأيض(البناء ،التنفس) Metabolism**

مقدمة :

ينفرد النبات الأخضر بالطريقة التي يبني بها غذائه فهو يحصل من البيئة المحيطة به على مواد بسيطة التركيب ومن تلك المواد يبني المركبات العضوية المعقدة الغنية بالطاقة .واهم ما يببنه النبات من المركبات المعقدة المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية التي تكون غذاءه الأساسي وتؤدي وظيفتين هامتين هما

1. مصدر للطاقة اللازمة لسائر العمليات الحيوية
2. تستخدم في بناء البروتوبلازم وغيرها من المركبات الخلوية .

وتعرف العمليات التي تؤدي إلى بناء المركبات المعقدة الغنية بالطاقة من المواد الأولية بعمليات الأيض البنائي واهم عمليات البناء الايضي التي تتم في النبات الأخضر هي تلك التي تستخدم فيها الطاقة الشمسية وتتكون اثنائها المواد الكربوهيدراتية وتعرف بالبناء الضوئي Photosynthesis.

وفي جانب عمليات البناء الأيضي يحدث ما يسمى بعمليات الهدم الأيضي حيث تتفكك المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة وتنطلق نتيجة لذلك الطاقة ومن أهم عمليات الهدم هي عملية التنفس Respiration والتي تعتبر أحد خصائص الخلايا الحيه.

وسنتكلم عن كلا العمليتين البناء والتنفس

أولاً: عملية البناء الضوئي Photosynthesis :

تشمل هذه العملية والتي تتميز بها النباتات الخضراء دون غيرها من الكائنات الحية على امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الصبغة الخضراء (الكلوروفيل) وتحويلها إلى طاقة كيميائية تستغلها في بناء المواد الكربوهيدراتية حيث يقوم النبات بامتصاص الماء وثاني أكسيد الكربون وينطلق الأكسجين في هذه العملية .ويحصل النبات على الماء من التربة أما CO2 فيأخذه من الهواء الجوي . وفي النباتات الراقية تتم غالبية البناء الضوئي في الأوراق الخضراء



- كربوهيدرات

-سكريات احادية (سكروز)

-سكريات ثنائية (فراكتوز)

-سكريات متعددة (نشا)

تعتبر هدة العملية من أهم العمليات الفسيولوجية في تكوين الكربوهيدرات حيث ان هدة المواد الكربوهيدراتية تكوّن نسبة كبيرة من جسم النبات 85-90% من الوزن الجاف حسب نوع النبات

مثال على ذلك نبات الذرة CORN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| العنصر | النسبة من الوزن الجاف | |
| الكربون C | 43.6% | CH2O)n94.2%)  n:عدد ذرات الكربون في المركب |
| الأكسجين O2 | 44.4% |
| الهيدروجين H2 | 6.2% |
| بقية العناصر الاخرى | 5.8% | |

* أظهرت نتائج التحليل الكيميائي أن عناصر معينة تدخل في تركيب المركبات التي يتكون منها جسم النبات وهدة العناصر هي : الكربون ،الأكسجين ،الهيدروجين ،النتروجين ،الكبريت ، البورون، المنجنيز، الزنك والنحاس وغيرها من العناصر المعدنية .وجميعها لازمة لغذاء النبات واكتمالنموه

طرق تقدير سرعة التمثيل الضوئي :

1. تقدير كمية CO2 الممتص
2. تقدير كمية CO2 المتصاعد
3. تقدير المادة الكربوهيدراتية الناتجة (الوزن الجاف للنبات)

المواد الاساسية اللازمة لإنجاز عملية البناء الضوئي :

1. Co2
2. الماء
3. الضوء
4. الكلوروفيل

اولا: ثاني اكسيد الكربون :

* يعتبر من العوامل البيئية الهامه حيث هو المصدر الرئيسي لبناء المواد الكربوهيدراتية لجسم النبات.
* يحتوي الهواء الجوي على نسبةبسيطة من Co2تقدر بحوالي 0.03% (300-3600جزء بالمليون )

عملية البناء الضوئي تستهلكCo2لذلكفأن هذه العملية تحافظ على تركيزه بالأنسجة النباتية بكميات قليلة وهذا يساعده على سرعة امتصاصه من الهواء الجوي المحيط بالأوراق عن طريق الثغور

* عن طريق الثغور يتم تبادل الغازات بين الورقة والهواء المحيط حيث يمتصCo2 وينتشر الى داخل النسيج الورقي بينما يفقد الماء عن طريق مايسمى بعملية النتح.
* زيادة تركيز Co2الى درجة عالية نسبيا قد يؤدي الى انخفاض سرعة البناء الضوئي وهذا يختلف باختلاف نوع النبات ودرجة نموه ويعزي هذا التأثير للتراكيز العالية الى مفعوله السام في البروتوبلازم كذلك الى كونه يسبب انغلاق للثغور .

العوامل التي تؤثر على فتح وغلق الثغور هي:

1. زيادة تركيز الاملاح وخاصة البوتاسيوم(k)يساعد على فتح الثغور
2. زيادة الضوء يساعد على فتح الثغور.
3. زيادة تركيز Co2داخل النسيج الورقي يسبب غلق الثغور.
4. ارتفاع درجة الحرارة تسبب غلق الثغور .
5. زيادة تركيز بعض الهرمونات مثلABA (Abscesic acid)تسبب غلق الثغور.

ثانيا الماء(H2o) Water:

يستهلك النبات في عملية البناء الضوئي اقل من 1%مما يمتصه من الماء لذلك فليس من المحتمل ان يؤدي نقص كمية الماء إلى ان يكون عاملا محددا الا ان تأثيره الغير مباشر حيث يؤدي انخفاض الماء الى انغلاق الثغور جزئيا أو كليا يسبب انخفاض دخول Co2الى داخل الورقة مما يسبب انخفاض في عملية البناء الضوئي.

ثالثا الضوء: Light

تمتص اوراق النبات الطاقة الضوئية والتي مصدرها الاساسي الشمس ثم تحولها الى طاقة كيماوية ينتج عنها تكون المواد الكربوهيدراتية.

* يعتبر الضوء المرئي visible Light هو المصدر الاهم للطاقة الضوئية التي يستفيد منة النبات في عملية البناء الضوئي.

1m=10**-7** cm

* يقع هذا الضوء المرئي في اطوال موجات 400-700ملميكرون
* ( (m في نطاق الموجات الكهرومغناطيسية لذلك فأن هذا الضوء المرئي هو مجال الطاقة النشطة في عملية البناء الضوئي .
* عادة يقاس الضوء المنظور والمحصور بين 400-700ملميكرون بالوحدة الاتية :

ميكرو مول /م2/ث: وهي كمية الفوتونات الضوئية الساقطة على مساحة متر مربع واحد في وحدة زمنية واحدة .

وهناكوحدات اخرى مثل شمعة/قدم ؛ شمعة/م2.......الخ.

والطاقة الضوئية الواصلة الى الارض تقاس على اساس:

1. الاشعاع الكلي الساقط.
2. صافي الاشعاع الشمسي .
3. الضوء المنظور.
4. الفترة الضوئية(ساعة / يوم).

وصافي الإشعاع الشمسي يمثل الفرق بين الاشعاع الكلي الساقط وذلك المنعكس الى الأعلى

ويتم استهلاك صافي الاشعاع الشمسي على النحو التالي:

Rn=ET+H+G+Ps

Rn = صافي الاشعاع الشمسي

ET= الطاقةالمستخدمة في عملية البخر نتح (الطاقةالكامنة للتبخير)

H= الطاقةالمستخدمة في عملية تبادل الحرارة بين النبات والهواء المحيط به (التيارات المحملة )

G= الطاقةالمستخدمة في تسخين التربة

PS= الطاقةالمستخدمة في عملية البناء الضوئي

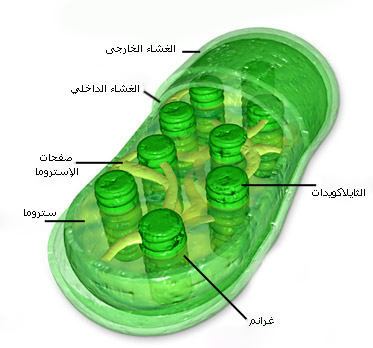
الكلوروفيل Chlorophyll

يعتبر اليخضور أوالكلوروفيل عاملا اساسيا في عملية البناء الضوئي فهو يمتص الطاقةالضوئية مما يدفع الخلايا الحيةإلى بناء الموادالكربوهيدراتية

ويوجد الكلوروفيل في الخلية محمولا على اجسام البلاستيدات الخضراء ويمكن استخلاص الكلوروفيل من الاوراق الخضراء بأحد المذيبات العضويةكالأستونأو N,N-DIMETHYLFORMAMIDE (CH)2NCHO لان الكلوروفيل لا يذوب بالماء ويمكن ان يستخلص الكلوروفيل من الاوراق بغليها في كحول الأثيلين.

وتحتوى البلاستيدات الخضراء على نوعين من الكلوروفيل أ -ب وذلك

بنسبة 1:3 ويعتبر الكلوروفيل وخاصة أ هو مادة الامتصاص الرئيسية للضوء والذي يبدأ بتفاعلات البناء الضوئي

وهناك صبغتان صفراء و أرجونيه وهي الكارتين والزانثوفيل قديكون لها دور وخاصة صبغة الكاروتين التي لها دور فيامتصاص الضوءونقله الى الكلور وفيل و تقوم بحمايتهمن الأكسدة الضوئية 

مركز التفاعلات الضوئية (غشاء الثايلاكود ماء +املاح ذائبة Ph=5) يحتوى على صبغة كلوروفيل أ-ب )

البلاستيده الخضراء تحتوي على 3 اجزاء رئيسيه وهي :-

1-غلاف محيط يتكون من غشائين خارجي وداخلي

2- ماده سائله تسمى الحشوةstroma محاطه بالغشائين السابقين

3- اقراص طافيه متراصة فوق بعضها البعض تسمى بالثايلاكويد Thylakoids (الثايلاكويدات)

تتم عملة البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء على مرحلتين تحتوي على نوعين من التفاعلات يعتمدان بعضهما على بعض حيث ان نواتج التفاعلات الضوئية تستخدم في تفاعلات الظلام .

1-تفاعلات الضوء Lightreactions (تفاعلات H I )

حيث تحدث في اقراص الثايلاكويد وتعتمد على وجود الضوء تحتاج الضوء لإنتاجالطاقة(ATP ) والاكسجين (النظام الضوئي الاول والنظام الضوئي الثاني )

2- تفاعلات الظلام dark reaction (دورة كالفن )

وتحدث في الاستروما (الحشوة ) وهذه التفاعلات لا تحتاج الى الضوء مباشرة على الرغم من حدوثها خلال النهار وخلال هذه التفاعلات يتم تثبيت Co2وانتاج المواد الكربوهيدراتية وذلك اعتمادا على مصدر الطاقة(ATP ) الناتج من التفاعلات الضوئية (دورة كالفن)

تفاعلات الضوء Light reaction

* تحدث في أقراص الثايلاكود (في الغشاء الثايلاكودي ) داخل البلاستيدة الخضراء وتعتمد على وجود الضوء حيث تحتاج الى الضوء
* لا تتأثر بدرجات الحرارة
* تؤدي إلى تكوين مركبات معينة هي :

المساعدات الانزيمية :

1. ثلاثي فوسفات الادينوزين ATP
2. فوسفات ثنائي نكليديت الادنينوالنيكوثياميد NADPH
3. غاز الأكسجين O2كناتج ثانوي

* تعتبر المساعدات الإنزيمية ATP- NADPHهي المواد الضرورية أو القوة المؤكسدة في تفاعلات الظلام
* يوجد موقعين لاستقبال الطاقة الضوئية (الفوتونات ) وقد سميا هذين النظامين باسم
* النظام الضوئي الاول PSI/Photosystem
* النظام الضوئي الثاني Photosystem PSII/

وهدة المواقع (مراكز تفاعل الطاقة الضوئية ) تمثل تجمع الصفات النباتية المميزة ،حيث يشترك كل من كلوروفيل (أ) و(ب) في تكوينها ،أيضا يحويان مجموعة من الصبغات النباتية الأخرى مثل الكاروتينويدات

\*التفاعلات الضوئيةتكون نواتجهامتداخلةبينماعندماتكون الإضاءة متتالية لا تفصلهما إلا فترة زمنية بسيطة (عدة ثوان) مما يدل على ارتباط النظامين وان التفاعلات في الموقعين تتم على التوالي

|  |  |
| --- | --- |
| الاولPSI700 | الثاني PSII680 |
| * قمة امتصاص الطاقة الضوئية لهذا النظام تكون عند طول موجي 700 نانومتر (مليمكرون) | * قمة امتصاص الطاقة الضوئية لهذا النظام تكون عند طول موجي 680 نانومتر (مليمكرون) |
| * نسبة كلوروفيل Aاكبر | * نسبة كلوروفيل Aاقل |
| * الكاروتينات اعلى | الكاروتينات اقل |
| * الزانثوفيل اقل | -الزانثوفيل اعلى |

* تعمل هذه الصبغات ( الكلوروفيل ،الكاروتين ،البروتين ) على المساعدة على إمتصاص الطاقة الضوئية (الفوتونات) وإمرارها إلى مركز التفاعل (كلوروفيل A) نظرا لان كلوروفيل A في كلا النظامين هو المستقبل النهائي للطاقة الضوئية حيث تسبب هذه الطاقة تهيج جزيء كلوروفيل A وبالتالي فقد احد الكتروناته ليدخل هذا الإلكترون في سلسلة نقل الإلكترونات في البلاستيدة
* Red light 620 -700nm
* الأكسدة :فقدان الكترون
* الاختزال كسب الكترون (ويعبر عنها بإضافة H+)
* وظيفتين هامة للضوء:

1. To drive electron for H2O to reduce NADP+ to NADPH.
2. To form ATP from ADP+Pi(الفسفرة الضوئية)

ADP+Pi

* المعادلة العامة للتفاعلات الضوئية :

تنتج هذه المركبات نتيجة لتدفق الإلكترونات من الماء في سلسلة نقل الإلكترونات في غشاء الثايلاكود ،يصاحب ذلك أيضا انطلاق الأكسجين كناتج ثانوي.

* إن انتقال الإلكترونات من الماء إلى المستقبل النهائي مركب NADPH لابد من توفر الطاقة الضوئية لإتمام هدة العملية ولا يمكن أن تحدث في الظلام



مركب فوسفات ثنائي الادنين والنيكوثياميد

تفاعلات الظلام Dark reaction :

* تحدث سواء في الظلام او الضوء إلا ان الضوء لا يلعب دورا هاما في التفاعلات كما في
* حالة تفاعلات الظلام
* تعتمد هذه التفاعلات اعتمادا أساسيا على نواتج التفاعلات الضوئية مثل المركب الناقل للطاقة ATP والمساعد الانزيمي مركب NADPH
* تسمى هذه التفاعلات عدة تسميات أهمها :

1. تفاعلات الظلام :لأنها لا تحتاج إلى ضوء
2. دورة ثلاثية الكربون :لان الناتج الأول هو مركب ثلاثي ذرات الكربون
3. دورة اختزال الكربون :لأنه يتم اختزالCO2 في هذه التفاعلات
4. دوره كالفن :نسبة للعالم كالفن الذي اكتشف هدة الدورة 1946-1952م

* تحدث هذه التفاعلات في الحشوةstroma داخل البلاسيدة الخضراء
* هذه التفاعلات عبارة عن تفاعلات كيميائية حرارية Thermochemical reactions

تنقسم النباتات حسب دورة تثبيت CO2 إلى :

1. نباتات ثلاثية الكربونPLANTSC3-

حيث الناتج الأول في عملية البناء الضوئي هو عبارة عبارة عن حمض ذو ثلاث ذرات من الكربون يسمى (3PGAفوسفات حمض الجليسرين) ومن امثلتها القمح،الارز وفول الصويا

1. نباتات رباعية الكربون PLANTSC4- :

حيث الناتج الأول في عملية البناء الضوئي(تثبيت CO2 ) هو عبارة عبارة عن حمض ذو اربع ذرات من الكربون مثل حمض الماليت Malate ومن امثله هذه النباتات الذرة وقصب السكر.

1. النباتات العصارية(CAM)Crassulacean Acid METABOLISM:

وهي تلك النباتات المتأقلمة لظروف الجفاف حيث تقفل ثغورها في النهار وتفتح بالليل حيث يتم امتصاصCO2 خلال الليل وتخزينه على شكل احماض وعند حلول النهارتتم عملية البناء الضوئي حيث يثبت CO2 ويتحول إلى مواد كربوهيدراتية ومن أمثلة هذه النباتات الصبار والتين الشوكي حيث تتميز هذه النباتات بأوراق سميكة عصيريه .

**مقارنة بين النباتات C3 و C4 و CAM**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. **اوجه المقارنة** | **نباتات c3** | **نباتات c4** | **نباتات CAM** |
| **التنفس الضوئي** | **نعم** | **لا** | **لا** |
| **نقطة التعويض \*** | **عالية** | **منخفضة** | **منخفضة** |
| **درجات الحرارة الملائمة**  **1- عملية التمثيل الضوئي**  **2- انزيم الروبيسكو**  **3- انزيم PEPcase** | **منخفضة**  **لاتتحمل الحرارة العالية** | **عالية**  **تتحمل الحرارة العالية** | **عالية** |
| **حرارة منخفضة** | **موجود** | **موجود** |
| **لايوجد** | **يتحمل الحرارة** | **عالي** |
| **طاقة الضوء** | **متغيرة** | **ثابت** | **ثابت** |
| **النتح** | **عالي** | **منخفض** | **منخفض** |
| **التشبع بالضوء** | **عالي** | **لا تتشبع** | **لا تتشبع** |
| **الانزيم الاول** | **الروبيسكو** | **PEPcase** | **PEP case** |
| **المستقبل الاول** | **ريبولوز 1,5 ثنائي الفوسفات** | **فوسفو اينول بايروفات ( PEP )** | **فوسفو اينول بايروفات(PEP)** |
| **المنتج الاول** | **3-PGA** | **OAA** | **OAA** |
| **مثالها** | القمح،الارز وفول الصويا | الذرة وقصب السكر | الصبار والتين الشوكي |

دورة الكربون في النباتات الثلاثية الكاربون (دورة كالفنCalvincycle)

* تشمل هذه الدورة على عدة تفاعلات أساسية تحدث داخل البلاستيدة الخضراء وتوجد في جميع النباتات الخضراء . وقد تم الكشف عن هذه التفاعلات اولا في طحلب كلوريللا في عدة أبحاث قام بها العالم كالفن وغيرة حيث منح جائزة نوبل في الكيمياء عام 1961م تقديرا لجهوده في توضيح مسار الكربون في البناء الضوئي .

حيث قام باستخدام الكربون المشع لتوضيح هذه الدورة

* تتلخص هذه الدورة (كالفن) في ثلاث مراحل من التفاعلات وهي :

1. المرحلة الاولى

عبارة عن تكوين حمض وإدخال CO2فيتماختزالCO2وإضافة إلى السكر الخماسي (RUBP) ليتكون الناتج الثابت وهو 2جزيئات من فوسفات حمض الجليسرين (3PGA) وتسمى هذه المرحلة (الكربكسلة)(تفاعلات إضافة CO2 )

Carboxylation reactions)

(الناتج الثابت في البناء الضوئي)

وتعتبر هذه المرحلة اكثر المراحل تعقيدا من حيث التفاعلات التي تتم فيها .

1. يتم فسفرة حامض جليسريل PGA بتحفيز من إنزيم الفسفوجليسرين كميتينومنشط لتفاعل جزيءATP فيتكون جزيءحامض 1-3 فسفوجليسريل 1,3diphosphoglyceric acid
2. يختزل جزي حامض 1-3 فسفوجليسريل جزيء الـNADPH+ وبتحفيز من إنزيم جليسرالدهيد روجينز ويتكون من جزيء فوسفوجليسرالدهيد
3. يتم تكثيف بعض من جزيئات الفسفو جليسرألدهيد(PGAL)

بتحفيز من إنزيم الالدوليز وتتكون مركبات كربوهيدراتية منها سكر الجلكوز

1. يتم تحويل بعض من جزيئات (PGAL) من السكر الخماسي RUBP وينشط التفاعل جزيء ATP وهكذا تتكرر دورة كالفن

2-المرحلة الثانية :

هي تفاعلات الاختزالReduction reaction

حيث يتم تحويل فوسفات حمض الجليسرين إلى فوسفات الجليسيرالدهيد



3المرحلة الثالثة:

هي تفاعلات التوليد : Regeneration Reactions

حيث يتم توليد المركب الاساسي RUBP(السكر الخماسي)وذلك لاستقبالCO2 مرة أخرى وبذا تستمر الدورة (سكر خماسي الكربون)RUBP=Ribulose diphosphate



ملخص المعادلة العامة لتكوين جزيء واحد من السكر

لتكوين جزيء واحد من السكر  نحتاج 6جزيئات من CO2

ملخص دورة كالفن:

لقد عرفنا حتى الآن ان التفاعلات الضوئية أنتجت لنا جزيئات عالية الطاقة هي ATP وNADPH والتي سوف تستعملها الخلية في عملية بناء مركبات عضوية سكرية من غاز CO2 خلال تفاعلات الظلام .وحيث ان تفاعلات الظلام تعتبر عملية معقدة وتتم في العديدمن الخطوات والتي تحفزها إنزيمات عديدة لهذا يمكن تلخيص تفاعلات الظلام في الخطوات التالية وذلك لتسهيل فهمها :

1. تتطلب ضرورة تثبيت CO2 وهذا يحتاج إلى جزيء هو عبارة عن سكر خماسي الكربون يسمى ريبولوز ثنائي الفوسفات (RUBP)

حيث يرتبط CO2بالسكر الخماسي بتحفيز من إنزيم ثنائي الفوسفات الكربوكسيليز RUBP Carboxylase فيتكون مركب وسطي سداسي الكربون غير مستقر سرعان ما يتجزأ إلى جزئين من حامض الفسفوجليسرين PGA ثلاثي الكربون

تتلخص دورة كالفن في ثلاث مراحل من التفاعلات هي:-

1. المرحله الاولى وتسمى الكربكسله(تفاعلات اضافةCo2)

حيث في هذه المرحلة اختزال Co2 واضافتهالى السكر الخماسي RUBPليتكون الناتج الثابت وهوفوسفات حمض الجليسرين(3-PGA)وهو سكر ثلاثي وتعتبر هذه المرحلة من اكثر المراحل تعقدا من حيث التفاعلات



2-المرحلة الثانيه هيتفاعلات الاختزال

حيث يتم تحويل فوسفات حمض الجلسرالدهيد3-PGalahys

بعدذلك يتم تكثيف بعض من جزيئاته بتحفيز من انزيم الالدولينز وتتكون مركبات كربوهيدراتية مثل سكر الجلوكوز

العوامل المؤثرة في سرعة البناء الضوئي:-

أ-عوامل خارجيه وتشمل .

1. تركيز Co2
2. تركيزO2
3. شدة الإضاءة
4. درجات الحرارة
5. الماء

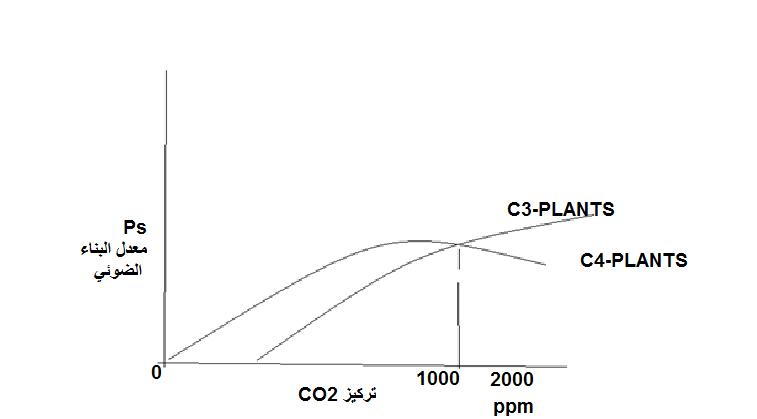
ب- عوامل داخليه وتشمل.

1. نوع النبات
2. عمر الورقة وحالتها الغذائية
3. الكلوروفيل
4. تراكم نواتج البناء الضوئي

اولا العوامل الخارجية

1. تركيزCo2

زيادة تركيز C02يؤدي الى زيادة سرعة البناء الضوئي ولكن الزيادة عند حد التشبع قد يسبب انخفاض في عملية البناء الضوئي حيث ان زيادة تراكمCo2في الانسجة النباتية قد يسبب سمية للبروتوبلازم وكذلك قد يؤدي الى غلق الثغور مما يسبب توقف تبادل الغازات بين النبات والجو المحيط به وعلى العموم فان هذا التأثير يختلف باختلاف نوع النبات ودرجة نموه وكذلك فترة التعرض لزيادة التركيز



2-تركيزO2

ينتج الاكسجين من التفاعلات الضوئية التي تتم داخل اقراص الثايلاكويد هذا الاكسجين ناتج من انشطار جزيئ الماء لذلك فان له تأثير على عملية البناء الضوئي فزيادة تركيز الاكسجين داخل البلاستيدات الخضراء يسبب تنافس مع Co2وخاصة في نباتات الثلاثة الكربون مما يؤدي الى فقد في عملية البناء الضوئي نتيجة لتثبيت O2 وفقدCo2 وتسمى هذه الظاهرة بالتنفس الضوئيPhotorespiration وهي ظاهره غيرمرغوب فيها لأنها تسبب فقد في الإنتاجيةالزراعية وخاصه في نباتات ثلاثية الكربون

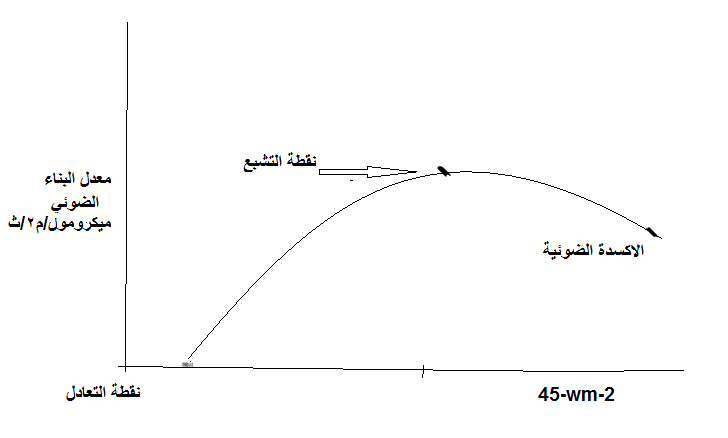
-3 شدة الإضاءة

بما ان الضوء هوالمصدر الوحيد للطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي لذلك فان شدة الاضاءة ومدة تعرض النبات للضوء لها تأثير على سرعة عملية البناء الضوئي وتحت الظروف الطبيعية تعتبر شدة الاضاءة من العوامل المحددة للنمو.

وتختلف النباتات في احتياجاتها الضوئية حسب نوع النبات وكذلك البيئة التي ينمو فيها هذا النبات وكذلك فان النباتات الرباعيةتتأقلم وتتحمل ظروف ضوئية اكبر من النباتات الثلاثة .

وعلى العموم فان عملية البناء الضوئي تتناسب تناسباً طرديا مع شدة الاضاءة حتى تصل لدرجة التشبع بعدها فان أي زياده عن هذه النقطة قد يسبب انخفاض في عملية البناء الضوئي حيث تسبب الاضاءة العالية مايسمى بالأكسدةالضوئيةphoto oxidation ( ظاهرة التشميس)soolarigation

حيث ان زيادة شدة الإضاءةالساقطة على الاوراق تسبب ارتفاع درجة حرارة النبات وبالتالي قد تسبب ضرر لمادة الكلوروفيل حيث تفقد الاوراق لونها الاخضر وتتحول الى اللون البني.

نقطة التعادل الضوئيةlight compensation

هي شدة الاضاءة التي تتساوى فيها سرعة التنفس مع سرعة البناء الضوئي

نقطة التشبع light saturation

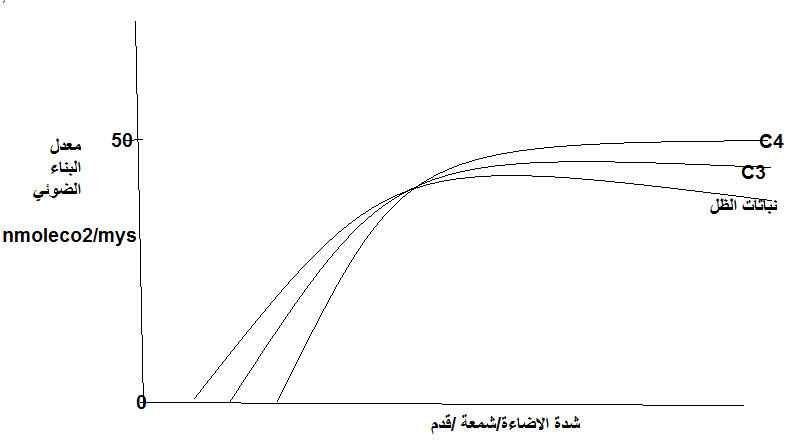
هي شدة الاضاءة اللازمة لكي تصل فيها سرعة البناء الضوئي حده الاقصى تحت ظروف معينه .

حيث بعد هذ النقط تقل كفاءة الورقة في تحويل الطاقةالضوئية الى طاقه كيميائية

الاكسدهالضوئيه photo oxidation

( ظاهرة التشميس)soolarigation

هي الظاهرةالتي تحدث عندما تزداد الاشعة الساقطة على النبات عن حد معين (نقطة التشبع) حيث تزداد درجة حرارة الورقة مسببهتأكسد الكلوروفيل وبالتالي فقد الورقة اللون الاخضر ما يؤثر على عملية البناء الضوئي

****

4-درجات الحرارة

للحرارةتأثير على عملية البناء الضوئي حيث ارتفاع الحرارة عن حد معين يؤثر على بعض الانزيمات الداخلة في عملية البناء الضوئي وخاصه في تفاعلات الظلام التي يتم فيها تثبيت Co2 وتحويله الى مواد كربوهيدراتية .

وعموما فان النباتات تختلف حسب احتياجاتها الحرارية فمثلا ثلاثية الكربون الحرارة المثلى لها(15-25م) بينما رباعية الكربون يزداد هذاالمعدل الى(30-40م)

5-الماءWater

يستهلك النبات في عملية البناء الضوئي كميه بسيطة م الماء لا تتجاوز 1% من النسبةالكليةالتي يمتصه النبات من الماء لذلك فان تأثير الماء على هذه العملية قد لا تكون مباشرة حيث ان قلة الماء قد تسبب انخفاض معدل البناء الضوئي وذلك بسبب ما يسببه نقص الماء من التأثر على انغلاق الثغور وبالتالي تبادل الغازات وخاصه Co2مما يسبب انخفاض في معدل البناءالضوئي

ثانيا العوامل الداخلية:

1. نوع النبات species

تختلف سرعة البناء الضوئي باختلاف النبات وايضا الصنف تحت النوع الواحد

|  |  |
| --- | --- |
| اعلى معدل للبناء الضوئي  molCO2/m2/gµ | النوع |
| 20-10 | C3-PLANTS |
| 40-20 | C4-PLANTS |
| 2.4-0.6 | CAM-PLANTS |

1. عمر الورقة والحالة الغذائية.

يؤثر عمر الورقة على عملية البناء الضوئي حيث بتقدم العمر يزداد تساقط الاوراق وموتها وبالتالي فان المساحةالورقية تقل مما يقلل من عملية البناء الضوئي . كذلك فان الحالةالغذائيةللأوراق أي مدى توفر العناصر الغذائية بها تعتبر عاملاً مهماً في استمراريه الورقة في نشاطها البنائي .

1. الكلوروفيل (اليخضور)

يعتبر عاملا اساسيا في عملية البناء الضوئي وترجع اهميته في البناء الضوئي الى قدرته في امتصاص الطاقةالضوئيةاللازمة لدفع هذه العملية .

ونظرا لتوفر هذا العنصر فانه يندر ان يكون عامل محدد وخاصة تحت الظروف البيئية الاخرى الملائمة مثل توفر الضوء وCO2.

1. تراكم نواتج البناء الضوئي

اذا كان تراكم نواتج البناء الضوئي في الأنسجةالنباتية الخضراء اسرع من انتقالها الى الأنسجة الاخرى فان ذلك قد يؤدي الى ابطاء سرعة البناء الضوئي او توقفها وخاصة في النباتات التي تكون النشاء في اوراقهاكمعظم النباتات ذوات الفلقةالواحدة .

اما حين تتحول المادةالسكريةالمتكونة في الورقة الى نشاء فان هذا التراكم للنشاء لا يكون له اثر في عملة البناء الضوئي

1. المادة البروتوبلازميه(العامل البروتوبلازمي)

دلت بعض الابحاث على ان نشاط عملية البناء الضوئي في باردات بعض النباتات (دوار الشمس ، القرع) تبدأ بمجرد تكون المادة الخضراء وفي باردات بعض النباتات الاخرى كالفاصوليا والخروع والذرةيتأخر البناء الضوئي بعض الوقت رغم احتواء البادرات على كميه كبيره من الكلوروفيل لذلك يظهر ان هناك عاملا داخليا اخر غير الكلوروفيل لا يتوفر وجوده في الاطوار الاولى للإنبات وعندما تبلغ هذ البادرات عمرا معينا يكون هذا العامل الداخلي قد توفر وجوده وبالتالي تبدأ هذ البادرات بعملية البناء الضوئي واطلق على هذا العامل اسم العامل البروتوبلازمي ويبدو انه ذو طبيعة انزيميه .

البناء الضوئي (معلومات عامه)

1-كل جزيء منCo2 يثبت ويختزل في عملية البناء الضوئي يلزمه 3جزيئات من ATP وجزيئين من NADPH يتكون من التفاعلات الكيمو ضوئية (تفاعلات الضوء )

2 – فسفرة مركب ADP الى ATP في الفسفرةالضوئية



3- المصدر الاساسي لغاز O2 المتصاعد عندعملية البناء الضوئي هو الماء

1. NADPH ، مرافق انزمي نشط في عملية البناء الضوئي
2. -NADPH –ATP هما مصدر الطاقة والقوة الاختزالية لتثبيت واختزال CO2

**التنفس respiration:**

هو عملية حيوية تحدث نتيجة لانطلاق الطاقة أثناء تفكك وتحلل المواد المعقدة التركيب الموجودة بداخل الخلايا الى مواد بسيطة يسهل للنبات استخدامها في شتى وظائفه الحيوية .

ويصاحب هذه العملية عادة امتصاص الاكسيجين وانطلاق ثاني اكسيد الكربون .

والتنفس يشمل جميع العمليات التي تؤدي الى انطلاق الطاقة سواء كان نتيجة للتبادل الغازي بين الكائن والبيئة او ناتج في بعض الاحيان عن تفاعلات لا تشمل على تبادل غازات .

والنوع الشائع من التنفس يتم فيه انطلاق الطاقة وذلك نتيجة لأكسدة المواد العضوية مثل المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية ويتطلب ذلك استعمال الاكسيجين الجوي لذلك يعرف هذا النوع من التنفس بالتنفس الهوائي حيث هو الوسيلة العادية لتنفس النباتات .

هذا النوع من التنفس يتطلب امتصاص الاكسيجين وخروج ثاني اكسيد الكربون .

هذا وقد تنطلق الطاقة من عمليات اخري غير النوع السابق ومن اهمها تلك التي التنفس اللاهوائي هو تتفكك في المواد الكربوهيدراتية الى كحول و Co2دون استخدام الاكسيجين الجوي وتعرف هذه العملية بالتنفس اللاهوائي عادة الكائنات الاولية مثل البكتيريا تقوم بهذا النوع من التنفس كذلك الخمائر.





التنفس:

هو مجموعة العمليات التي تحدث داخل الخلية والتي بموجبها يتم تحويل الموادالغذائية المعقدة الى مركبات اقل تعقيدا الى التراكيب مع تحرير الطاقة الكامنة الى تلك المواد على دفعات

والمواد الغذائية التي تستخدم في التنفس هي النشا والسكروز والجلكوزوغيرها من السكر وكذلك المواد الدهنية والاحماض العضوية.

والطاقة المنطلقة جزء ا يتحول الى الطاقة حرارية غالب ما يتنقل الى الجو المحيط بالإشعاع او التوصيل وقد تسبب على بعض الإضاءةورفع درجة حرارة النبات او النسيج.أما الجزء الاخرمن الطاقة الذي يستفيد منة النبات فيتحول الى طاقة كيمياوية تخزن في بعض المركبات علي صورة روابط فوسفاتية غنيه بالطاقة ومن اهما ( ادينوزينثلاثي الفوسفات )الذي له المقدرة على استلام او استقبال الطاقة مناخرى التفاعلات ونقل هذه الطاقة لتسير تفاعل اخر وبناء مكونات خلوية .

عملية التنفس هذه هي عملية اكسدة المواد الغذائية واختزال الاكسيجين لتكون الماء

التفاعلات التمهيدية :

حيث تتحول السكريات المعقدة الى سكريات بسيطة (جلكوز)









\*قبل دخول السكريات التحلل السكري لابد ان يمر بتلك التفاعلات التمهيدية والتي تحول السكريات العديدة والثنائية الى سكريات أبسط ليتم تحليلها مثل (الجلكوز)

بناء الدهون

بناء البروتين

أكسدة الكربوهيدرات

أكسدة البروتين

أكسدة الدهون

ATP

ADP

+Pi

البناء

التنفس

كمركب وسيط لنقل الطاقةATP دورةجزئ

ادينوزين ثلاثي فوسفات=ATP

ادينو ثنائي الفوسفات =ADP

فوسفو غير عضوي =Pi



**وظائف التنفس :**

1-انتاج ATP.

2-يكون العديد من المركبات التي تدخل في بناء انسجة النبات.

* في المرحلة الاولى يتحول سكر الجلكوز الى احماض البارفيك.ولا يتم امتصاص الاكسيجين وانطلاقCO2

في المرحلة الثانية ينطلقCo2نتيجة لتفكك الاحماض البار فيك

* جميع CO2المطلق المتحرر يأتي من دورة كربس
* في المرحلة الاخيرة (نقل الالكترونات ) فتنتج الطاقة Energy حيث 2/3 هذه الطاقة يفقد على شكل حرارة Heatو1/3 فقط من هذه الطاقة يمسك علي شكلATP(مركب فوسفور كامل للطاقة)

-قبل دخول السكريات في المرحلة الاولى (التحلل السكري)لابد ان تكون السكريات العديدة والثنائية (النشا)-السكروزقد حدث لها تحلل بواسطة بعض الانزيمات الخاصية لتحويل الى سكريات أحادية ليتم تحللها.

تسمى هذه المرحلة بالتفاعلات التمهيدية.

معامل التنفس.

(RG ) Respiratory Guotien

Respirator, ratio نسبة التنفسية

وهومقياس النسبة تحرر CO2الى استهلاك o2 في عملية التنفس

co2

o2

=RQ

فعندما يكون سكر الجليكوز مادة التفاعل في التنفس ويتأكسد كله فإن حجم الاكسيجين المستهلك في هذه العملية يساوي حجم CO2 المنطلقة ومن هنا فإن النسبة تساوي الوحدةea.=1 وهذا مايلاحظ عند قياس معدل تنفس كثير من البذورالحبوب نظرا لان مخزونها الغذائي عبارة عن مواد سكرية اما في البذور النباتات التي تحتوي على مواد دهنيةفإن النسبة تكون كسرا نظرا لاختلاف مادة التفاعل بالنسبة للتنفس ولان نسبة الكربون والهيدروجين والاكسيجين بالدهون تختلف عن السكريات وهنا فان معامل التنفس يدل على نوع المواد المؤكسدة او ...اي...التأكسد للمادة الداخلة كمادة تفاعل للتنفس.

اذا كانت مادة التنفس سكرا فإن معامل التنفس يساوي 1 اما في الدهون فإنها تتطلب قدرا كبيرا من الاكسيجين لكي يتم تأكسدها الي CO2وماء لان نسبة الاكسيجين في جزىء الدهون اقل من جزىء السكر لذلك فإن معامل التنفس للدهون اقل من 1 (السكر)

س: ماذا يدل علية معامل التنفس ؟

يدل على نوع المواد المؤكسدة

طرق تقدير سرعة التنفس:

1-تقدير كمية غاز CO2المتصاعد .

2- تقدير كمية غاز O2المستهلك.

3- امرار غازCO2المتصاعد في محلول من هيدروكسيد الباريوم Ba(Oh)2 حيث تترسب كربونات الباريوم Baco3 نتيجة لامتصاصCO2 المتصاعد أثناء التنفس المادة النباتية المستعملة ومن ثم يمكن حساب كمية CO2 بطريقة معادلة المتبقي من هيدروكسيد الباريوم وذلك باستخدام هيدروكلوريكHCL معلوم القوه.

تسمى هذه الطريقة التيار الهوائي المستمر.

4-امتصاص CO2المتصاعد من عملية التنفس في محلول من هيدروكسيدالصوديوم NaOH وتقدير كمية CO2 الممتصة بالمعايرة.

5-طريقة الالكترون والاكسيجين.

يستعمل هذا الجهاز لقياس كمية الاكسيجين الموجودة في سائل ما(كمية قياس الرقم الهيدروجين) حيث ان هذا الالكترون يقيس ما يعرف بشد الاكسيجين OXYGEN TENSION وهو عباره عن ضغط غاز الاكسيجين الجزيء الذي يكون في حالة اتزان مع سائل ما.

العوامل المؤثرة على عملية التنفس :

1. درجة الحرارة :

تؤثر درجة الحرارة تأثيرا ملحوظا في عملية التنفس فالنباتات تستجيب لارتفاع درجة الحرارة في عملية التنفس مثلها كمثل أي عمليه حيوية اخرى فيزداد معدل التنفس بزيادة درجة الحرارة الى حدما كذلك فأن انخفاضدرجة الحرارة قد تسبب انخفاض في عملية التنفس وذلك بحسب نوع النبات والبيئة التي يعيش فيها.

1. تركيز O2:

يزداد معدل التنفس بزيادة تركيز الاكسيجين وكذلك فإن نقص الاكسيجين يسبب انخفاض معدل التنفس وعلى العموم فإن التنفس الهوائي يلزم له وجود الاكسيجين أي في حالة غياب الاكسيجين فإن التنفسيكون لا هوائيا .

1. تركيز CO2 :

يعتقد ان زيادة تركيز CO2 الناتج نهائي في عملية التنفس قد يثبط عملية التنفس الا ان هذه التراكيز التي تثبط التنفس عالية أيضا كما ذكر سابقا فإن زيادة تركيز CO2في الانسجة النباتية قد يسبب الأغلاق الثغور ومن ثم التأثير تبادل الغازات وبالتالي تثبيط التنفس.

**جدول مقارنة بين التمثيل الضوئي والتنفس**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| الموضوع | التمثيل الضوئي | التنفس |
| الفسفرة | الفسفرة الضوئية تستعمل الطاقة الضوئية | الفسفرة التأكسدية تستعمل الطاقة الكيمياوية |
| اختزال النيكلتيد | يتكونNADPHبالطاقة الضوئية ويستعمل لاختزال CO2 | يتكون NADHبأكسدة Cلاختزال O2 |
| CO2 | مادة تفاعل | ناتج |
| الماء | مادة تفاعل | ناتج |
| O2 | ناتج | مادة تفاعل |
| المركبات العضوية | ناتج | مادة تفاعل |