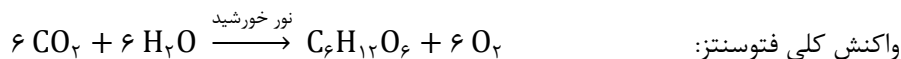


مقدمه

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

گفتار ۱ : تبدیل انرژی نور به انرژی

۱- گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند.



۲- میزان فتوسنتز را می توان با تعیین ۱- میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا ۲- میزان اکسیژن تولید شده اندازه گرفت.

۳- برای اینکه جاندار بتواند فتوسنتز انجام دهد، باید ویژگی های خاصی داشته باشد. مثلاً:

۱- داشتن مولکول های رنگیزه ای که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند.

۲- داشتن سامانه ای برای تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

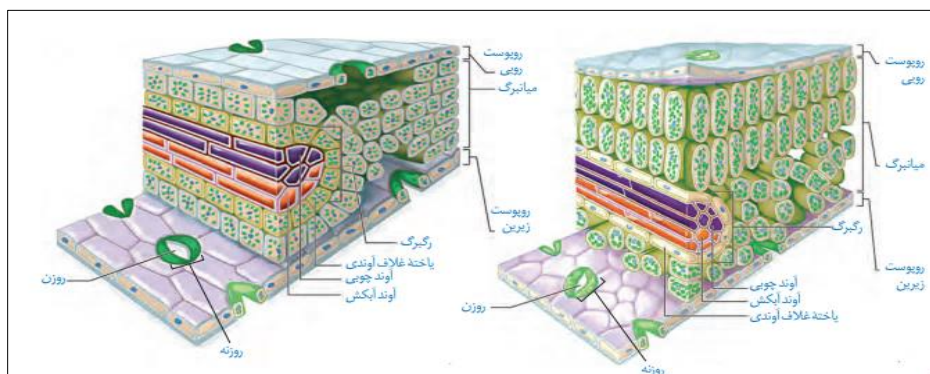
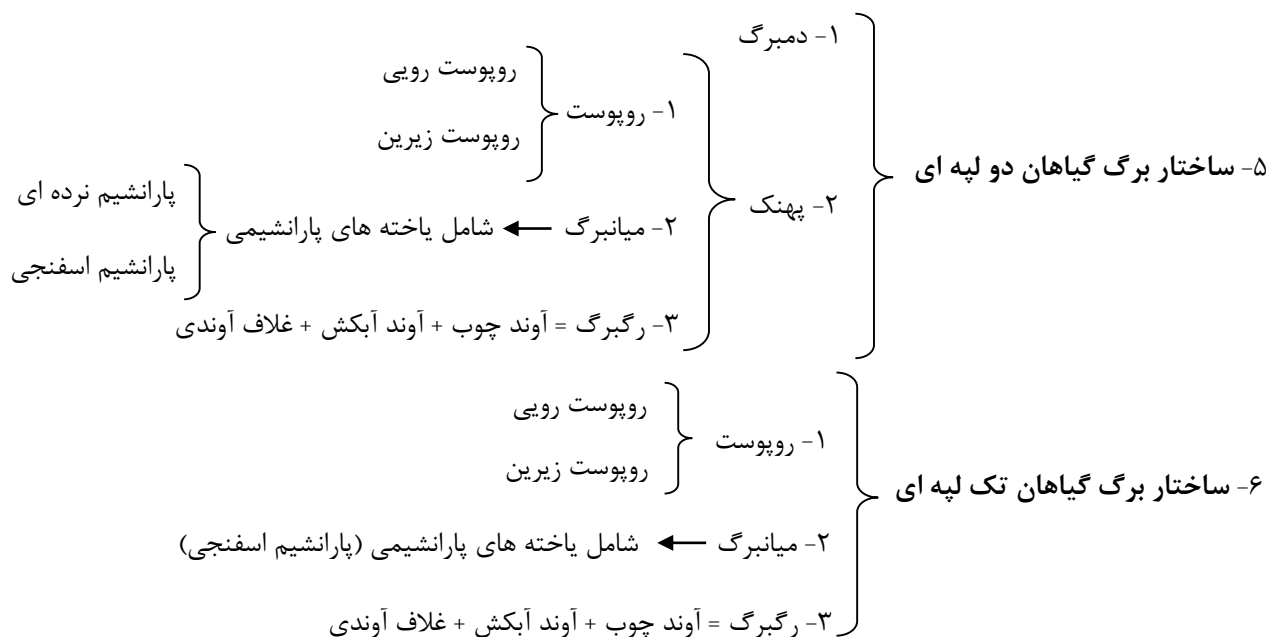
۴- برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است. زیرا :

۱- تعداد فراوانی کلروپلاست دارد.

۲- داشتن روزنه و آوند که از ویژگی های مناسب برگ ها است.

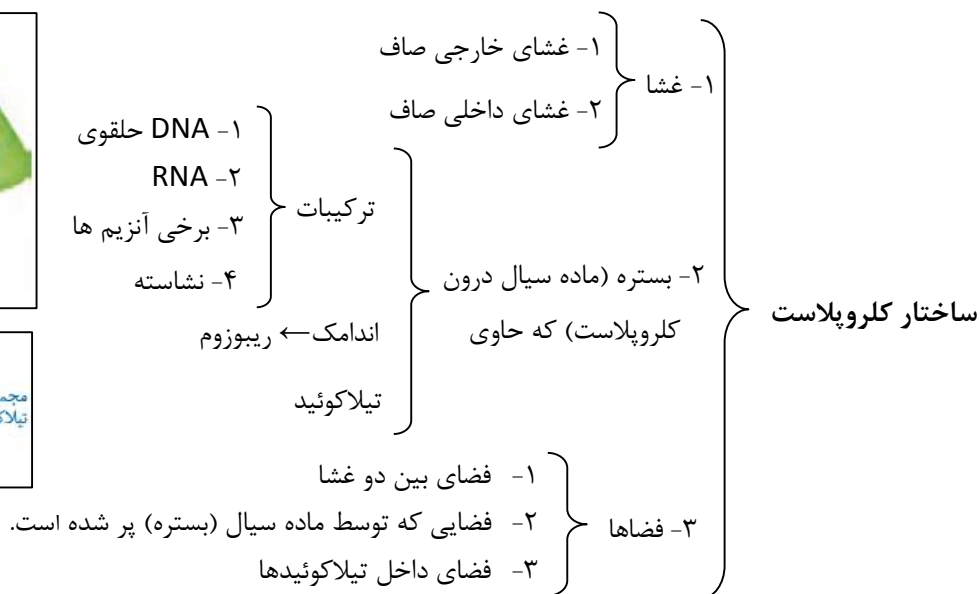
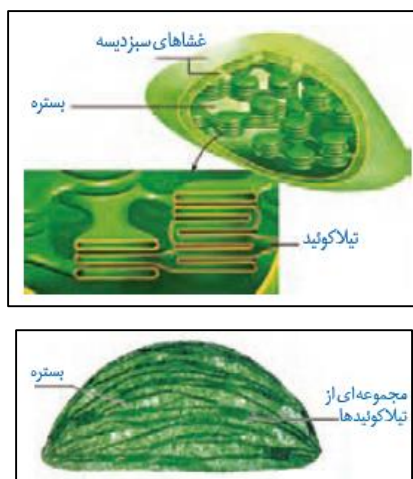
* فتوسنتز درون سبزدیسه (کلروپلاست) انجام می شود.



۷- یاخته های نرده ای در دولپه ای ها، بعد از روپوست رویی قراردارند و به هم فشرده اند. در حالی که یاخته های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قراردارند و بین آن ها فضاهای بین سلولی زیادی مشاهده می شود.

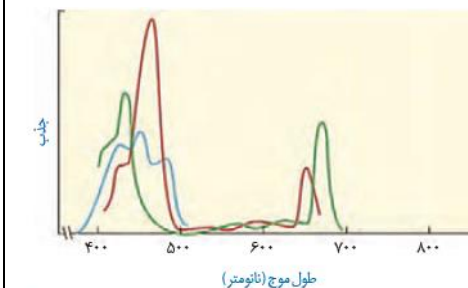
۸- کلروپلاست

- کلروپلاست همانند میتوکندری دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند.
- فضای درون کلروپلاست با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوئید، به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره تقسیم شده است.
- بستره دارای DNA، RNA و ریبوزوم است. ← بنابراین، کلروپلاست مانند میتوکندری می تواند بعضی پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد.
- کلروپلاست نیز می تواند به طور مستقل تقسیم شود.



۹- رنگیزه های فتوسنتزی

- رنگیزه های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند.
- این رنگیزه ها شامل کلروفیل های (a و b) و کاروتنوئیدها می باشند.
- وجود رنگیزه های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد.
- کاروتنوئیدها به سه رنگ قرمز، نارنجی و زرد دیده می شوند. ← این رنگ ها را منعکس می کنند.
- بیشترین جذب کاروتنوئیدها در بخش آبی و سبز نور مرئی است.



نمایی رنگیزه های فتوسنتزی، سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

نام رنگیزه	طول موج (بیشترین جذب بر حسب نانومتر)	طیف جذبی در نور مرئی
کلروفیل های (a و b)	۴۰۰ - ۵۰۰	بنفش - آبی
	۶۰۰ - ۷۰۰	نارنجی - قرمز
کاروتنوئیدها	۴۰۰ - ۵۰۰	بنفش - آبی

فعالیت ۱:

سبزینه همانطور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می شود. با توجه به آنچه در سال گذشته درباره بینایی آموختید، توضیح دهید این رنگیزه چرا به رنگ سبز دیده می شود؟ زیرا سبزینه ها بخش سبز نور مرئی را منعکس می کنند.

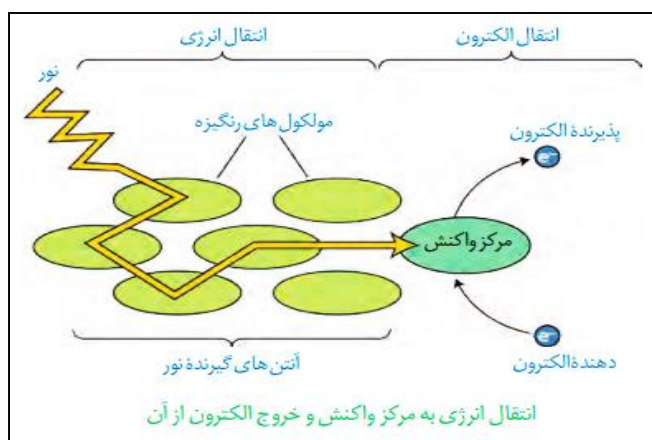
- رنگیزه های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند.
- فتوسیستم ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند.
- فتوسیستم ها با مولکول هایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می شوند.

این مولکول ها می توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند. (کاهش و اکسایش)

۱۰- فتوسیستم

(سامانه تبدیل انرژی)

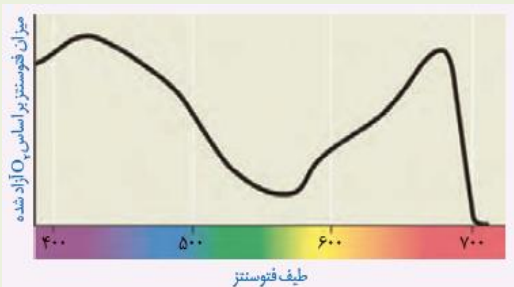
- اجزای فتوسیستم
 - ۱- آنتن های گیرنده نور: هر آنتن که از رنگیزه های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می گیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند.
 - ۲- مرکز واکنش: مرکز واکنش، شامل مولکول های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.



- **P۷۰۰**: به کلروفیل a در فتوسیستم یک P۷۰۰ می گویند. زیرا:
 - حداکثر جذب کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱ ← در طول موج ۷۰۰ نانومتر است.
- **P۶۸۰**: به کلروفیل a در فتوسیستم دو P۶۸۰ می گویند. زیرا:
 - حداکثر جذب کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ ← در طول موج ۶۸۰ نانومتر است.

۱۱- P۷۰۰ و P۶۸۰

فعالیت ۲:



نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به دست می آورید، بنویسید.

مشخص می شود که سبزینه ها بیشترین تأثیر را در فتوسنتز دارند.

فعالیت ۳ :

آیا همه طول موج های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می توان با استفاده از اسپروژیر (جلبک سبز رشته ای)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور برای تجزیه نور آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد.

اسپیروژیر سبز دیسه های نواری و دراز دارد. (شکل الف) اگر همه طول موجهای نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته ای یکسان باشد.

در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لوله آزمایشی شامل آب و باکتری های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری ها در بعضی قسمت ها تجمع یافته اند. (شکل ب)

الف) چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ با چه آزمایشی می توانید درستی این توضیح را بررسی کنید؟

ب) آیا از این آزمایش می توان نتیجه گرفت که سبزینه، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



الف) در محل نورهای قرمز و آبی تجمع باکتری ها بیشتر است. زیرا بیشترین میزان اکسیژن تولید می شود. می توان هر یک از طیف های نور مرئی را جداگانه به کار برد و نتایج را با هم مقایسه کرد.

ب) با توجه به میزان بیشتر اکسیژن در قسمت های قرمز و سبز که مربوط به سبزینه هاست، پاسخ این پرسش مثبت است. (جذب نوری سبزینه های a و b در محدوده رنگ قرمز و آبی بالا است).

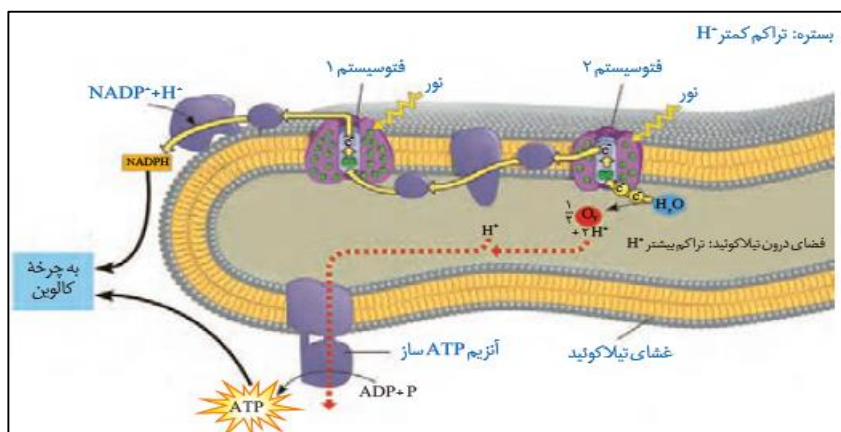
گفتار ۲ : واکنش های فتوسنتزی شیمیایی

- ۱- واکنش های وابسته به نور (واکنش های تیلاکوئیدی):
 - این واکنش ها در حضور نور خورشید (روز) و درون تیلاکوئیدها انجام می گیرد.
 - مولکول های NADPH و ATP و اکسیژن تولید می شود.
- ۲- واکنش های مستقل از نور (چرخه کالوین):
 - این واکنش ها در غیاب نور انجام می گیرند.
 - با کمک مولکول های NADPH و ATP تولید شده در واکنش های مرحله نوری، مولکول های CO₂ تبدیل به گلوکز و سایر مواد آلی می شوند.

۱۲- واکنش های فتوسنتزی

- ۱- دو فتوسیستم : فتوسیستم ۱ و فتوسیستم ۲
- ۲- آنزیم تجزیه کننده آب
- ۳- دو زنجیره انتقال الکترون
- ۱۳- اجزای مورد نیاز برای فتوسنتز
- ۱- پمپ غشایی (پمپ پروتونی)
- ۲- آنزیم ATP ساز (کانال یونی)
- ۳- پروتئین احیاء کننده $NADP^+$
- ۴- سه عدد پروتئین غشایی

* توجه: تمام موارد فوق (مواردی که به عنوان اجزای مورد نیاز برای فتوسنتز نام برده شد) درون غشای تیلاکوئید قرار دارند.



۱۴- دو زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد:

- ۱) یک زنجیره بین فتوسیستم ۱ و فتوسیستم ۲
- ۲) یک زنجیره بعد از فتوسیستم ۱ (بین فتوسیستم ۱ و مولکول $NADP^+$)

۱۵- سه عدد پروتئین غشایی مورد نیاز برای فتوسنتز:

۱- پمپ غشایی:

بین زنجیره انتقال الکترون اول قرار دارد و یون های هیدروژن را برخلاف شیب غلظت و به صورت فعال (با صرف انرژی زیستی) از بستره به داخل تیلاکوئید پمپ می کند.

۲- آنزیم ATP ساز:

یون های هیدروژن را از درون تیلاکوئید و در جهت شیب غلظت به درون بستره می فرستد و ATP تولید می کند.

۳- پروتئین احیاء کننده $NADP^+$

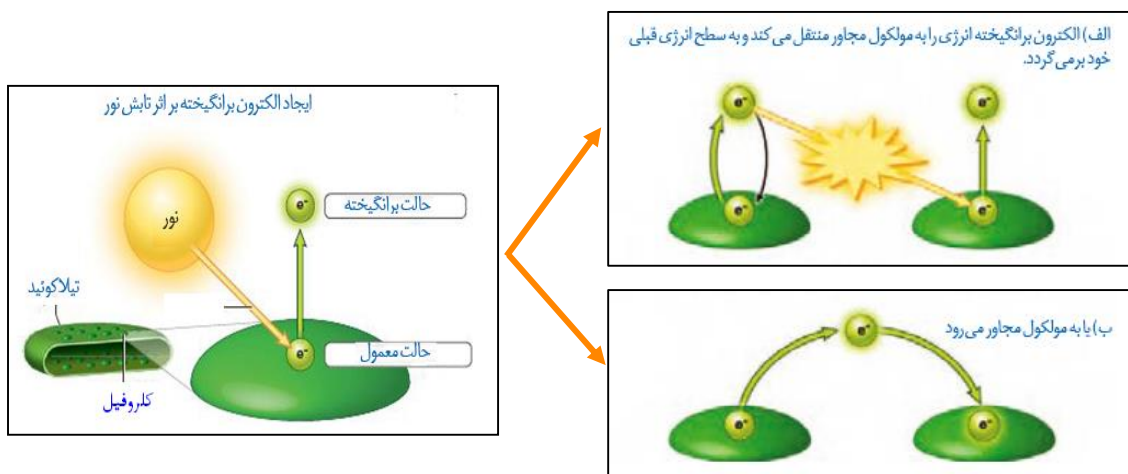
با دریافت ۲ عدد الکترون از زنجیره انتقال الکترون دوم، $NADP^+$ را احیاء کرده (یک عدد H^+ را به $NADP^+$ می افزاید) و NADPH به دست می آید.



۱۶- الکترون برانگیخته

در اثر تابش نور به مولکول رنگیزه، یکی از الکترون های آن انرژی می گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. (به تراز انرژی بالاتر می رود) به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می گویند.

- ۱۷- سرنوشت الکترون های برانگیخته
- ۱- با انتقال انرژی خود به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود بر می گردد.
- ۲- از رنگیزه خارج شده و سپس به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته می شود.
- در فتوسیستم ها



۱۸- 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 کلروفیل a می شود ← در این هنگام الکترون برانگیخته از کلروفیل a خارج می شود.

- ۱۹- سرنوشت الکترون های خارج شده از فتوسیستم ها
- الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می رود.
 - الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون در نهایت به مولکول $NADP^+$ می رسد.

۲۰- مسیر طی شده توسط الکترون ها

فتوسیستم ۲ ← زنجیره انتقال الکترون اول ← فتوسیستم ۱ ← دومین زنجیره انتقال الکترون ← $NADP^+$

۲۱- واکنش تشکیل $NADPH$

$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می کند ← و با ایجاد پیوند با پروتون (H^+) به مولکول $NADPH$ تبدیل می شود.

۲۲- نحوه جبران الکترون های خارج شده از فتوسیستم ها:

در اثر خروج الکترون های برانگیخته شده از فتوسیستم ها، کمبود الکترون در داخل این فتوسیستم ها رخ می دهد که باید جبران شوند:

- کمبود الکترون کلروفیل a در فتوسیستم ۱ ← توسط الکترونی که از کلروفیل a موجود در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می آید، جبران می شود.
- کمبود الکترون کلروفیل a در فتوسیستم ۲ ← توسط الکترون های حاصل از تجزیه آب جبران می شوند.

۲۳- تجزیه نوری آب

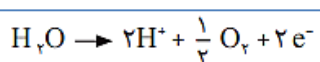
تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می گویند. (در نبود نور آب تجزیه نمی شود).
* آنزیم تجزیه کننده آب در بخش زیرین فتوسیستم ۲ قرار دارد. ← تجزیه آب در فتوسیستم ۲ و در فضای داخل تیلاکوئید انجام می شود.

حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲:

۱- الکترون ها ← کمبود الکترونی کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می کنند.

۲- پروتون ها ← در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می یابند.

۳- اکسیژن ← از طریق روزه ها وارد هوا می شود.



۲۴- دو عامل موجب افزایش غلظت یون هیدروژن (H^+) در داخل تیلاکوئید می شوند:

۱- فعالیت پمپ هیدروژنی: یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی است که یون های H^+ را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند. ← با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود.

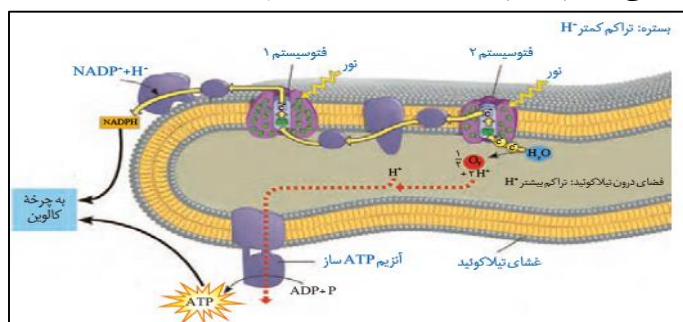
۲- تجزیه نوری آب: از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید تعدادی پروتون (H^+) تولید می شود.

۲۵- ساخته شدن ATP در فتوسنتز

وقتی تراکم پروتون ها به دلیل تجزیه آب و فعالیت پمپ پروتونی در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزایش می یابد. ← پروتون ها بر اساس شیب غلظت خود می خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند.

چگونه پروتون ها از فضای درون تیلاکوئید به بستره کلروپلاست وارد می شوند؟

در غشای تیلاکوئید (همانند غشای داخل میتوکندری) مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز وجود دارد. 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

آنزیم ATP ساز، ATP ساخته می شود.

ساخته شدن نوری ATP

به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، ساخته شدن نوری ATP می گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می افتد. ← در واکنش های نوری مولکول ATP و NADPH ساخته می شود.

۲۶- خلاصه واکنش های مرحله نوری فتوسنتز

تابش نور خورشید به فتوسیستم ها

برانگیخته شدن الکترون های موجود در فتوسیستم ها

خروج الکترون های برانگیخته شده از فتوسیستم ها

الکترون های خروجی از فتوسیستم ۱

زنجیره انتقال الکترون دوم

پروتئین احیا کننده $NADP^+$

تولید مولکول NADPH

الکترون های خروجی از فتوسیستم ۲

زنجیره انتقال الکترون اول

انتقال مقداری از انرژی الکترون های در حال عبور از اولین زنجیره انتقال الکترون به پمپ هیدروژنی

انتقال یون های هیدروژن از بستره به داخل فضای تیلاکوئیدی

افزایش غلظت پروتون ها درون تیلاکوئید

خروج پروتون ها از تیلاکوئید و ورود آن ها به بستره از طریق آنزیم ATP ساز موجود در غشای تیلاکوئیدها

تولید ATP

۲۷- واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن (چرخه کالوین)

- 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 CO_2 کاهش یافته است. ← بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تأمین می شوند.

۲۸- چرخه کالوین: در واکنش های مستقل از نور، مولکول های CO_2 با استفاده از مواد تولید شده در واکنش های وابسته به نور، یعنی ATP

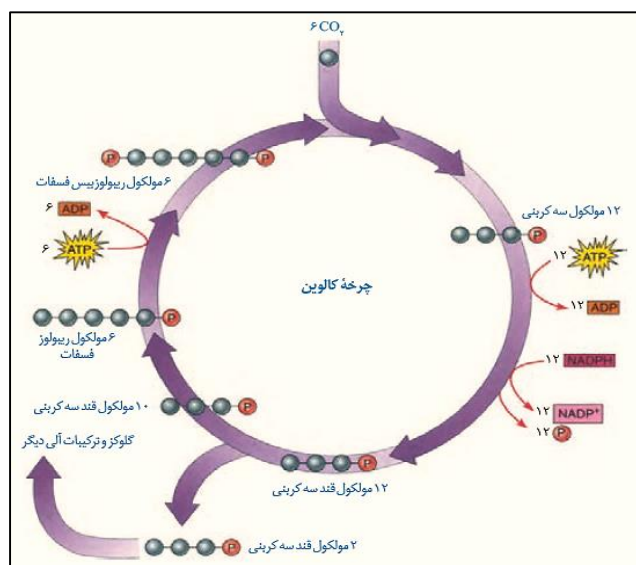
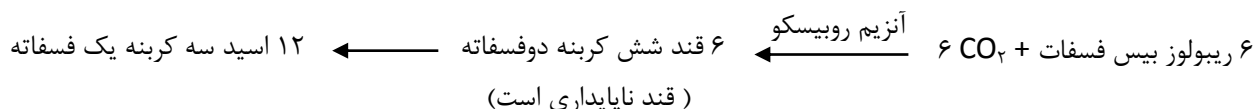
به عنوان منبع انرژی و NADPH به عنوان منبع الکترون، در چرخه ای از واکنش ها به نام چرخه کالوین، تبدیل به قند می شوند.

* واکنش های چرخه کالوین در بستره کلروپلاست انجام می شوند.

۲۹- مراحل چرخه کالوین

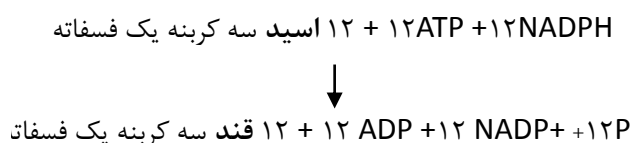
◀ • مرحله اول

توسط آنزیم روبیسکو، CO_2 با قندى پنج کربنى به نام ربىولوز بیس فسفات (قندپنج کربنه دو فسفات)، ترکیب شده و مولکول شش کربنى ناپایداری تشکیل می شود. ← مولکول شش کربنى که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنى (اسید سه کربنه یک فسفات) ایجاد می کند.



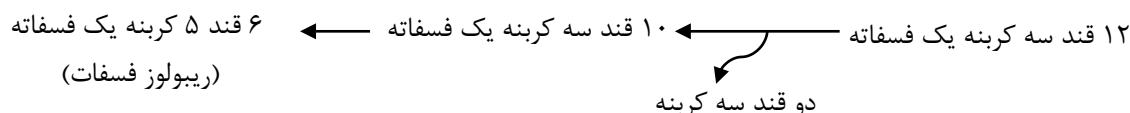
◀ • مرحله دوم

هر یک از اسیدهای تولیدی در مرحله قبل با مصرف یک مولکول ATP و یک مولکول NADPH به قندهای سه کربنه تبدیل می شوند.



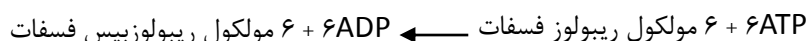
◀ • مرحله سوم

در این مرحله ۲ مولکول قند سه کربنه از واکنش خارج شده و برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر مصرف می شود و ۱۰ قند سه کربنه باقی مانده، برای بازسازی ریبولوز بیس فسفات به مصرف می رسند.



◀ • مرحله چهارم

هر یک از مولکول‌های ریبولوز فسفات با صرف یک مولکول ATP تبدیل به ریبولوز بیس فسفات می‌شوند. در این واکنش، ATP هم به عنوان منبع انرژی و هم منبع فسفات به کار می‌رود.



*** مولکول های رپولوز بیس فسفات مجدداً آغازگر چرخه بعدی خواهند بود.

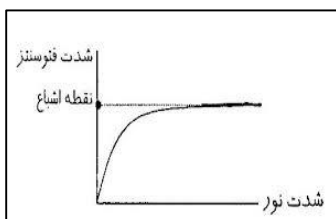
۳۰- تثبیت کربن: در چرخه کالوین CO_2 برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می رود. ← به فرایند استفاده از CO_2 برای تشکیل ترکیب های آلی تثبیت کربن می گویند.

۳۱- گیاهان C_3

اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می شود، گیاهان C_3 می گویند.

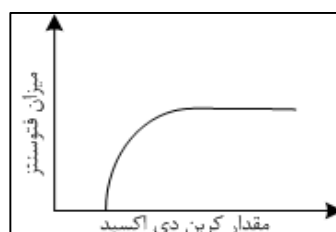
۳۲- عوامل محیطی مؤثر بر فتوسنتز

۱- نور



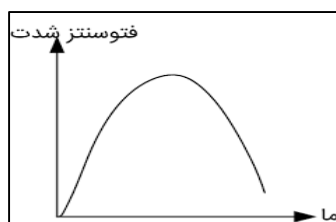
افزایش نور در اکثر گیاهان تا حدی موجب افزایش فتوسنتز می شود، اما در نور شدید به علت اشباع شدن فتوسیستم ها، شدت فتوسنتز تغییری نمی کند .
* طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می گذارند.

۲- میزان CO_2



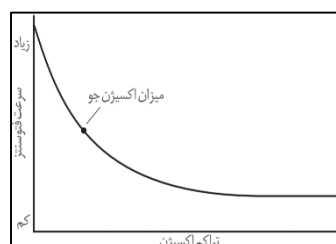
با افزایش میزان CO_2 ، شدت فتوسنتز تا حدی افزایش می یابد، اما با افزایش بیشتر CO_2 به دلیل محدود بودن ۱- قندهای ریبولوز بیس فسفات و ۲- آنزیم های چرخه کالوین، شدت فتوسنتز ثابت می ماند.

۳- دما



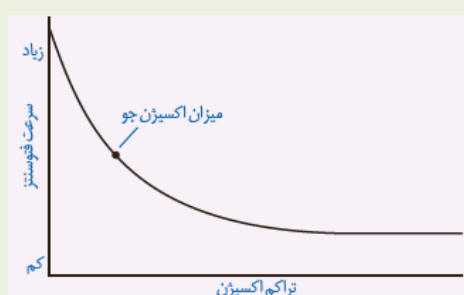
افزایش دما تا یک حدی به دلیل افزایش انرژی جنبشی مولکول ها، موجب افزایش فتوسنتز می شود، اما در دمای بالا به دلیل ← ۱- بسته شدن روزنه های هوایی و ۲- عدم فعالیت آنزیم ها، موجب کاهش شدت فتوسنتز می شود.

۴- میزان O_2



افزایش اکسیژن موجب افزایش فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو می شود و در نتیجه به جای ترکیب کردن ریبولوز بیس فسفات با CO_2 ، این قند را با اکسیژن ترکیب می کند. ← که این عمل، شدت فتوسنتز را کاهش می دهد.

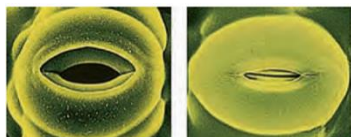
فعالیت ۴ :



در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز گیاهی C_3 را نشان می دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنتز این گیاه را توضیح دهید.

افزایش اکسیژن سبب کاهش فتوسنتز می شود. افزایش اکسیژن ، باعث فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو و در نتیجه افزایش تنفس نوری و کاهش فتوسنتز می شود.

گفتار ۳: فتوسنتز در شرایط دشوار

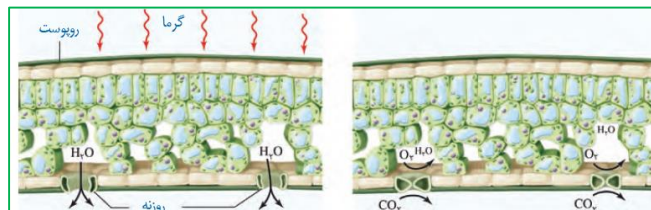


۳۳- افزایش بیش از حد دما و نور، باعث بسته شدن روزنه های هوایی، جهت کاهش تعرق می شوند.

* وقتی روزنه ها به منظور کاهش تعرق بسته می شوند ← تبادل گازهای اکسیژن و دی اکسیدکربن از روزنه ها نیز متوقف می شود اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد.

↓
CO داخل برگ ها کم می شود. (به دلیل مصرف در چرخه کالوین)

اکسیژن در برگ ها افزایش می یابد. (به دلیل تجزیه نوری آب)



وقتی روزنه ها باز هستند ← نسبت CO₂ به O₂ بیشتر از زمانی است که روزنه ها بسته هستند.

وقتی روزنه ها بسته هستند ← میزان اکسیژن در اطراف یاخته ها افزایش می یابد.

۳۴- در اثر افزایش میزان اکسیژن در برگ و وارد نشدن دی اکسید کربن به برگ:

← ۱- شرایط برای فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می شود.

← ۲- شرایط را برای انجام تنفس نوری فراهم می کند.

۳۵- نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی آنزیم روبیسکو به نسبت CO₂ و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد.

• در صورتی که CO₂ بیشتر از O₂ باشد ← فعالیت کربوکسیلازی دارد.

• در صورتی که O₂ بیشتر از CO₂ باشد ← فعالیت اکسیژنازی دارد.

• افزایش اکسیژن در برگ ← فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو افزایش می یابد ← اکسیژن با ریبولوز بیس فسفات ترکیب می شود ← مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول (یک مولکول سه کربنی و یک مولکول دو کربنی) تجزیه می شود:

- مولکول سه کربنی ← به مصرف بازسازی ریبولوز بیس فسفات می رسد.

- مولکول دو کربنی ← از کلروپلاست خارج و در واکنش هایی که بخشی از آنها در میتوکندری انجام می گیرد،

از آن مولکول CO₂ آزاد می شود.

• چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO₂ و همراه با فتوسنتز است، تنفس نوری نامیده می شود.

• کلیه عواملی که روزنه ها را می بندند، تنفس نوری را فعال می کنند.

۳۶- تنفس نوری

مقایسه تنفس نوری با تنفس یاخته ای

تنفس یاخته ای	تنفس نوری
در میتوکندری انجام می شود.	در میتوکندری و کلروپلاست انجام می شود.
ATP تولید می کند.	ATP تولید نمی کند.
وابسته به نور نیست.	وابسته به نور است.
اکسیژن را جذب و دی اکسید کربن را دفع می کند.	اکسیژن را جذب و دی اکسید کربن را دفع می کند.
پیش ماده اولیه آنزیم ها معمولاً قند ۶ کربنه گلوکز است.	پیش ماده اولیه آنزیم قند ۵ کربنه ریبولوز بیس فسفات است.

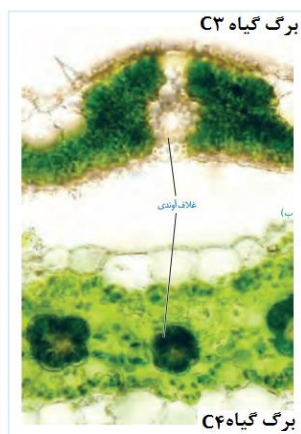
۳۷- سازگاری های ویژه برای کاهش تنفس نوری

انواعی از گیاهان وجود دارند که می توانند در محیط های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی کنند. ← زیرا این گیاهان توانسته اند با انجام سازوکارهای خاصی، تنفس نوری خود را کاهش دهند.

مثال: گیاهان C_4 و گیاهان CAM

* توضیح بیشتر: بیشتر گیاهان برای تثبیت دی اکسیدکربن فقط از چرخه کالوین استفاده می کنند. به این گیاهان، گیاهان C_3 می گویند زیرا اولین مولکول پایداری که در آنها تشکیل می شود یک اسید ۳ کربنی است.

در بعضی گیاهان، مانند نیشکر، ذرت و بعضی دیگر از گیاهان که نسبت به گرما مقاوم هستند، قبل از چرخه کالوین واکنش های دیگری انجام می گیرد. حاصل تثبیت دی اکسید کربن در این واکنش ها یک اسید ۴ کربنی است. ← به همین دلیل این گیاهان را گیاهان C_4 می نامند.



۳۸- مقایسه برگ گیاهان C_4 و C_3

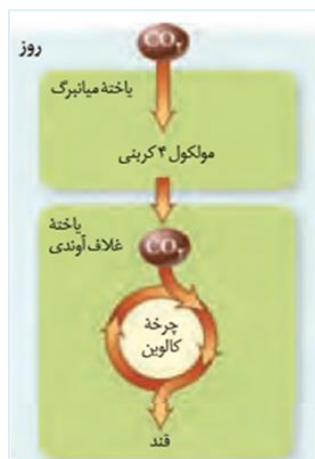
یاخته های غلاف آوندی در گیاهان C_4 کلروپلاست دارند و محل انجام چرخه کالوین هستند،

ولی

یاخته های اطراف دسته آوندی در گیاهان C_3 کلروپلاست ندارند.

۳۹- فتوسنتز در گیاهان C_4

تثبیت کربن در گیاهان C_4 در دو مرحله صورت می گیرد. ← ابتدا در یاخته های میانبرگ و سپس در یاخته های غلاف آوندی



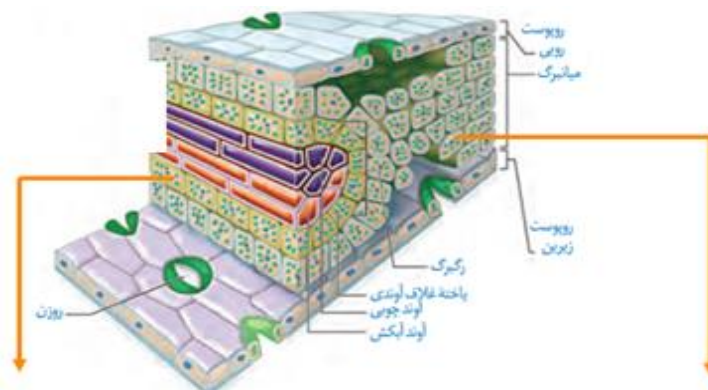
۱- در یاخته های میانبرگ: CO_2 با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می شود. (به همین علت به این گیاهان، گیاهان C_4 می گویند. زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.)

* آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به طور اختصاصی با CO_2 عمل می کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

۲- در یاخته های غلاف آوندی: مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می شود.

• اسید سه کربنی باقیمانده به یاخته های میانبرگ برمی گردد.

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



در یاخته های غلاف آوندی:

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.

در یاخته های میانبرگ:

CO_2 با اسیدی سه کربنی ترکیب شده و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می شود.

مزیت ۱- در گیاهان C_4 با وجود عملکرد آنزیم های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته ، میزان CO_2 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.

مزیت ۲- گیاهان C_4 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 CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می دارند. ← به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C_3 است.

۴۰- مزیت های تثبیت کربن در گیاهان C_4

۴۱- گیاهان CAM

• ویژگی گیاهان CAM

- 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.

• فتوسنتز در گیاهان CAM

- تثبیت کربن در گیاهان CAM همانند گیاهان C_4 در دو مرحله انجام می گیرد، اما تثبیت کربن در آنها در یاخته های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم بندی مکانی نشده، بلکه در زمان های متفاوت انجام می شود.

- هر دو مرحله تثبیت کربن در گیاهان CAM در یاخته های میانبرگ اما در دو زمان متفاوت روز و شب انجام می گیرد.

در شب که روزنه ها باز هستند.



CO_2 با اسید سه کربنه در یاخته های میانبرگ، ترکیب شده و اسید چهارکربنه تولید می کند.

در روز که روزنه ها بسته هستند.



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



۴۲- مقایسه فتوسنتز در گیاهان C_3 - C_4 - CAM

گیاهان CAM	گیاهان C_4	گیاهان C_3	
 <p>آناناس</p>  <p>شب</p> <p>روز</p>	 <p>ذرت</p>  <p>روز</p>	 <p>گل رز</p>  <p>روز</p>	
کاکتوس - آناناس	نیشکر - ذرت	بیشتر گیاهان	مثال
بسیار گرم و خشک	مناطق گرم	بیشتر مناطق	زیستگاه
دو مرحله است. ۱- واکنش هایی که قبل از چرخه کالوین انجام می گیرد و منجر به تشکیل اسید چهار کربنی می شود. ۲- در چرخه کالوین	دو مرحله است. ۱- واکنش هایی که قبل از چرخه کالوین انجام می گیرد و منجر به تشکیل اسید چهار کربنی می شود. ۲- در چرخه کالوین	یک مرحله است. فقط در چرخه کالوین	واکنش های تثبیت کننده کربن
اسید ۴ کربنی	اسید ۴ کربنی	اسید ۳ کربنی	اولین ماده آلی پایدار که از CO_2 ساخته می شود.
یاخته های میانبرگ	یاخته های میانبرگ	یاخته های میانبرگ	محل ساخت اولین ماده آلی پایدار از CO_2
مرحله اول: در میانبرگ - شب مرحله دوم: در میانبرگ - روز	مرحله اول: در میانبرگ مرحله دوم: در غلاف آوندی	در یک مرحله انجام می شود: در سلول های میانبرگ	محل تثبیت کربن
۱- قبل از چرخه کالوین ۲- در چرخه کالوین	۱- قبل از چرخه کالوین ۲- در چرخه کالوین	چرخه کالوین	مرحله تثبیت کربن
یاخته های میانبرگ	یاخته های غلاف آوندی	یاخته های میانبرگ	محل انجام چرخه کالوین
روز	روز (مرحله تاریکی)	روز (مرحله تاریکی)	زمان انجام چرخه کالوین
در زمان ساخت اسید ۴ کربنی ← غیر از روبیسکو در چرخه کالوین ← روبیسکو	در زمان ساخت اسید ۴ کربنی ← غیر از روبیسکو در چرخه کالوین ← روبیسکو	روبیسکو	آنزیم تثبیت کننده کربن
مرحله اول: شب مرحله دوم: روز	مرحله اول: روز مرحله دوم: روز	روز	زمان تثبیت کربن
بسته	باز	باز	وضعیت روزنه های هوایی در روز
باز	بسته	بسته	وضعیت روزنه های هوایی در شب

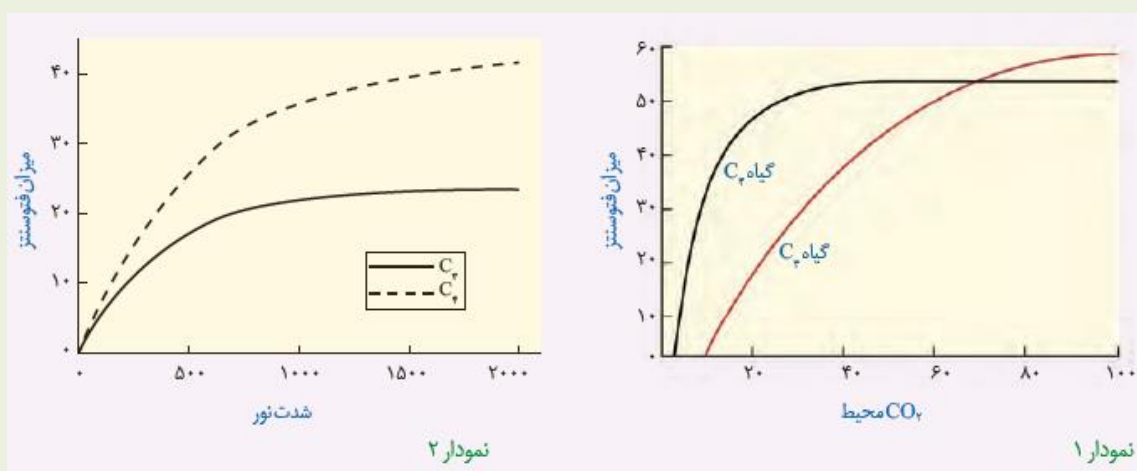
فعالیت ۵:

الف) سه گیاه الف، ب و پ داریم. با فرض اینکه فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های 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 اندازه‌گیری شد. pH عصاره گیاه ب در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه الف و پ چه راهی پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟

۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جو و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C₃ و C₄ نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



الف) فتوسنتز گیاه ب ← از نوع CAM (کم) است که با افزایش نور، اسید ساخته شده در شب، به سمت استفاده در چرخه کالوین می‌رود و در نتیجه میزان اسیدی بودن عصاره گیاه به مرور کاهش می‌یابد.

ب) برش گیری از برگ آنها و مشاهده ساختار بافتی برگ.

بله - همان طور که گفتیم ساختار بافتی به شناسایی آنها کمک می‌کند. همچنین گیاهان CAM (کم) را می‌توان بر اساس آبدار و گوشتی بودن برگ و ساقه تشخیص داد.

۲- نمودار ۱ ← نشان می‌دهد که افزایش کربن دی اکسید جو اثر مثبت بیشتری بر گیاهان C₃ دارد.

نمودار ۲ ← نشان می‌دهد که گیاهان C₄ در شدت‌های بیشتر نور عملکرد بهتری در مقایسه با گیاهان C₃ دارد. اما در مقادیر بالاتر کربن دی اکسید مقدار فتوسنتز هر دو گروه برابر و کم در گیاهان C₃ بیشتر می‌شود.

۴۳- جانداران فتوسنتز کننده دیگر

- بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند.
- انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند.

۱- باکتری های فتوسنتزکننده اکسیژن زا :

- مثال: سیانو باکتری ها
- این باکتری ها همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می کنند.
- سیانوباکتری ها کلروفیل a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO_2 و نور، ماده آلی می سازند.

۲- باکتری های فتوسنتزکننده غیر اکسیژن زا :

- مثال : باکتری های گوگردی ارغوانی و باکتری های گوگردی سبز
- رنگیزه فتوسنتزی این باکتری ها، باکتریوکلروفیل است.
- باکتری های گوگردی ارغوانی و گوگردی سبز CO_2 را جذب می کنند اما اکسیژن تولید نمی کنند. زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی غیر از آب است.
- مثلاً در باکتری های گوگردی منبع تأمین الکترون H_2S است ← بنابر این به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می شود .
- از باکتری های گوگردی در تصفیه فاضلاب ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می کنند.
- * هیدروژن سولفید گازی بی رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

۴۴- باکتری های فتوسنتزکننده

- آغازیان نقش مهمی در تولید ماده آلی از ماده معدنی دارند.

• انواع آغازیان فتوسنتز کننده



اوگلنا

- ۱- جلبک ها: جلبک های سبز، قرمز و قهوه ای
 - ۲- اوگلنا : جانداري تک ياخته‌اي و فتوسنتزکننده است.
- اوگلنا جاندار در حضور نور فتوسنتز می کند و در صورتی که نور نباشد، کلروپلاست های خود را از دست می دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می آورد.

۴۵- آغازیان فتوسنتزکننده

۴۶- شیمیوسنتز

تعریف: ساختن مواد آلی از مواد معدنی، با استفاده از انرژی واکنش های شیمیایی را شیمیوسنتز می گویند. ساختن ماده آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی که از انرژی نور استفاده می کنند، نیست.

- از قدیمی ترین جانداران روی زمین هستند.
- در معادن، اعماق اقیانوس ها و اطراف دهانه آتشفشان های زیر آب وجود دارند.
- می توانند بدون نیاز به نور از دی اکسیدکربن ماده آلی بسازند.
- انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش های اکسایش به دست می آورند.
- مثال: باکتری های نیتрат ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند، از باکتری های شیمیوسنتزکننده هستند.

۴۷- باکتری های شیمیوسنتزکننده