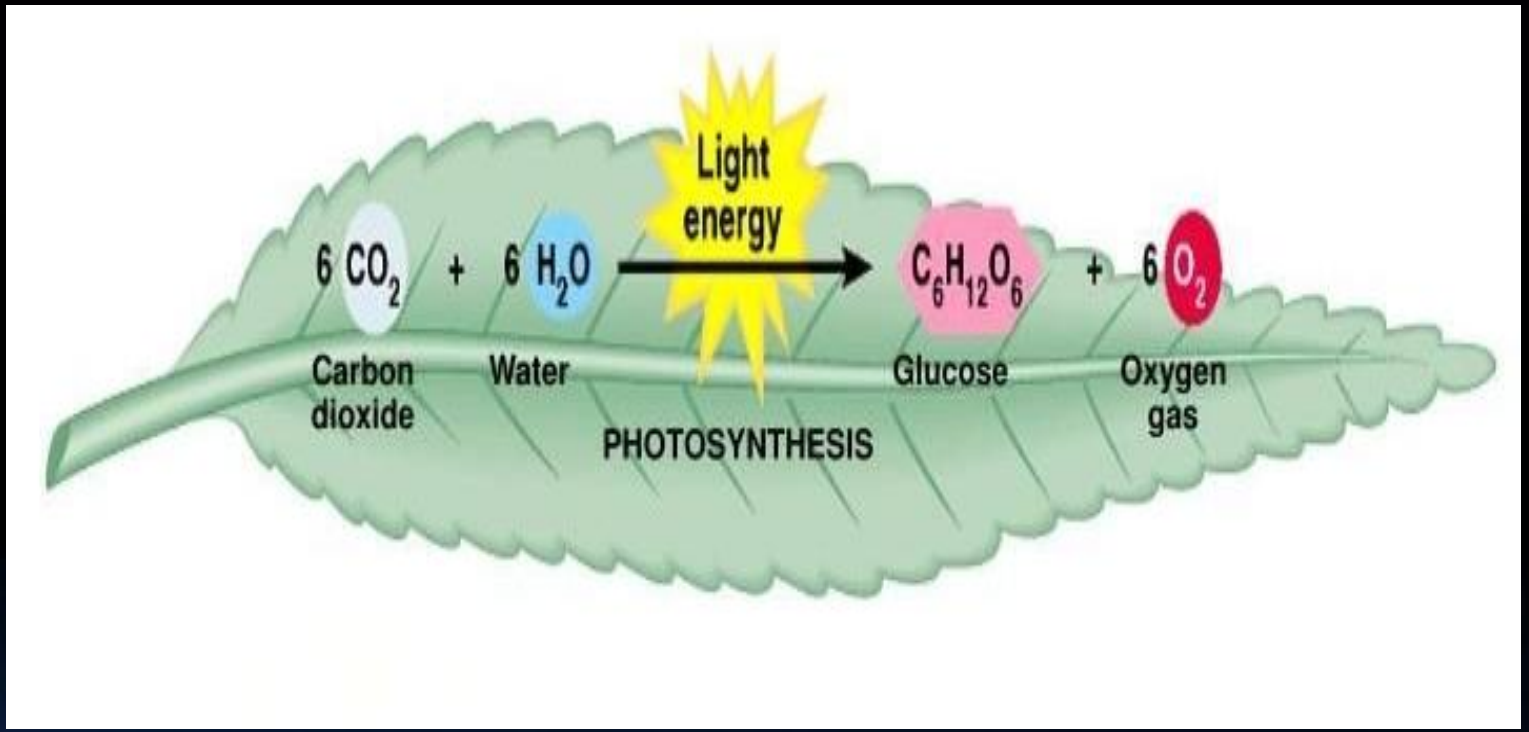
بسم الله الرحمن الرحيم

فصل ۶:
از انرژی به ماده

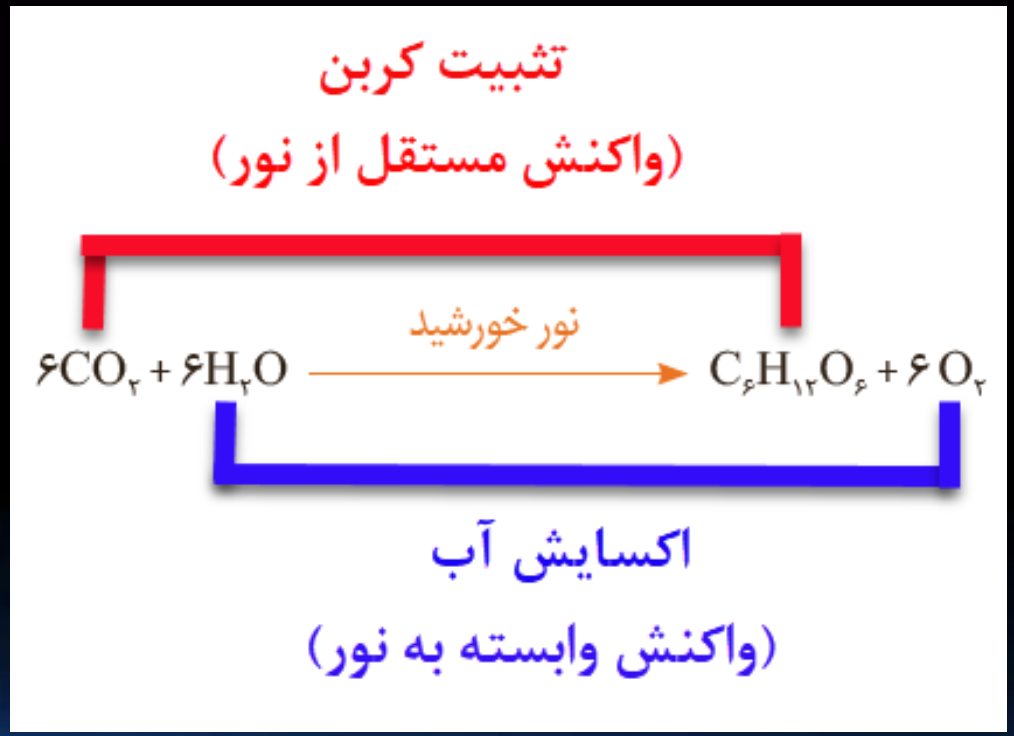
از انرژی به ماده

انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تامین می شود.



فتوسنتز: تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی

- ✓ گیاهان در فرآیند فتوسنتز؛ CO2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده؛ اندازه گرفت.



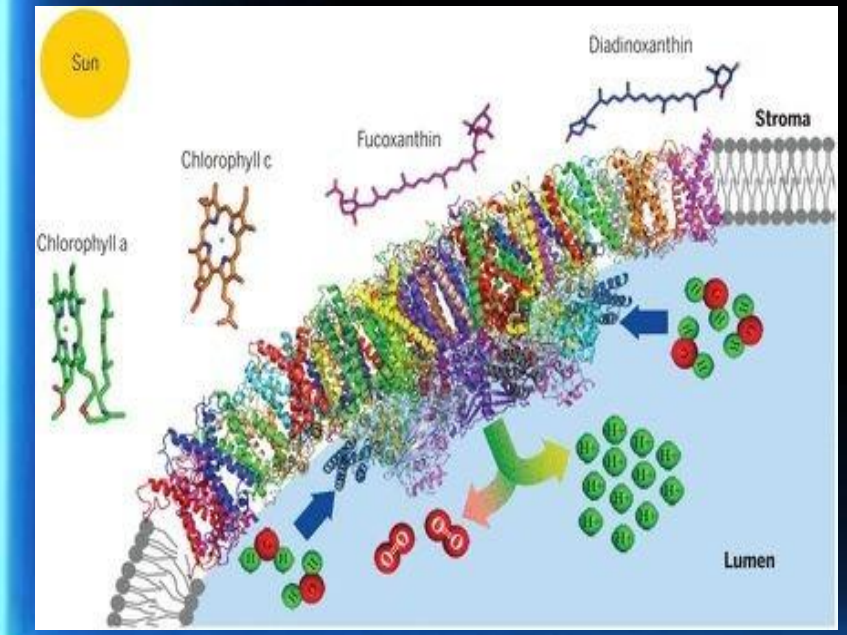
فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

✓ برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد:

❖ مولکول های رنگیزه ای داشته باشد که بتواند انرژی نور خورشید را جذب کند.

❖ سامانه ای برای تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی داشته باشد.

- نکته: رنگیزه هایی که در فتوسنتز گیاهان نقش دارند؛ شامل انواع کلروفیل و کاروتنوئیدها است.
- نکته: علاوه بر گیاهان؛ برخی از آغازیان و باکتری ها فتوسنتز می کنند.
- نکته: همه باکتری هایی که فتوسنتز می کنند؛ اکسیژن تولید نمی کنند.
- نکته: سیانوباکتری ها؛ در اثر فتوسنتز اکسیژن آزاد می کنند.



برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

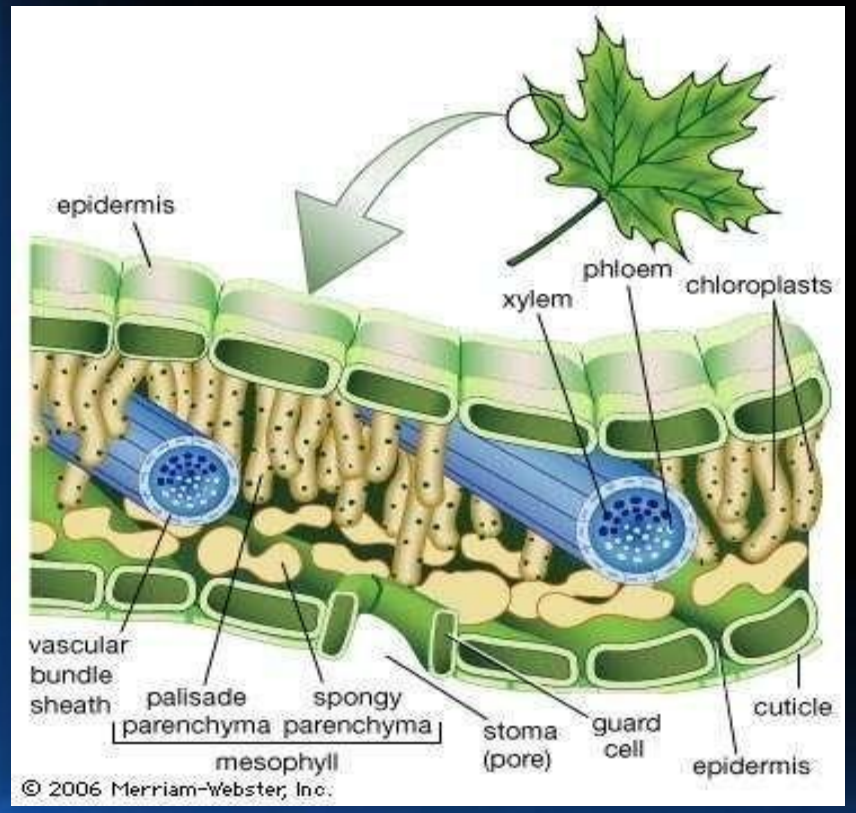
✓ برگ مناسب ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است، به دلایل زیر:

۱-تعداد فراوانی کلروپلاست دارد. (فتوسنتز در اندامک سبزدیسه انجام می شود.)

۲- روزنه های فراوان دارد.

۳- سطحی وسیع برای جذب نور خورشید دارد.

۴- نازک است و نور به راحتی در آن نفوذ می کند.



برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

برگ گیاهان دولپه

پهنک

دمبرگ

روپوست

روپوست رویی

روپوست زیرین

دارای روزنه کم یا فاقد روزنه

میانبرگ

پارانشیم نرده ای

پارانشیم اسفنجی

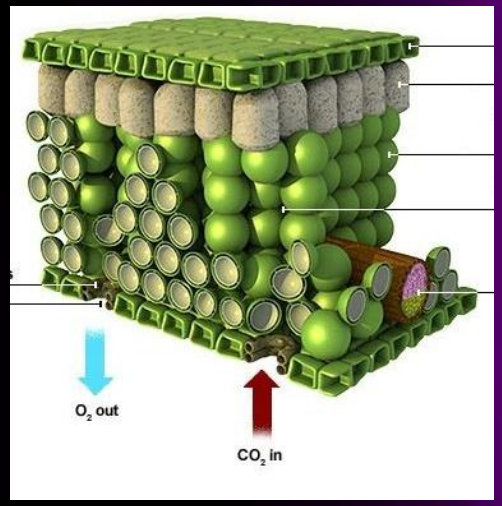
دسته های آوندی

آوند چوبی

آوند آبکشی

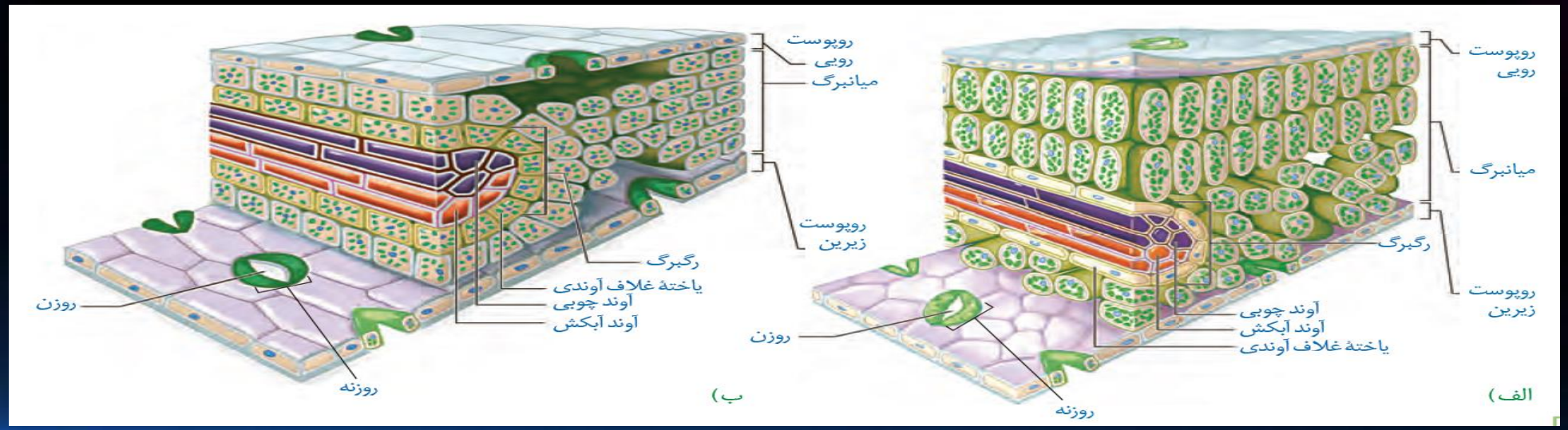
غلاف آوندی

ممکن است فاقد کلروپلاست باشد



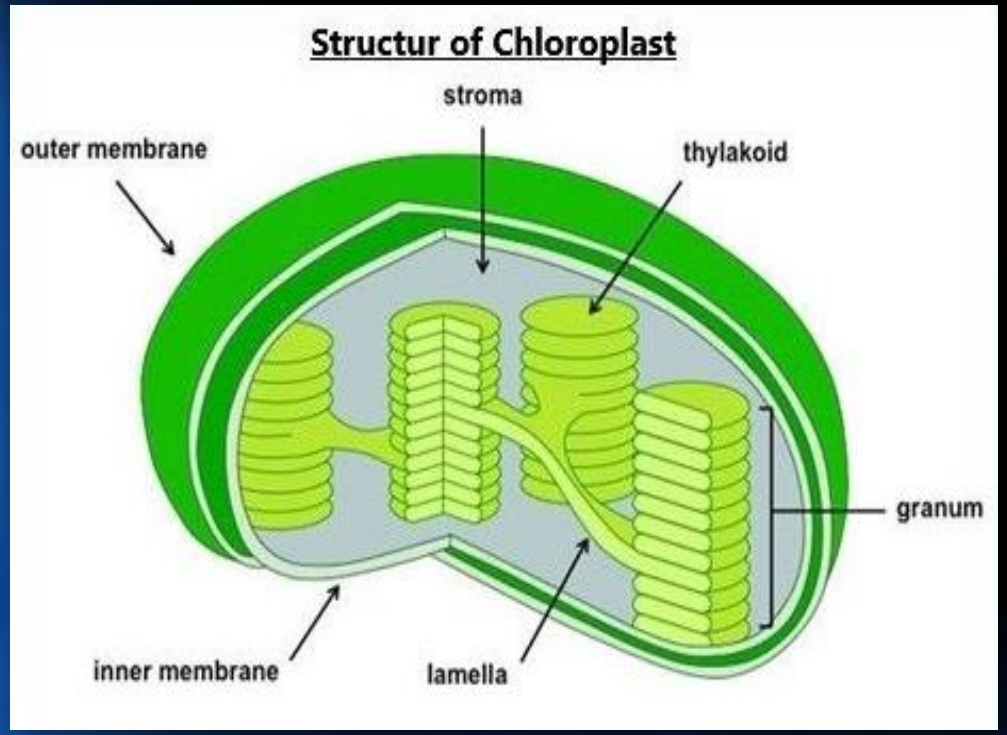
برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

- ✓ میانبرگ شامل یاخته های نرم آکنه است و از یاخته های نرم آکنه ای نرده ای و اسفنجی تشکیل شده است. یاخته های نرده ای بعد از روپوست رویی قرار دارند و به هم فشرده اند؛ در حالی که یاخته های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند.
- ✓ میانبرگ در بعضی از گیاهان ازیاخته های اسفنجی تشکیل شده است.(مانند اغلب تک یاخته ای ها)
  - نکته: در همه تک لپه ای ها بر خلاف دولپه ای ها،یاخته های غلاف آوندی کلروپلاست دارند.



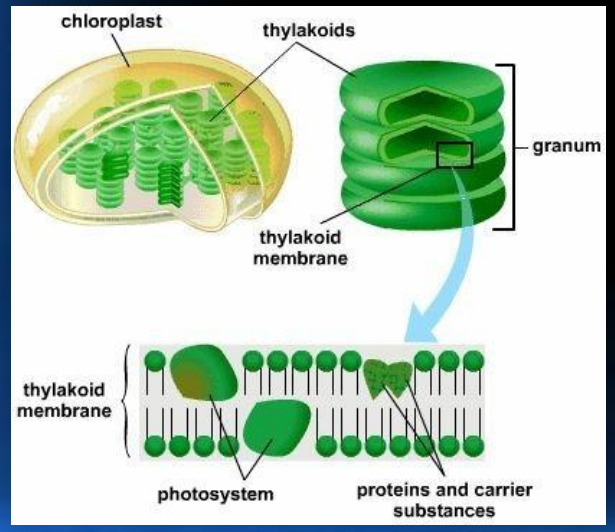
کلروپلاست (سبزدیسه)

- ✓ کلروپلاست همانند میتوکندری دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند.
- ✓ فضای درونی کلروپلاست با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوئید به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره تقسیم شده است.
- ✓ تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند.



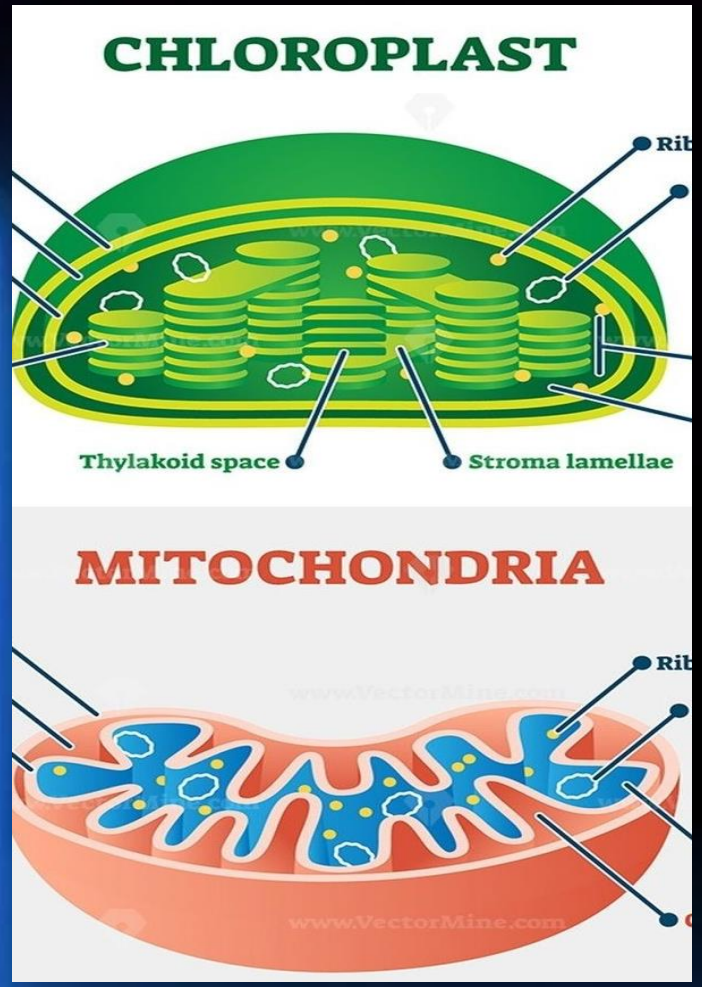
کلروپلاست

- ✓بستره دارای دنا، رنا و ریبوزوم است. بنابراین کلروپلاست همانند میتوکندری می تواند بعضی پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد.
- ✓کلروپلاست نیز می تواند به طور مستقل تقسیم شود. (تقسیم دوتایی)



- نکته: جنس غشای تیلاکوئید از جنس غشای درونی کلروپلاست است.
- نکته: کوچکترین فضا در کلروپلاست فضای درون تیلاکوپید است.
- نکته: غشای تیلاکوئید، غشای سوم در کلروپلاست است که محل قرار گرفتن سامانه های نوری برای جذب فوتون های نور است.

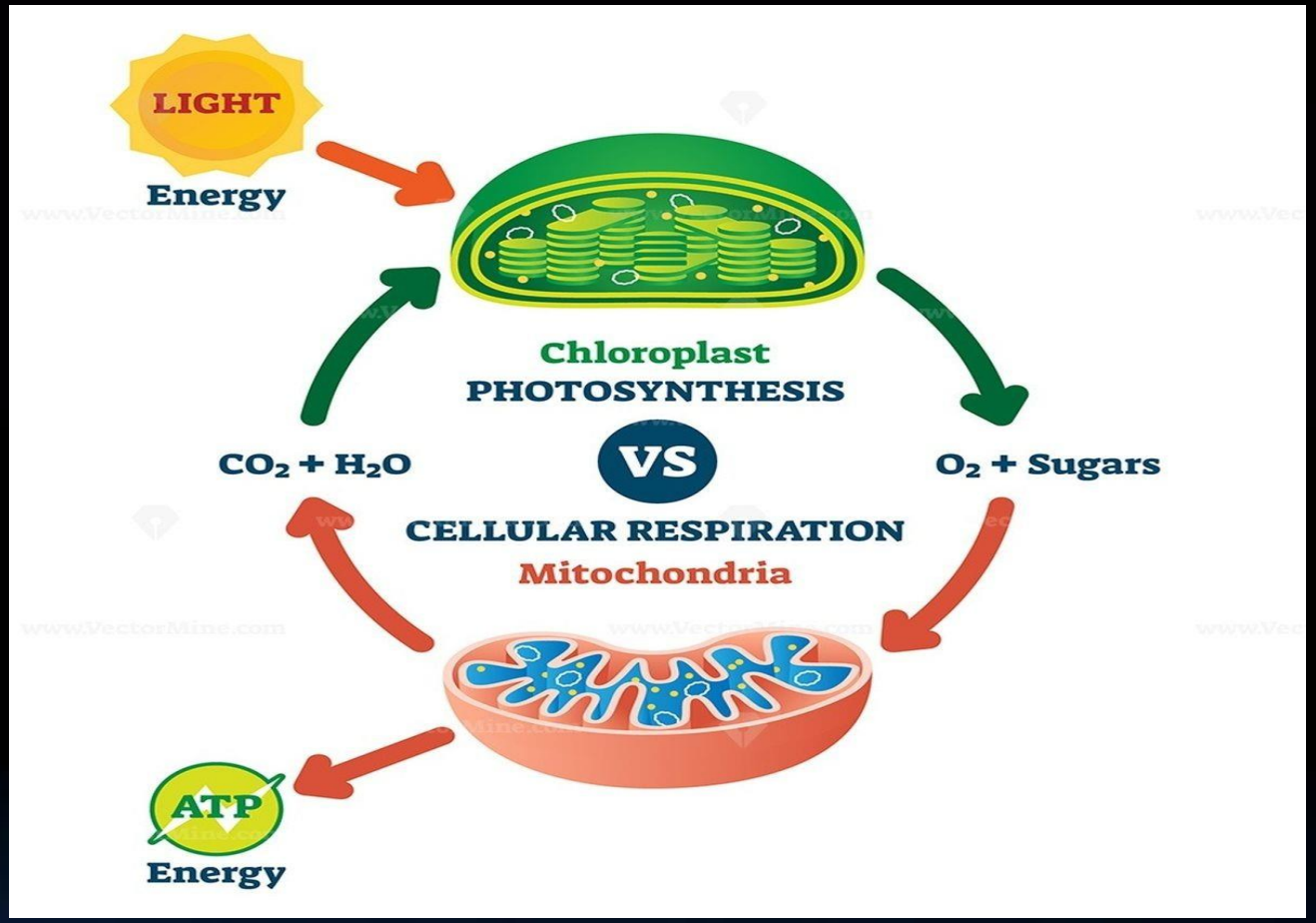
مقایسه ساختار و عملکرد میتوکندری و کلروپلاست



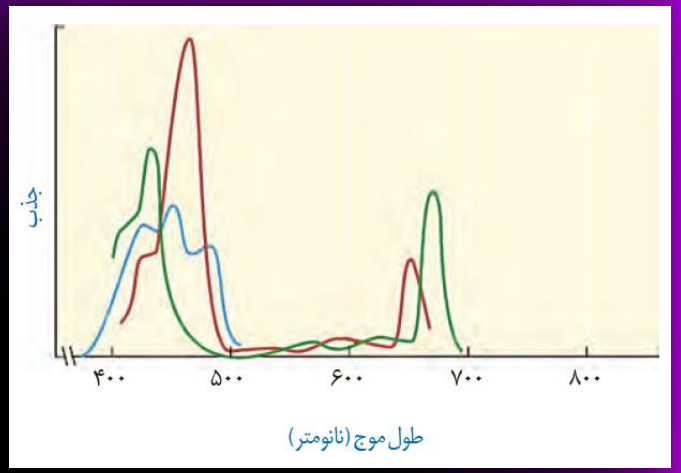
	وظیفه	نام واکنش در اندامک	وضعیت غشای داخلی و خارجی	تعداد فضاهای درونی	تکثیر
میتوکندری	تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی سوختی (**ATP**)	تنفس هوازی	غشای بیرونی صاف ولی غشای داخلی چین خورده	۲	همراه با هسته و یا مستقل از آن (تکثیر دوتایی)
کلروپلاست	تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی	فتوسنتز	هر دو غشا صاف	۳	همراه با هسته و یا مستقل از آن (تکثیر دوتایی)

- نکته: غشای تیلاکوئید همانند غشای درونی میتوکندری محل تولید **ATP** است.

مقایسه ساختار و عملکرد میتوکندری و کلروپلاست



رنگیزه های فتوسنتزی



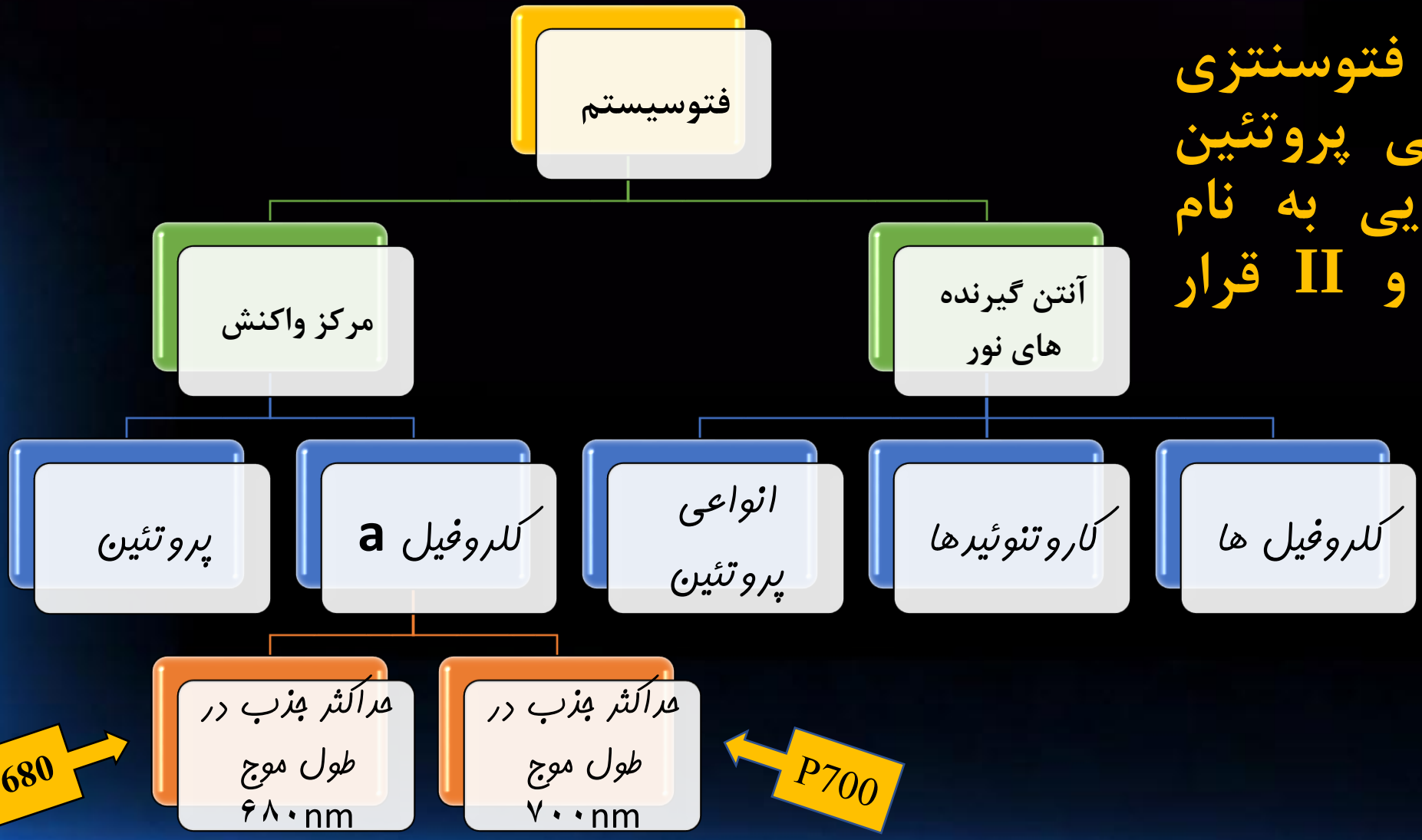
انواع رنگیزه های فتوسنتزی

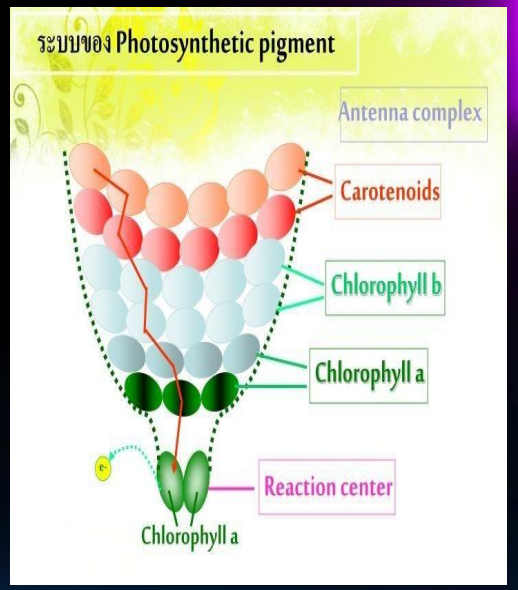
- **کلروفیل**
  - نوع **a** (حداکثر جذب نور در طول موج ۴۰۰ تا ۴۵۰ و ۶۵۰ تا ۷۰۰ رنگ قرمزو بنفش)
  - نوع **b** (حداکثر جذب نور در طول موج۴۵۰ تا ۵۰۰ و ۶۰۰ تا ۶۵۰ رنگ بنفش و آبی و تا حدودی نارنجی)
- **کاروتنوئید**
  - حداکثر جذب نور در طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ رنگ آبی و سبز

- نکته: کلروفیل **a** به رنگ سبز روشن و کلروفیل **b** به رنگ سبز مایل به زرد است.
- نکته:در بین کلروفیل ها، سبز کمترین میزان جذب را دارد.
- نکته: کاروتنوئید ها به رنگ زرد،نارنجی و قرمز دیده می شوند.

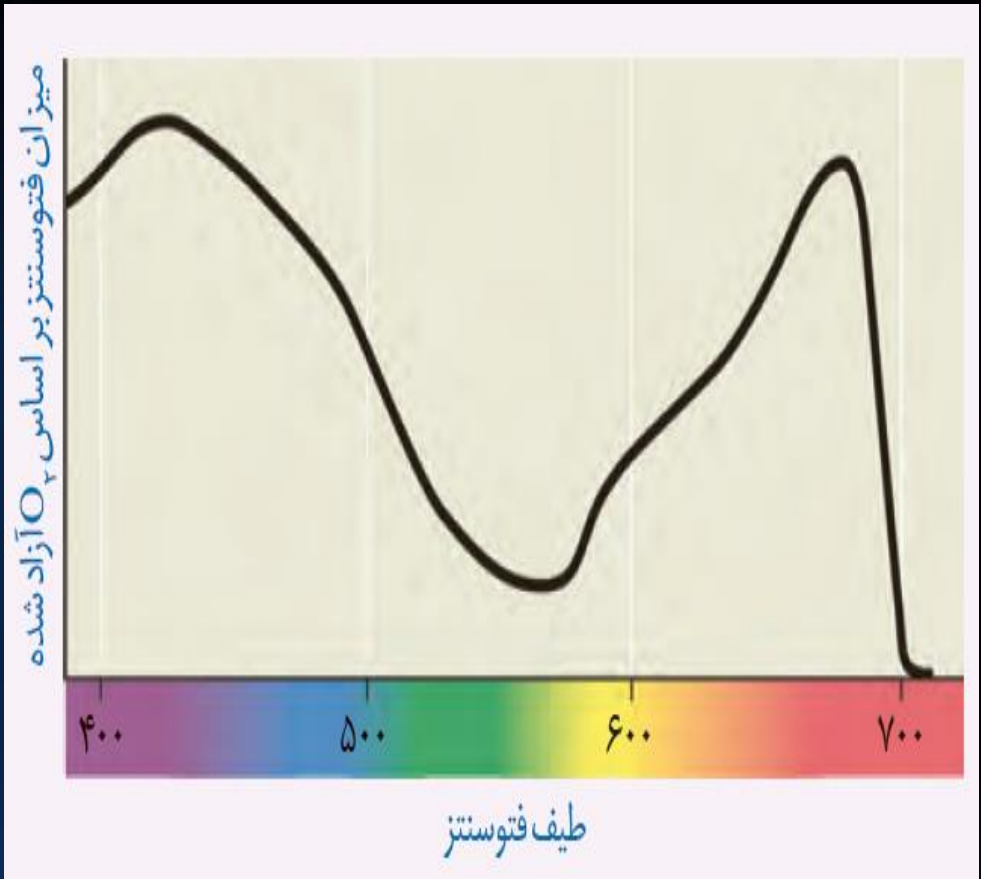
فتوسیستم:سامانه تبدیل انرژی

- رنگیزه های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم I و II قرار دارند.





فعالیت ۲ صفحه ۸۰



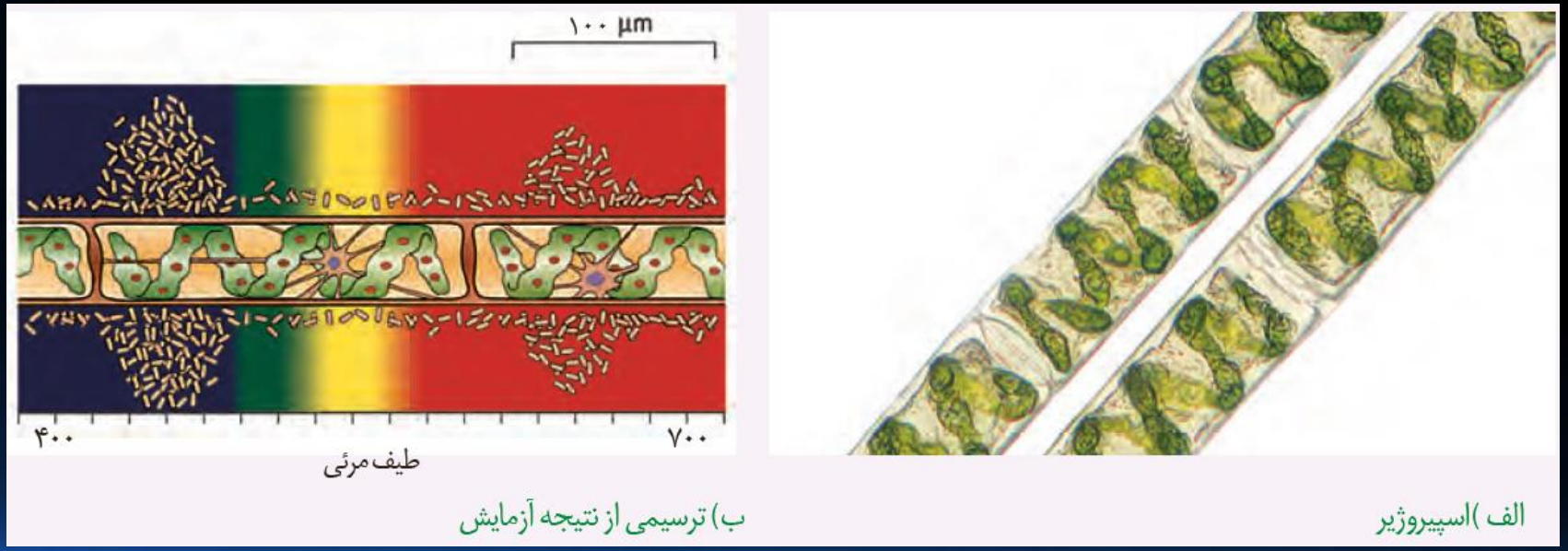
تفسیر نمودار: نمودار شبیه به طیف جذبی کلروفیل a است، یعنی سبزینه ها بیشترین تاثیر را در فتوسنتز دارند. ولی کمی با طیف جذبی کلروفیل a متفاوت است بدلیل جذب نور توسط رنگیزه های فرعی.

فعالیت ۳ صفحه ۸۱

الف) در محل نورهای قرمز و آبی بیشترین میزان اکسیژن تولید می شود.

می توان هر یک از طیف های نور مرئی را جداگانه به کار برد و نتایج حاصل از این آزمایش ها را مقایسه کرد.

ب) با توجه به میزان بیشتر اکسیژن در قسمت های قرمز و سبز که مربوط به سبزینه هاست، پاسخ مثبت است.



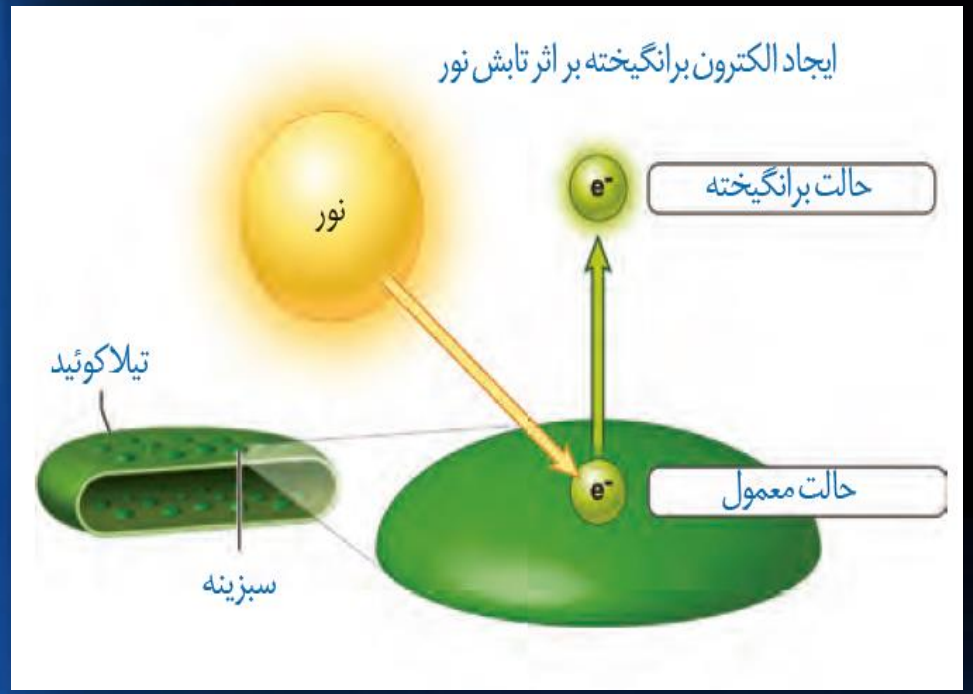
ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

الف) اسپیروژیر

واکنش های فتوسنتزی

- واکنش های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش های وابسته به نور و مستقل از نور قرار می دهند.

واکنش های وابسته به نور:واکنش های تیلاکوئیدی

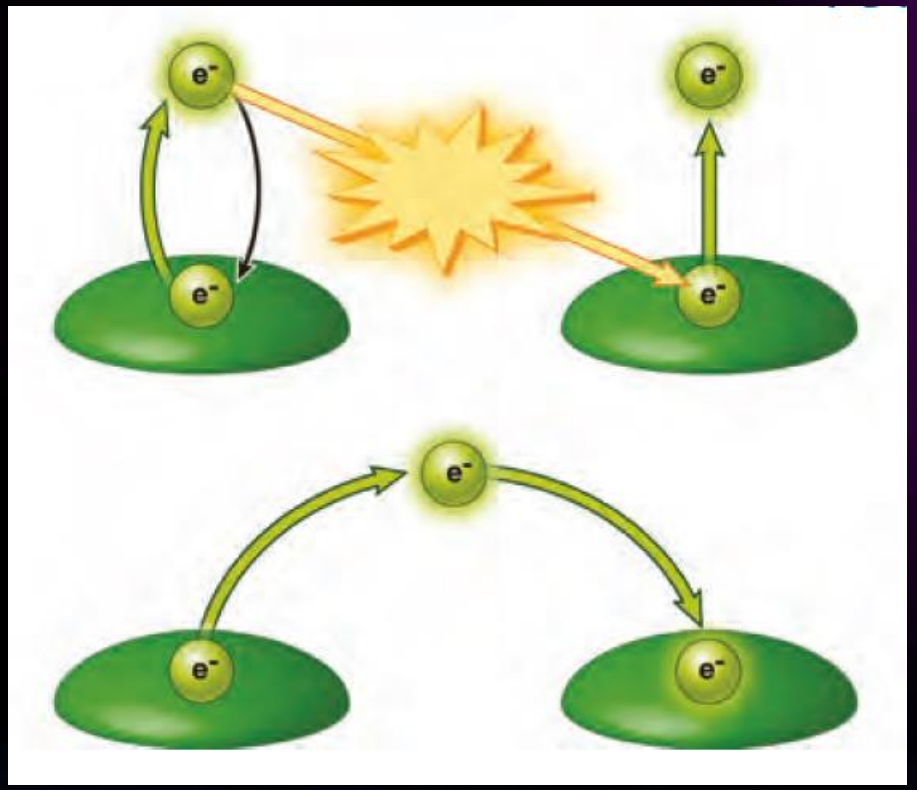


- وقتی نور به مولکول های رنگیزه می تابد، الکترون انرژی می گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است.

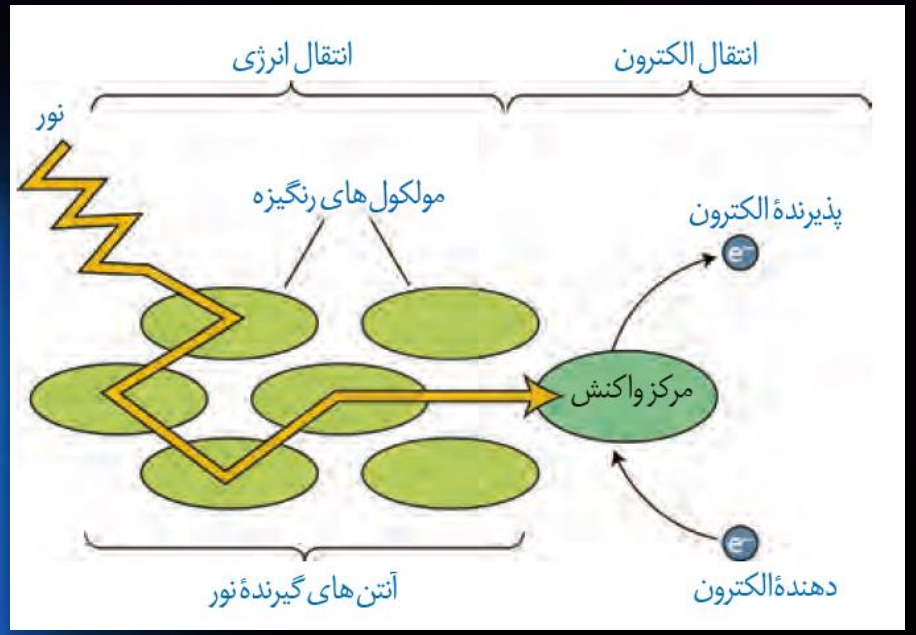
واکنش های فتوسنتزی

- ✓ الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود.

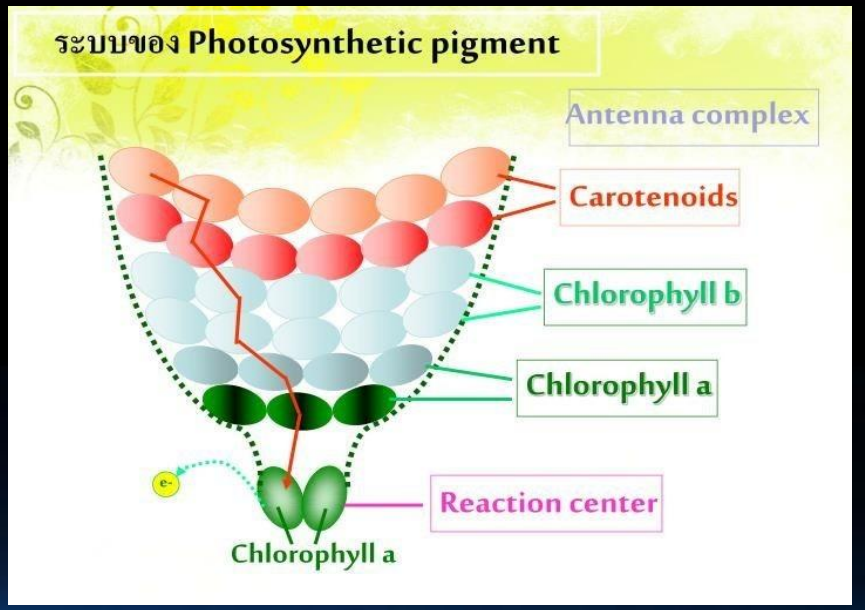
؟؟؟؟ ؟؟؟؟



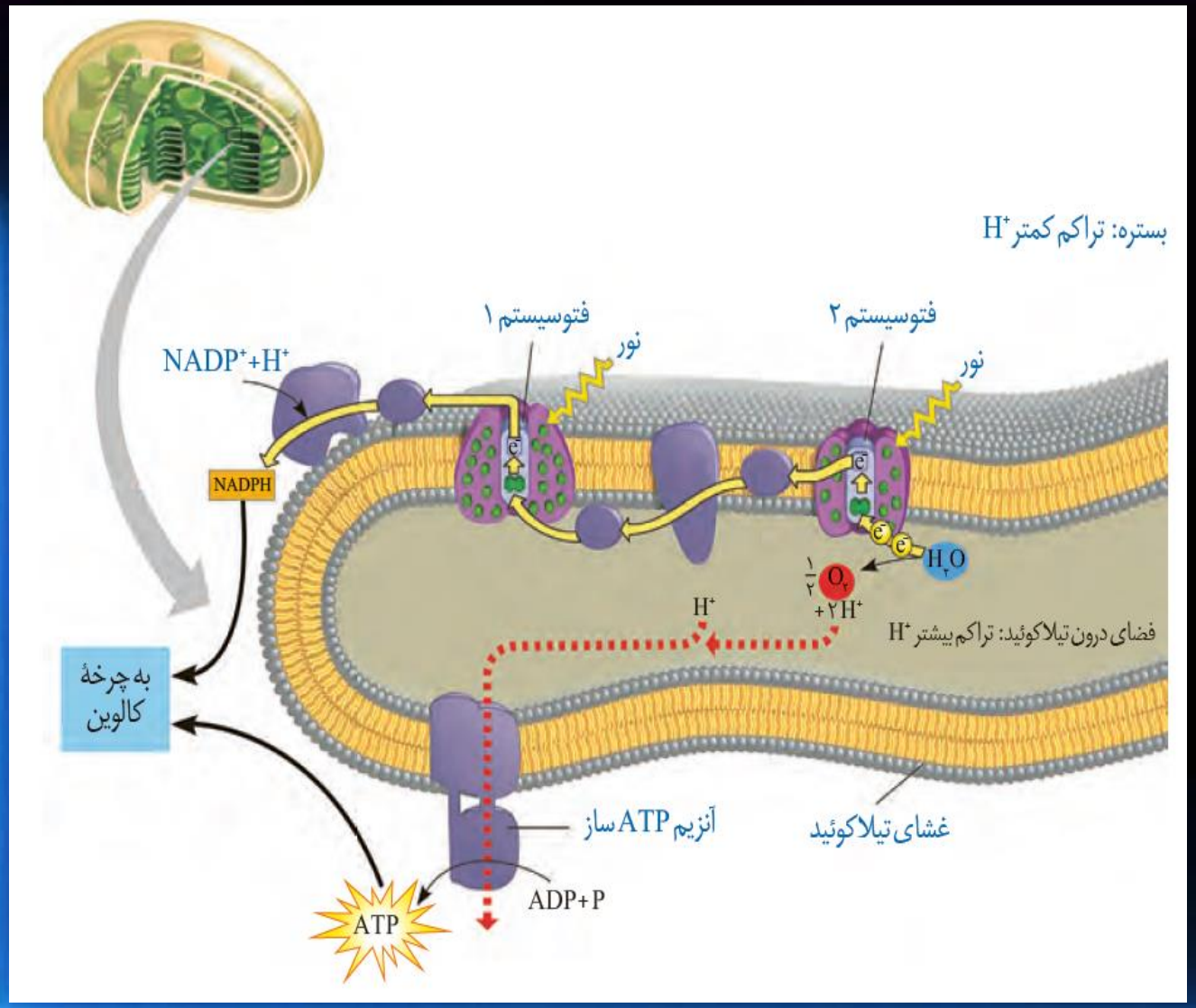
واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی



- در فتوسنتز، انرژی الکترون های برانگیخته در رنگیزه های موجود در آنتن ها از رنگیزه ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینه a و خروج الکترون از آن می شود.



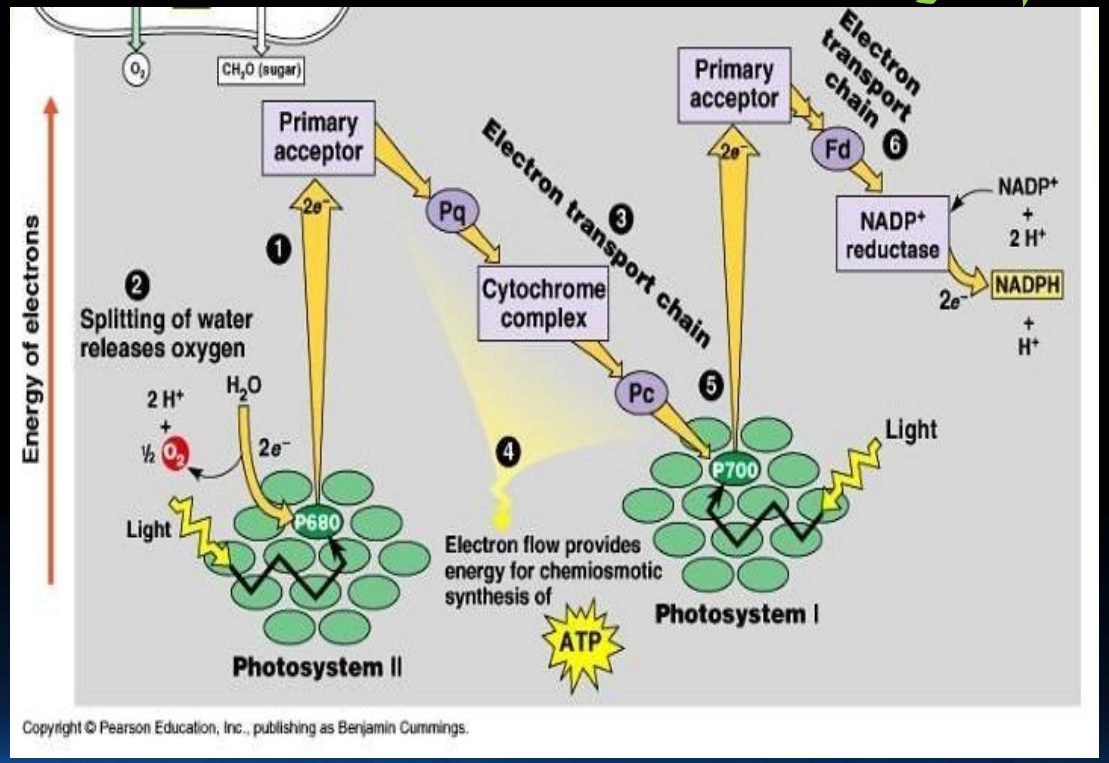
واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی



- ✓ الکترون برانگیخته از فتوسیستم II بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم I می رود. همچنین، الکترون بر انگیخته از فتوسیستم I در نهایت به مولکول NADP+ می رسد.

واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی

- ✓ دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد:
- ✓ یک زنجیره بین فتوسیستم II و فتوسیستم I
- ✓ یک زنجیره بین فتوسیستم I و NADP+

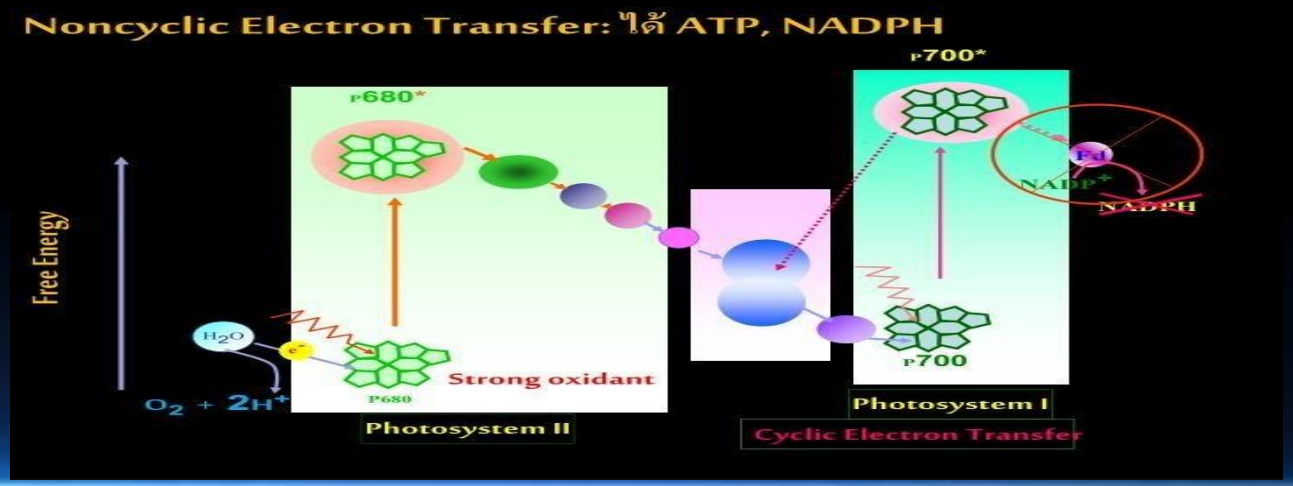


واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی

- ✓ NADP+ با گرفتن دو الکترون از فتوسیستم I، بار منفی پیدا می کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می شود.

$$NADP^+ + ۲e^- + ۲H^+ \rightarrow NADPH + H^+$$

- ✓ الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم II می آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم I را جبران می کند. اما کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم II چگونه جبران می شود؟

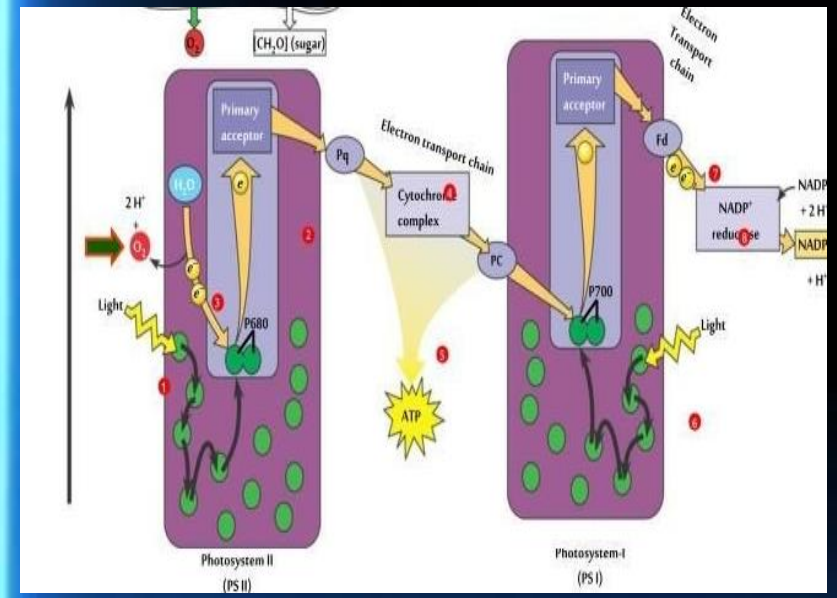


واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی

✓ کمبود الکترون در فتوسیستم II از *تجزیه مولکول آب* تامین می شود. تجزیه آب به علت فرآیندهایی است که به اثر نور مربوط می شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می گویند. تجزیه نوری آب در فتوسیستم II و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می شود.

$$H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

○ نکته: فتوسیستم II با جذب نور به اکسید کننده قوی تبدیل می شود و سبب اکسید شدن آب می شود.

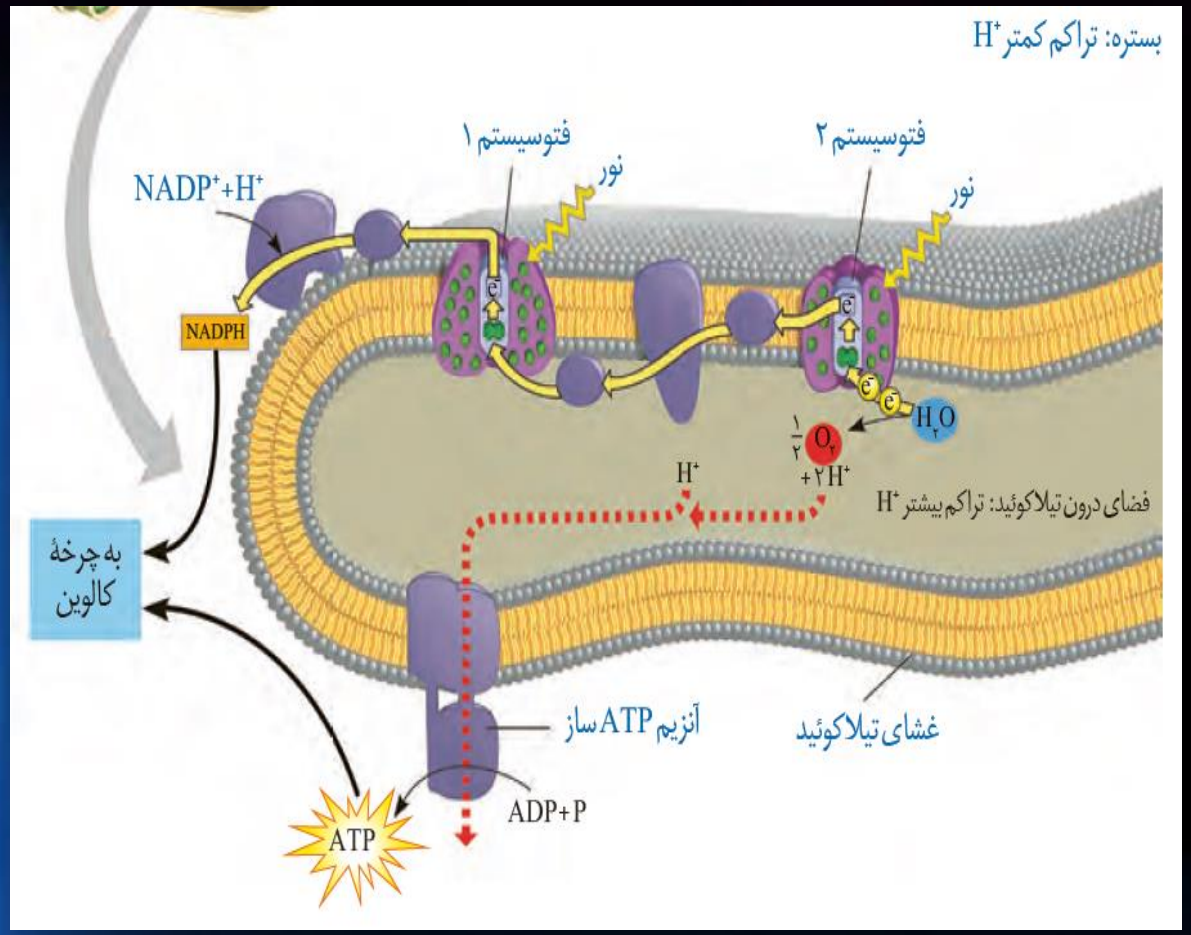


✓ حاصل تجزیه آب در فتوسیستم II ، الکترون، پروتون و اکسیژن است.

✓ اکسیژن حاصل از تجزیه آب، از طریق روزنه های گیاه متصاعد می شود.

✓ الکترون های حاصل از تجزیه آب، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم II را جبران می کنند.

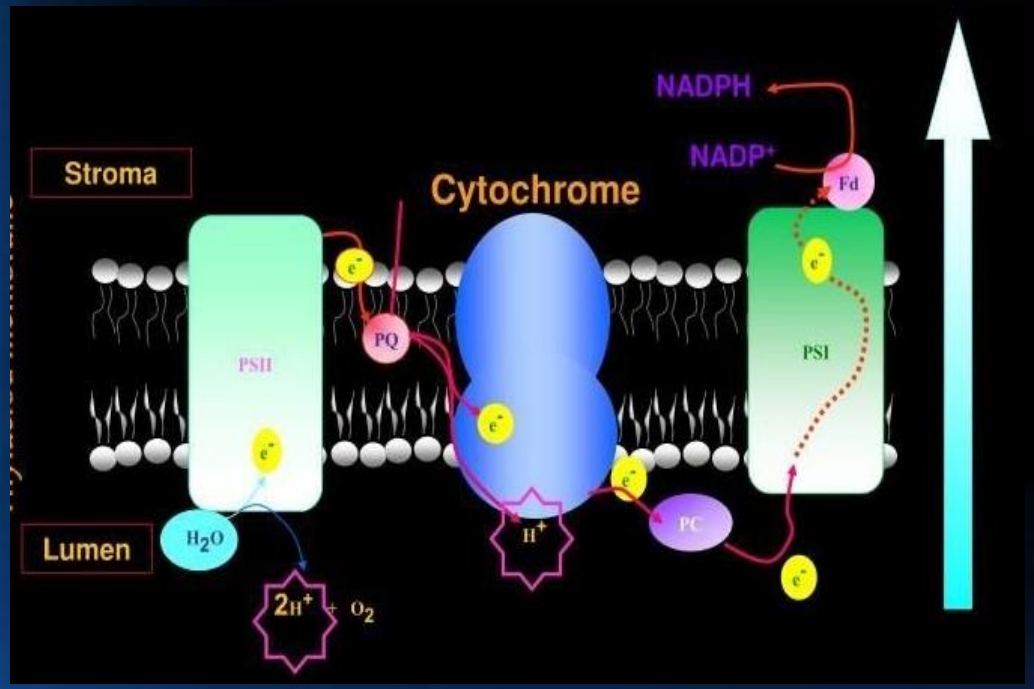
واکنش های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی



- ✓ پروتون های حاصل از تجزیه مولکول آب، در فضای درون تیلاکوئید ها تجمع می یابند.
- ✓ پروتون ها در فضای درون تیلاکوئید می مانند که در ایجاد شیب غلظت پروتون ها بین بستره و فضای درون تیلاکوئید نقش ایفا می کنند.

واکنش های تیلاکوئیدی

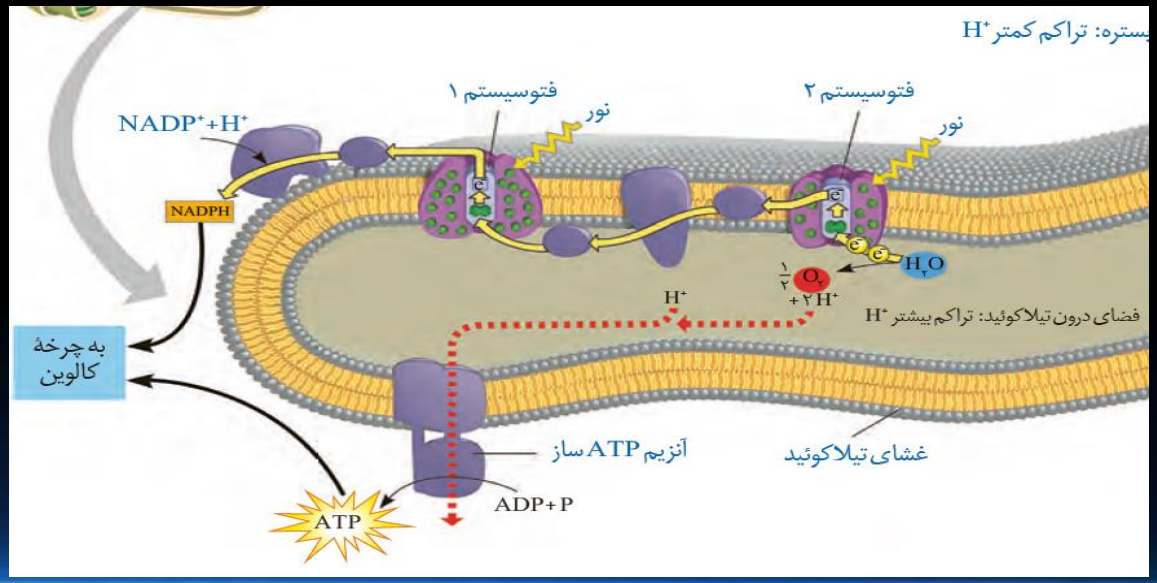
- ✓ فتوسیستم I با جذب نور، الکترون از دست می دهد . عبور الکترون های فتوسیستم II از سه بخش زنجیره انتقال الکترون، در نهایت به فتوسیستم I می رسد. (فتوسیستم II خلاء الکترونی فتوسیستم I را جبران می کند.)
- ✓ فتوسیستم I با جذب نور به احیا کننده قوی تبدیل می شود و NADP+ را احیا می کند. NADP+ در درون بستره احیا می شود.



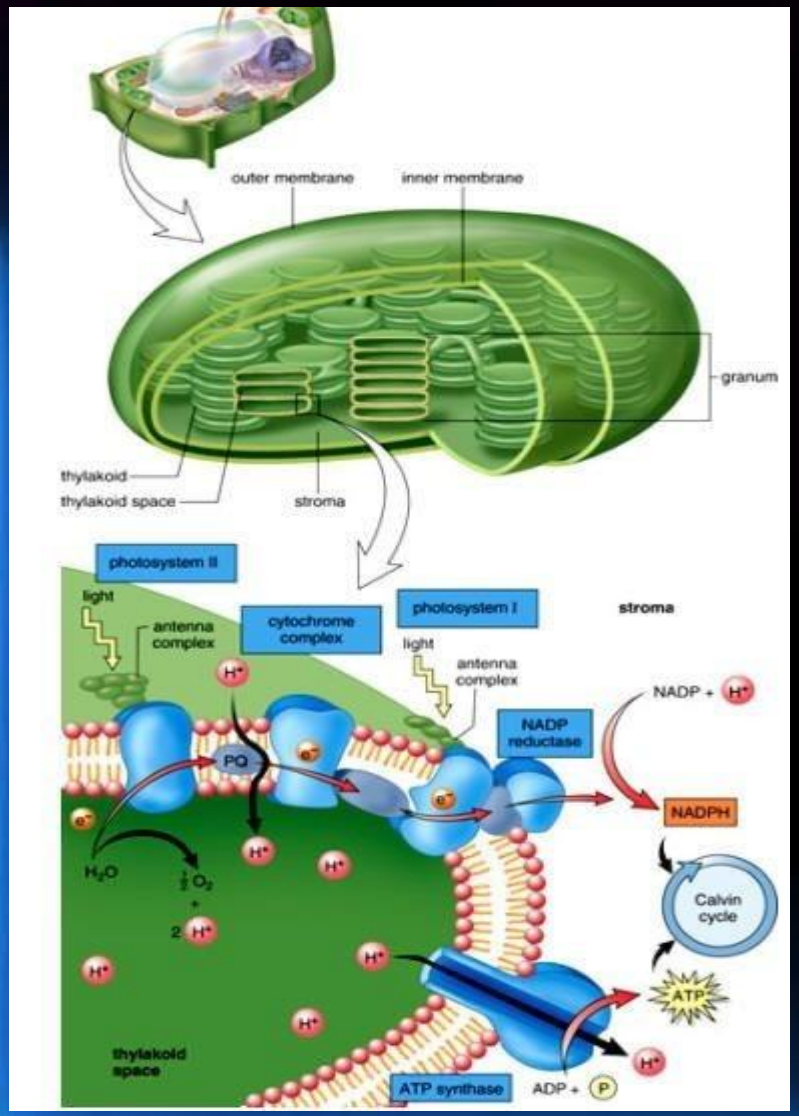
- نکته: بین فتوسیستم I و مولکول NADP+، زنجیره انتقال الکترون وجود دارد. (الکترونهای فتوسیستم I بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به NADP+ می رسند و آن را احیا می کنند.

اجزای زنجیره انتقال الکترون بین فتوسیستم II و I

پروتئین کوچک در داخل غشای تیلاکوئیدی که پروتون ها را از بسترہ به درون تیلاکوئید پمپ می کند.	ترکیب بزرگ پروتئینی در عرض غشای تیلاکوئید (بخشی از آن در فضای درون تیلاکوئید)	پروتئین کوچک در سمت غشای داخلی



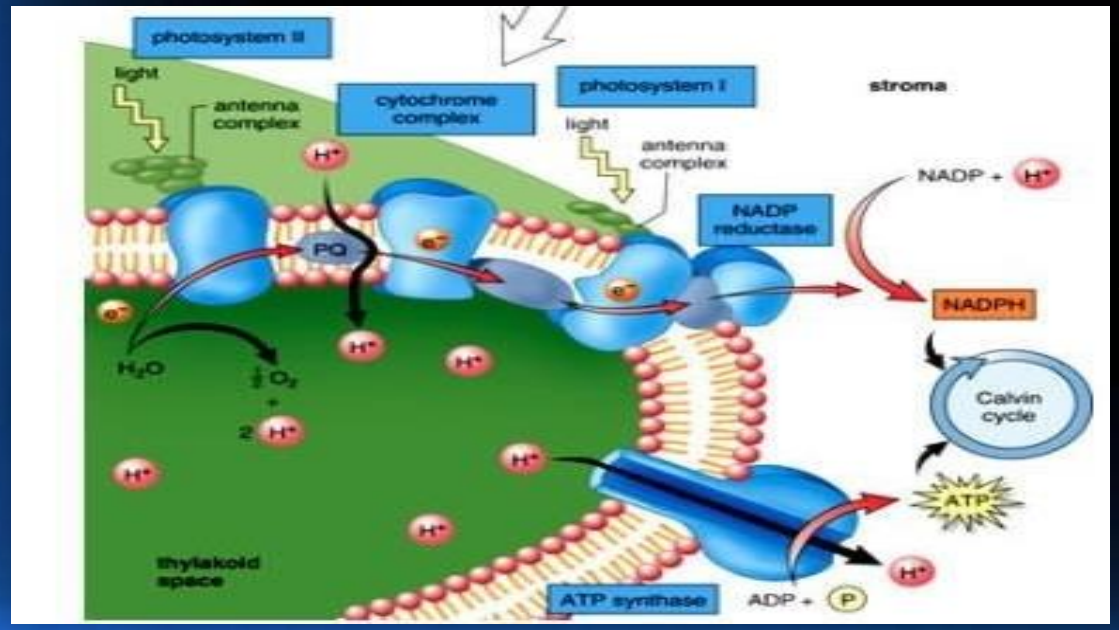
ساخته شدن ATP در فتوسنتز



- ✓ یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم II و I قرار دارد، پروتئینی است که یون های H+ را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود.
- ✓ بدلیل تجزیه آب نیزدر فضای درون تیلاکوئید، تعدادی پروتون بوجود می آید. در نتیجه، بتدریج تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئید نسبت به بستره افزایش می یابد و شیبی از غلظت پروتون از فضای درون تیلاکوئیدها به سمت بستره ایجاد می شود.

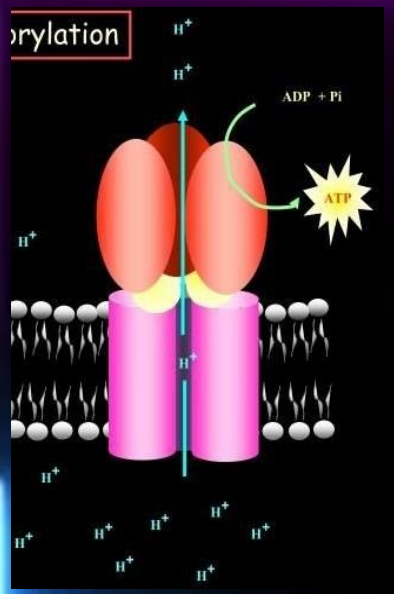
ساخته شدن ATP در فتوسنتز

- ✓ پروتون ها بر اساس شیب غلظت می خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون ها از چه راهی به بستره می روند؟
- ✓ *در غشای تیلاکوئید مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز* وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم ATP ساز در میتوکندری است. پروتون ها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در میتوکندری رخ می دهد، همراه با عبور پروتون ها از این آنزیم، ATP ساخته می شود.



- ✓ به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری،
- ✓ ساخته شدن نوری ATP می گویند.

زیرا حاصل فرآیندی است که با نور به راه می افتد.



ساخته شدن ATP در فتوسنتز

✓آنزیم ATP ساز شامل دو بخش است:

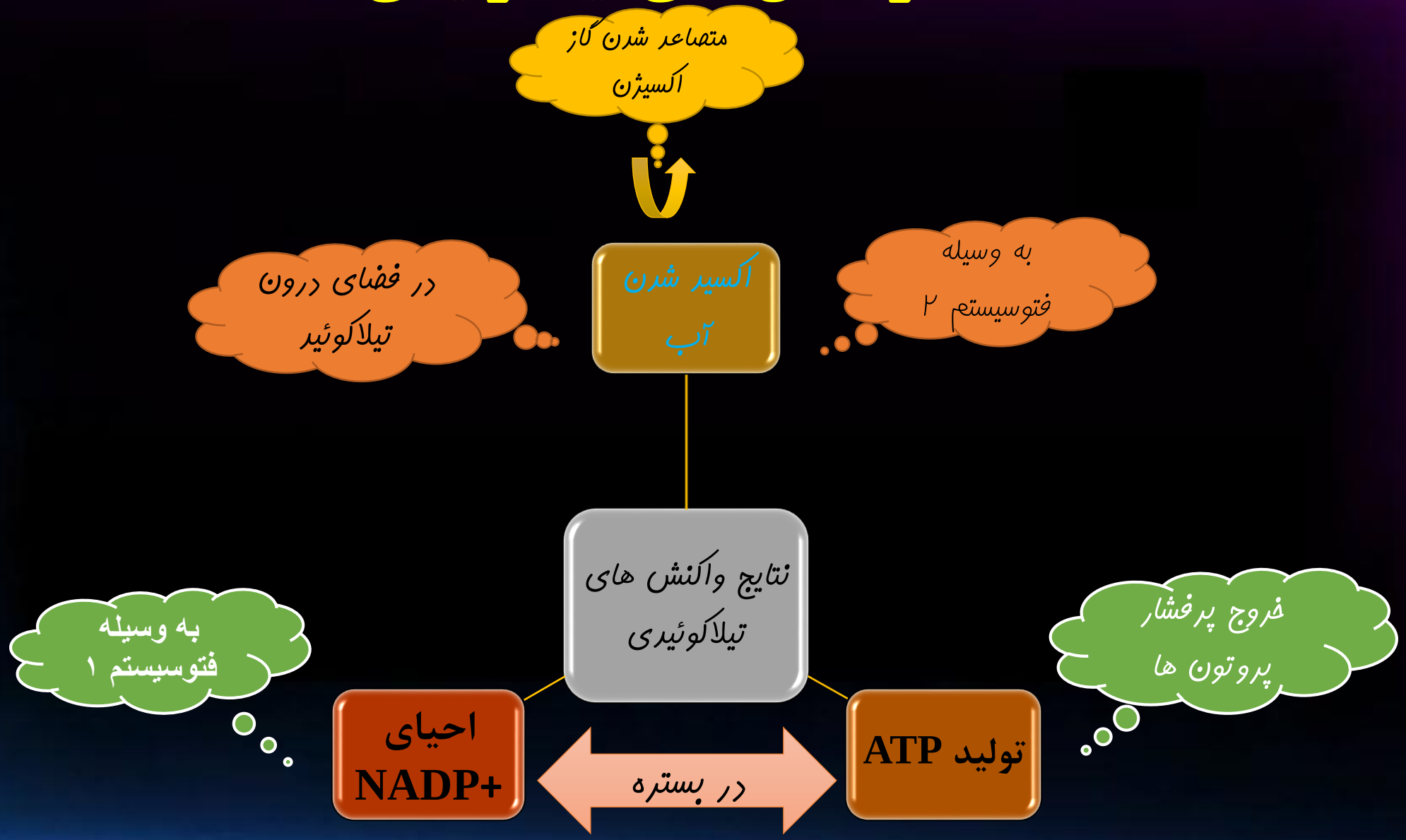
❖ بخش پایه:در عرض غشای تیلاکوئید جای دارد و به عنوان کانال یونی عمل می کند و سبب انتقال یون های هیدروژن از فضای درون تیلاکوئید به بستره به فرآیند انتشار تسهیل شده می شود.

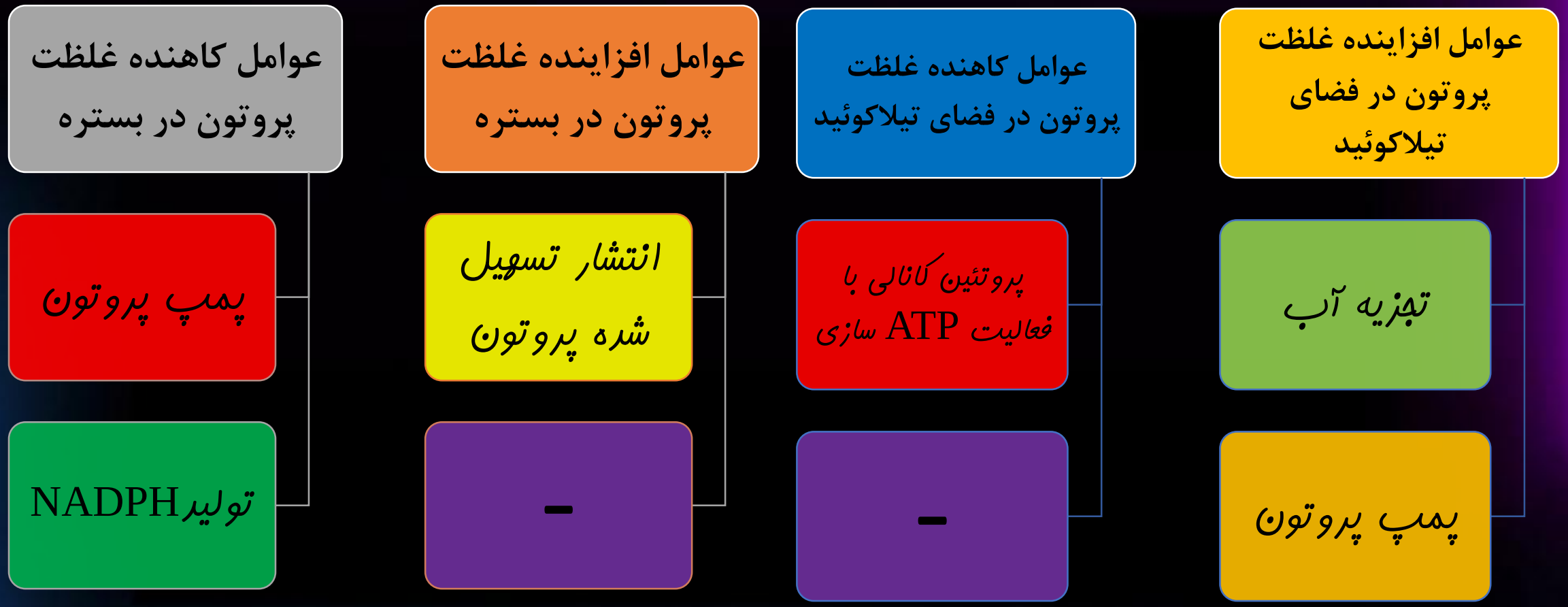
❖ بخش چرخان (سر) : در درون بستره قرار می گیرد و با استفاده از انرژی حاصل از خروج پر فشار پروتون ها، سبب تولید ATP از ADP می شود.

○ نکته: آنزیم ATP ساز یک مولکول منحصر به فرد است،هم کانال یونی و هم آنزیم سازنده ATP

برای تولید ATP سه عامل دخالت دارند:

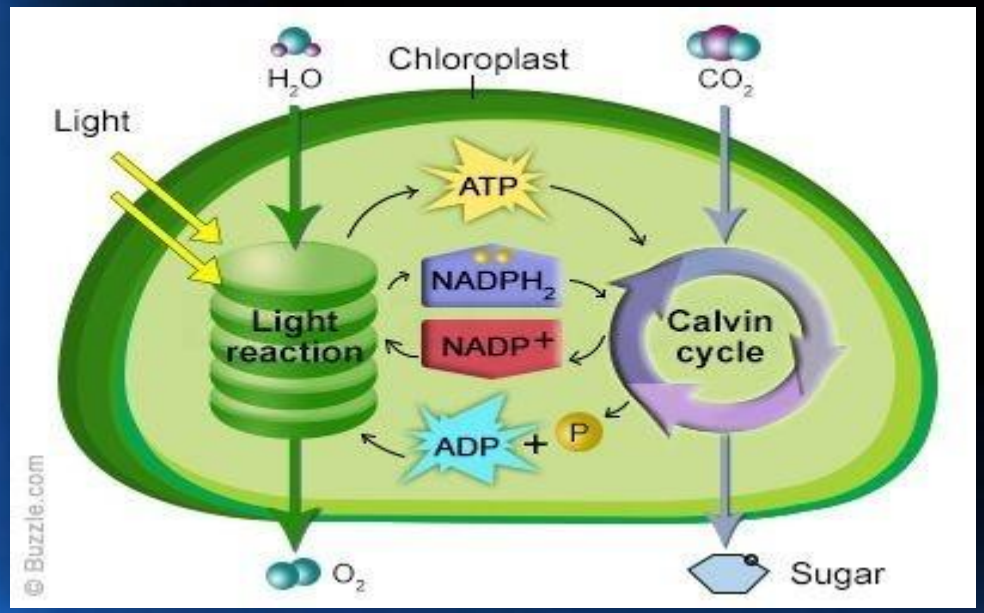
واکنش های تیلاکوئیدی



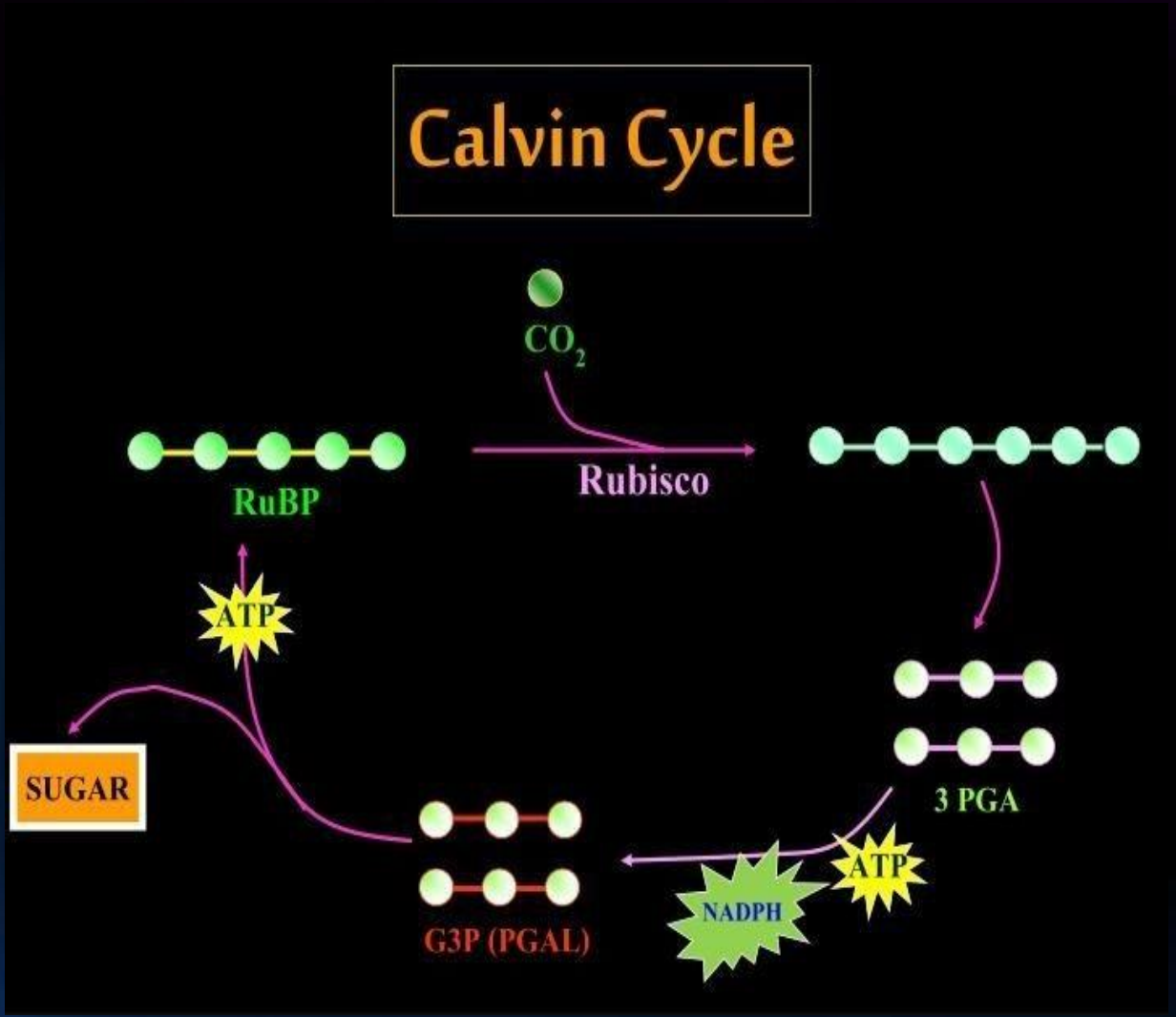

عوامل افزاینده غلظت پروتون در فضای تیلاکوئید
تجزیه آب
پمپ پروتون
عوامل کاهنده غلظت پروتون در فضای تیلاکوئید
پروتئین کانالی با فعالیت ATP سازی
-
عوامل افزاینده غلظت پروتون در بستره
انتشار تسهیل شده پروتون
-
عوامل کاهنده غلظت پروتون در بستره
پمپ پروتون
تولید NADPH

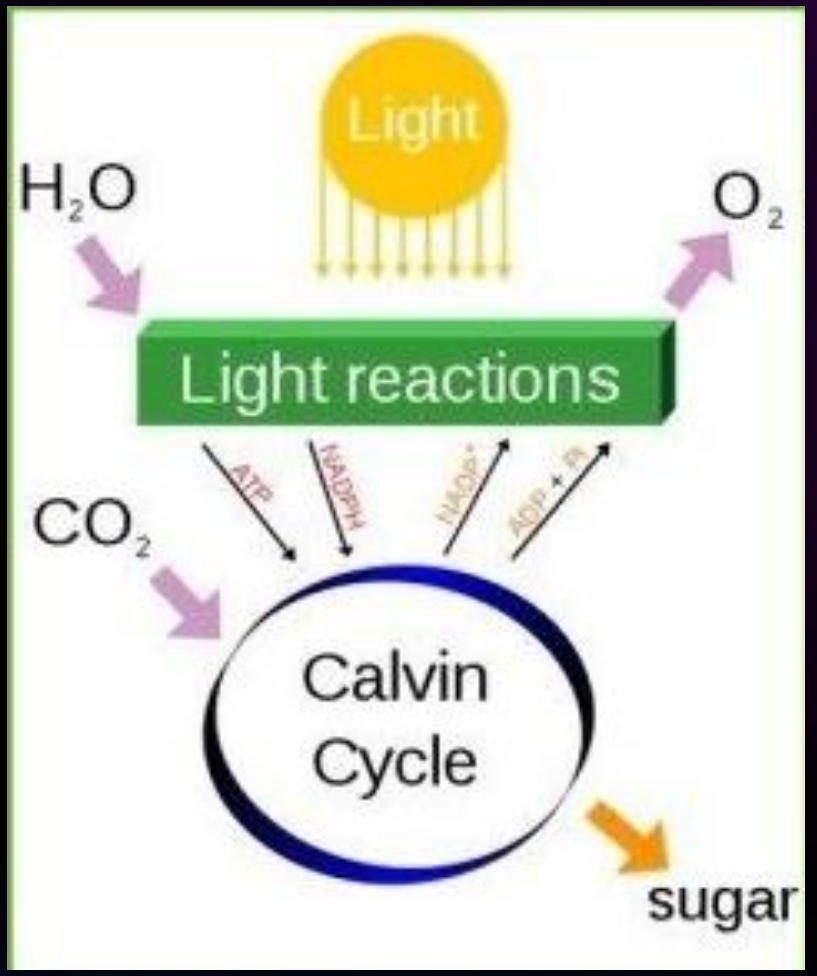
واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن

- ✓در فتوسنتز، مولکول های CO_2 به قند تبدیل می شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی دهد.
- ✓عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در مولکول CO_2 کاهش یافته است. بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تامین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تامین می شود.

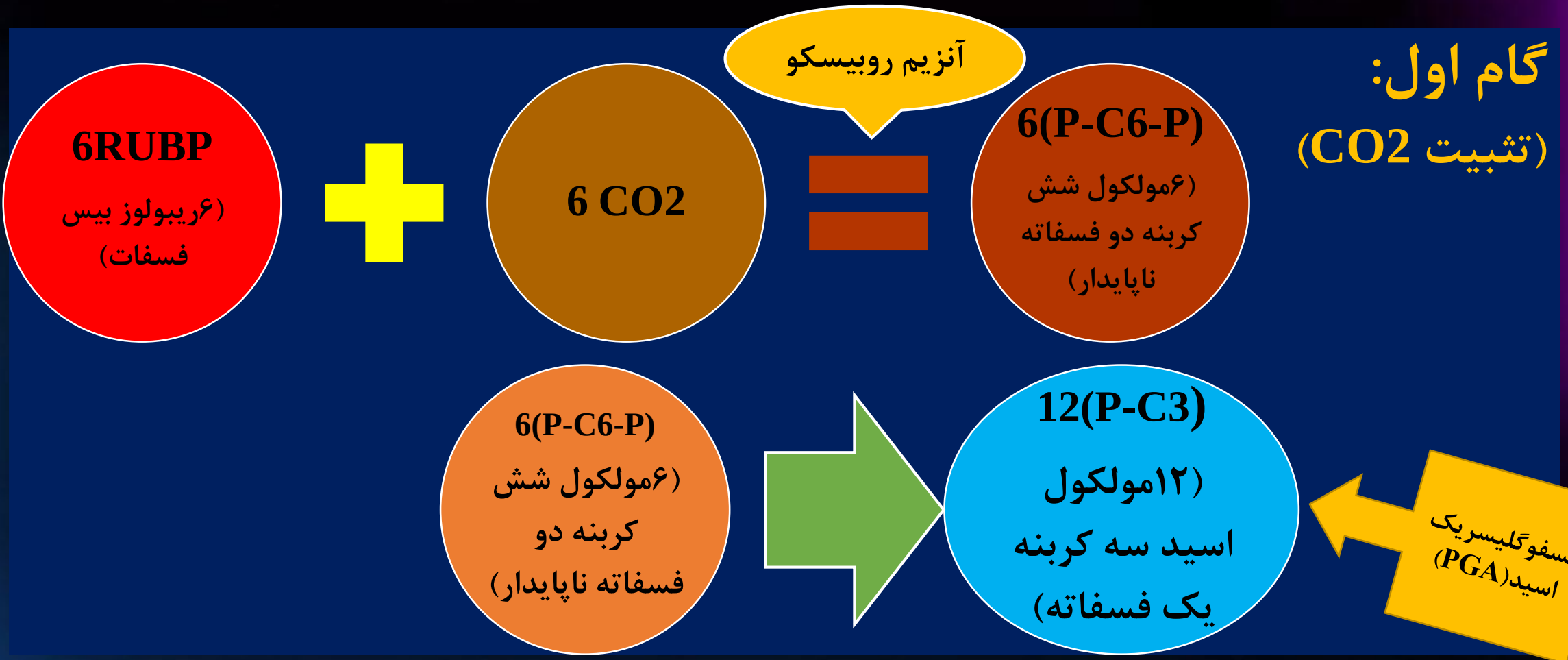


- ✓ساخته شدن قند در چرخه ای از واکنش ها، به نام *چرخه کالوین* رخ می دهد.
- ✓واکنش های چرخه کالوین در *بستره کلروپلاست* انجام می شوند.


Calvin Cycle
CO_2
RuBP
Rubisco
ATP
SUGAR
3 PGA
ATP
NADPH
G3P (PGAL)


Light
H_2O
O_2
Light reactions
ATP
NADPH
CO_2
Calvin Cycle
sugar

واکنش های چرخه کالوین

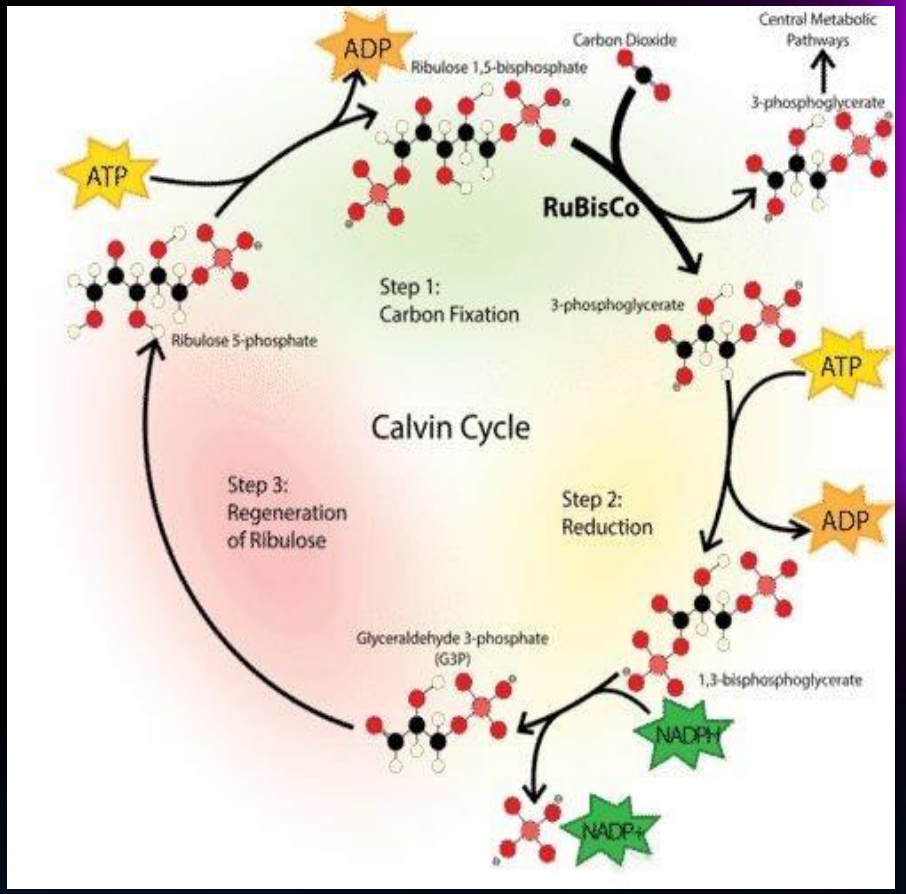


واکنش های چرخه کالوین

گام۱

۶ مولکول کربن دی اکسید با شش مولکول قند ریبولوزبیس فسفات تولید۶مولکول شش کربنه دو فسفاته ناپایدار می کند. این واکنش به وسیله آنزیم روبیسکو (ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز-اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می شود.

✓هرمولکول شش کربنی ناپایدار بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی یک فسفاته ایجاد می کند. (تولید ۱۲ اسید سه کربنه یک فسفاته)

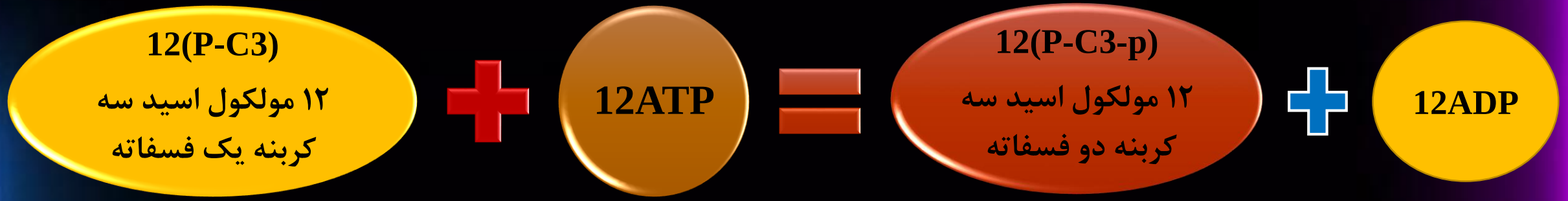


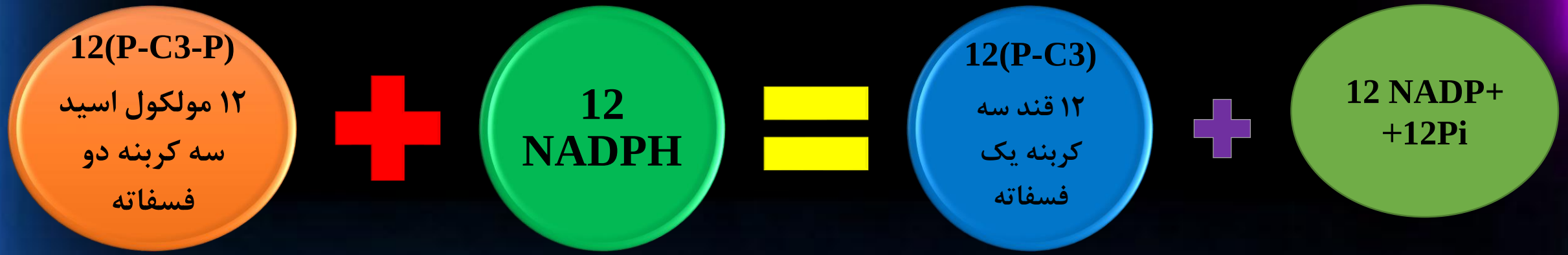
○نکته:آنزیم روبیسکو فراوان ترین آنزیم طبیعت است که با میزان بیشتر CO_2 به O_2 فعالیت کربوکسیلازی(در فتوسنتز) وبا مقادیر بیشتر O_2 به CO_2 فعالیت اکسیژنازی (در تنفس نوری) نشان می دهد.

○نکته:در این گام کربنی که بخشی از مولکول CO_2 بوده،در قسمتی از اسکلت کربنی بکار رفته است، پس کربن تثبیت شده است. به فرآیند استفاده از CO_2 برای تشکیل ترکیب های آلی تثبیت کربن می گویند.

واکنش های چرخه کالوین

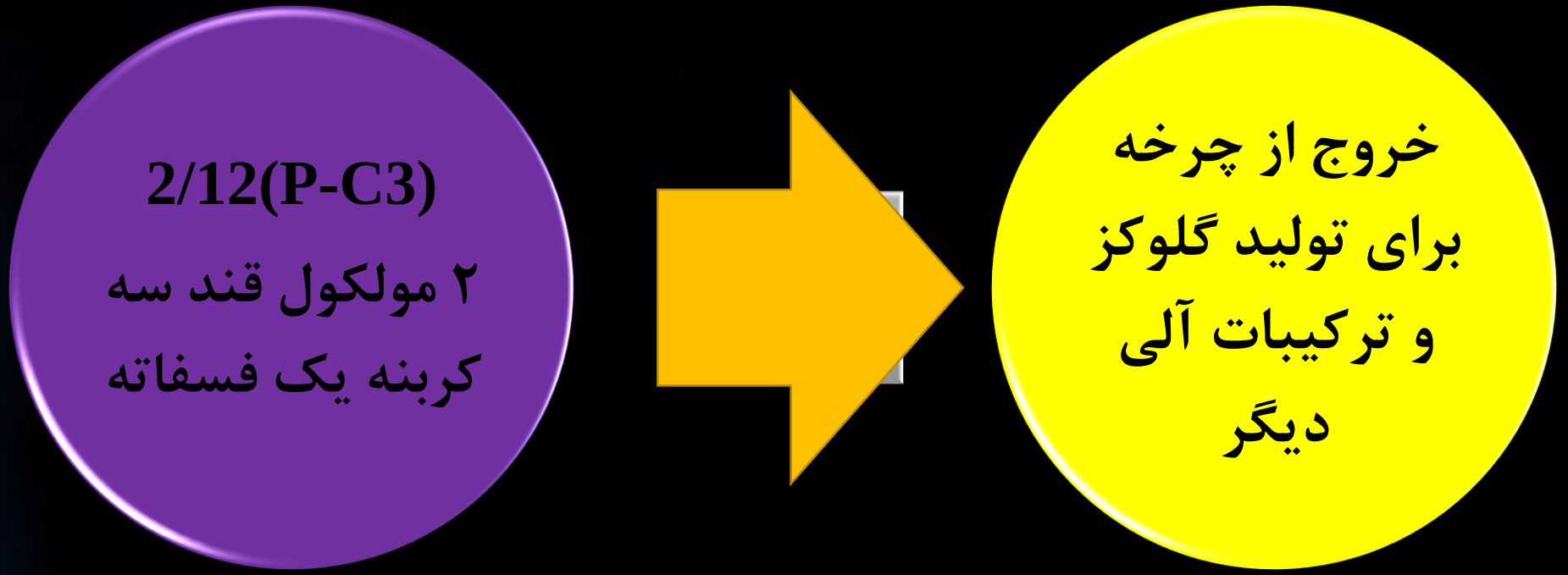
گام دوم:





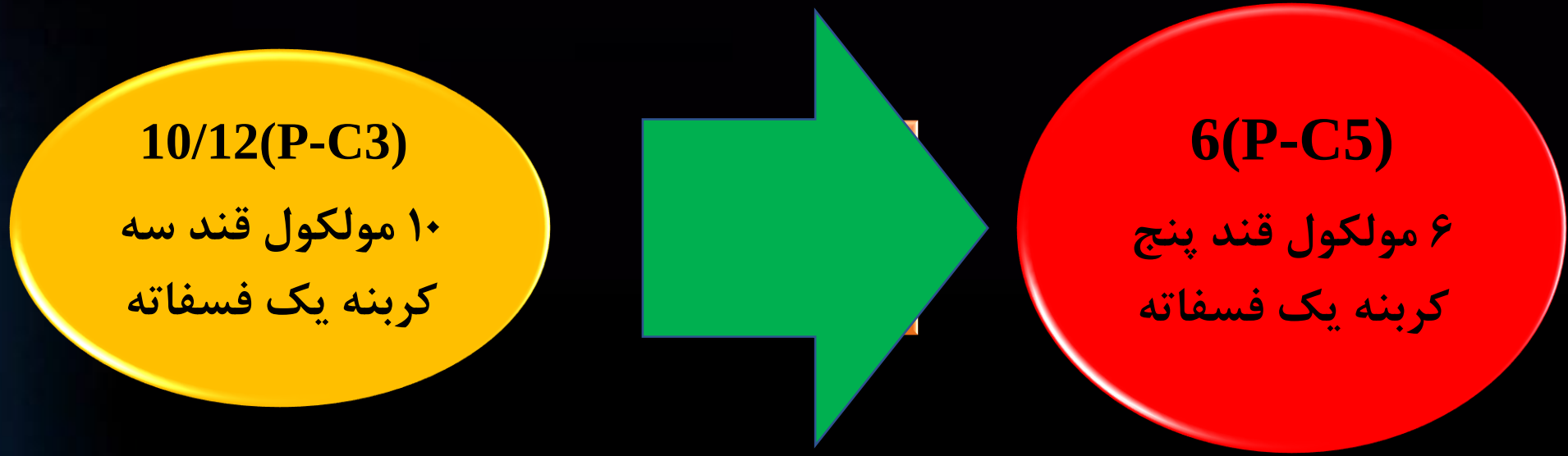
واکنش های چرخه کالوین

گام سوم:



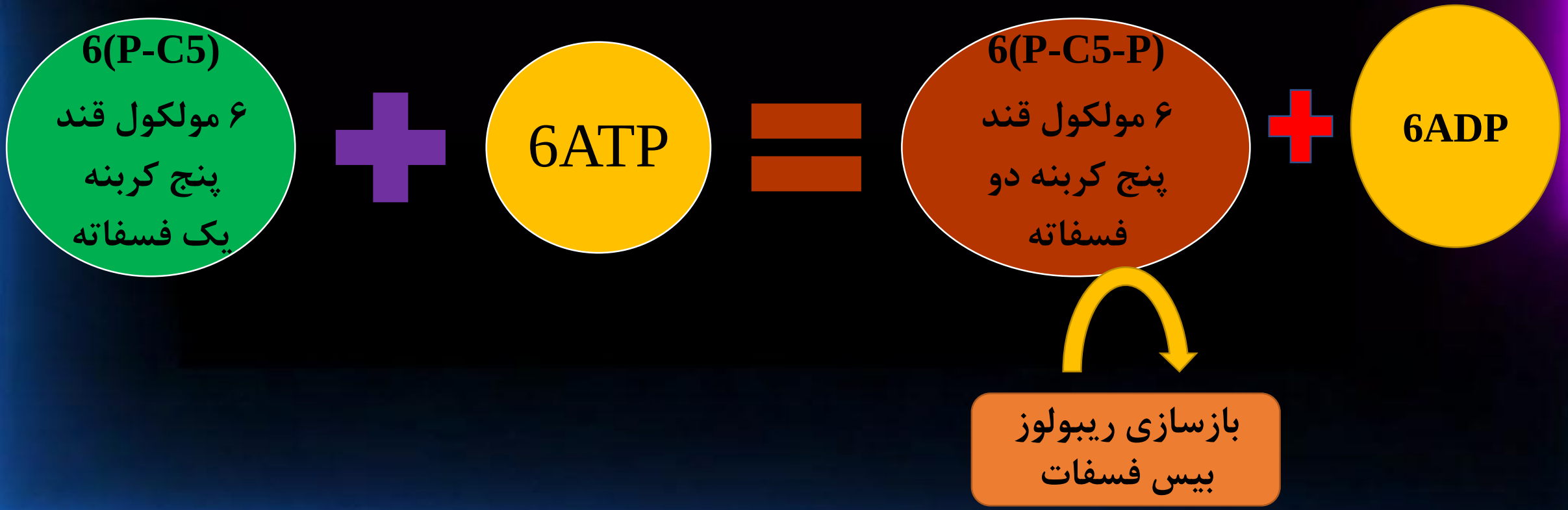
واکنش های چرخه کالوین

گام چهارم:



واکنش های چرخه کالوین

گام پنجم:



واکنش های چرخه کالوین

- ۱۲ مولکول اسید سه کربنه یک فسفاته با ۱۲ مولکول ATP تولید مولکول اسید سه کربنه دو فسفاته می کند.(۱۲ مولکول ADP تولید می شود)

گام۲

- ۱۲ مولکول اسید سه کربنه دو فسفاته با ۱۲ مولکول NADPH تولید ۱۲ مولکول قند سه کربنه یک فسفاته می کند.(۱۲ مولکول NADP+ و ۱۲Piتولید می شود)
- از ۱۲ قند سه کربنه یک فسفاته، دو قند آن از چرخه خارج می شود و برای تولید گلوکز و سایر مواد آلی مورد استفاده قرار می گیرد.

گام۳

- از ۱۲ قند سه کربنه یک فسفاته، ۱۰ قند آن تبدیل به ۶ مولکول قند پنج کربنه یک فسفاته تبدیل می شود.(برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات)

گام۴

- ۶ مولکول قند پنج کربنه یک فسفاته با ۶ مولکول ATP تولید ۶ مولکول ریبولوز بیس فسفات می کند.(۶ مولکول ADP تولید می شود)

گام۵

- نکته: برای تولید ۲ مولکول قند سه کربنه، ۶ مولکول CO2 ، ۱۲مولکول NADPH و ۱۸ مولکولATP مصرف می شود.

گیاهان C3

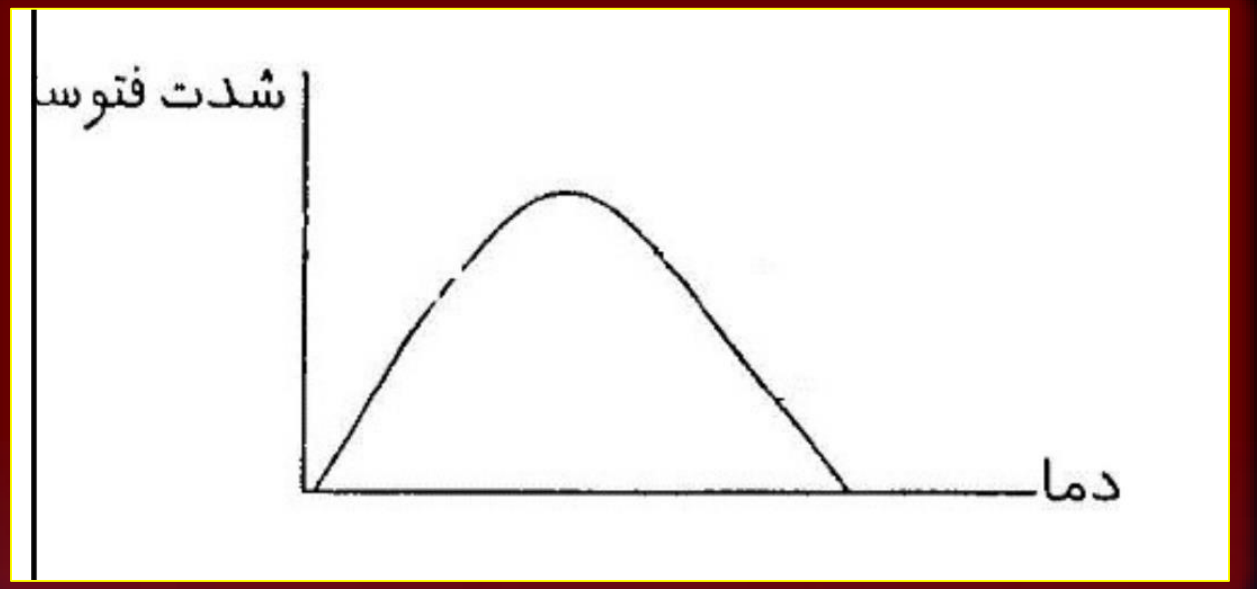
- ✓ در چرخه کالوین، اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنه است. (اسید فسفو گلیسریک یا PGA) به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می شود، گیاهان C3 می گویند.
- ✓ اکثر گیاهان C3 هستند. گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آن پرداخته می شود.

اثر محیط بر فتوسنتز

اثر محیط بر فتوسنتزبر گیاهانC3

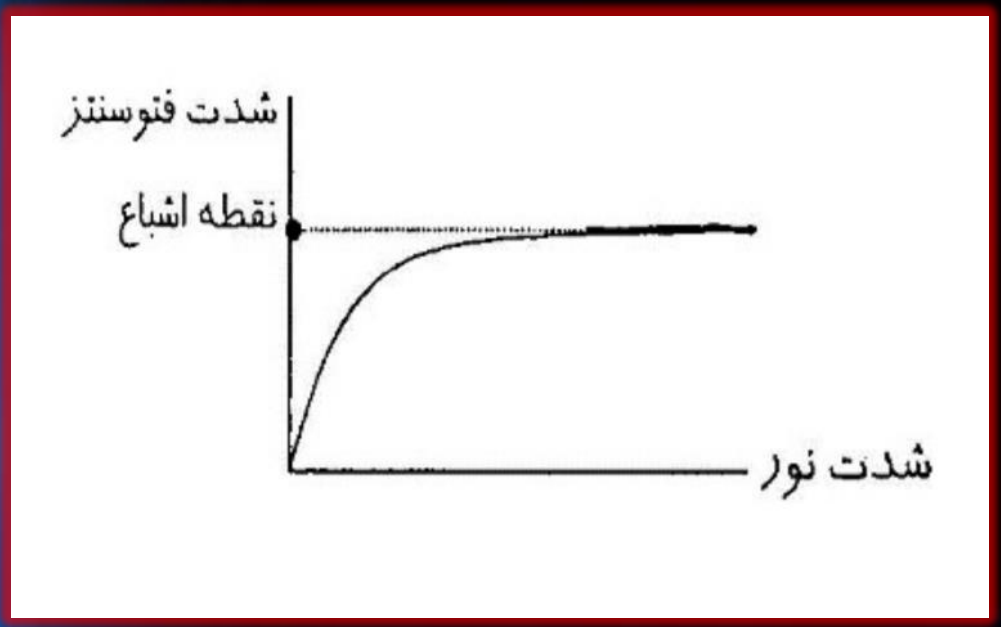
اثر دما بر فتوسنتز

- ✓ فتوسنتز فرآیندی آنزیمی است و بیشترین فعالیت آنزیم ها در گستره دمایی خاص انجام می شود. بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می گذارد.



اثر محیط بر فتوسنتز گیاهان C3

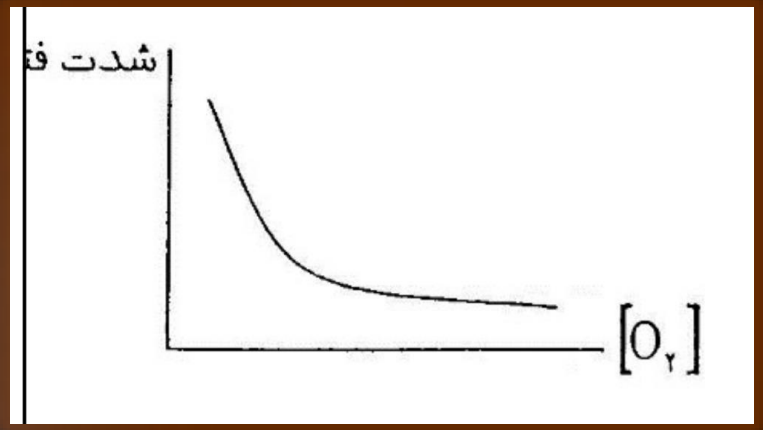
اثر شدت نور



- ✓ سرعت فتوسنتز با افزایش شدت نور تا حدی که همه رنگیزه ها مورد استفاده قرار گیرند، زیاد می شود. پس از آن، فتوسنتز تا حدی ثابت می ماند، (چون رنگیزه ها در این حالت نمی توانند نور بیشتری جذب کنند) و بعد از آن کاهش می یابد. (بدلیل تنفس نوری)

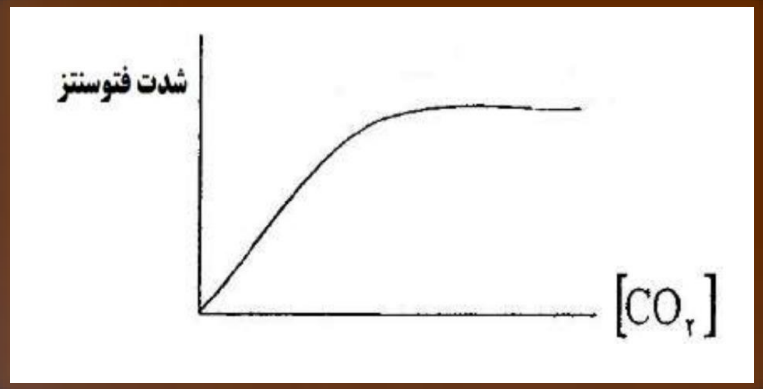
اثر محیط بر فتوسنتز گیاهان C3

اثر اکسیژن



- ✓ افزایش تراکم اکسیژن در مقادیر ثابت کربن دی اکسید، در بسیاری از گیاهان سبب مهار فتوسنتز به دلیل انجام تنفس نوری می شود.

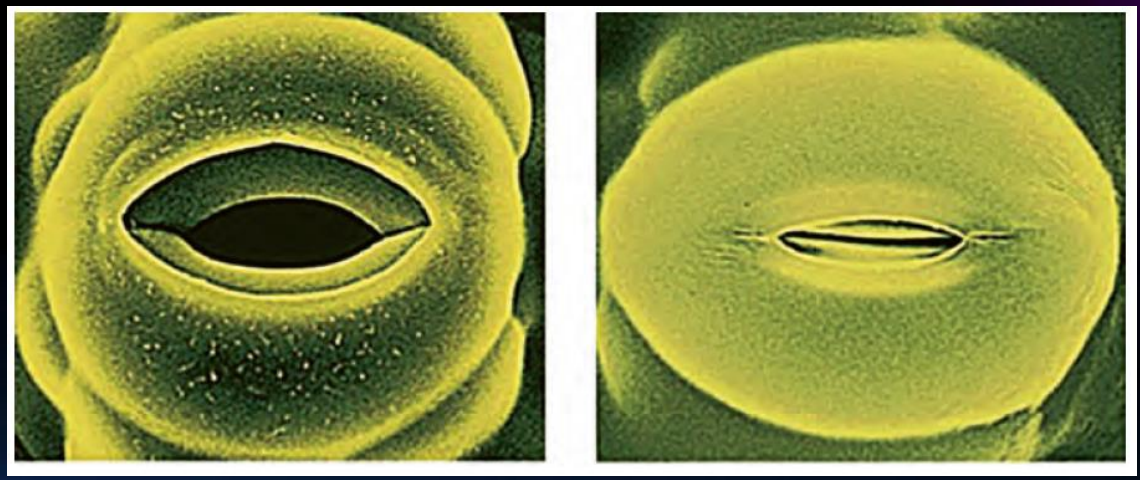
اثر کربن دی اکسید

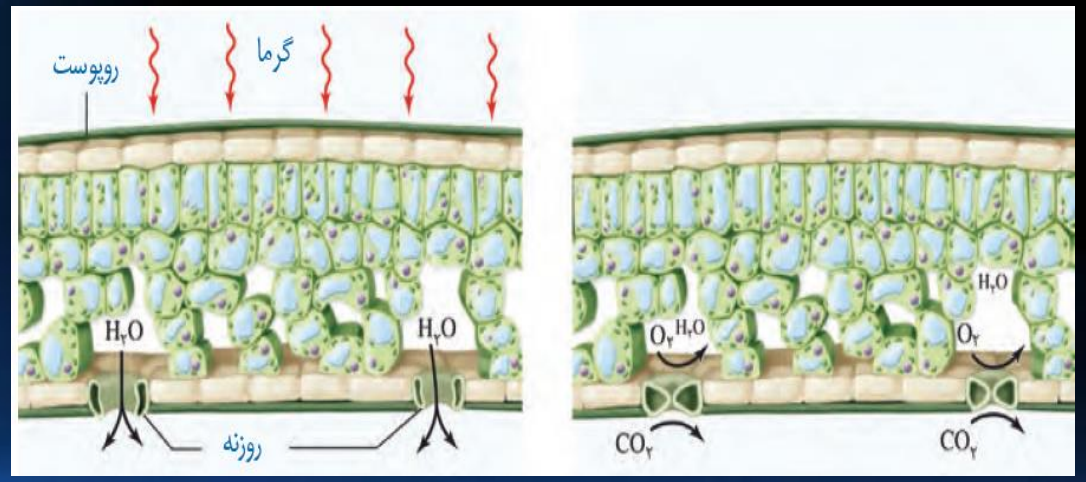


- ✓ افزایش تراکم گاز دی اکسید کربن تا حدی معین سبب افزایش سرعت فتوسنتز می شود. (به دلیل محدود بودن تعداد آنزیم های روبیسکو)

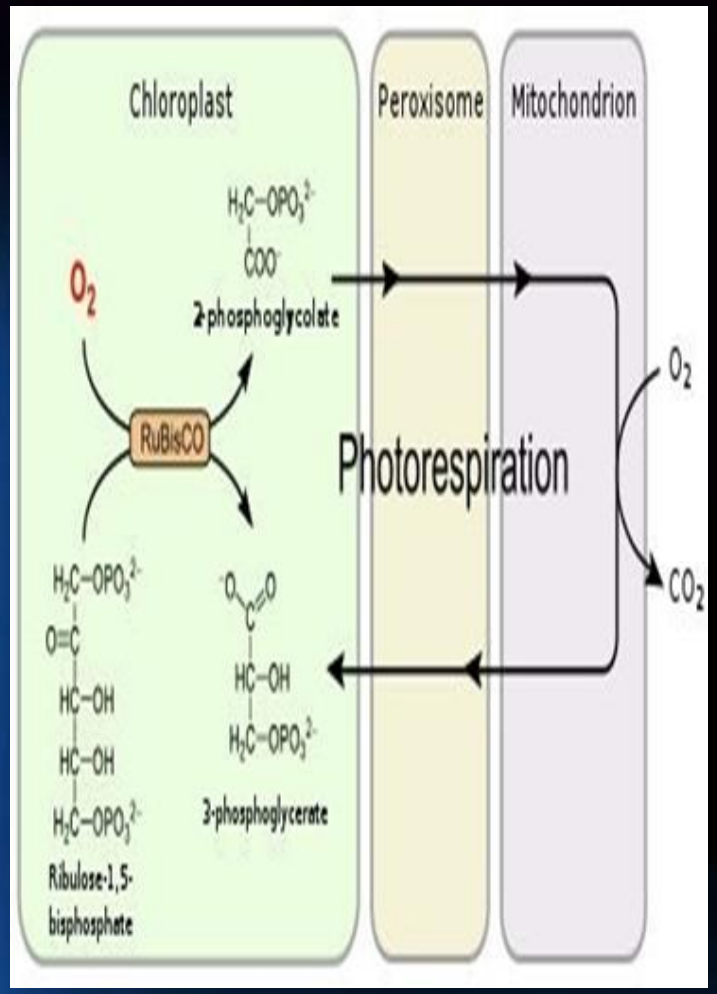
فتوسنتز در شرایط دشوار

- ✓ افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه ها می شود.
- ✓ بسته شدن روزنه ها به منظور کاهش تعرق صورت می گیرد. در این حالت تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی اکسید از روزنه ها نیز توقف می یابد اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین درحالیکه میزان کربن دی اکسید برگ کم می شود.
- ✓ در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می شود زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به میزان کربن دی اکسید و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد.





تنفس نوری



با فزایش اکسیژن در برگ،اکسیژن با ریبولوز بیس فسفات ترکیب می شود.

مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می شود.

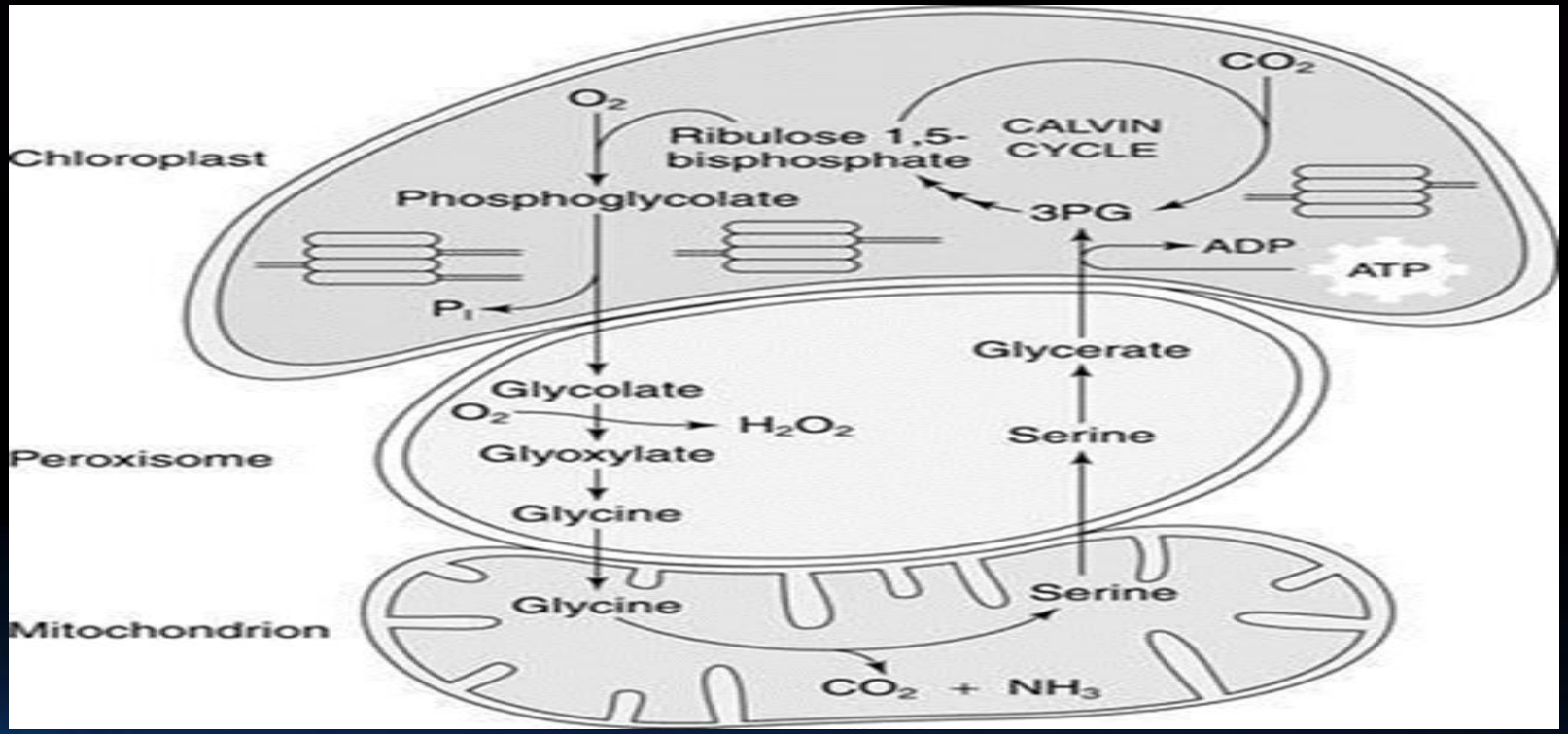
مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می رسد.

مولکول دوکربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش هایی که بخشی از آنها در میتوکندری انجام می گیرد، از آن مولکول CO2 خارج می شود.

فتوسنتز در شرایط دشوار

تنفس نوری:

- ✓ چون این فرآیند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO_2 و همراه با فتوسنتز است، *تنفس نوری* نامیده می شود.

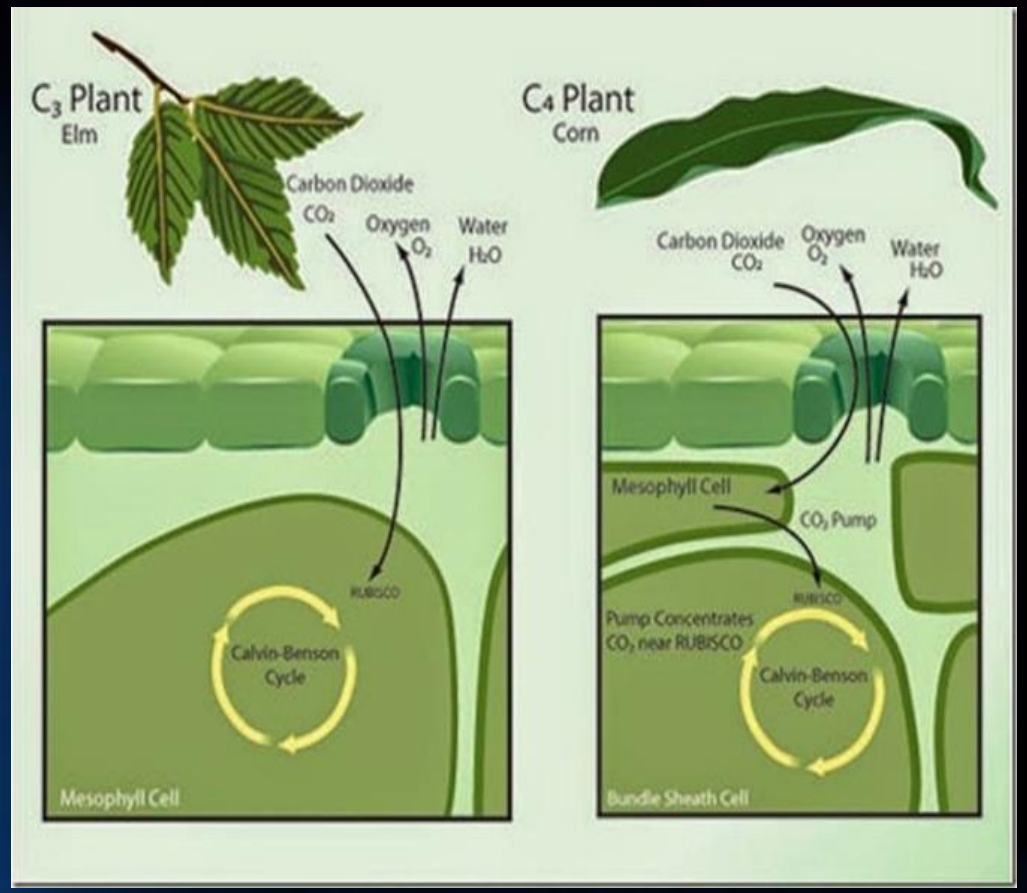


تنفس نوری

✓در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می شود،اما بر خلاف تنفس یاخته ای ، ATP از آن ایجاد نمی شود.بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فرآورده های فتوسنتز می شود.

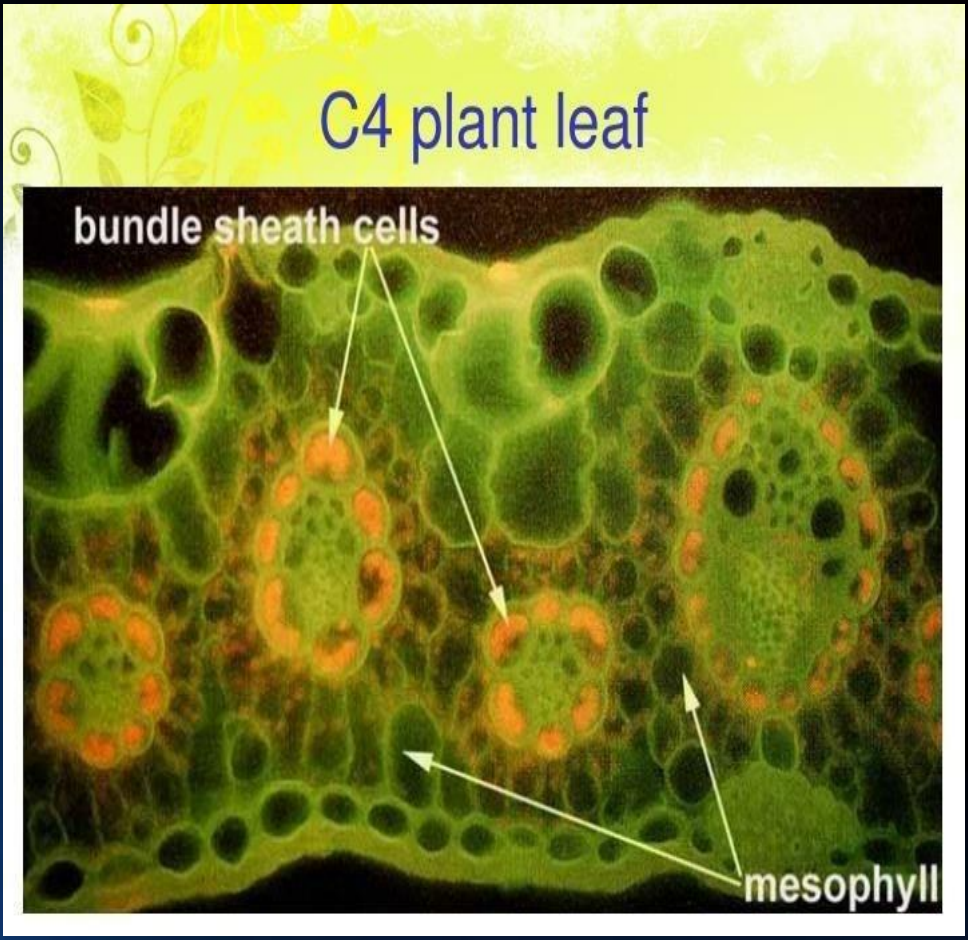
	وابستگی به نور	مصرف یا تولید ATP	اندامک	مصرف اکسیژن	تولید کربن دی اکسید	اثر میزان کربن دی اکسید	اثر سیانید و منواکسید کربن
تنفس نوری	دارد	مصرف ATP	کلروپلاست، میتوکندری و پراکسیزوم	در کلروپلاست و پراکسیزوم	در میتوکندری	از کار می افتد	بی تاثیر
تنفس هوازی	ندارد	تولید ATP	میتوکندری	در میتوکندری	در میتوکندری	تاثیری ندارد	از کار می افتد

فتوسنتز در گیاهان C4



- ✓ یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C4 معروفند.
- ✓ تثبیت کربن در گیاهان C4 در دو مرحله، ابتدا در یاخته های میانبرگ و سپس در یاخته های غلاف آوندی انجام می شود.
  - نکته: در گیاهان C4 اولین ماده پایداری که ایجاد می شود، یک ترکیب چهار کربنی است و به همین دلیل به این گیاهان، گیاهان C4 گفته می شود.

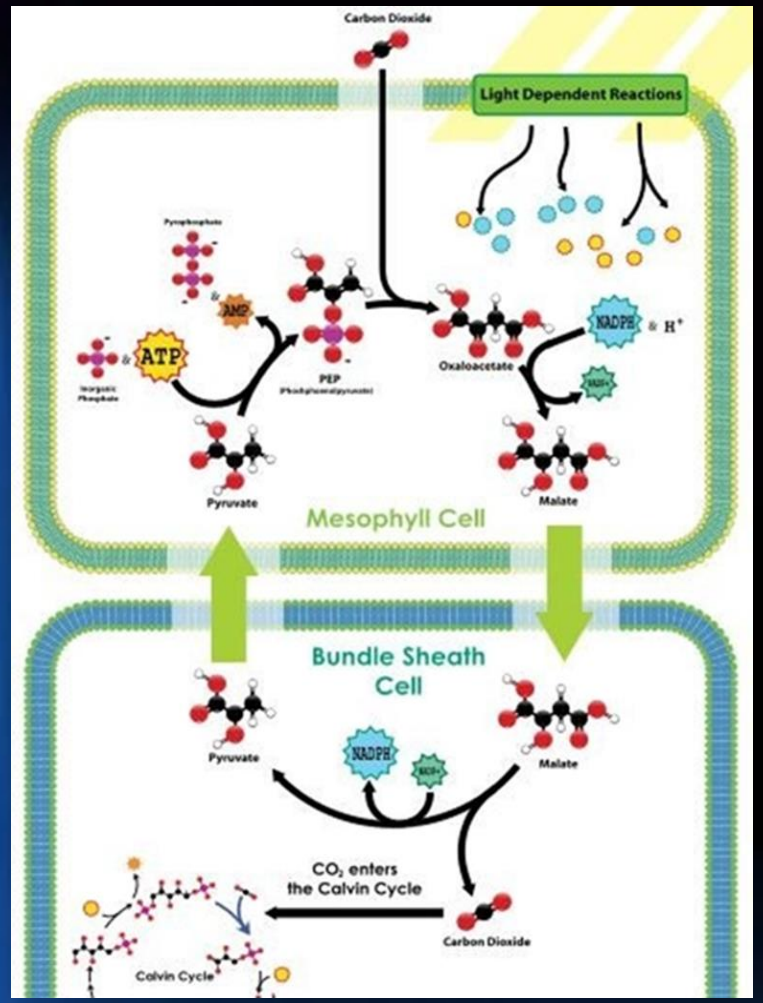
فتوسنتز در گیاهان C4



آناتومی برگ گیاهان C4:

- یاخته های غلاف آوندی در گیاهان C4 کلروپلاست دارند و محل انجام چرخه کالوین اند. در حالی که یاخته هایی که در اطراف دسته آوندی در گیاهان C3 دیده می شوند، کلروپلاست ندارند.

فتوسنتز در گیاهان C4

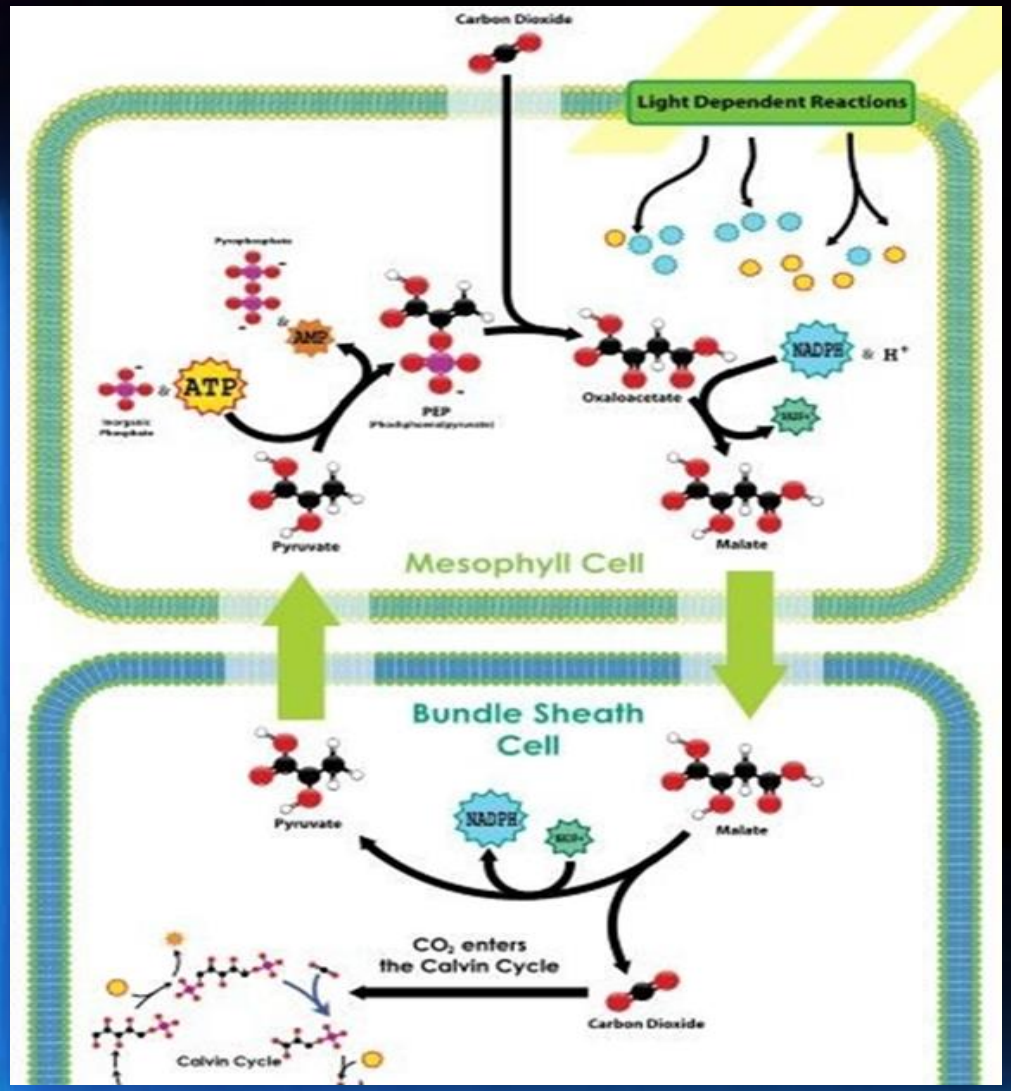


CO2 در یاخته های میانبرگ با اسید سه کربنه ترکیب می شود.

تولید اسید چهار کربنی(اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.(**C4**)

اسید چهار کربنی از یاخته های میانبرگ از طریق پلاسمودسم ها به یاخته های غلاف آوندی منتقل می شود.

فتوسنتز در گیاهان C4



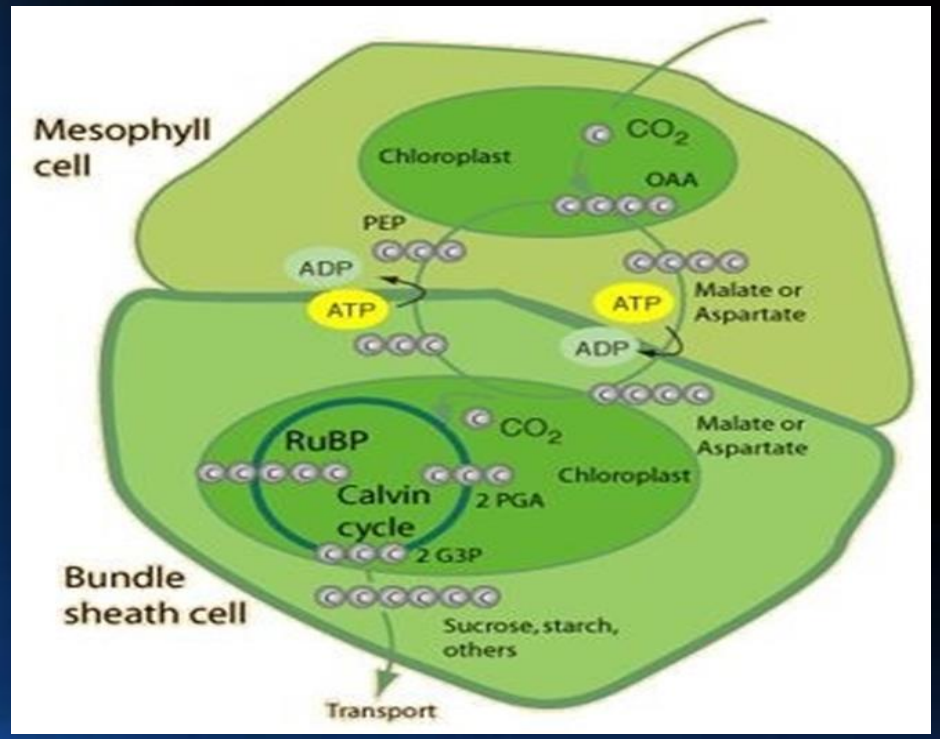
در یاخته های میانبرگ، مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می شود.

اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته های میانبرگ بر می گردد.

- نکته: انزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهارکربنی نقش دارد، بر خلاف روبیسکو به طور اختصاصی با CO_2 عمل می کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

فتوسنتز در گیاهان C4

- نکته: در گیاهان **C4** با وجود عملکرد آنزیم های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان **CO2** در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه ای بالا نگه داشته می شود که بازدارنده تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می دهد.



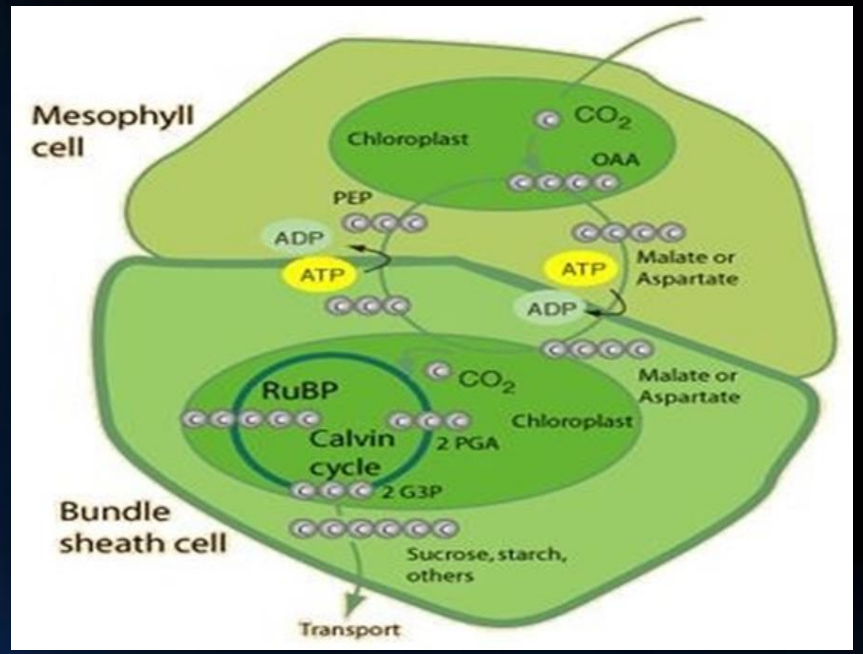
- نکته: در گیاهان **C4**، تثبیت کربن در دو مرحله (هر دو در روز) صورت می گیرد:

۱- در یاخته های میانبرگ با تولید اسید چهار کربنی

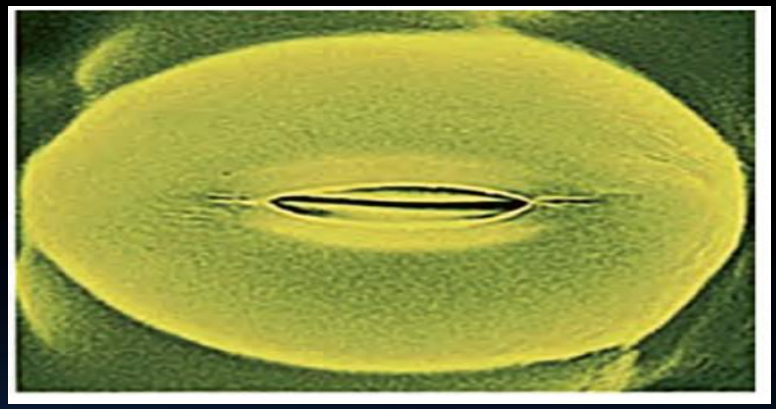
۲- در یاخته های غلاف آوندی با انجام چرخه کالوین

فتوسنتز در گیاهان C4

- ✓ گیاهان C4 در دماهای بالا، شدت های زیاد نور و کمبود آب، در حالی که روزنه ها بسته شده اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می دارند. به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C3 است.

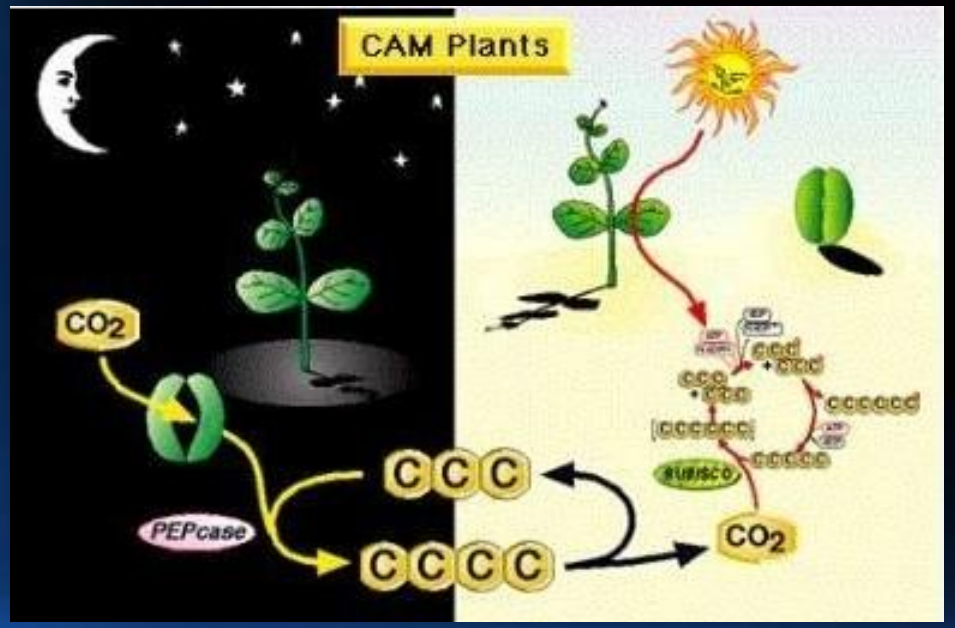


- نکته: مصرف CO2 (کربوکسیلاسیون) در یاخته های میانبرگ (تولید اسید چهار کربنی) و آزاد شدن CO2 (دکربوکسیلاسیون) در یاخته های غلاف آوندی (ورود به چرخه کالوین)



فتوسنتز در گیاهان CAM

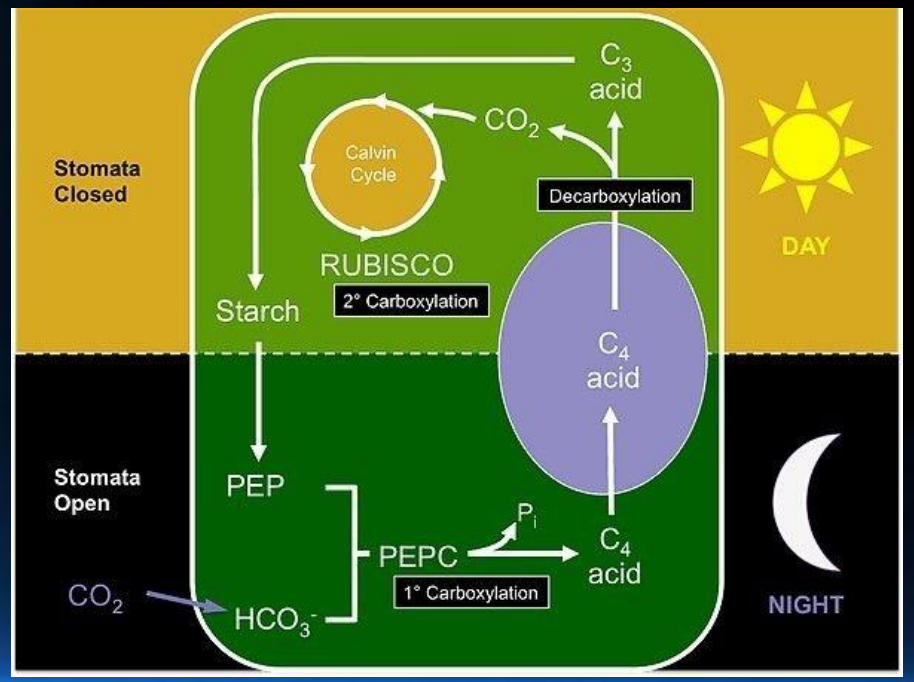
- ✓ بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه اند.در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب،روزنه ها در طول روز بسته و در شب بازند.
- ✓ برگ، ساقه یا هر دوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پر آب است. این گیاهان در واکوئل های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می دارند.



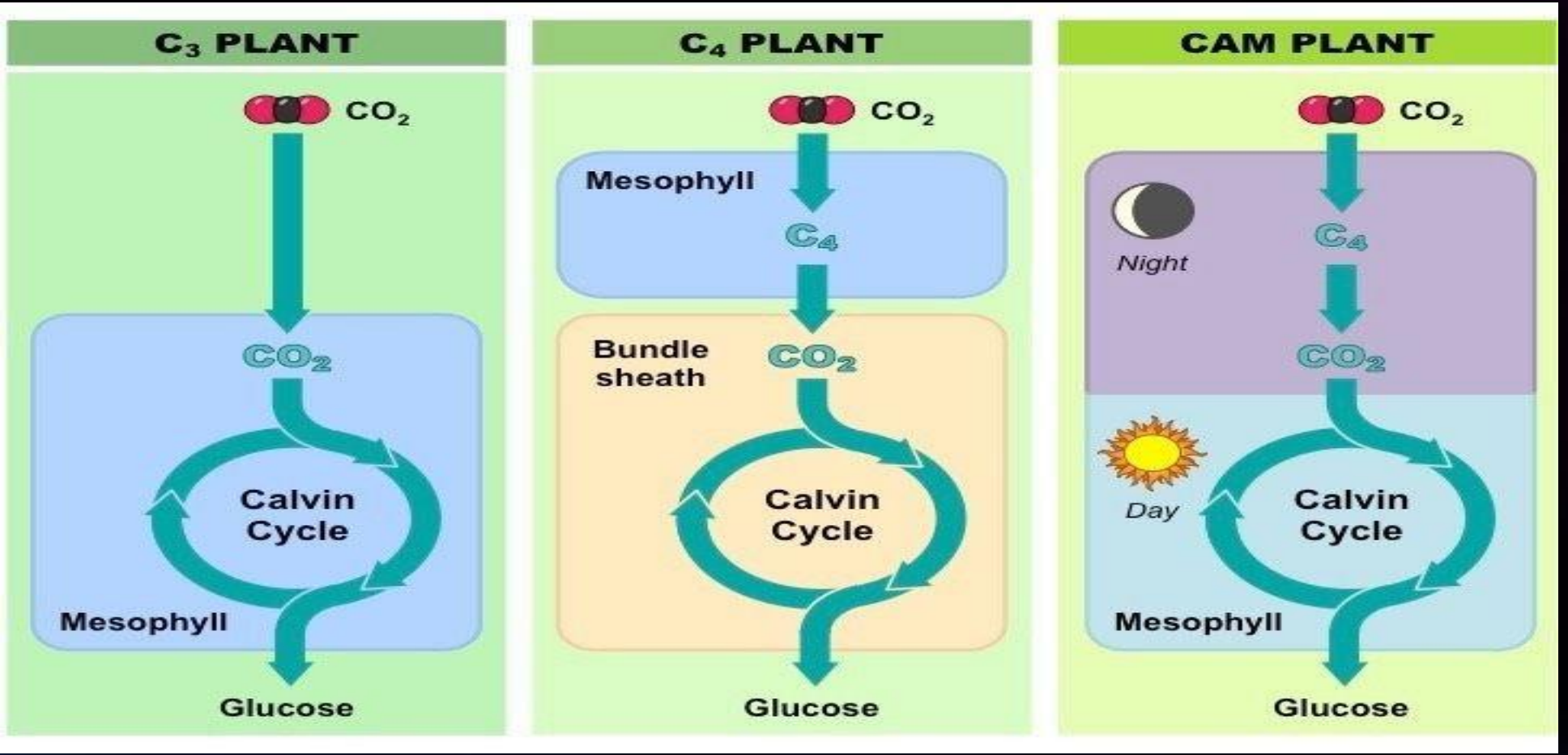
- ✓ تثبیت کربن در گیاهان CAM مانند گیاهانC4 است. با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها در یاخته های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم بندی مکانی نشده، بلکه در *زمان های مختلف* انجام می شود.

فتوسنتز در گیاهان CAM

- ✓ تثبیت اولیه کربن در شب که روزنه ها بازند.
- ✓ دومین مرحله تثبیت (چرخه کالوین) در روز انجام می شود که روزنه ها بسته اند.
- ✓ مصرفCO_2 (کربوکسیلاسیون) در یاخته های میانبرگ در شب (تولید اسید چهار کربنی) و آزاد شدن CO_2 (دکربوکسیلاسیون) در یاخته های میانبرگ در روز (ورود به چرخه کالوین)
- ✓ آناناس از گیاهان CAM (کم) است.



مقایسه گیاهان C3 و C4 و CAM



فعالیت ۵

سه گیاه «الف»، «ب»، «پ» داریم. با فرض اینکه فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش های زیر پاسخ دهید.

۱- الف) عصاره برگ هر یک از این گیاهان در دو زمان، یکی در آغاز تاریکی (شب) و دیگری در آغاز روشنایی (صبح) استخراج و PH آنها اندازه گیری شد. PH عصاره گیاه «ب» در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

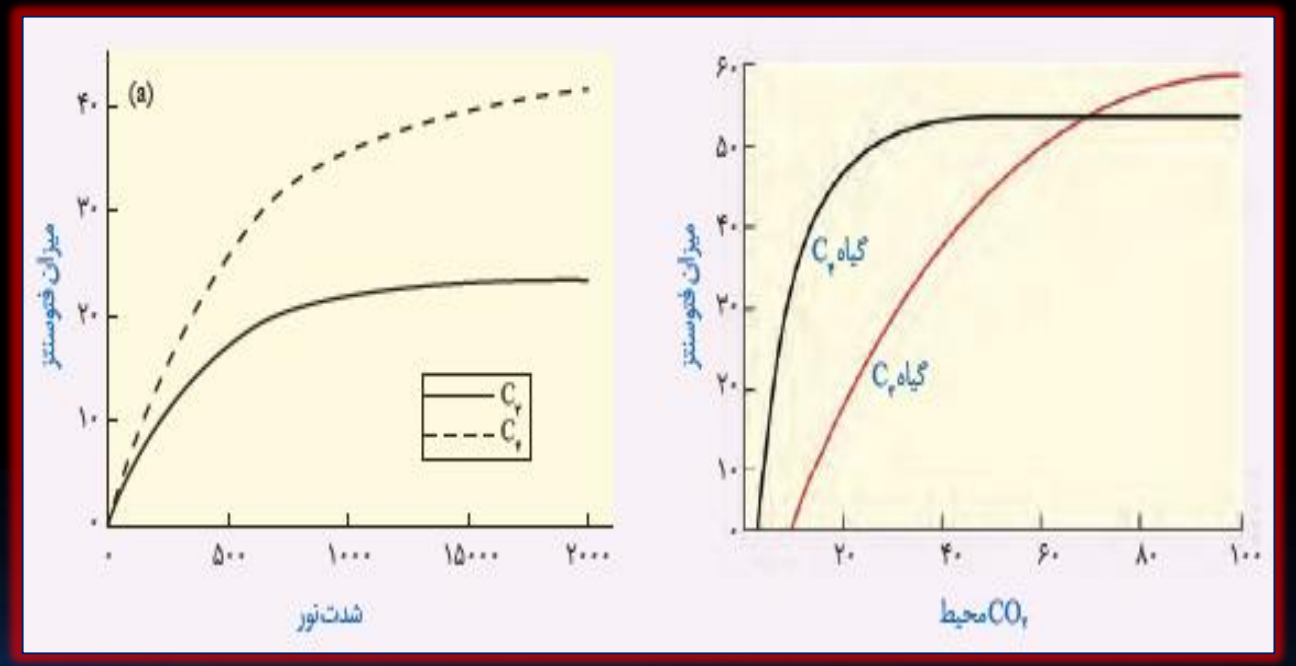
پاسخ: فتوسنتز از نوع CAM است که با افزایش نور، اسید ساخته شده در شب به سمت استفاده در چرخه کالوین می رود و بنابراین میزان اسیدی بودن در گیاه کاهش می یابد.

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه «الف» و «پ» چه راهی پیشنهاد می دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می کند؟

پاسخ: برش گیری از برگ و مشاهده ساختار بافتی برگ-گیاهان CAM بر اساس آبدار بودن و گوشتی بودن برگ و ساقه تشخیص داده می شوند.

فعالیت ۵

۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جو و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C3 و C4 نشان می دهند. چه نتیجه ای از این نمودارها می گیرید؟



گیاهان **C4** در شدت های نور زیاد عملکرد بهتری در مقایسه با گیاهان **C3** دارند.

افزایش **CO2** جو اثر مثبت بیشتری بر گیاهان **C3** در مقایسه با گیاهان **C4** دارد

جانداران فتوسنتز کننده دیگر

- ✓ بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی کنند.
- ✓ انواعی از باکتری ها و آغازیان در محیط های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می کنند.

باکتری ها

باکتری هایی که فتوسنتز می کنند، کلروپلاست ندارند، اما دارای رنگیزه های جذب کننده نورند.

- ❖ بعضی باکتری ها سبزینه دارند. مثلا ***سیانوباکتری ها*** سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO_2 و نور ماده آلی می سازند و چون همانند گیاهان در فرآیند فتوسنتز اکسیژن تولید می کنند.

باکتری های فتوسنتز کننده

- ✓ گروهی دیگر از باکتری ها، فتوسنتز کننده غیر اکسیژن زا هستند.
- ✓ باکتری های *گوگردی ارغوانی* و *سبز* از این گروه اند. رنگیزه های فتوسنتزی این باکتری ها، *باکتریوکلروفیل* است. این باکتری ها کربن دی اکسید را جذب می کنند ولی اکسیژن تولید نمی کنند، زیرا منبع تامین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است.
- ✓ مثلاً در باکتری های گوگردی منبع تامین الکترون H2S است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می شود.

$$۶\,CO_۲ + ۱۲\,H_۲S + \text{نور} \longrightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۱۲\,S + ۶H_۲O$$

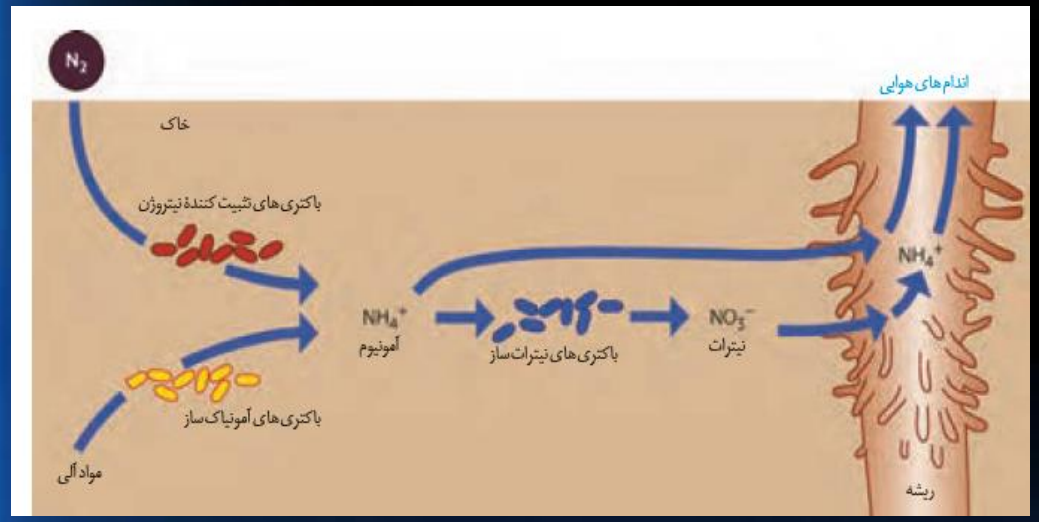
- ✓ از این باکتری ها در تصفیه فاضلاب ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می کنند. هیدروژن سولفید گازی بی رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

آغازیان

- ✓ آغازیان نقش مهمی در تولید ماده آلی از ماده معدنی دارند.
- ✓ جلبک های سبز، قرمز و قهوه ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می کنند.
- ✓ اوگلنا جانداری تک یاخته و مثالی دیگری از آغازیان فتوسنتز کننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز میکند و در صورتی که نور نباشد، کلروپلاست خود را از دست می دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می آورد.

شیمیوسنتز

- ✓ امروزه می دانیم انواعی از باکتری ها در معادن، اعماق اقیانوس ها و اطراف دهانه آتشفشان های زیر آب وجود دارند که می توانند بدون نیاز به نور از کربن دی اکسید، ماده آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل گیری حیات، بر این باورند که باکتری های شیمیوسنتز کننده از قدیمی ترین جانداران روی زمین اند.
- ✓ چنین باکتری هایی، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش های شیمیایی، به ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیر آلی) به دست می آورند. به این فرآیند شیمیوسنتز می گویند.



- ✓ باکتری های نیترات ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند،از باکتری های شیمیوسنتز کننده اند.

	فتوسنتز	تنفس یاخته ای هوازی
مواد خام	H2O،C02	C6H12O6،O2
فرآورده ها	C6H12O6،O2	H2O،C02
نوع یاخته	حاوی سبزینه	یاخته با تنفس هوازی
مکان	کلروپلاست	سیتوزول و میتوکندری
تولید ATP	فسفری شدن نوری	فسفری شدن اکسایشی و در سطح پیش ماده
موقعیت زنجیره	در غشای تیلاکوئید	در غشای داخلی میتوکندری
منبع الکترون برای زنجیره	H2O	NADH , FADH2
گیرنده نهایی الکترون	NADP+	O2

بیاموز
BIAMOZ.COM

بیاموز | Biamoz.com

بزرگترین مرجع آموزشی و نمونه سوالات درسی تمامی مقاطع

شامل انواع | نمونه سوالاتِ | فصل به فصل | پایان ترم | جزوه |

ویدئوهای آموزشی | گام به گام | طرح درس | طرح جابر | و ...

کانال تلگرام | گروه تلگرام | اینستاگرام

برای ورود به هر پایه در سایت ما روی اسم آن **کلیک** کنید

دبستان

اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم

متوسطه اول

هفتم	هشتم	نهم

متوسطه دوم

دهم	یازدهم	دوازدهم