محاضرة رقم (5) : فسلجة احياء مجهريه دكتورة : ايمان عبعوب

التركيب الضوئي Photosynthesis

هو تحويل الطاقة الضوئية الواردة من الشمس الى طاقة كيميائية نافعة للعمل الخلوي يستعمل قسما منها في ادامة الخلايا والنمو والقسم الاخر يخزن بشكل جزيئات سكرية ويمكن هذا الخزن الاحياء من ضمان مصدر مستقر للطاقة والذي تصطاده الحيوانات بالتغذي على الكائنات التي تقوم بالتركيب الضوئي او على بعضها البعض ضمن سلسلة الفريسة والمفترس.

عملية التركيب الضوئي هي استخدام الطاقة الضوئية لتحويل ثاني اوكسيد الكاربون والماء الى سكر و مركبات عضوية اخرى كما في المعادلة التالية :

ضوء

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

كلوروفيل

اوضح العالم روبرت هل Robert Hill ان مجمل عملية التركيب الضوئي يحدث بمرحلتين من التفاعلات هي

1 - تفاعل الضوء

وفي هذه المرحلة ينشطر الماء معطيا ايونات الهيدروجين وغاز الاوكسجين والكترونين وطالما كانت المادة التي تستلم الالكترونات متوفرة فان انشطار الماء سيتمر بوجود الضوء حتى في حالة غياب ثاني اوكسيد الكاربون (انشطار الماء بواسطة الطاقة الضوئية في هذه المرحلة لذا سميت بتفاعلات الضوء)

تتهيج الالكترونات الناتجة من تفاعلات الضوء (ترتفع الى مستوى طاقة اعلى) ويتم التهيج بخطوتين تعرفان بالنظام الضوئي الاول والثاني Photosynthesis 1&2 وان صبغة الكلوروفيل الخضراء تمتص في كلتا الخطويتين الطاقة الضوئية وتستعملها في تهيج الالكترونات تمر الالكترونات المتهيجة عند نهاية الخطوة الاولى الى سلسلة نقل الكترون محتوية على جزيئات السايتوكروم مماثلة لتلك المشاركة في عملية التنفس وتعطي أللالكترونات المتهيجة خلال مرورها بسلسلة نقل الكتروني جزء من الطاقة التي اكتسبتها لتوها من ضوء الشمس وتستعمل هذه الطاقة المفقودة في تكوين جزيئات ATP بطريقة مماثلة لتكوين ATP في المايتوكوندريا. ان ATP هو احد الناتجين المهمين في تفاعلات الضوء .

وفي الخطوة الثانية من تفاعلات الضوء يزداد تهيج الالكترونات الى طاقة اعلى بواسطة الكلورفيل وضوء الشمس وتدخل هذه الالكترونات ثانية في سلسلة نقل الالكترون وتفقد جزء من طاقتها التي اكتسبتها حديثا غير انه لايتكون هذه المرة ATP اذ عوضا عن ذلك تتحد الالكترونات عند نهاية السلسلة مع المساعد الإنزيمي (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

$NADP^+$) فتكون النتيجة تكون مساعد انزيمي مختزل NADPH وهذا المساعد الانزيمي المختزل هو الناتج المهم الثاني في تفاعل الضوء .

وتستعمل كل من ATP و NADPH المتكونه من تفاعل الضوء في دورة كلفن- بنسون لتكوين السكر من ثاني اوكسيد الكاربون وتتالف دورة كلفن ممايقارب 20 تفاعلا مختلفا

ان تفاعلات الضوء في البكتريا متمثلة بجهاز فعال واحد والذي يتمثل دوره في عملية الفسفرة الضوئية لمركب ATP وتسمى الفسفرة الضوئية الدائرية او المغلقة Cyclicphosphorytlation وكما يلي :

1 – يمتص الضوء من قبل جزيئة الكلوروفيل ويقذف الكترون الى Ferrodoxin والذي يعطي الالكترون الى Ubi Quinone

2 – تنتقل الالكترونات من هذا المركب عبر سلسلة من السايتوكروم وتنتج ATP

3 – وجود صبغة الكاروتين التي تمتص ضوء ذي طاقة اعلى من الضوء الممتص بواسطة الكلوروفيل البكتيري فان هذه الطاقة الممتصة تهيج الالكترونات وتحررها بعد انتقال هذه الالكترونات في سلسلة نقل الالكترونات المبينه اعلاه ينتج NADPH والالكترونات تتحررمن مواد غير الماء مثل كبريتيد الهيدروجين .

اما في الطحالب الخضر المزرقة فان للتخليق الضوئي جهازين ضوئين بدلا من جهاز واحد كما هو الحال في البكتريا ، الجهاز الاول مشابه لما هو موجود في البكتريا ويكون نتيجة لتحرير الالكترونات ونقلها الى NADPH اما الالكترونات المتحررة من الجهاز الضوئي الثاني فتعطي ATP يتصل الجهازين مع بعضهما بواسطة السايتوكروم F الذي يوجد في الاجهزة الضوئية فقط اما السايتوكرومات الاخرى فتتواجد في اجهزة غير ضوئية ماعدا PlastoQuinone ، وايون الكلوروفيل يتعادل باستلامه الكترون متحرر من التحلل الضوئي للماء وتكون غاز الاوكسجين

.لايتحرر الاوكسجين بعملية التخليق الضوئي في البكتريا لكن لهذه البكتريا القادرة على التخليق الضوئي لها القدرة على تثبيت النتروجين .

الفسفرة الضوئية المفتوحة في الطحالب

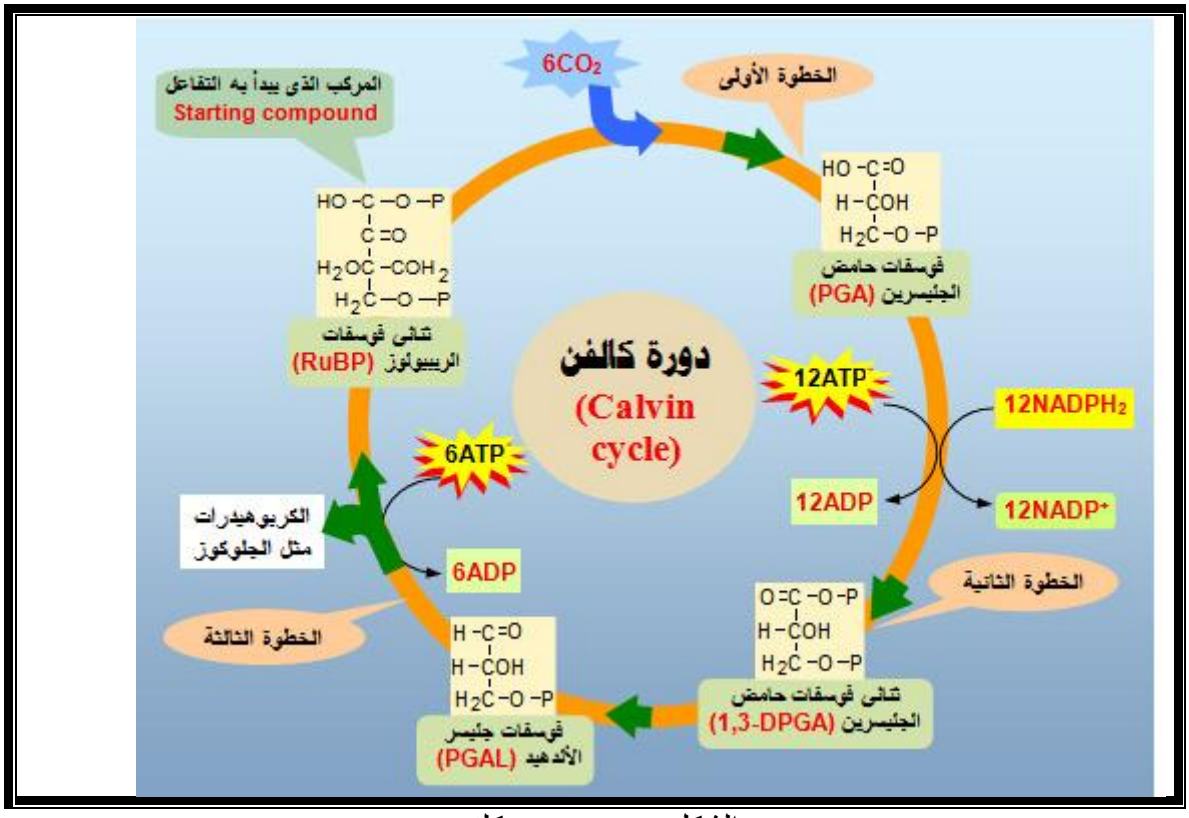
2 - تفاعل الظلام

وفيها تستعمل نواتج تفاعلات المرحلة الاولى في تكوين السكر من ثاني اوكسيد الكاربون ولان هذه الفعاليات لاتتطلب مشاركة الضوء بصورة مباشرة سميت بتفاعلات الظلام .

تثبيت ثاني اوكسيد الكاربون (تحوله من الحالة الغازية الحرة الى مركبات عضوية صلدة) او تكوين السكر وضح بجهود كل من العالمين Andrew Benson , Melvin Calvin ولذا يشار الى هذه التفاعلات بدورة كلفن .

يثبت Co_2 بتفاعله مع Ribulose 1,5 diphosphate وبمساعدة انزيم dismutase يكون مركب 3-phosphoglycerate بتكوين جزيئتين من هذا المركب

ان جزيئة CO_2 المثبته تم تثبيتها باستهلاك (جزيئتين من ATP و NADPH وبعد ذلك نحصل على سلسلة من التحولات في السكر الثلاثي وبمساعدة الانزيمين Transaldolase ، Transketolase والتي تؤدي الى اعادة تكوين السكر الخماسي Ribulose 1,5 diphosohate (باستهلاك جزيئة واحدة من ATP)



الشكل يوضح دورة كلفن

البلاستيدات Chloroplasts

تحوي الاحياء القادرة على التركيب الضوئي على البلاستيدات وهي تراكيب معقدة غنية بالاغشية تحدث فيها تداخلات كيميائية العالية التنظيم للتركيب الضوئي وتختلف البلاستيدات في مظهرها فمنها من يكون مفردا كاسي الشكل يشغل مايقارب من نصف بعض الاحياء المسوطة والاحادية الخلية ومنها ماهو شريطي لولبي في بعض الطحالب الخيطية او ذات اشكال متميزة كان تكون نجمية اوبشكل صفائح مثقبة كما في الطحالب وجميع هذه الاختلافات سطحية اذ ان جمي البلاستيدات الخضراء منتظمة من الداخل لتعمل بطريقة متماثلة من حيث الاساس .

البالستيدات كالمايتوكوندريا (التراكيب التي تحدث فيها عملية التنفس)محاطة بغشاء ثنائي الطبقة وغالبا مايكون مطويا بشكل يكون معها الارضية لجسم البلاستيدة الخضراء المعروفة بالحشية Stroma والطيات الداخلية للغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء هو اكثر تقيدا من الطيات البسيطة نسبيا لكرستي المايتوكوندريا . ويطلق على الطيات الابتدائية الداخلية باغشية الحشية Stroma membrane تنطوي هذه الاغشية في مناطق معينة على نفسها الى الخلف مكونة صفوف متوازية من اكياس مسطحة تبدو كعملة منضدة مكونة تركيب يسمى Granum والذي يرتبط بالكرانا الاخرى لنفس البلاستيدة باغشية الحشية . وتعرف هذه الاكياس الغشائية المسطحة والمرتبة بصورة متوازية بالصفائح Lemella ويطلق على الكرانيوم الواحد مع المادة المحتوي

عليها بالثايلكويد Thylakoid والمادة الواقعة ضمن قرص الثايلكويد تحتوي على جزيئات الصبغة والانزيمات وحوامل الالكترون المساهمة في اصطياد واستعمال الطاقة .

تجتوي الكلوروبلايت في الطحالب على تراكيب مختلفة مثل plastoglobuli و Eye spots (Stiepna) و plastoglobuli تعتمد على سرعة تكوين الشحوم وتحتوي على صبغة الكاروتين plastoQuinine carotenoid وكمية قليلة من الكلوروفيل ، اما Eye spots تعتبر مستلمات اولية او بدائية للضوء ويمكن ان يكون اصلها من plastoglobuli

يكون جهاز التخليق الضوئي في البكتريا كالتالي : البكتريا القادرة على التخليق الضوئي تقع في ثلاثة مجاميع رئيسية :

أ- ThioRodaceae (purple sulfer bacteria) بكتريا الكبريت البنفسجية مثالها *Clorateum*

ب- A thioRodaceae (purple Non- sulfer bacteria) البكتريا البنفسجية اللاكبريتية مثالها *Rodaspirelum*

ج- Chlorobacteriaceae بكتريا الكبريت الخضراء ومثالها *Clorobeum*

وجميع هذه المجاميع تفتقر الى الكلوروبلاست فالمجموعة الاولى يكون جهاز النخليق الضوئي فيها عبارة عن امتدادات للغشاء السايتوبلازمي وبشكل اوعية او انابيب او صفائح وجميعها من ثايوكلوتيدات تاخذ اشكال مختلفة . اما في المجموعة الثانية فياخذ جهاز التخليق الضوئي اشكالا مختلفة اما المجموعة الثالثة فهو عبارة عن سلسلة من اوعية متصلة بالغشاء السايتوبلازمي ولكنها غير مستمرة الاتصال به . اما الصبغات فتشكل مع الغشاء مركبات تاخذ اشكالا لا موحدة تسمى حاملة الصبغات Chromoatophore وتتالف من خليط من البروتين والدهون وصبغات التخليق الضوئي .وتكون صبغات البكتريا مشابه لتلك في النباتات العليا ماعدا بعض الاختلافات التركيبية فمثلا كلوروفيل A المسمى في البكتريا bacteriochlorophyle II مشابه لكلوروفيل A في الطحالب ماعدا بعض الاختلافات في التركيب . كلوروفيل B غيرمعروف في البكتريا ويوجد كلوروفيل C و D ففي بكتريا الكبريت الخضراء فان الصبغتين الاساسيتين هما كلوروفيل D و C اللتان تمتصان الضوء في 650 و 660 نانوميتر بالاضافة الى كلوروفيل A الذي يمتص الضوء في 800 – 1000 نانوميتراما بكتريا الكبريت البنفسجية فالصبغة الاساسية فيها هي كلوروفيل A وتحتوي على كميات لاباس بها من كلوروفيل البكتريا B ،اما الكاروتينات الموجودة في البكتريا والتي لها القدرة على التركيب الضوئي فهي متخصصة لكل نوع ففي

ThioRodaceae توجد صبغة

1 – Spirilloxanthin

2 – okenone

3 – lycopene

Athiorodaceae توجد فيه

1 – Spirilloxanthin

2 – okenone بالاضافة الى صبغة Hydroxysperoidinone

Chlorobacteriaceae توجد بها isorenieratene ، chlorobactene ،

B- isorenieratene واجهزة التخليق الضوئي الاخرى في البكتريا التي عزلت منها Quinones والتي توجد في بكتريا الكبريت الخضراء بشكل MenaQuinone وفي بكتريا البنفسجية UbiQuinone وتتواجد ايضا في بكتريا التخليق حاملات الكترون مثل Ferrodoxin , Cytochromes والذي يختلف عما موجود في الطحالب .

اما جهاز التخليق الضوئي في الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyceae : هذه لاتمتلك كلوروبلاست حقيقية والاجزاء ذات الغلاقة بالتركيب الضوئي توجد على شكل اكياس Thylacoid من النوع الصفيحي Lamellar وهي متراصة الواحدة بجانب الاخرى ومشابه لما موجودة في الكائنات الحقيقية النواة حتى يصبح ذلك بالنسبة للسايتوكروم والفيردوكسين . اما الصبغات فان الصبغة الرئيسية هي كلوروفيل A والصبغات الاخرى phycocyanin وهي من نوع Betaprptein وتوجد ثلاثة انواع منها

1 – R- phycocyanin في الطحالب الحمراء

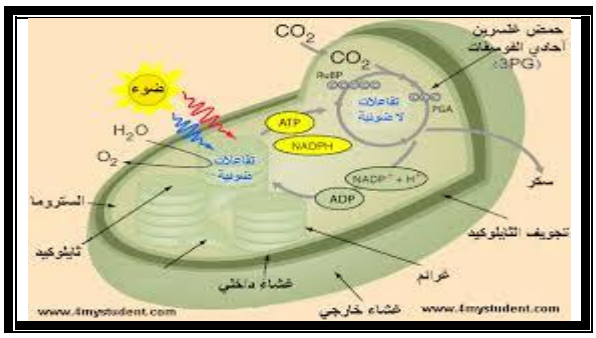
2 - C- phycocyanin تتالف من جزئين phycoerythrobilin تمتص ضوء 553 نانوميتر و phycocyanobilin تمتص ضوء عند 615 نانوميتر

3 - Allaphycocyanin تتالف من جزء واحد في بعض الطحالب ومن جزئين في طحالب اخرى

تقنية الانشطار الانجمادي Freeze – Cleavage : تترتب الصبغات والانزيمات في اغشية الكرانا بهيئة وحدات متماسكة تسمى الكوانتوزوم Quantasomes تحوي البلاستيدة ضمن اغشيتها الداخلية اكثرمن نوع واحد من الصبغات (الصبغة : مادة قادرة على امتصاص الضوء)ويبدو ان صبغة الكلوروفيل الخضراء هي اكثر الصبغات اهمية في تحويلات الطاقة بعملية البناء الضوئي .

تنتقل جميع انواع الضوء بهيئة موجات متذبذبة من الطاقة تعرف بالفوتونات Photons وذبذبات كل نوع من الفوتونات لها طول موجي Wave length خلال انتقالها في الغشاء ولهذه الخاصية يرجع الاختلاف في الوان الطيف المرئي . فكلما كان الطول الموجي قصيرا كان التذبذب عاليا ، وقد تحدث هذه الذبذبات واصلات معينة من الطاقة بين الفوتونات والجزيئات وذلك حسب ترتيب الذرات او الجزيئات التي قد تعترض فوتونات الضوء .

واذا كانت الكترونات الجزئ منظمة بصورة ملائمة فانه قد يكون باستطاعتها امتصاص طاقة التذبذب لفوتونات ذات اطوال موجية معينة ويطلق على هذه الطاقة التي اكتسبتها الالكترونات بطاقة التهيج Excitation energy ، ولكون جزيئة الكلوروفيل ذات تركيب معقد متعدد الحلقات ومحتوي على العديد من الاواصر المفردة والمزدوجة بصورة متعادلة ونتيجة لهذه الاواصر المتبادلة فان الكترونات ذراته تتحرك بحرية الى الامام والخلف كالرنين بين الذرات المتجاورة للتركيب الحلقي فعندما يضرب ضوء ذو طول موجي معين جزيئة الكلوروفيل فانه يجعل الالكترونات تتحرك الى الامام والخلف بسرعة اكبر ولان فوتونات الضوء الاحمر فعالة بصورة خاصة في اهاجة هذه الالكترونات فان الضوء الاحمر والازرق يمتص بسرعة من قبل جزيئات الكلوروفيل في حين فوتونات الضوء الاخضر تكون غير قادرة على اهاجة الكترونا ت الكلوروفيل ولهذا فهي تعكس من قبل جزيئاته وهذا هو سبب رؤيتنا للاوراق خضراء اللون . ان جزيئات الكلوروفيل حال امتصاصها لهذه الطاقة الضوئية فان الكتروناتها تبدأ بالتذبذب بسرعة اكبر وان طاقة التهيج هذه يمكن ان تمر الا من جزيئة كلوروفيل الى اخرى وذلك بسبب الطريقة التي خزنت فيها معا في اقراص الثايلكويد .



الشكل يوضح تركيب البلاستيدة الخضراء

انواع الكلوروفيل :

1 – كاوروفيل a : هو اكثر انواع الكلوروفيل شيوعا ويعمل على تحوير تركيبها الالكتروني بحيث تصبح اغلب الجزيئات اكثر كفاءة في امتصاص ضوء بطول موجي يتراوح من 670-680 نانوميتر وبمعنى اخر ان قمة امتصاصها تنحرف نحو النهاية الحمراء من الطيف .

يتضح من التحليلات الكيميائية والطيفية الدقيقة وجود نوعين من كلوروفيل a :

أ- P700 :وهو احد الانواع المعروفة منذ زمن وتقع قمة امتصاصه عند الطول الموجي 700 نانوميتر

ب- P680 : فقد شخص حديثا جدا وتقع قمة امتصاصه عند الطول الموجي 680 نانوميتر ان P700 و P680 ليستا فريديتين في اختلافاتهما التركيبية فكلاهما جزيئات كلوروفيلية من نوع a ولكنهما فريدين في اقترانهما بجزيئات خاصة غير كلوروفيلية ويلعبان دور مهما في عملية التركيب الضوئي .

ان جميع جزيئات الكلوروفيل قادرة على امتصاص الطاقة الضوئية وبالتالي رفع مستوى الطاقة لالكتروناتها فان P700 و P680 فقط قادرتين على تحوير الالكترونات المتهيجة

للتفاعل مع مستقبلات الالكترونات غير الكلوروفيلية ، حيث تعمل جميع جزيئات الكلوروفيل في البلاستيدة الخضراء كمجسات تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية فتتهيج ثم تنتقل طاقتها المتهيجة الى اقرب جيرانها والتي تحررها بدورها هي الاخرى حتى تصل هذه الطاقة الى مايعرف بمراكز التفاعل التي توجد فيها جزيئات P680 و P700 ، وقد تشارك بعض جزيئات صبغات اخرى في السلوك المماثل للمجسات الكلوروفيلية ومن هذه الصبغات المساعدة الفيكوسيانين Phycocyanin (الصبغة الزرقاء) والفايكوارثرين Phycoerythrin (الصبغة الحمراء) ، فهي تمتص ضوء ذو اطوال موجية لا يمتصها الكلوروفيل وتحرر طاقة التهيج الى جزيئات الكلوروفيل المجاورة .

توجد اربعة انواع رئيسية في الطحالب وهي

كلوروفيل A ,B,C(C_2C_1) , D ويعتبر A الاكثر شيوعا اما الانواع الاخرى اضافية او ثانوية وتختلف هذه الانواع في تركيبها الكيميائي وكلوروفيل A له منطقتين لامتصاص الضوء الاولى في المنطقة الحمراء 665-660 نانوميتر والثانية بطول 430 نانوميتر اما كلوروفيل B يمتص في منطقتين هما المنطقة الحمراء 645 نانوميتر والثانية بالقرب من 435 نانوميتر ووظيفته الاساسية هي تجميع الضوء وتحويله الى كلوروفيل A . لكلوروفيل C_1 مناطق امتصاص في 634,583,444 نانوميتر ، اما كلوروفيل C_2 فله مناطق امتصاص في 635 و 586 و 452 نانوميتر اما كلوروفيل D فله مناطق امتصاص هي 696,456,400 نانوميتر ومنطقة الامتصاص الرئيسية تقع في المنطقة الحمراء

كمية الكلوروفيل في الطحالب تتاثر بعدة عوامل منها

أ- طبيعة الغذاء : بالاخص الايونات المعدنية كالحديد والمغنسيوم التي لها تاثير فعال على تكوين الكلوروفيل

ب- درجة الحرارة

ج- كثافة الضوء

اهم شيء في عملية التركيب الضوئي هو مرور الكترونات جزيئات الكلوروفيل المنشطة بالطاقة الضوئية مع الالكترونات التي اكتسبت بالاصل من ذرات اوكسجين الماء الى ذرة ثاني اوكسيد الكربون فتتأكسد ذرات الاوكسجين فيما تختزل ذرات الكربون .

$$2H_2O\ (2H^+O^=H^+) \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^- _____ 1$$

ذرتي الاوكسجين (تكافؤ ذرة الاوكسجين $^{-2}$) تفقد الكترونين لتكون غاز الاوكسجين والذي تكافؤه صفر O_2^0 . في حين تمر الالكترونات الاربعة الى ذرة الكاربون في ثاني اوكسيد الكاربون والتي تكتسب لذلك القدرة على التفاعل مع ايوني الهيدروجين H^+ اما بقية ايونات الهيدروجين فتتفاعل مع ذرة الاوكسجين المزاحة من ثاني اوكسيد الكاربون لتكون جزيئة ماء وكما يلي

$$CO_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow CH_2O + H_2O _____ 2$$

جريان الالكترونات من الاوكسجين الى الكربون يسير ضد ميلها الطبيعي وذلك لوجود ميل عالي نسبيا للاوكسجين نحو الالكترونات لان الالكترونات المرتبطة بالاوكسجين تكون في حالة واطئة من الطاقة ولهذا فهي مستقرة نسبيا اعتمادا على العدد الذري للاوكسجين والذي= 8 وتوزيع الالكترونات في المدارات $1S,2^2S,2PX,2PY,C_1P_2$ اما ذرات الكربون في ثاني اوكسيد الكربون فانها لا تتحد مع الالكترونات مالم يكن لديها طاقة عالية نسبيا ولذا يجب ان تستعمل طاقة لرفع الالكترونات الماخوذة من الاوكسجين الى مستوى طاقة يمكنها عنده من الاتحاد مع ذرات الكربون ولذا فكل الكترون ماخوذ من الماء يجب ان يحفزمرتين لغرض رفعه الى مستوى طاقة يكفي للتفاعل وتجري هاتين الخطوتين في تركيبين يحتويان على الكلوروفيل يعرفان بالنظام الضوئي الاول والنظام الضوئي الثاني Photosynthesis 1&2 ويعتمد ابتداء هاتين الخطوتين على الطاقة الضوئية من الشمس لذا اطلق عليها بتفاعلات الضوء .

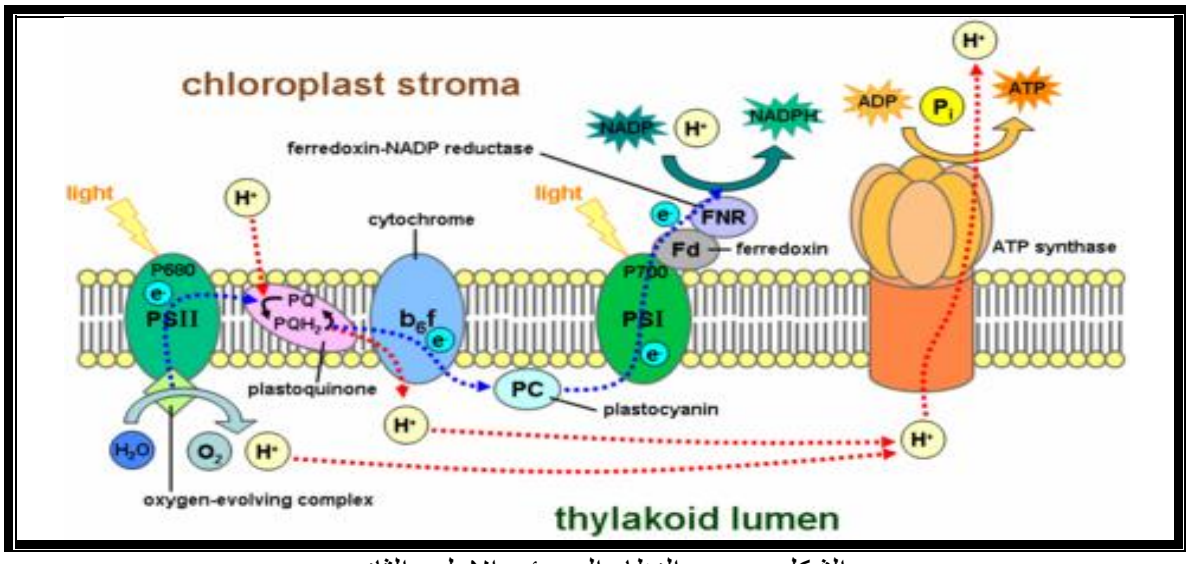
ان مركبات اخرى غير الماء ممكن ا ن تكون مصدرا للالكترونات في العديد من بكتريا التركيب الضوئي كما في بكتريا الكبريت حيث تستعمل كبريتيد الهيدروجين H_2S بدلا من الماء كمصدر للالكترونات وتكون عنصر الكبريت بدلا من الاوكسجين كناتج عرضي الذي يتجمع بشكل حبيبات فاما ان يتاكسد ويتحول الى كبريتات لتستغله البكتريا ثانية بعمليات بنائها او يتم التخلص منه بالفعاليات الايضية .

النظام الضوئي الاول والثاني Photosynthesis 1&2

ان التركيب الضوئي المعتمد على الماء والمحرر للاوكسجين هو المسلك الحديث للتركيب الضوئي وتتحرك الالكترونات خلال سلسلة نقل الالكترونات االثنان في كل مرة ووجهتها في هذه المرة الى مركز التفاعل للنظام الضوئي الاول حيث سستحد مع P700 تفقد الالكترونات خلال انتقالها من حامل الالكترونات الى اخر قسما من طاقة تهيجها وهذا الجزء من الطاقة المتكون خلال الانتقال في الساسلة يستخدم في فسفرة ADP وتحويلها الى ATP حيث تصرف جزيئتين من ADP لكل زوج من الكترونات المنقولة من مستقبل الالكترونات المسمى ب Q الى النظام الضوئي الاول وميكانيكة الاقتران في عملية الفسفرة مماثلة لميكانيكية التنفس المجراة في المايتوكوندريا وانها تعتمد في كلتا الحالتين على سلامة الغشاء الذي تغمر فيه حوامل الالكترونات وانزيمات الفسفرة .

في النظام الضوئي الاول تمتص جزيئات الصبغة الطاقة الضوئية فترتفع اليكتروناتها الى مستوى اعلى من الطاقة وتنتقل طاقة التهيج من جزيئة الى اخرى حتى تصل الى مركز التفاعل للنظام الضوئي الاول والذي يحتوي على كلوروفيل P700 فاذا كانت طاقة التهيج عالية بما فيه الكفاية فان اليكترونا واحدا سيغادر جزيئة الكلوروفيل حيث يمرالى مستقبل الكتروني يرمز له بz والذي هو Flavo protein ويعرف اليوم بانه المادة المختزلة للفيرودوكسين – Ferrodoxine Reducing substances (FRS) وعند مغادرة الالكترون جزيئة الكلوروفيل P700 فانه

سيخلق فراغا ويمتلئ هذا الفراغ من دعم او ادامة النظام الضوئي الثاني بواسطة سلسلة نقل الالكترون وبعد انتقال الالكترونات الى FRS فستذهب الى جزيئة Ferrodoxine الذي يمثل الجزء الثاني في سلسلة نقل الالكترون في النظام الضوئي الاول ومن Ferrodoxine ينتقل الى Flavoproteinا خر حيث يستعمل الالكترون في اختزال $NADP^+$ والذي يوجد في ارضية البلاستيدة الخضراء ويحصل الاختزال بالاتحاد مع ايونات الهيدروجين المتحررة من الخطوة الاولى في عملية التحلل الضوئي Photolysis فيتكون NADPH من ATP المتكون من السلسلة الاولى لنقل الالكترونات وNADPH وايون H^+ المتكون في السلسلة الثانية يستخدم في اختزال ثاني اوكسيد الكاربون لتكوين الكاربوهيدرات ، السلسلة الاولى من النقل تنتج 2ATP ، السلسلة الثانية من النقل تنتج H^++NADPH يحتاج انتاج السكر من CO_2 نواتج تفاعل الضوء فقط ولايحتاج للضوء لذلك اطلق عليه بتفاعل الظلام ويمكن ان يجرى بوجود الشمس ولكنه لايحتاجه (حيث في الوضع الطبيعي والذي تستمر فيه الانارة بضوء الشمس تجري كل من تفاعلات الضوء والظلام باستمرار وبنفس الوقت



الشكل يوضح النظام الضوئي الاول والثاني