كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثانية**

المادة : فزيولوجيا نباتية

المحاضرة: الثامنة /نظري/د. صباح

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم علم الحياة

أساسيات الفسيولوجيا النباتية

السنة الثانية

المحاضرة الثامنة

د. صباح صقر

2024-2023

البناء الضوئي

تأتي كلمةPhotosynthesis من كلمة Photo وتعني ضوء وSynthesis وتعني بناء وهي ظاهرة فيزيولوجية تسمح بالالتقاط المباشر لجزء من الطاقة الضوئية بواسطة النبات حيث تستخدم الطاقة الملتقطة بشكل أساسي في البناء الداخلي للجزيئات العضوية الكبيرة ابتداء من مواد رئيسة هي الغاز الكربوني الهوائي والماء ومعادن التربة وفق المعادلة التالية :

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

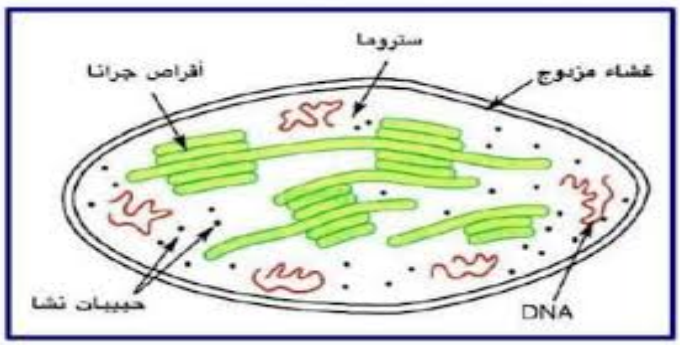
تفيد عملية البناء الضوئي في تحويل طاقة الضوء إلى طاقة كيميائية ضمن مركبات كيميائية معقدة مثل الكربوهيدرات وغيرها .

كيف تحدث هذه العملية ؟

يتألف الضوء من جسيمات ضوئية تسمى الفوتونات وتختلف طاقة هذه الجسيمات باختلاف طول الموجة الضوئية، حيث يتناسب محتوى الجسيمات من الطاقة عكسا مع الطول الموجي ، فالطول الموجي القصير يكون ذا محتوى عالي من الطاقة كما في الأشعة البنفسجية التي تكون خطيرة على الخلية، وتقوم الصبغات المتخصصة بعملية التركيب الضوئي بامتصاص الطاقة الضوئية.

البلاستيدات : هي العضيات المسؤولة عن القيام بعملية التركيب الضوئي تتألف من غشاء مزدوج يحوي بداخله نوعين من الصفائح هما صفائح الجرانا الحاوية على صبغات البناء الضوئي وصفائح الستروما الحاوية على انزيمات تفاعلات الظلام .

يوجد داخل البلاستيدة ما يسمى الكوانتوسوم أو الوحدة الضوئية التمثيلية والتي لا بد من احتوائها 400 جزيء كلوروفيل على الاقل لقيامها بعملية التركيب الضوئي .



بلاستيدة

صبغات البناء الضوئي

توجد صبغات البناء الضوئي في البلاستيدات الخضراء حيث هناك أكثر من نوع ولكل منها وظيفة متخصصة ويمكن أن نوردها كما يلي :

1- الكلوروفيل : صبغات خضراء موجودة في النباتات والطحالب والبكتريا ويمكن تمييز تسعة أنواع منها أهمها كلوروفيل (A،B) كونهما موجودان في البلاستيدات الخضراء للنباتات الراقية .

2- الصبغات المساعدة الاخرى : تقوم بامتصاص الطاقة وتسهيل عملية البناء الضوئي وتوجد في كافة النباتات ذاتية التغذية مثل البكتريا الزرقاء والطحالب والنباتات وتشمل تلك الصبغات :

أ- الفايكوبلينات

ب- أشباه الكاروتينات

ج- الفلافينات

تفاعلات البناء الضوئي : تقسم تفاعلات البناء الضوئي إلى قسمين

1- تفاعلات الضوء

2- تفاعلات الظلام

تفاعلات الضوء : أو الفسفرة الضوئية لا تحدث الا بوجود الضوء وبنتيجة هذه التفاعلات ينشطر الماء ليتحرر الاوكسجين ويتشكل NADPH و ATP ،إن أهم ما يحدث في التفاعلات الضوئية هو امتصاص الطاقة الضوئية من قبل جزيئات الكلوروفيل وتحويلها إلى طاقة قابلة للاستعمال فورا في الإستقلاب الخلوي وذلك بفسفرة الـ ADP الداخلي وتحويلها إلى ATP، يجري هذه التفاعل داخلياً وتؤخذ الطاقة اللازمة من الضوء الملتقط لذلك أخذت اسم الفسفرة الضوئية(لأنها تحصل بفضل الطاقة الضوئية)

يوجد نوعان من الفسفرة الضوئية:

1- الفسفرة الضوئية اللاحلقية(المفتوحة) :يؤدي سقوط الضوء على النظام الضوئي الاول إلى تأين الكلوروفيل b الذي يتحول إلى كلوروفيل b^+ ويكون شرهاً للإلكترونات، فتصبح قادرة على انتزاع الإلكترونات من الماء وهذه الظاهرة هي ظاهرة الأكسدة الضوئية للماءPhotooxidatione

بعدها يتم نقل الإلكترونات من النظام الضوئي الثاني إلى النظام الضوئي الاول حيث أنه خلال النقل المتتابع للالكترونات يطرح في الوسط كمية كافية من الطاقة ويتم تحول ADP إلى ATP ،وأخيرا يتم ارجاع $NADP^+$ إلى NADPH

2- الفسفرة الضوئية الحلقية :تتميز الفسفرة الضوئية الحلقية ان هناك تفاعل ضوئي واحد ولا يحصل تحرر للاكسجين في هذا النظام ولا يحدث ارجاع لـNADP

تفاعلات الظلام :تحدث فيها التفاعلات دون الحاجة إلى وجود الضوء أي أنه يحدث في النهار والليل ويتوقف نشاط هذا التفاعل على الطاقة الناتجة في تفاعلات الضوء ويتم فيها تثبيت CO_2 وتركيب الكربوهيدرات عبر سلسلة من التفاعلات ويستخدم لتثبيت الكربون الطاقة المخزنة في تفاعلات الضوء على شكل NADPH و ATP

تأثير الظروف البيئية على عملية التمثيل الضوئي

1- الضوء :

1-1 تأثير شدة الضوء: لايمكن أن يحدث التمثيل الضوئي بدون ضوء، وتكون شدة الظاهرة متوازية مباشرة مع شدة الضوء وتكون الإضاءة القوية جداً قاتلة للتمثيل الضوئي، تتوافق منطقة الإضاءة من (0 حتى 500 لوكس) مع الإضاءات الطبيعية المعتادة والأكثر أهمية،عندما تكون الاضاءة ضعيفة جدا يكون التمثيل الضوئي قليل الفعالية وتغلب التبادلات الغازية التنفسية على تبادلات التمثيل الضوئي ، وفي اضاءة أعلى قليلا (لكنها منخفضة أيضا) يحدث توازن بين التنفس والتركيب الضوئي وفيه تكون كمية CO_2 المتحرر بواسطة التنفس مساوية لكمية CO_2 الممتصة بواسطة التمثيل الضوئي ، وتكون كمية O2 المتحرر من عملية التركيب الضوئي مساوية لكميةO_2 الممتص في عملية التنفس ويقال أن النبات وصل إلى **نقطة التعادل** في هذه النقطة لا يوجد تبادل غازي بين النبات والوسط الخارجي وتختلف نقطة التعادل من نبات لاخر .

1-2- نوعية الضوء : لايستعمل النبات إلا قدراً ضئيلاً من الأشعة الضوئية الساقطة على أوراقه وتكون ذروة امتصاص صبغة الكلوروفيل للطيف الضوئي في المنطقة الحمراء والزرقاء بينما تكون ذروة امتصاص صبغة الكاروتينوئيدات في المنطقة الزرقاء وينعكس معظم الضوء في المنطقة الخضراء .لذلك تبدو الأوراق بلون أخضر. لذلك يكون المعدل الاعلى للتمثيل الضوئي عند طول موجات المنطقة الحمراء والزرقاء وأقل معدل في المنطقة الخضراء .

2- **تأثير تركيز CO_2 في الوسط:** يعتبر محتوى الهواء من CO_2 أحد العوامل الثلاثة الهامة المحددة للتمثيل الضوئي عند النباتات وعندما ينعدم تركيز CO_2 في الوسط تنعدم كثافة التمثيل الضوئي.

3- تأثير الحرارة : تعتبر الحرارة إحدى العوامل الهامة المحددة للتمثيل الضوئي، ويلاحظ تأثيرا إيجابياً لدرجة الحرارة في هذه الظاهرة حتى 30 مْ يكون تثبيط هذه العملية اكثر وضوحا بارتفاع درجة الحرارة ويمكن القول أن درجة الحرارة المناسبة لعملية التمثيل الضوئي هي 25 مْ ، ارتفاع درجة الحرارة يجعل لبيدات وبروتينات الغشاء الخلوي أكثر سيولة مما يؤثر في حركة النواقل الأنزيمية المسؤولة عن نقل الإلكترونات التي قد تبتعد عن بعضها البعض مما يسبب تثبيط الإنتقال الإلكتروني وانخفاض التمثيل الضوئي .

4- تأثير الماء :أي نقص يؤدي إلى انخفاض شديد في فعالية التمثيل الضوئي و يعتبر نقص الماء والظروف الحرارية العالية هما العاملان المسؤولان بشكل رئيسي عن ضعف التمثيل المسجل في المناطق نصف الجافة والحارة والباردة، حيث أن الماء ضروري لبناء المواد العضوية أثناء عملية التمثيل الضوئي و ضروري لعمل الأنزيمات ونشاط التفاعلات الكيميائية كما يؤدي نقص الماء إلى زيادة لزوجة السيتوبلاسم مما يخفض عملية التمثيل الضوئي، كما يؤدي إلى إغلاق الثغور وبالتالي انخفاض دخول CO_2 إلى الورقة عبر الثغور وبالتالي خفض عملية التمثيل الضوئي .

5- **تأثير الأوكسجين في الوسط** : وجد أن الزيادة في تركيز الأوكسجين عن 21% تسبب حصول عملية التنفس الضوئي التي تؤدي إلى ضياع المواد العضوية أما نقص الأوكسجين فيؤدي إلى حصول التنفس اللاهوائي وتشكل مركبات ضارة قد تكون السبب في اختلال عملية التمثيل الضوئي.

6- عوامل مرتبطة بالنبات:

6-1 – الكلوروفيل : ان الكلوروفيل هو العنصر الأساس في تفاعلات الضوء وعليه فان الأجزاء غير الخضراء و المبرقشة والمصابة لا تستطيع القيام بالتمثيل الضوئي.

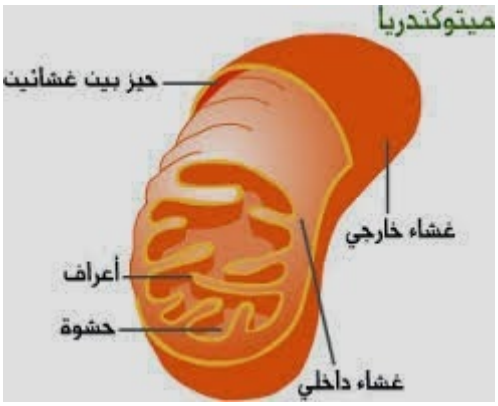
6-2- تراكم نواتج عملية التمثيل الضوئي : عند تراكم نواتج عملية التركيب الضوئي بدرجة كبيرة ينعكس سلبا على عملية التمثيل الضوئي بانخفاضها، وتزداد سرعة التنفس ،تختلف النباتات في اختزان مواد التمثيل الضوئي ففي النباتات ذات الفلقة الواحدة تختزن السكريات بينما في النباتات ذوات الفلقتين تتكاثف السكريات مشكلة النشا وهو غير ذائب لذلك يتم ترحيله من وسط التفاعل ما يؤدي إلى استمرار عملية التمثيل الضوئي بعكس ذوات الفلقة الواحدة .

التنفس

هو عملية اكسدة كيموحيوية لتحليل المركبات العضوية ينطلق منها طاقة ، اذا عملية التنفس هي عملية هدم للمركبات في وجود الانزيمات .

أين تتم عملية التنفس ؟

الميتوكندريا : هي جسيمات بروتوبلاسمية مبعثرة في السيتوبلاسم تؤدي دورا رئيسيا في تحرير الطاقة للخلية وهي محاطة بغشاء سيتوبلاسمي مزدوج مكون من غشاء خارجي وغشاء داخلي ذو طيات تسمى ثنيات وفيها الحشوة التي تحوي سائل غروي وانزيمات و DNA ورايبوسومات . تجري عملية تحرير الطاقة داخل الميتوكوندريا من خلال تفاعلات دورة كربس وما يعقبها من تفاعلات .



ميتوكوندريا

آلية حدوث التنفس : يحدث التنفس الهوائي بأربع خطوات

1- تحلل الجلوكوز لتشكل حامض البيروفيك

2- تنشيط حامض البيروفيك بتكوين خلات نشطة في صورة اسيتيل مرافق انزيميA.

3- دورة حامض البيروفيك (دورة كربس)

4- عملية الاكسدة الفوسفورية أو الفسفرة التأكسدية

يمكن أن **يحدث تنفس لا هوائي** وهنا تنطلق طاقة اقل بكثير منها في التنفس الهوائي ، يماثل التنفس اللاهوائي في النبات عملية التخمر الكحولي في الخميرة ، تحدث هذه العملية في خطوتين الاولى هي تحلل الجلوكوز والثانية تحول حامض البيروفيك إلى اسيتالدهيد ، يحدث التنفس اللاهوائي في انسجة النياتات الراقية نتيجة وجود تراكيب من شأنها منع وصول الاكسجين إلى الانسجة الداخلية ، كما في اغلفة البذور لكثير من الانواع النباتية ففي الاطوار الاولى من الانبات وقبل تمزق الاغلفة ترجح كفة التنفس اللاهوائي على التنفس الهوائي ، كما في بذور البازلاء والشوفان والذرة

الخصائص	التنفس الهوائي Aerobic resperation	التنفس اللاهوائي Anaerobic resperation
مكان الحدوث	يبدأ في السيتوبلاسم ثم الميتوكوندريا	يبدأ في السيتوبلاسم خارج الميتوكوندريا
الطاقة الناتجة	36جزيء ATP	2 جزيء ATP
توفر الاكسجين	يتم بوجود الاكسجين	يتم في غياب الاكسجين
الكائنات التي تقوم به	عند غالبية النباتات	البكتريا والخمائر في حال نقص الاكسجين

معامل التنفس : هو النسبة بين حجم ثاني اكسيد الكربون الناتج إلى حجم الاكسجين الممتص ، وتعتمد قيمة معامل التنفس على كمية الاكسجين في المواد الغذائية المستهلكة في التنفس لذلك ان قيمة هذا المعامل تختلف فيما اذا كانت مادة التنفس كربوهيدرات أو دهون أو بروتينات فهي في الكربوهيدرات تبلغ (1) بينما في المواد الدهنية (0.71)

العوامل المؤثرة في التنفس

1- درجة الحرارة: تزداد سرعة التنفس بزيادة درجة الحرارة من صفر إلى 35 ، والدرجة المثلى لحدوث التنفس تقع بين 30-40 درجة مئوية ، ويمكن للبذور الكامنة ان تتنفس حتى درجة (- 50 مْ) ،كما يمكن لبعض النباتات الصحراوية ان تتنفس في درجة حرارة اعلى من 50 مْ.

2- عمر النسيج النباتي : تكون سرعة التنفس في الانسجة المرستيمية الصغيرة أكبر من الانسجة البالغة حيث كلما زاد نشاط الانسجة كلما زادت سرعة التنفس .

3- تركيز الاوكسجين : ان تركيز 21% من الاكسجين وهو التركيز الطبيعي في الجو مناسب جدا لحدوث عملية التنفس، وقد وجد من التجارب ان سرعة التنفس في النبات ثابتة حتى عند خفض نسبة الاكسجين إلى 1% وذلك لان انزيم الاوكسيداز الطرفي له قابلية عالية جدا للتجاذب والامتزاج مع الاكسجين وبذلك يعوض اي نقص في الاكسجين أما التراكيز العالية من الاكسجين فإنها تثبط التنفس .

4- الضوء : تعرض النسيج النباتي للاضاءة فترة طويلة ترتفع درجة حرارته ما يزيد من سرعة التنفس ،كما يؤثر الضوء على الثغور ما يؤدي زيادة التبادلات الغازية اي أنه لا يؤثر بشكل مباشر في عملية التنفس.

5- تركيز CO_2 : زيادة تركيزه عن حد معين يخفض التنفس ويختلف ذلك حسب نوع النبات.

6- الجروح والأمراض والمواد السامة : تزيد الجروح التنفس في الجزء المجروح وكذلك الامراض ، أما المواد السامة تقلل سرعة التنفس

7- درجة الرطوبة في النسيج النباتي: تقل سرعة التنفس كلما انخفض تركيز الماء في العضو النباتي ومن أوضح الأمثلة على ذلك أن البذور الساكنة سرعة تنفسها منخفضة جدا وعند تشربها للماء اثناء الانبات تزداد سرعة التنفس ، لكن اختلاف تركيز الماء في أنسجة النبات العادي في الاوراق والسوق والجذور لا تؤثر على سرعة التنفس كما في البذور.

سرعة التنفس ونضج الثمار : تنضج كثير من الثمار بعد قطفها اي ان النضج يحدث من الثمرة نفسها ، ويكون النضج في بعض الثمار مرتبطا بالزيادة في سرعة التنفس وعند دراسة التنفس اثناء نضج الثمار فإننا نلاحظ عند زمن معين زيادة فجائية وكبيرة في تركيز ثاني اكسيد الكربون الناتج من التنفس مدة قصيرة ثم يلي ذلك نقص كبير في التركيز فجأة بعد هذه الفترة تتحول الثمرة من ثمرة غير ناضجة إلى ثمرة ناضجة قابلة للاكل