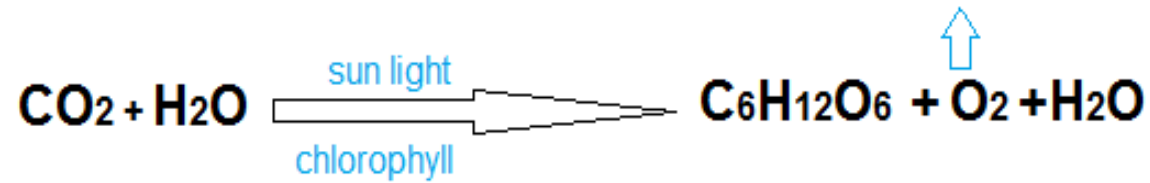
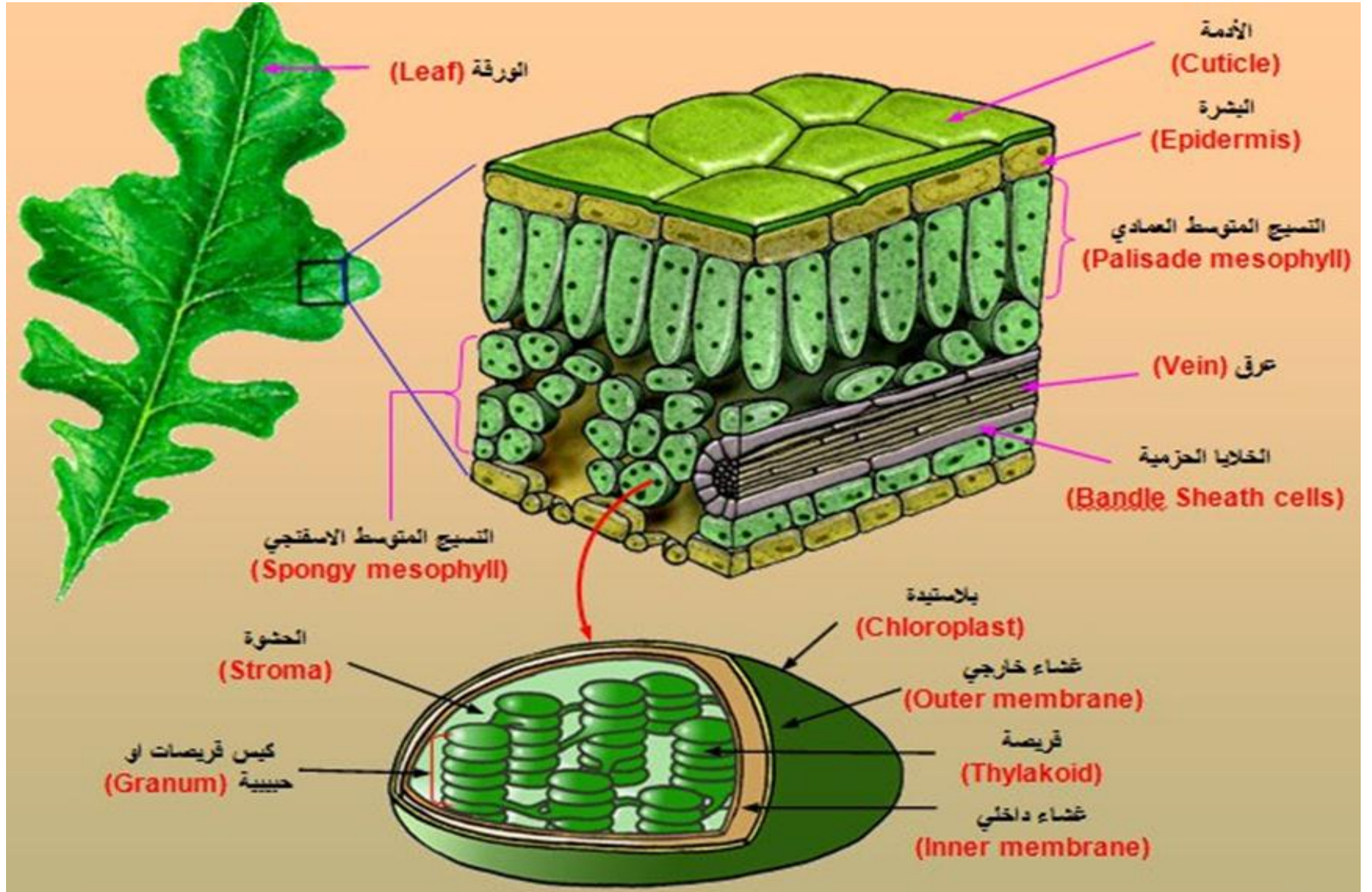


# عملية البناء الضوئي Photosynthesis

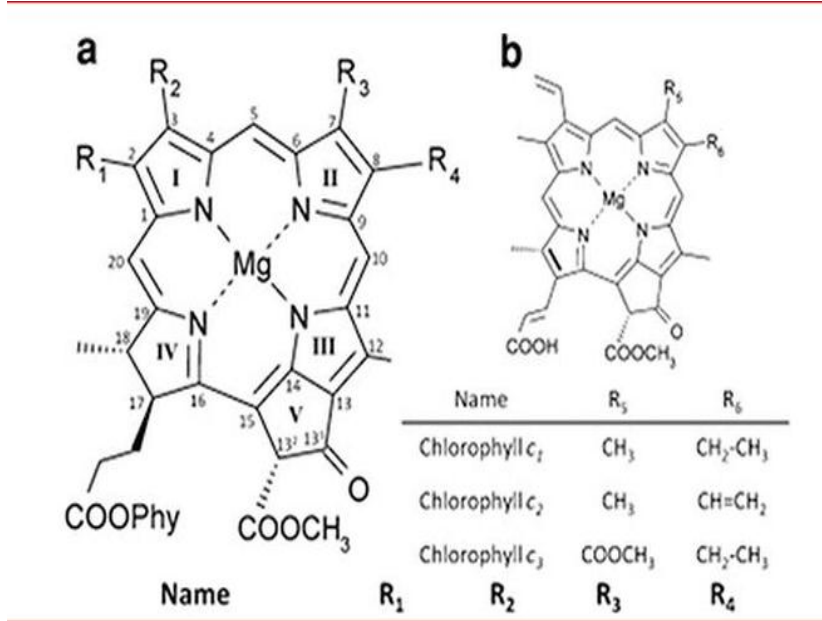


# جهاز البناء الضوئي في النبات



# صبغات البناء الضوئي Photosynthesis Pigments

## ١. صبغات الكلورفيل Chlorophyll pigments



• كلورفيل a

• كلورفيل b

• كلورفيل c

• كلورفيل d

• كلورفيل e

• الكلورفيل البكتيري

## ٢- الصبغات الشبيهة بالكاروتين Carotenoids

- الكاروتينات: وهي صبغات لا يدخل الأكسجين في تركيبها الكيميائي .

- الزانثوفيلات : يدخل الأكسجين في تركيبها .

٣ - الفيكو بيلينات phycobiline

# ميكانيكية عملية البناء الضوئي

تتم عملية البناء الضوئي على مرحلتين

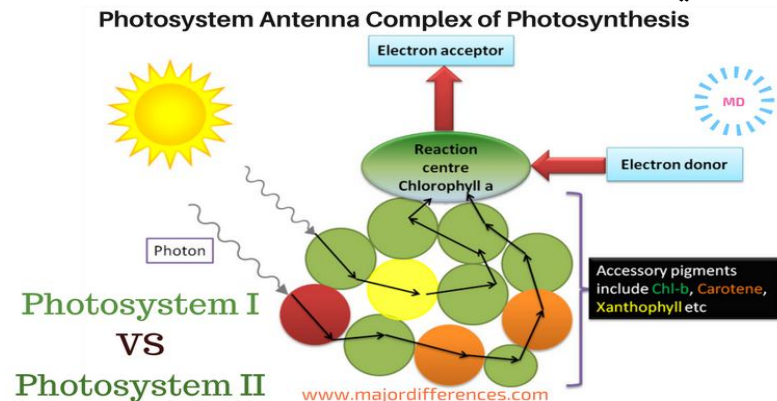
## ١. المرحلة الأولى : تفاعلات الضوء photochemical reaction

• تعرف بالتفاعلات الكيموضوئية. تحدث في اغشية الكرانا داخل البلاستيدات ويتطلب حدوثها وجود الضوء فهي مجموعة تفاعلات أكسدة و اختزال يتم خلالها تحويل الطاقة الضوئية الممتصة إلى طاقة كيميائية في صورة مركبات ATP and NADPH لتستغل الطاقة في المرحلة اللاحقة من تفاعلات الظلام في تثبيت CO2 وتكوين مركبات عضوية كاربوهيدراتية . يتم في هذه المرحلة تحلل الماء وانطلاق الاوكسجين.تتكون مركبات الطاقة في هذه المرحلة من خلال عملية فسفرة ضوئية بأحدي الطرق التالية

• فسفرة ضوئية حلقيه :تنتج خلالها مركبات طاقة علي صورة ATP

• فسفرة ضوئية لاحقيه :تنتج خلالها مركبات طاقة علي صورتها ATP and NADPH.

تتشارك في التفاعلات الضوئية اربعة مجاميع او معقدات بروتينية منغمسة في اغشية الثيلاكويد وهذه المعقدات البروتينية هي:



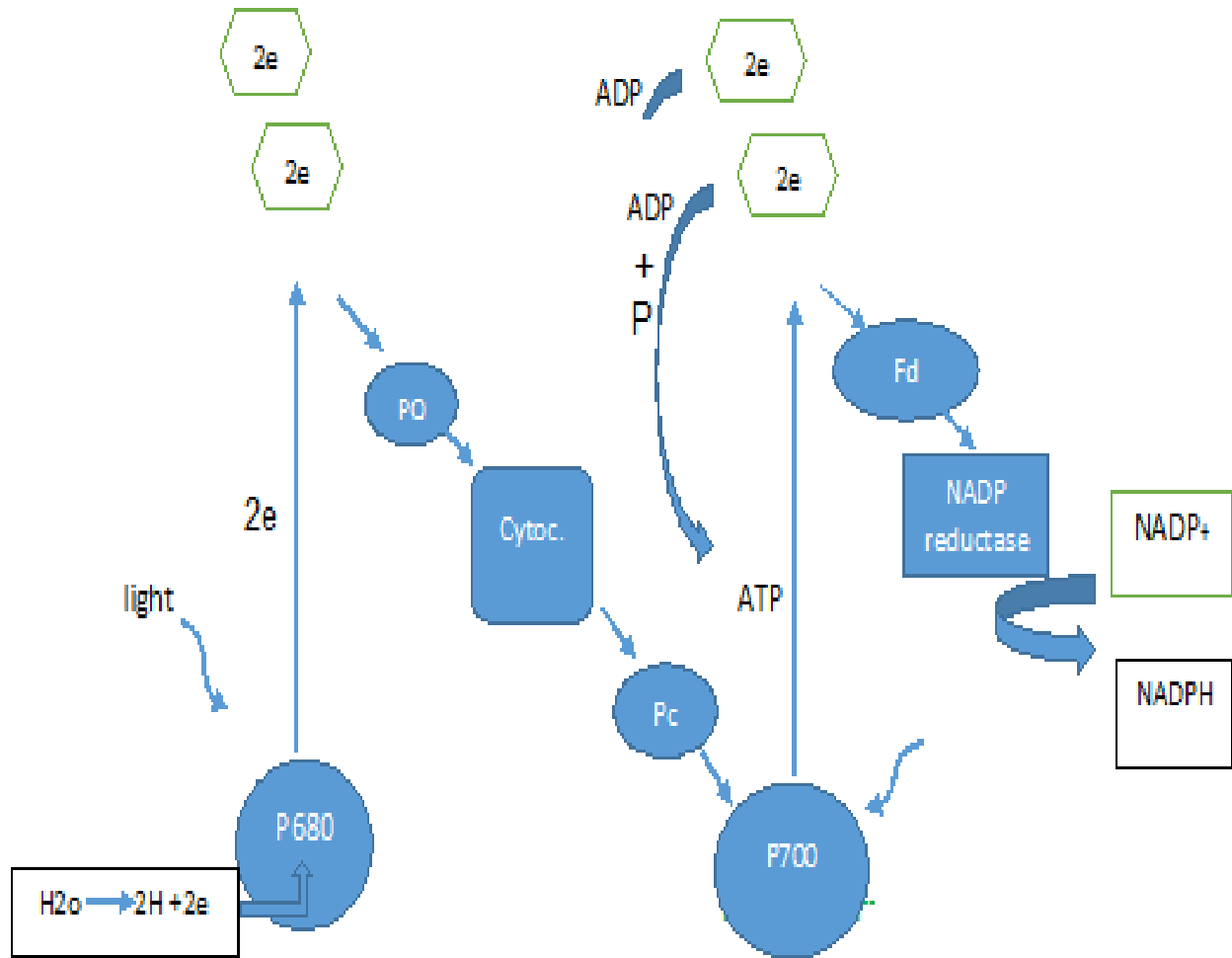
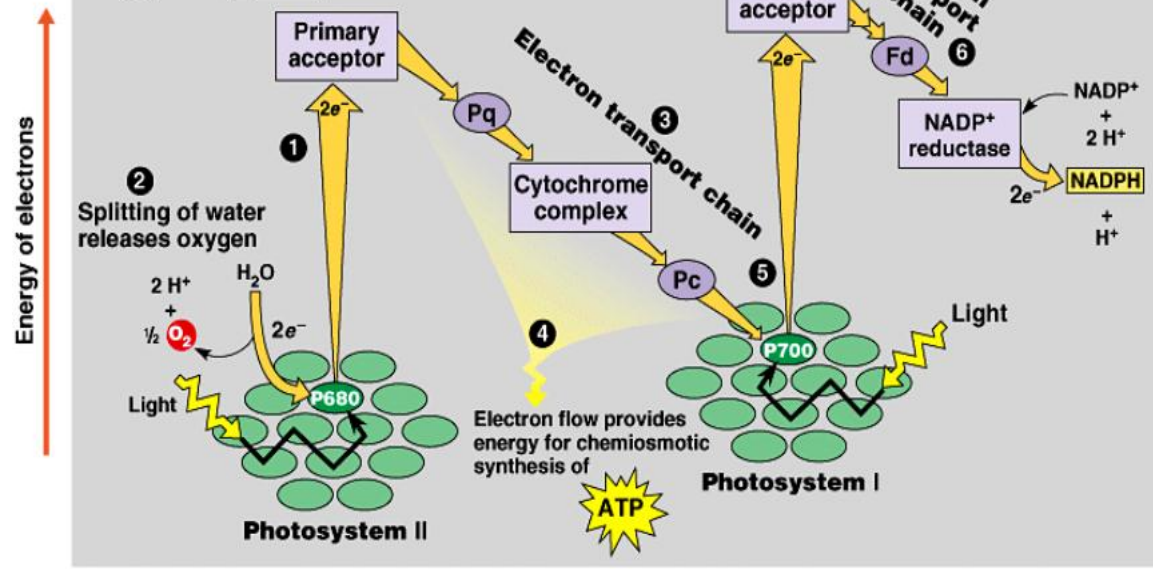
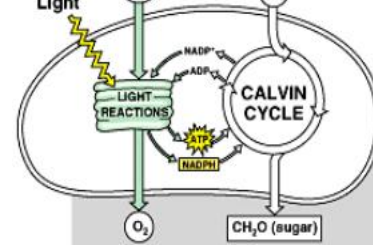
1- النظام الضوئي الاول Photo system I

2- النظام الضوء الثاني Photo system II

3- معقد السايتركروم Cytochrom b and f

4- انزيم تخليق ATP synthase

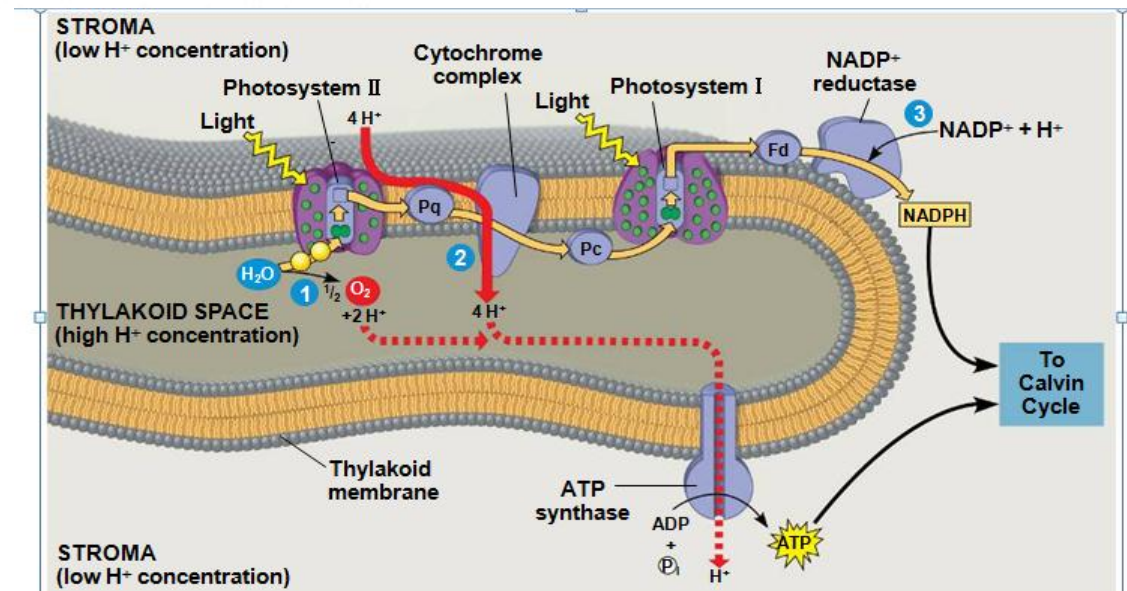
التفاعلات الضوئية



Photosystem II

Photosystem I

مخطط يوضح التفاعلات الضوئية



## Dark reaction of photosynthesis المرحلة الثانية : تفاعلات الظلام

• تحدث هذه التفاعلات في حشوة البلاستيدة الخضراء دون الحاجة إلي الضوء. تستخدم الطاقة الكيميائية الناتجة من تفاعلات الضوء ATP و NADPH في تثبيت ثاني أكسيد الكربون و اختزاله لتشكيل سكريات بسيطة وذلك عبر حلقة كيميائية، تدعى بحلقة كالفن نسبة إلى مكتشفها. تتضمن الحلقة ثلاث مراحل :-

• **مرحلة التثبيت** Fixation stage: يتم فيها تحويل غاز ثنائي اوكسيد الكربون الى جزء من مركب عضوي.

تبدأ هذه الدورة بدخول  $CO_2$  عن طريق الثغور ثم يصل الى خلايا النسيج الوسطي في الورقة المحتوية على البلاستيدات الخضراء حيث يتحد مع سكر خماسي يوجد بكثرة في الخلية يسمى رايبيلوزباي فوسفات.

• **مرحلة الاختزال** في هذه المرحلة يتم اختزال حامض الفوسفوكليسريك الى مركب عضوي اخر هو فوسفوكليسريك الدهايد PGAL

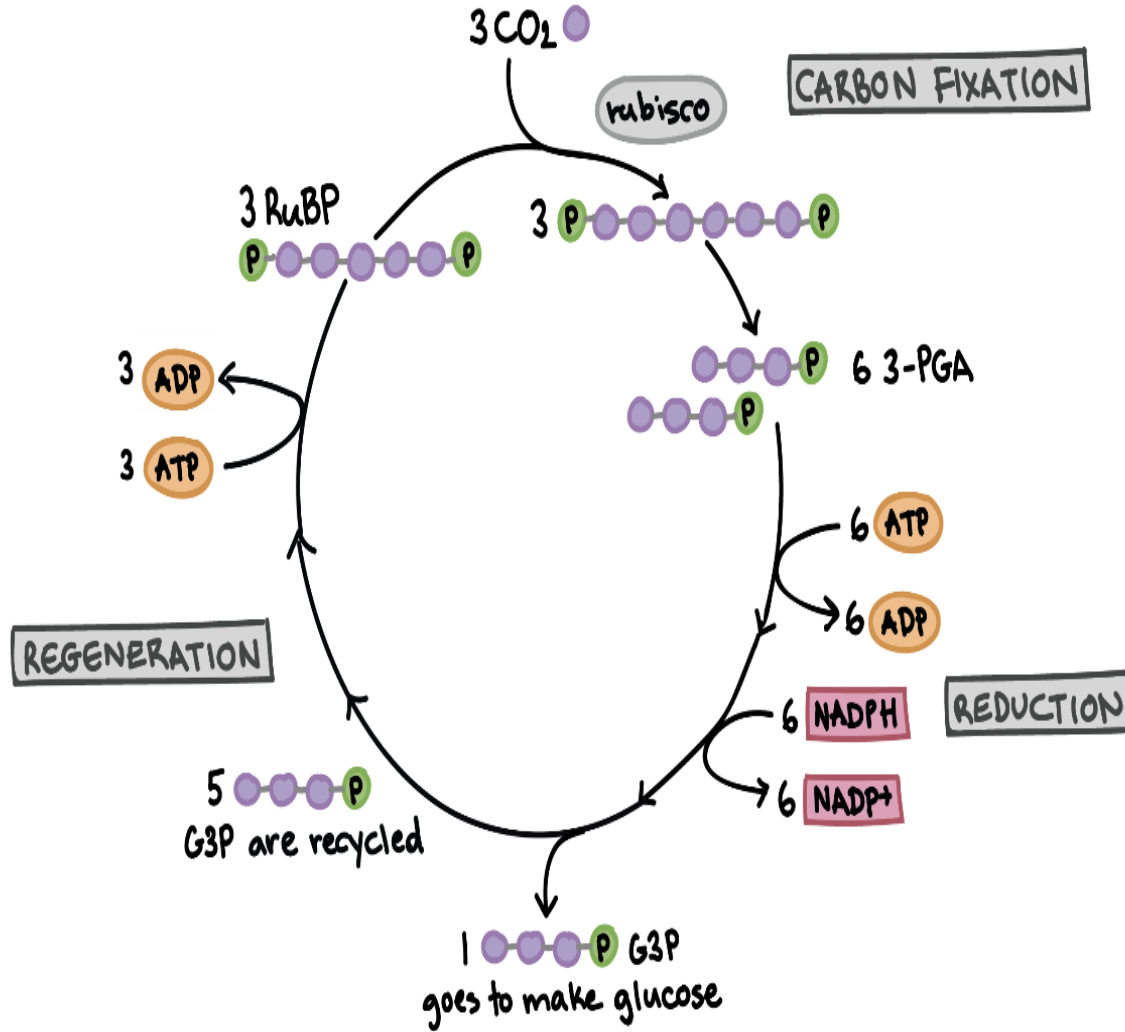
• **المرحلة تكوين السكر الخماسي** Regeneration stage.of RuBP وفي هذه الخطوة يتم إعادة تكوين السكر الخماسي RuBP لتبدأ حلقة كالفن من جديد

- وهذا النوع او المسلك في تثبيت ثنائي اوكسيد

الكربون يطلق عليه ايضاً اسم **المسلك الثلاثي الكربون C<sub>3</sub>-path way**

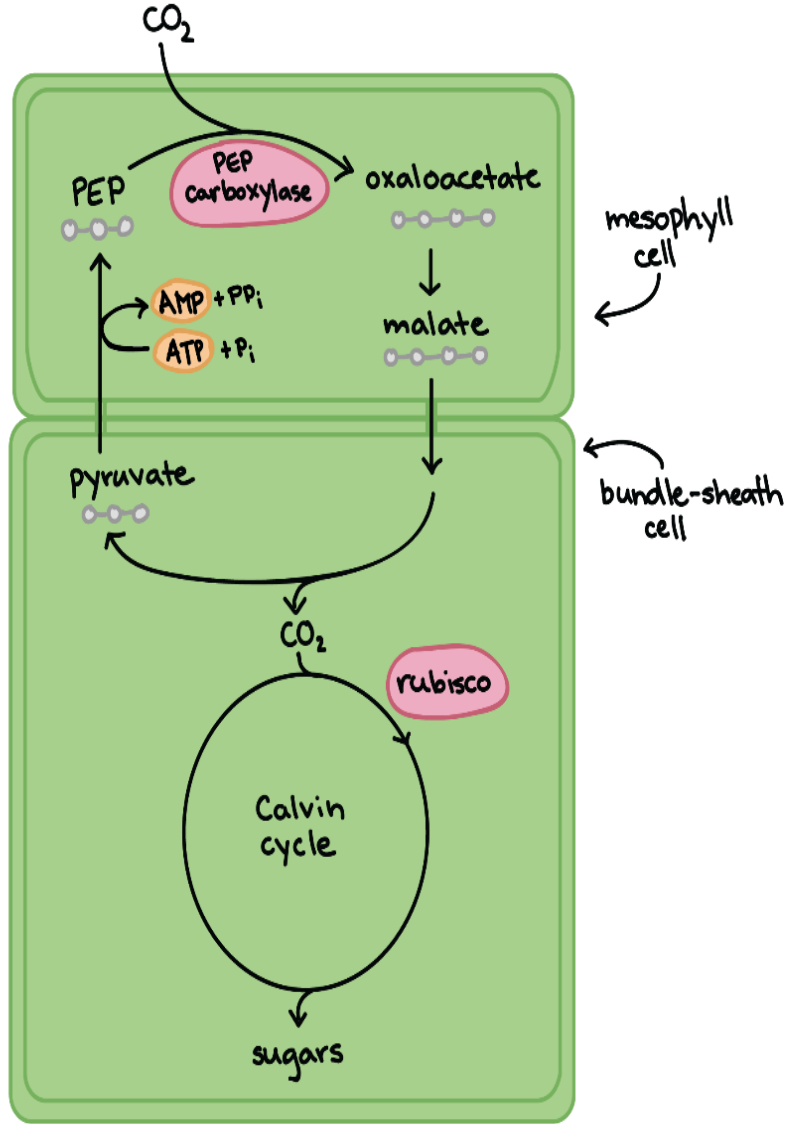
- والنباتات التي تمارس عملية البناء الضوئي بهذا المسلك يطلق عليها اصطلاح **النباتات ثلاثية الكربون (C<sub>3</sub>plants)**

- وعادة هذه النباتات تكون من ذوات الفلاقتين وتستوطن المناطق الباردة والمعتدلة حيث تتوفر الرطوبة بدرجة كبيرة.



دورة كالفن ( C<sub>3</sub>-path way )

## C<sub>4</sub> PATHWAY



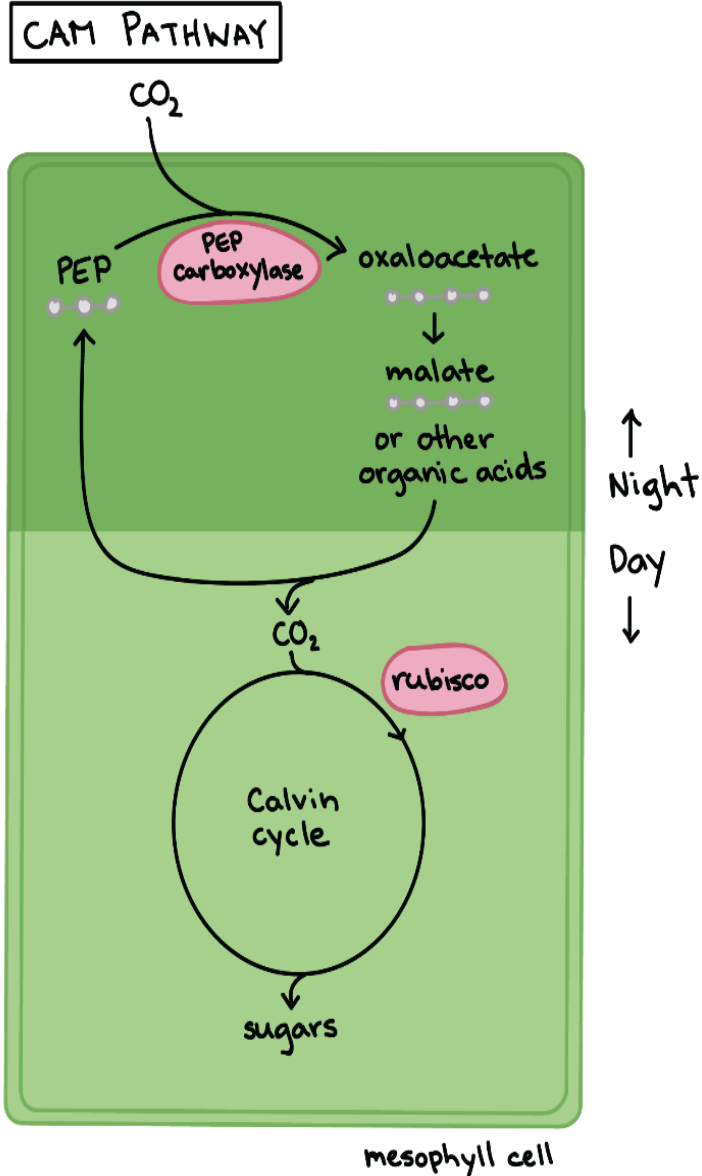
## C<sub>4</sub>-path way

## المسلك الرباعي الكربون C<sub>4</sub>-path way of carbon reduction

- يحدث في النباتات التي تستوطن البيئات ذات الدرجات الحرارية العالية نهاراً و ضوء الشمس الشديد (الجافة)
- وهو يعتبر تحول في النواحي البيوكيميائية والتشريحية في هذه النباتات التي تسمى نباتات رباعية الكربون **C<sub>4</sub>-plants** والتي معظمها من نوات الفلقة الواحدة (قصب السكر)
- يدخل CO<sub>2</sub> عن طريق الثغور ثم ينتشر الى داخل خلايا النسيج الوسطي وهذه الخلايا عادة لا تحتوي على انزيم الرابسكو الذي يوجد في اوراق نباتات ذوات الفلقتين (الثلاثية) بدلا من ذلك فان CO<sub>2</sub> سوف يتحد مع مركب ثلاثي الكربون يتكون لدينا حامض رباعي الكربون يسمى **اوكلوواستيك اسيد حامض رباعي الكربون OAA** وهذه التفاعلات تحدث في الجزء العلوي في الورقة التي لا تحتوي على انزيم الرابسكو هذا الحامض (رباعي الكربون) يتحول بالاختزال الى حامض المالك Malic acid (وهو حامض رباعي) بعد ذلك يتحرك حامض المالك من الجزء العلوي للورقة عن طريق الروابط البلازمية الى ان يصل الى منطقة خلايا غمد الحزمة وعندما يصل حامض المالك الى منطقة غمد الحزمة تحدث له عملية ازالة او سحب CO<sub>2</sub>. من هذه العملية سوف يتحد مع السكر الخماسي الذي هو الرايبيلوز ثنائي الفوسفات ويدخل دورة كالفن كما تم وصفه للنباتات الثلاثية اما المركب الثلاثي (C<sub>3</sub>) فيرجع ثاني الى خلايا النسيج الوسطي لاعادة الدورة من جديد



# CAM plants



• هذه النباتات هي ايضاً النباتات رباعية الكربون ولكن بدلاً من عزل المسلك الثلاثي والرباعي في اجزاء مختلفة من الورق يوجد هنالك فصلاً وعزل في وقت حدوث تفاعلات البناء الضوئي ففي الليل نباتات الكام تأخذ CO<sub>2</sub> خلال ثغورها المفتوحة هذا ثنائي اوكسيد الكربون يرتبط مع PEP ويتكون اوكز الوستيك اسيد

• هذا الحامض (اوكز الوستيك اسيد) يتحول الى حامض المالك الذي هو حامض رباعي فهذا الحامض يتراكم في فجوات هذه النباتات اثناء الليل وفي الصباح فإن الثغور سوف تغلق بهدف المحافظة على الرطوبة وكذلك تقليل كمية الاوكسجين الداخلة بعد ذلك فان حامض المالك المتراكم في الفجوات سوف تحدث لها عملية ازالة CO<sub>2</sub> (بعد ان يغادر الفجوة) الناتج سوف يدخل في دورة كالفن كما تم وصفه سابقاً، وهذه التحورات تحدث مثل هذه النباتات تستوطن المناطق التي تمتاز بما يلي :-

• - ارتفاع درجات الحرارة نهاراً.

• - وجود اضاءة عالية

• - 3- كمية رطوبة قليلة جداً (مثل المناطق الصحراوية)

• و من امثلة النباتات التي تمارس عملية البناء الضوئي بهذا المسلك هي الصبيريات، ومن امثلة النباتات البستانية هو الاناناس

## مقارنة بين تفاعلات الضوء والظلام

تفاعلات الظلام	تفاعلات الضوء	
لا تحتاج الى ضوء	تتم في وجود الضوء	١
تتم في اغشية الستروما فقط Stroma	تحدث في اغشية الكرانا grana للبلاستيدات	٢
لا تحتاج الى اصباغ	تحتاج كلوروفيل واصباغ	٣
تحتاج الى طاقة كيميائية	ينتج عنها طاقة في صورة مركبات ATP , NADP	٤
يتم فيها اختزال $CO_2$ وتكوين سكريات بمساعدة الانزيمات	ينتج عنها تحلل اوكسدة الماء وخروج اوتصاعد غاز الاوكسجين	٥

# أهمية عملية البناء الضوئي

١. مصدر للطاقة العضوية المشتقة منها بشكل مباشر او غير مباشر

١. مصدر الاوكسجين وهو عنصر الحياة

١. مصدر الغذاء والكساء والطاقة للإنسان

١. مصدر للثروات الطبيعية بعد تحول المركبات العضوية الى فحم وبتروول

# العوامل المؤثرة على عملية البناء الضوئي

## • أولاً: العوامل الخارجية

### ١- شدة الإضاءة

لشدة الإضاءة في البيئة ومدة التعرض للضوء تأثير على عملية البناء الضوئي ومعدل حدوثها فعندما تكون شدة الإضاءة منخفضة فإن سرعة البناء الضوئي تتناسب طردياً معها حيث يزداد معدل البناء الضوئي مع ارتفاع شدة الضوء ولكن إذا زادت شدة الإضاءة بدرجة كبيرة فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض نشاط البناء الضوئي

### ٢- تركيز $CO_2$

زيادة  $CO_2$  يؤدي إلى زيادة سرعة البناء الضوئي . وإذا زاد تركيز  $CO_2$  بدرجة كبيرة في البيئة انخفضت سرعة عملية البناء الضوئي ويعزى ذلك إلى أثرها السام.

### ٣- درجة الحرارة

تتأثر الإنزيمات الخاصة بدورات البناء الضوئي بدرجات الحرارة زيادة ونقصاناً حيث ارتفاع درجة الحرارة يسرع من حدوث عملية البناء الضوئي ولكن مع الزيادة المفرطة في درجات الحرارة يؤدي ذلك إلى الانخفاض في معدل البناء الضوئي .

ان فقد الماء يؤدي الى انكماش الخلايا وبالتالي قفل الثغور فيقل معدل البناء الضوئي تبعا لذلك ويؤدي الجفاف أيضا الى قلة قابلية الاغشية للنفاذية وجفاف الانزيمات وقد يؤدي الى قلة سرعة تكون المواد الكربوهيدراتية المتكونه من عملية البناء الضوئي

#### ٥- نقص العناصر

نقص بعض العناصر يؤدي الى انخفاض معدل البناء الضوئي لكونها عوامل مساعدة لبعض الانزيمات الخاصة بتفاعلات البناء الضوئي مثل الكلورين والذي يؤدي نقصه اعاقه نقل الالكترونات من الماء الى الكلوروفيل وقد يكون نقص عنصر مؤثر على بناء الكلوروفيل نفسه كما في حالة نقص الحديد او النيتروجين او المغنيسيوم.

## • ثانياً: العوامل الداخلية

### ١- الانزيمات

تتوقف عملية البناء الضوئي على توفر الانزيمات الخاصة بها وكفائتها وحدوث أي خلل بها يثر على معدل العملية

### ٢- تراكم المنتجات

يؤدي تراكم المنتجات الكربوهيدراتية الناتجة من عملية البناء الضوئي الى بطء عملية البناء.