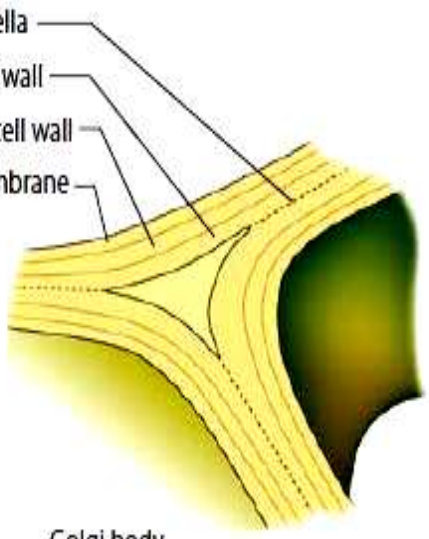
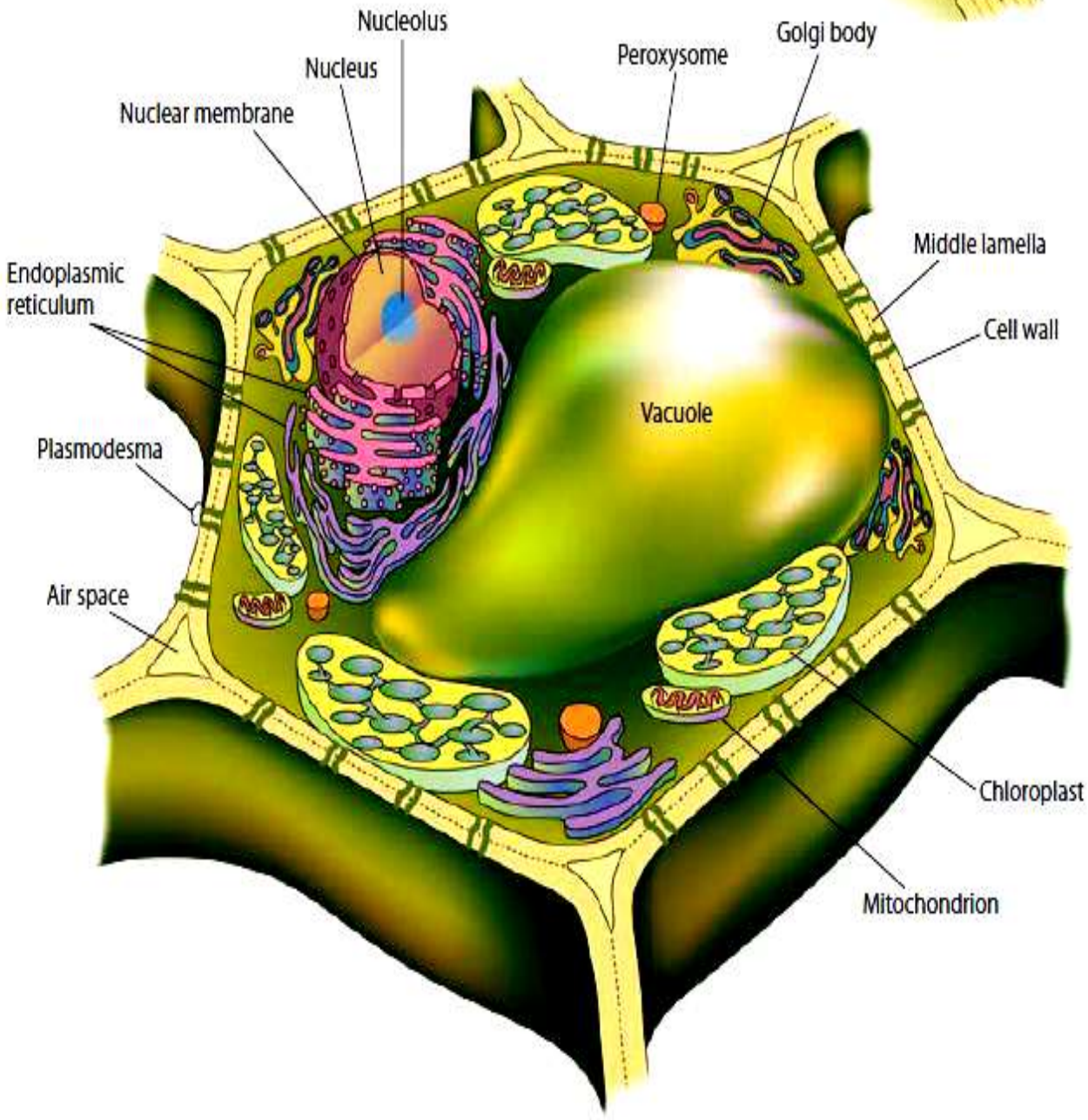
علم فسيولوجيا النبات

PLANT PHYSIOLOGY





DR. MAHMOOD AL SHAHEEN

2019 – 2020

المصدر :- كتاب علم فسيولوجيا النبات تأليف : د. فيصل عبد القادر السكري 1982

المحاضرة ألسابعة

التركيب الضوئي Photosynthesis

ان النباتات الخضراء تختلف عن معظم الكائنات الاخرى لكونها ذاتية التغذية Autotrophic أي إنها قادرة على تكوين غذائها بنفسها بتحويل CO_2 اللاعضوي الى مواد عضوية سكرية بواسطة الطاقة الضوئية داخل جهاز غاية في التنسيق والترتيب يعرف بالبلاستيدة الخضراء Chloroplast بعملية تعرف بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis . ان اصطلاح التركيب الضوئي غالبا ما يستعمل للإشارة الى بناء الكربوهيدرات من قبل النبات من مواد لا عضوية بسيطة (الماء وCO_2) بمساعدة الطاقة الضوئية التي تمتصها البلاستيدات الخضر كما ان هذا الاصطلاح يمكن ان يستعمل بمعناه الواسع ليشير أيضا الى بناء البروتين والشحوم كنتيجة لتكوين المواد الكربوهيدراتية ، وغالبا ما نعبر عن عملية التركيب الضوئي بالمعادلة الكيميائية التالية :-

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

ولتفهم عملية التركيب الضوئي وإدراك جوانبها بصورة واضحة يجب ان ندرس تركيب البلاستيدات الخضر ونتعرف على الصبغات التي تحتويها هذه الجسيمة السايتوبلازمية .

البلاستيدات الخضر Chloroplasts :

هي جسيمات موجودة في الخلايا الخضراء وتعتبر المركز الذي تتم فيه عملية التركيب الضوئي وفيها تنتظم جزيئات الكلوروفيل والصبغات الاخرى المساعدة التي تشترك بصورة غير مباشرة في عملية التركيب الضوئي . يوجد تشابه كبير بينها وبين المايتوكوندريا في نواحي عديدة هي:

1- تكوينها لمواد Lipoprotein complex
2- إنتاجها للطاقة بشكل ATP (Adenosine Tri Phosphate)
3- احتوائها على Deoxy Ribonucleic Acid (DNA)
4- احتوائها على Ribonucleic acid (RNA)
5- احتوائها على الصبغات Pigments

مراحل تكوين البلاستيدات الخضر Chloroplasts formation

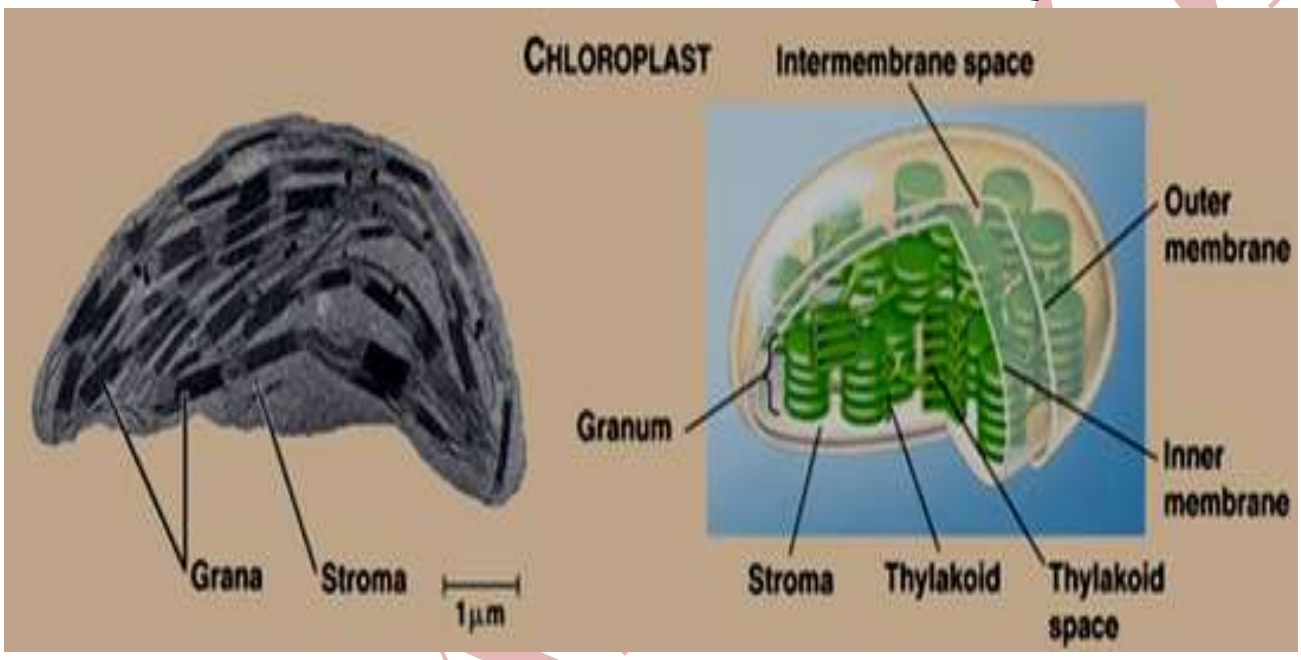
1- تنشأ من أجسام صغيرة مبكرة Early proplastide والتي تتكاثر بالانقسام وتحوي على pro chlorophyll وان هذه pro plastid تؤدي الى تكوين حويصلات صغيرة vesicles .
2- ترتبط الحويصلات مع بعضها لتكوين الأجسام الصفائحية الأولية Pro lamellar bodies .
3- تندمج الأجسام الصفائحية الأولية فيما بينها لتكوين أجسام قرصية Lamellar discs وهي ذات أغشية مزدوجة Double membranes .
4- تتكاثر الأجسام القرصية لتكون نظاما غشائيا متصلا مع بعضه يسمى النظام ألصفائحي Lamellar system .

DR.MAHMOOD

1-يتعرض النظام ألصفائحي للضوء فيحدث تخصص وتتكون الكَرانا Grana الخضراء اللون .

النظام ألصفائحي وتكوين الكلوروفيل في البلاستيدات :

تحاط البلاستيدات بغلاف غشائي مزدوج ، يمتد الغشاء الداخلي الى داخل البلاستيدة الخضراء في عدة أماكن ليكون النظام ألصفائحي Lamellar system في مناطق متعددة من البلاستيدة الخضراء وان أغشية النظام ألصفائحي تكون مفردة ومؤلفة مما يسمى بالصفائح Thylakoids او الأقراص discs وعند تجمع قرصين او اكثر يتكون ما يعرف بالكرانم Granum ترتبط فيما بينها بواسطة صفائح الستروما Stromal lamella ويسمى الفراغ الموجود Locule .



* عدد الكرانا في البلاستيدة الواحدة يتراوح بين 40 – 60 كرانا في النباتات الراقية وواحدة في الطحالب الخضر المزرقة.

* تتجاور صبغات الكلوروفيل والصبغات الثانوية على أغشية الكرانا لتسهيل تحول الطاقة الضوئية من الصبغات الثانوية الى الكلوروفيل a .

* أغشية الكرانا مكونة من وحدات ثانوية بروتينية دهنية تسمى subunit واعتُقِد بان كل 4 وحدات ثانوية subunit تكون ما يعرف بوحدة البناء الضوئي (الكوانتاسوم Quantasome) .

يوجد الكلوروفيل على أغشية الكرانا ويُعتَقد بوجوده على أغشية أخرى خارج الكرانا .

- إنزيمات تثبيت CO_2 وتحويل المركبات الكربوهيدراتية من شكل الى آخر والـ **DNA** والدهون والمواد الاخرى الخاصة بانقسام البلاستيدة الخضراء توجد في الحشوة Matrix او Stroma .

الصبغات pigments: مركبات عضوية تمتص الطاقة الضوئية وتحولها الى طاقة كيميائية وهي على أنواع :

1- **الكلوروفيلات Chlorophylls**:

* كلوروفيل a – يوجد في جميع النباتات التي تقوم بعملية التركيب الضوئي عدا البكتريا .
* كلوروفيل b – النباتات الراقية + الطحالب
* كلوروفيل c – الطحالب السمراء

* كلوروفيل d – الطحالب الحمراء
* كلوروفيل e – بعض النباتات
* كلوروفيل a و b البكتيري – يوجد في اكثر أنواع البكتريا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي .

الكلوروفيلات فعالة في امتصاص الضوء وتحويله الى طاقة كيميائية واكثر الموجات الضوئية تأثيرا على إحداث عملية التركيب الضوئي هي الزرقاء والحمراء وهذه تمتص من قبل كلوروفيل a و b بكفاءة عالية .

2- **الصبغات المساعدة (الثانوية) Accessory pigments وتشمل**:-

أ- الكاروتينات Carotenoid :- وهي مركبات دهنية موجودة في النبات والحيوان وألوانها صفراء ، حمراء ، برتقالية او بنية توجد في البلاستيدات الخضر والملونة وفي جذور الجزر وثمار الطماطة الحمراء ومختلف الأزهار وتقسم الى مجموعتين :

أ- **مجموعة الكاروتينات Carotenes** وتتكون من الكاربون والهيدروجين فقط وهي على أنواع :

* **بيتا- كاروتين β - Carotene** النوع الشائع صفراء او برتقالية .
* **الفا- كاروتين α – Carotene** نفس الصبغة السابقة واقل انتشارا .
* **اللايكوبينات Lycopene** حمراء وموجودة في ثمار الطماطة .

ب- مجموعة الزانثوفيلات Xanthophylls : حاوية على 40 ذرة كربون وحاملة للأوكسجين لونها سمراء او بنية اللون وأنواعها Lutein , Zea xanthine , Crypto xanthine, Thioxanthine .

لها أهمية في منع هدم الكلوروفيل بوجود الضوء والأوكسجين ويطلق على هذه الظاهرة الهدمية **بالأكسدة الضوئية Photo oxidation** ، اما وظيفة الزانثوفيلات الاساسية فهي دورها في امتصاص الضوء اللازم للتركيب الضوئي وتحويله الى الكلوروفيل .

جـ - صبغات Biliproteins or Phycobilins : توجد في الطحالب الزرقاء الخضراء والطحالب الحمراء ، وهي صبغات ثانوية مساعدة Accessory pigment شانها شان الكاروتينات وكلوروفيل d , b , c لأنها تمتص الطاقة الضوئية وتحولها الى الكلوروفيل .

مقارنة بين كلوروفيلa وكلوروفيل b

ت	الصفة	كلوروفيل A	كلوروفيلB
1	التركيب الكيميائي	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
2	اللون	اخضر مزرق غامق	اخضر مزرق فاتح
3	تركيزه	3	1
4	امتصاص الضوء	كلاهما يمتصان اللون الأزرق والأرجواني والأحمر وقليلا جدا من اللون الأخضر	

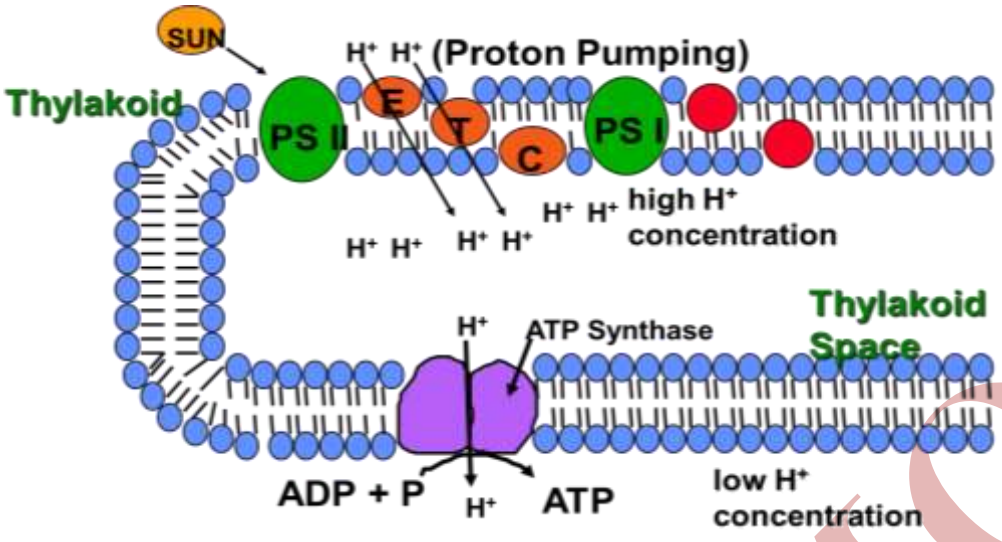
العوامل التي يعتمد عليها تكوين الكلوروفيل :-

1- العامل الوراثي: بذور بعض أصناف الذرة وزهرة الشمس عديمة الكلوروفيل بعد الإنبات .

2- الضوء : مهم في تكوين الكلوروفيل .

3- المعادن : مهمة في تكوين الكلوروفيل (Fe , Mg , S , N) ونقصها يسبب الاصفرار .

يعتقد بان الكلوروفيل b ينشا من كلوروفيل a .



رسم تخططي لمقطع من اغشية الثايلاكويد يبين ترتيب الصبغات عليه

وحدة البناء الضوئي ((الكوانتاسوم)) Quantasome:-

اعتقد سابقا ان امتصاص وتحويل الطاقة الضوئية يتطلب وجود بلاستيدة خضراء كاملة النمو والتركيب ولكن لوحظ ان تفاعل Hill يمكن إظهاره بمجرد وجود بعض الأجزاء الصغيرة في البلاستيدة مما يشير الى إمكانية تكون البلاستيدة الخضراء من وحدات دقيقة سميت photosynthetic unit او ما تسمى بالكوانتاسوم Quantasome والتي تعرف بأنها اصغر مجموعة من جزيئات الصبغات المتقاربة في ترتيب هندسي منتظم ضرورية لامتصاص الطاقة الضوئية ونقلها الى مكان استغلالها ، ويحتمل بان الكوانتاسوم هي الـ subunit التي تتألف منها أغشية البلاستيدة الخضراء وان الكوانتاسوم تحوي 230- 250 جزيئة كلوروفيل . الكوانتاسوم وحدات ذات تركيب مورفولوجي معين ووزن جزيئي 2×10^6 دالتون ، يتطلب 8 - 10 كوانتا Quanta من الطاقة الضوئية لتثبيت مول واحد من CO_2 او تحرير مول واحد من الاوكسجين .

ان الكوانتاسوم الواحد يتألف من الجزيئات التالية :-

أ- $Mn^{+2} = 2$

ب- 12 ذرة Fe^{+2} موزعة كالآتي :-

1 - واحدة تدخل في تركيب Cytochrom b6

2 - واحدة تدخل في تركيب Cytochrom f

3- 10 عشر تدخل في تركيب Ferredoxin

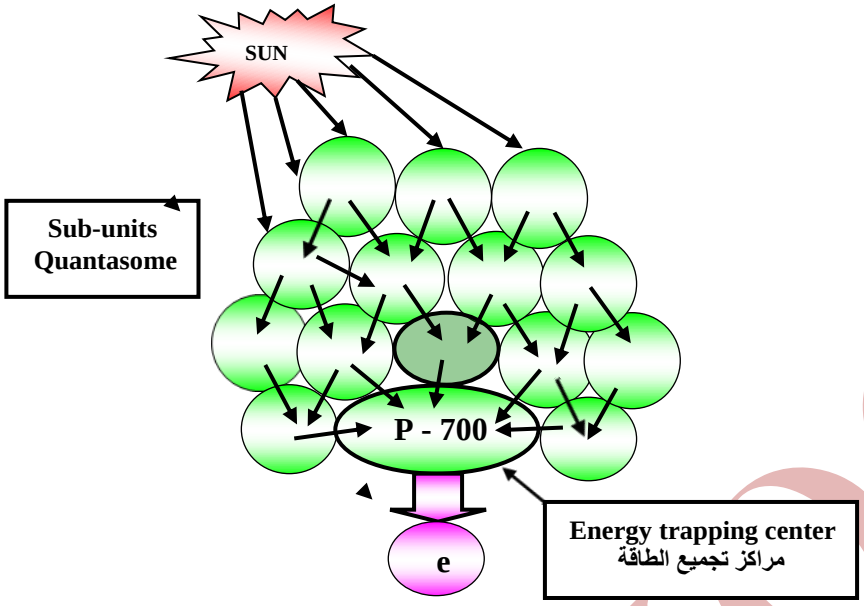
ج- $Cu^{+2} = 6$ جزيئات

د- Quinine =46 جزيئة

هـ- Carotenoid 48 جزيئة

و- Chlorophylls = 230 - 250 جزيئة .

DR. MAHMOOD



ان طاقة الضوء الممتص من قبل صبغة واحدة يمكن ان تنتقل بكفاءة الى صبغة أخرى مسببة لها الوميض Fluorescence وهذا ما يدل على اقتراب وترتيب جزيئات الصبغات بشكل هندسي منظم لذلك يستنتج وجود مكان لوحدة التركيب الضوئي او الكوانتاسوم لأخذ الطاقة لكل 200- 300 جزيئة كلوروفيل .

وحدة الطاقة الضوئية Light Energy Unit:-

الطاقة الضوئية هي موجات ذات طبيعة دقائقية تعرف بالفوتونات Photons او الكوانتم Quantum.

كمية الطاقة الضوئية المخزونة في دقائق الضوء تتناسب طرديا مع التردد Frequency

طاقة الكوانتم تحتسب من المعادلة التالية : $Q = hV = h C / \lambda$

Q هي طاقة الquantum

h : ثابت بلانك ويساوي (6.624×10^{-27} erg . sec.)

V : هو التردد(Frequency). Wave / sec

C : هي سرعة الضوء المساوية (10^3x10 c.m./sec.)

λ: طول الموجة الضوئية بالسنتمتر .

أي ان التردد يتناسب عكسيا مع طول الموجة .

إذن الموجات الضوئية القصيرة تحوي طاقة اكبر .