



فصل ۶

از انرژی به ماده

تهیه و تنظیم: دکتر سروش صفا

فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

گفتار ۱

گیاهان در فرایند فتوسنتز CO₂ را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند (واکنش زیر)



نکته ۱: فتوسنتز درون سبزدیسه (کلروپلاست) انجام می شود.

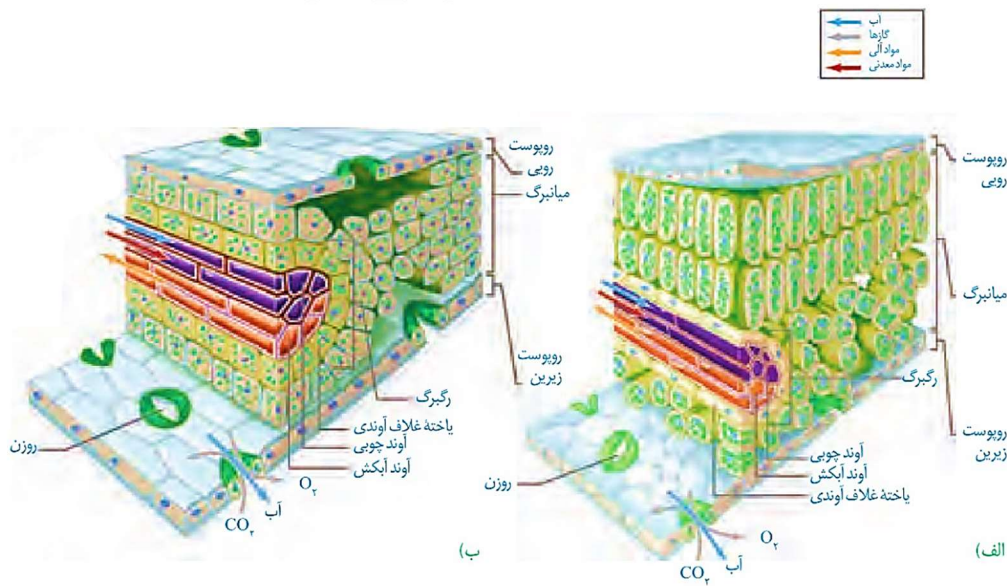
نکته ۲: می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

نکته ۳: برگ اکثر گیاهان بدلیل دارا بودن مقدار زیادی سبزدیسه، مناسب ترین ساختار برای انجام فتوسنتز می باشد.

اجزای برگ گیاهان دولپه ای:

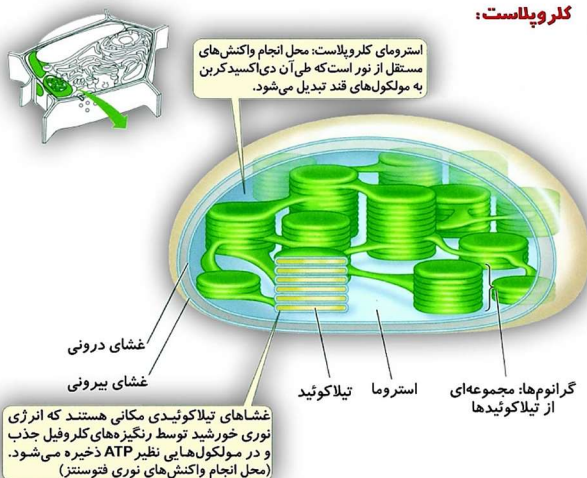
۱. دم برگ

۲. پهنک: پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویو زیرینه ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته های نرم آکنه است که شامل دو نوع نرده ای و اسفنجی می باشد.



نکات شکل:

- ۱- میانبرگ در دولپه‌ای‌ها (شکل الف) شامل نرم آکنه‌ اسفنجی و نرده‌ای می‌باشد اما در بعضی گیاهان (تک‌لپه‌ای‌ها)، فقط از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ب).
- ۲- یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست رویی قرار دارند و به هم فشرده‌اند در حالی که یاخته‌های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند.
- ۳- در هر رگبرگ، در اطراف آوندهای چوبی و آبکش را یاخته‌های غلاف آوندی قرار دارند. در واقع یاخته‌های غلاف آوندی بین یاخته‌های نرم آکنه‌ای و استوانه‌ آوندی قرار دارند.
- ۴- در هر رگبرگ، آوندهای چوبی در بالای آوندهای آبکشی قرار دارند.
- ۵- جهت حرکت آب و مواد محلول در آوندهای چوبی رگبرگ، از سمت دمبرگ به سمت برگ است، درحالیکه جهت حرکت مواد آلی در آوندهای آبکش رگبرگ، برعکس (از برگ به سمت دمبرگ) می‌باشد.



ساختار سبزیسه:

- سبزیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند.
 - فضای درون سبزیسه با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوئیدبه دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره (استروما) تقسیم شده است.
 - تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند.
 - بستره هم‌ارز با سیتوپلاسم یاخته بوده و دارای رِنا، دِنا و رِناتِن (ریبوزوم) است.
 - سبزیسه همانند راکیزه می‌تواند بعضی از پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد.
 - سبزیسه همانند راکیزه می‌تواند به طور مستقل تقسیم شود.
- نکته:** به طور کلی در سبزیسه سه فضا داریم:

۱- فضای بین دو غشاء

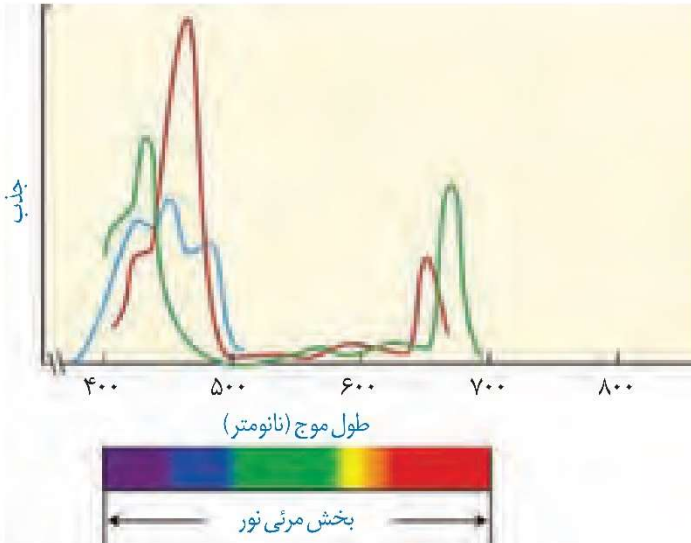
۲- بستره یا استروما

۳- فضای داخل تیلاکوئیدها

رنگیزه‌های فتوسنتزی:

این رنگیزه‌ها در غشای تیلاکوئیدها قرار دارند و شامل سبزینه‌های (کلروفیل‌های) a و b و کاروتنوئیدها می‌باشند.

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



طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی. سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

نکات مهم:

۱. طیف جذبی سبزینه b در محدوده ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر، بیشتر از طیف جذبی سبزینه a می‌باشد.
۲. طیف جذبی سبزینه a در محدوده ۶۰۰-۷۰۰ نانومتر، بیشتر از طیف جذبی سبزینه b می‌باشد.
۳. از نظر میزان جذب نور، رابطه‌ی مقابل بین رنگیزه‌ها برقرار است: سبزینه b < سبزینه a < کاروتنوئیدها
۴. بیشترین میزان جذب نور مربوط به سبزینه b و در طیف نور آبی (۴۵۰-۵۰۰ نانومتر) می‌باشد.
۵. وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

فتوسیستم‌ها:

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند.

اجزای هر فتوسیستم:

۱. آنتن های گیرنده نور: هر آنتن که از رنگیزه های متفاوت (سبزینه ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را میگیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند.

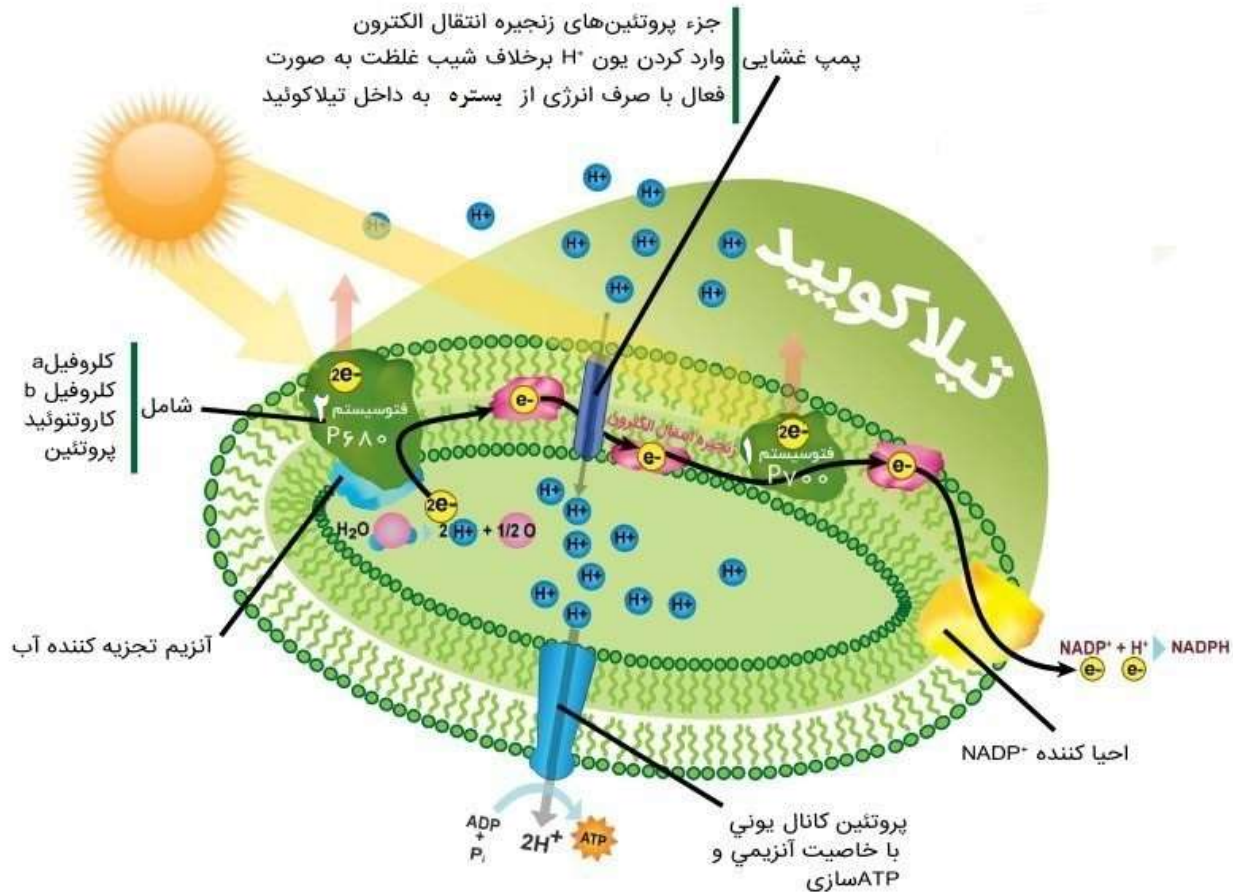
۲. یک مرکز واکنش: مرکز واکنش، شامل مولکولهای کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

نکته ۱: حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینه a در فتوسیستم ۱، P_{700} و در فتوسیستم ۲، P_{680} می گویند.

نکته ۲: فتوسیستم ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکولهایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می شوند. این مولکولها می توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

واکنش های فتوسنتزی

گفتار ۲



اجزای مورد نیاز برای فتوسنتز (شکل بالا):

۱. دو عدد فتوسیستم (۱ و ۲)

۲. آنزیم تجزیه کننده آب: در اتصال با بخش زیرین فتوسیستم ۲ قرار دارد.

۳. دو زنجیره انتقال الکترون: مولکول‌های ناقل الکترون که یکی بین فتوسیستم ۱ و ۲ و دیگری بعد از فتوسیستم ۱ قرار دارد.

۴. سه عدد پروتئین غشایی:

الف) پمپ غشایی: بین زنجیره انتقال الکترون اول قرار دارد و یون‌های هیدروژن را برخلاف شیب غلظت و به صورت فعال (با صرف انرژی زیستی) از بستره به داخل تیلاکوئید پمپ می‌کند.

ب) آنزیم ATP ساز (کانال یونی): یون‌های هیدروژن را از درون تیلاکوئید و در جهت شیب غلظت به درون بستره می‌فرستد و ATP تولید می‌کند.

ج) پروتئین احیاء کننده $NADP^+$: با دریافت ۲ عدد الکترون از زنجیره انتقال الکترون دوم، $NADP^+$ را احیاء کرده (یک عدد H^+ را به $NADP^+$ می‌افزاید) و $NADPH$ بدست می‌آید.

نکته: تمام موارد فوق، درون غشای تیلاکوئید قرار دارند.

واکنش‌های فتوسنتز:

۱. واکنش‌های وابسته به نور (واکنش‌های تیلاکوئیدی): طی این واکنش‌ها که در حضور نور خورشید (روز) و درون تیلاکوئید-ها انجام می‌گیرد، مولکول $NADPH$ و ATP و همچنین اکسیژن تولید می‌شود.

۲. واکنش‌های مستقل از نور: این واکنش‌ها در شب انجام می‌گیرند و طی این واکنش‌ها که چرخه کالوین نامیده می‌شوند، با کمک مولکول‌های $NADPH$ و ATP تولید شده در واکنش‌های مرحله روشنایی، مولکول‌های CO_2 تبدیل به گلوکز و سایر مواد آلی می‌شوند.

واکنش‌های مرحله روشنایی فتوسنتز

۱. در اثر تابش نور خورشید به فتوسیستم‌ها، الکترون‌های موجود

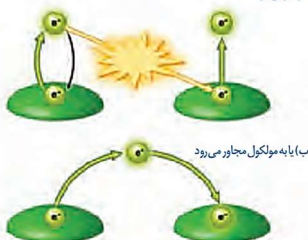
در فتوسیستم‌ها انرژی نور خورشید را دریافت کرده و برانگیخته می‌شوند.

این الکترون‌های برانگیخته شده از فتوسیستم‌ها خارج شده و وارد زنجیره انتقال

الکترون می‌شوند.



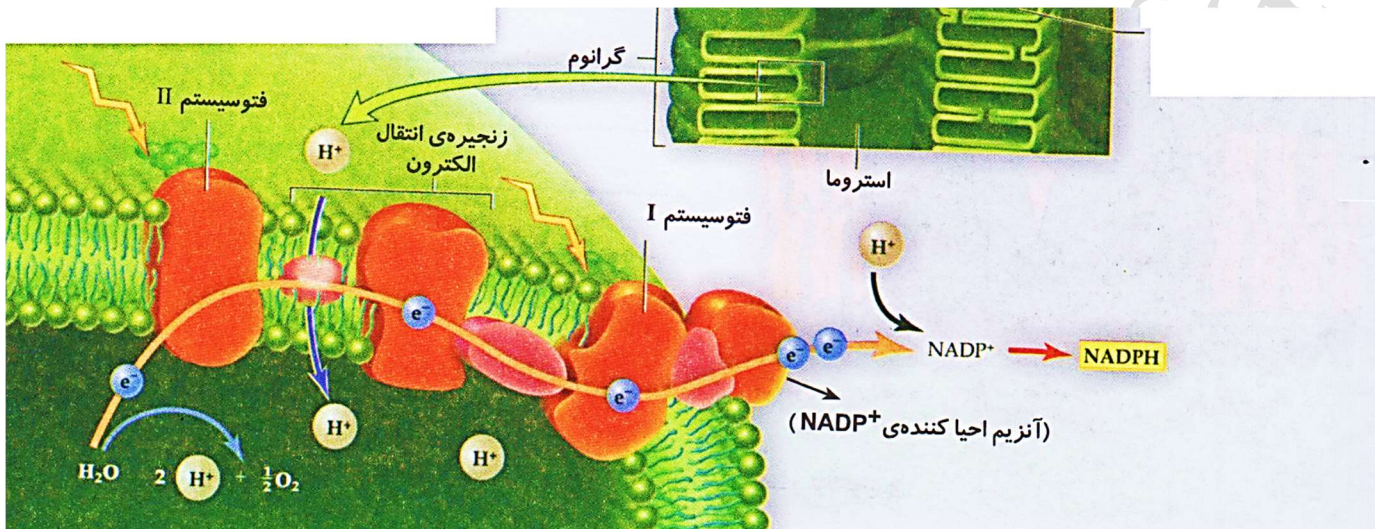
الف) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می‌کند و به سطح انرژی قبلی خود برمی‌گردد.



نکته: الکترون‌های خارج شده از فتوسیستم ۲ وارد اولین زنجیره انتقال الکترون و الکترون‌های خارج شده از فتوسیستم ۱، وارد دومین زنجیره انتقال الکترون می‌شوند.

مسیر طی شده توسط الکترون‌ها:

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

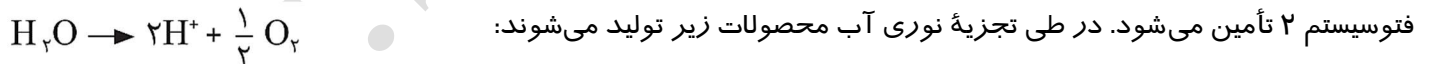


۲. الکترون‌های خروجی از فتوسیستم ۱، پس از عبور از زنجیره انتقال الکترون دوم، توسط پروتئین احیاء کننده NADP^+ ، به مولکول NADP^+ منتقل می‌شوند $\text{NADP}^+ \leftarrow$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون (یون



۳. در اثر خروج الکترون‌های برانگیخته شده از فتوسیستم‌ها، کمبود الکترون در داخل این فتوسیستم‌ها رخ می‌دهد که باید جبران شوند، یعنی الکترون‌های جدیدی به شرح زیر، جایگزین الکترون‌های خارج شده می‌شوند:

الف- کمبود الکترونی فتوسیستم ۲، بوسیله الکترون‌های حاصل از تجزیه مولکول آب توسط آنزیم متصل به سطح داخلی



• دو یون هیدروژن: موجب افزایش تراکم یون هیدروژن در داخل تیلاکوئید می‌شوند.

• یک اتم اکسیژن

• دو عدد الکترون: که کمبود الکترونی فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند.

ب- کمبود الکترونی فتوسیستم ۱ بوسیله الکترون‌های خروجی از اولین زنجیره انتقال الکترون جبران می‌شود.

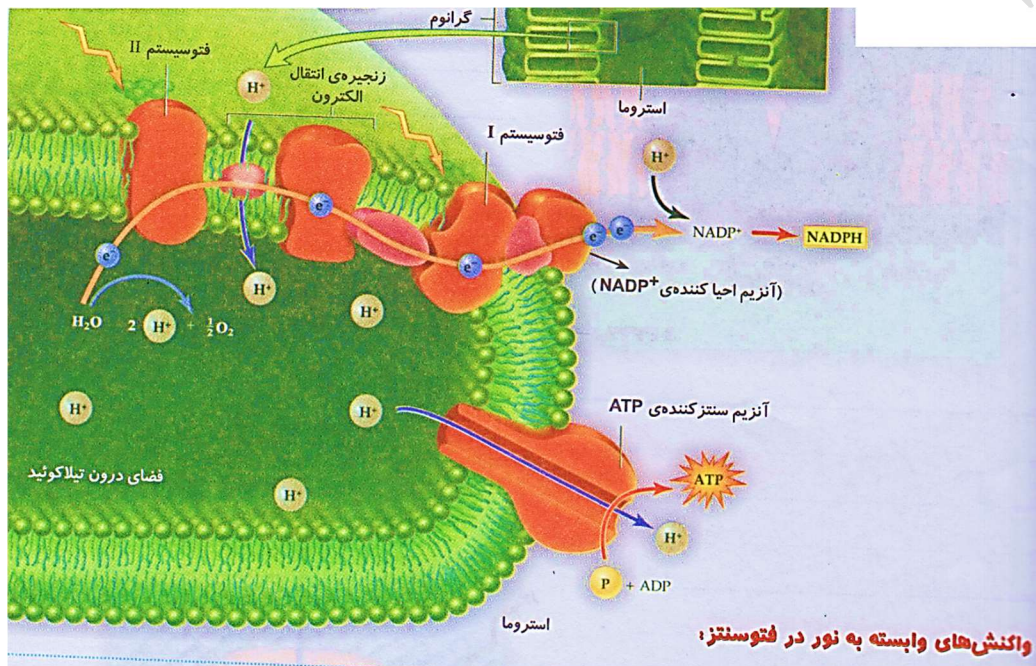
۴. الکترون‌های در حال عبور از اولین زنجیره انتقال الکترون، مقداری از انرژی خود را به پمپ هیدروژنی (در بین مولکول‌های زنجیره انتقال الکترون اول) می‌دهند تا این پمپ یون‌های هیدروژن را از بستره به داخل فضای تیلاکوئیدی و در خلاف جهت شیب غلظت انتقال دهد.

نکته: دو عامل موجب افزایش غلظت یون هیدروژن در داخل تیلاکوئید می‌شوند:

الف) فعالیت پمپ هیدروژنی
ب) تجزیه نوری آب

۵. در اثر افزایش غلظت پروتون‌ها درون تیلاکوئید، پروتون‌ها در جهت شیب غلظت و از طریق آنزیم ATP ساز موجود در غشای تیلاکوئیدها از داخل تیلاکوئید به بستره می‌روند که همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود.

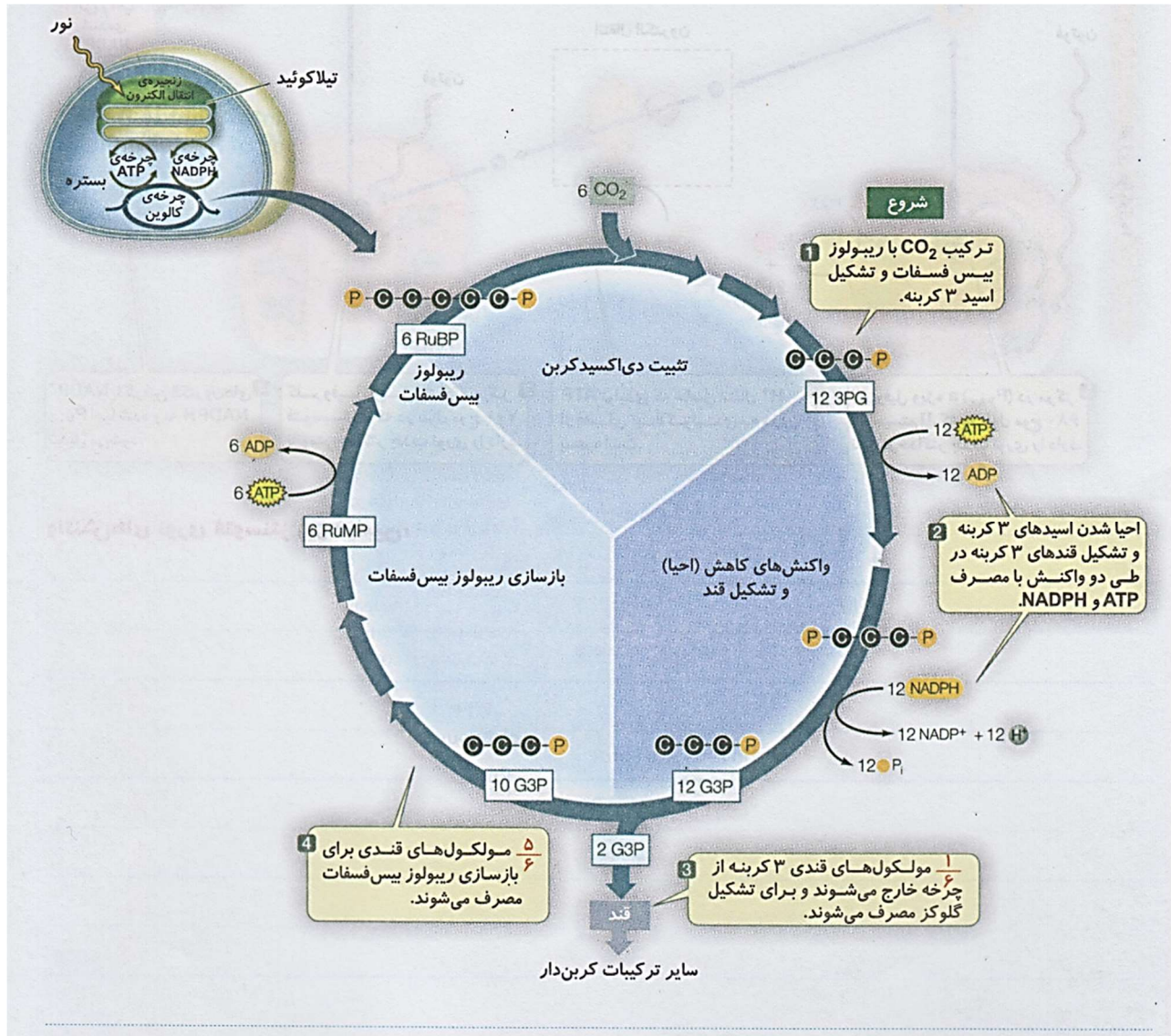
نکته: به ساخته شدن ATP در واکنش‌های نوری، ساخته شدن نوری ATP می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.



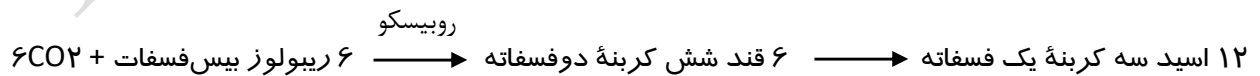
واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت CO_۲

در این مرحله، مولکول‌های CO_۲ با استفاده از مواد تولید شده در مراحل روشنایی یعنی ATP به عنوان منبع انرژی و NADPH به عنوان منبع الکترون، در چرخه‌ای از واکنش‌ها به نام چرخه کالوین، تبدیل به قند می‌شوند.

مراحل چرخه کالوین:

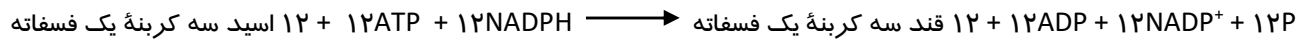


۱. مرحله اول: ترکیب ۶ مولکول CO₂ با ۶ مولکول قند پنج کربنی ریبولوز بیس فسفات (هر قند دارای دو فسفات می‌باشد) توسط آنزیم روبیسکو (ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز - اکسیژناز) ⇐ ایجاد ۶ قند شش کربنه دو فسفاته ناپایدار ⇐ تبدیل هر کدام از قندهای ۶ کربنه ناپایدار به یک اسید سه کربنه یک فسفاته:

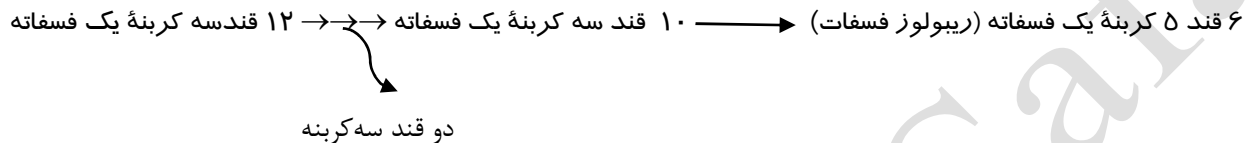


نکته: روبیسکو هم فعالیت کربوکسیلازی داشته و هم اکسیژنازی، که در این واکنش، فعالیت کربوکسیلازی دارد.

۲. **مرحله دوم:** هر یک از اسیدهای تولیدی در مرحله قبل با مصرف یک مولکول ATP و یک مولکول NADPH تبدیل به سه قند سه کربنه یک فسفات می‌شود.



۳. **مرحله سوم:** در این مرحله ۲ مولکول قند سه کربنه از واکنش خارج شده و به تولید گلوکز و یا سایر مواد آلی دیگر می‌رسد و ۱۰ قند سه کربنه باقی مانده، تبدیل به ۶ قند سه کربنه ریبولوز فسفات (یک فسفات دارد) می‌شود.



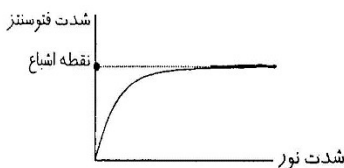
۴. **مرحله چهارم:** هر یک از مولکول‌های ریبولوز فسفات، با صرف یک مولکول ATP تبدیل به ریبولوز بیس فسفات می‌شوند که در این واکنش، ATP هم به عنوان منبع انرژی و هم منبع فسفات به کار می‌رود. مولکول‌های ریبولوز بیس فسفات مجدداً آغازگر چرخه بعدی خواهند بود.



نکات مهم:

- ۱- در هر چرخه کالوین ۱۸ مولکول ATP و ۱۲ مولکول NADPH مصرف می‌شود.
- ۲- چرخه کالوین در تاریکی (شب) انجام می‌گیرد، اما چون مولکول‌های ATP و NADPH مورد نیاز این چرخه در واکنش‌های مرحله وابسته به نور تولید می‌شوند، می‌توان گفت که چرخه کالوین نیز به طور غیرمستقیم به نور وابسته است.
- ۳- 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 می‌شود، گیاهان C_۳ می‌گویند. اکثر گیاهان C_۳ هستند.

اثر محیط بر فتوسنتز:

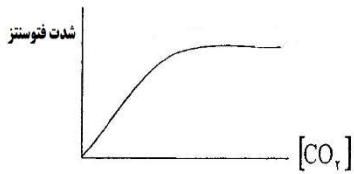


۱. **اثر نور در فتوسنتز:** افزایش نور در اکثر گیاهان تا حدی موجب افزایش فتوسنتز می‌شود،

اما در نور شدید به علت اشباع شدن فتوسیستم‌ها، شدت فتوسنتز تغییری نمی‌کند.

نکته: طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

۲. اثر غلظت CO_2 بر فتوسنتز: با افزایش میزان CO_2 ، شدت فتوسنتز تا حدی



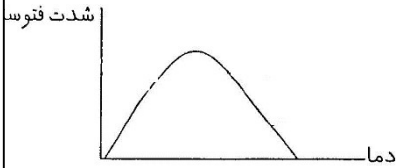
افزایش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر CO_2 ، بدلیل محدود بودن قندهای ریبولوز

بیس فسفات و آنزیم‌های چرخه کالوین، شدت فتوسنتز ثابت می‌ماند (مشابه اثر نور).

۳. اثر دما بر فتوسنتز: افزایش دما تا یک حدی بدلیل افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها،

موجب افزایش فتوسنتز می‌شود، اما در دمای بالا بدلیل بسته شدن روزنه‌های هوایی و

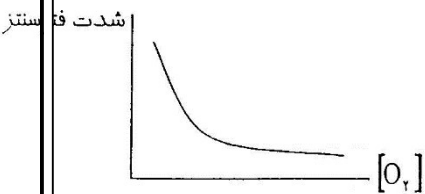
همچنین عدم فعالیت آنزیم‌ها، موجب کاهش شدت فتوسنتز می‌شود.



۴. اثر اکسیژن بر فتوسنتز: افزایش اکسیژن موجب افزایش فعالیت اکسیژنازی

آنزیم رویسکو می‌شود و در نتیجه بجای ترکیب کردن ریبولوز بیس فسفات با CO_2 ،

این قند را با اکسیژن ترکیب کرده که این عمل، شدت فتوسنتز را کاهش می‌دهد.



نکته: با افزایش اکسیژن، شدت فتوسنتز کاهش یافته، اما شدت تنفس نوری افزایش می‌یابد.

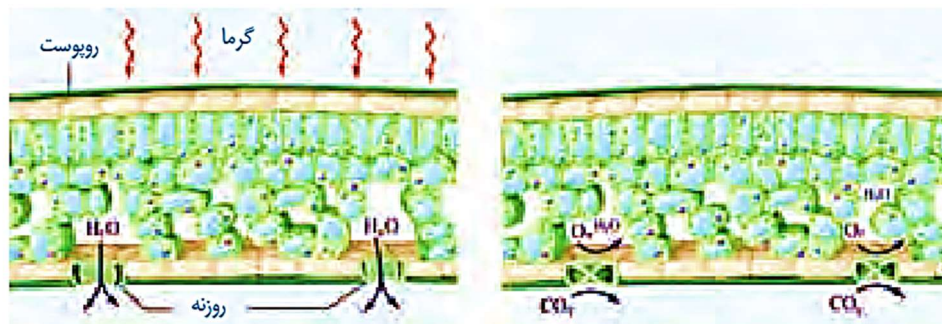
فتوستنتز در شرایط دشوار

گفتار ۳

فتوستنتز در شرایط بسته بودن روزنه‌ها:

☞ افزایش بیش از حد دما و نور و همچنین هورمون آپسیزیک اسید، باعث بسته شدن روزنه‌های هوایی جهت کاهش تعرق می‌شوند.

☞ در شرایط بسته شدن روزنه‌ها، تبادل گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید نیز متوقف می‌شود. در این حال از میزان کربن-دی‌اکسید داخل برگ‌ها کاسته می‌شود (بدلیل مصرف در چرخه کالوین) اما میزان اکسیژن در برگ‌ها افزایش می‌یابد (در اثر تجزیه نوری آب). این شرایط موجب افزایش فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو می‌شود.



شکل ۹- افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.
الف) روزنه‌های باز، روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.
ب) وقتی روزنه‌ها باز هستند میزان CO_2 از O_2 بیشتر است.

☞ در اثر فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو، ریبولوزیسی فسفات با اکسیژن ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود:

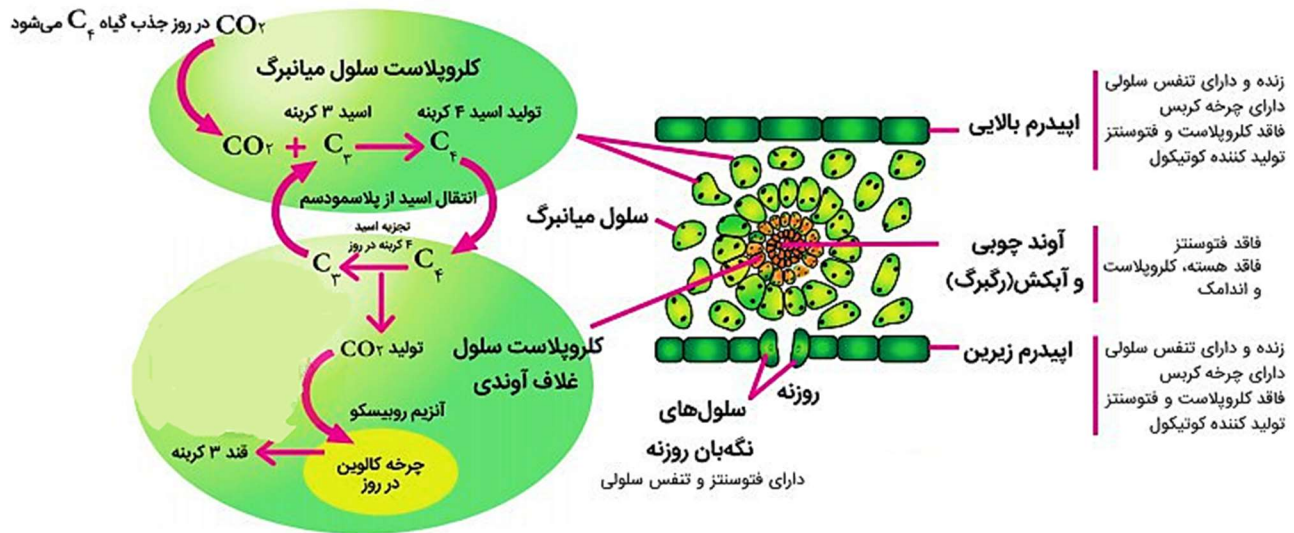
(۱) مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزیسی فسفات می‌رسد.

(۲) مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنشهایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول CO_2 آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO_2 و همراه با فتوستنتز است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

نکته ۱: در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوستنتز می‌شود.

نکته ۲: فعالیت اکسیژنازی و کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو به میزان اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید در محیط عملکرد آن بستگی دارد، یعنی در صورتی که $O_2 < CO_2$ باشد، این آنزیم فعالیت کربوکسیلازی و در صورتی که $O_2 > CO_2$ باشد، این آنزیم فعالیت اکسیژنازی خواهد داشت.

فتوستنز در گیاهان C₄:



تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله انجام می شود:

۱. CO₂ در یاخته های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد میشود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان C₄ میگویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.
۲. در یاخته های غلاف آوندی، مولکول CO₂ از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته های میانبرگ برمی گردد.

نکته ۱: آنزیمی که در ترکیب CO₂ با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به طور اختصاصی با CO₂ عمل میکند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

نکته ۲: اسید چهار کربنی از یاخته های میانبرگ از طریق پلاسمودسم ها به یاخته های غلاف آوندی منتقل می شود.

نکات مهم:

۱. در گیاهان C₄، برخلاف گیاهان C₃، یاخته های غلاف آوندی دارای کلروپلاست می باشند.
۲. 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 میشود که بازدارنده تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می دهد.

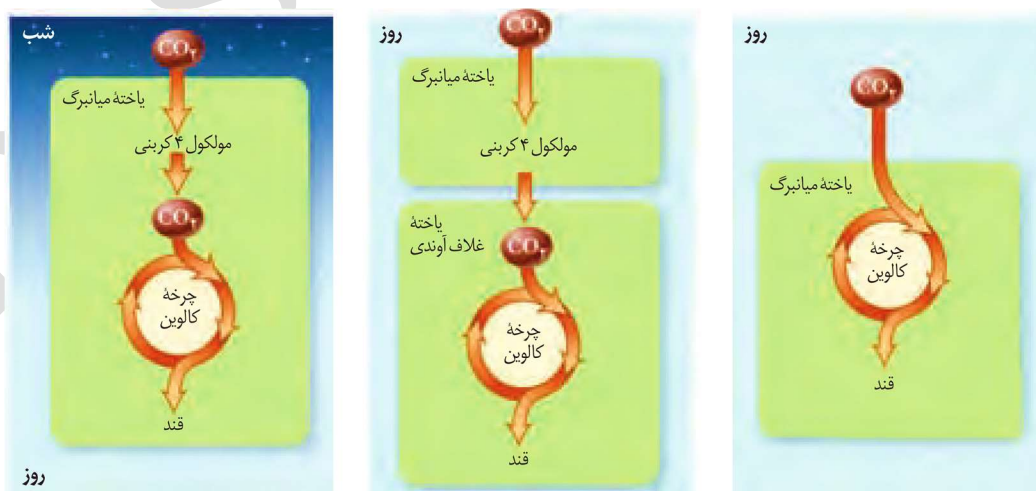
۳. در گیاهان C_4 ، در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، در حالیکه روزنه‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روپیسکو بالا نگه می‌دارند. همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C_3 است.

فتوسنتز در گیاهان CAM (کم):

ویژگی گیاهان CAM:

۱. در مناطقی با درجه حرارت و نور شدید و آب کم زندگی می‌کنند.
 ۲. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند.
 ۳. برگ، ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پر آب است.
 ۴. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی پلی‌ساکاریدی دارند که آب را نگه می‌دارند.
- تثبیت کربن در گیاهان CAM همانند گیاهان C_4 در دو مرحله انجام می‌شود، اما هردوی این مراحل در یاخته‌های میانبرگ اما در دو زمان متفاوت (شب و روز) انجام می‌گیرند:
- ۱- در شب (روزنه‌ها بازند): ترکیب CO_2 با اسید سه کربنه در یاخته‌های میانبرگ و تولید اسید چهار کربنه.
 - ۲- در روز (روزنه‌ها بسته‌اند): مولکول CO_2 در همان یاخته‌های میانبرگ از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود.

مثال برای گیاهان CAM: کاکتوس، گیاهان تیره گل ناز و آناناس.



شکل ۱۱- مقایسه فتوسنتز در گیاهان الف (C₄، ب (C₃ و پ) CAM

جدول مقایسه‌ای گیاهان از نظر فتوسنتز

گیاهان CAM	گیاهان C _۴	گیاهان C _۳	
کاکتوس، گیاهان تیره گل‌ناز و آناناس	نیشکر	بیشتر گیاهان	مثال
مناطق بسیار گرم و خشک	مناطق گرم	بیشتر مناطق	زیستگاه
چرخه کالوین و سایر واکنش‌ها	چرخه کالوین و سایر واکنش‌ها	فقط چرخه کالوین	واکنش‌های تثبیت‌کننده CO _۲
اسید C _۴ کربنه	اسید C _۴ کربنه	اسید سه کربنه	اولین ماده آلی پایدار که از CO _۲ ساخته می‌شود
یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های میانبرگ	محل ساخت اولین ماده آلی پایدار از CO _۲
یاخته‌های میانبرگ	یاخته‌های غلاف آوندی	یاخته‌های میانبرگ	محل انجام چرخه کالوین
شب	شب	شب	زمان ساخت اولین ماده آلی پایدار از CO _۲
روز	شب	شب	زمان انجام چرخه کالوین
بسته	باز	باز	وضعیت روزه‌های هوایی در روز
باز	بسته	بسته	وضعیت روزه‌های هوایی در شب

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.

باکتری ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبز دیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کننده نور هستند.

جدول مقایسه‌ای انواع باکتری‌های فتوسنتز کننده		
انواع باکتری	اکسیژن‌زا	غیر اکسیژن‌زا
مثال	سیانوباکتری‌ها	باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز
نام رنگیزه فتوسنتز کننده	سبزینه a	باکتریوکلروفیل
منبع کربن	CO ₂	CO ₂
منبع الکترون	آب (H ₂ O)	H ₂ S
منبع انرژی	نور خورشید	نور خورشید
محصولات فتوسنتزی	قندهای ساده و اکسیژن	قندهای ساده و گوگرد
واکنش فتوسنتزی	$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$	$6CO_2 + 12H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$

نکات:

۱- چون منبع الکترون باکتری‌های گوگردی (H₂S) اکسیژن ندارد، به همین خاطر در اثر تجزیه آن، بجای اکسیژن، گوگرد درست می‌شود.

۲- از این باکتریها در تصفیه فاضلابها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند.

۳- هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم‌مرغ گندیده دارد.

آغازیان:

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

انواع آغازیان فتوسنتز کننده

۱- جلبکهای سبز، قرمز و قهوه ای که به صورت دائمی فتوسنتز می‌کنند.

۲- اوگلنا : جاندار تک‌یاخته ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتز کننده است.

این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبز دیسه‌های

خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.



شیمیوسنتز

تعریف: ساختن مواد آلی از مواد معدنی، با استفاده از انرژی واکنش‌های شیمیایی را شیمیوسنتز گویند.

در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفشانهای زیر آب وجود دارند.

از قدیمیترین جانداران روی زمین‌اند.

می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی‌اکسید ماده آلی بسازند.

انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنشهای شیمیایی، به ویژه اکسایش

ترکیبات معدنی (غیر آلی) به دست می‌آورند.

مثال: باکتریهای نیترات ساز ← آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند

باکتری‌های

شیمیوسنتز کننده

نکته: زیستن در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفشانهای زیر آب برای بسیاری از جانداران غیرممکن است.

دانش آموزان عزیز که دوست دارند مطالب این جزوه رو به صورت تدریس ویدئویی همراه با فل تست مشاهده کنند، برای اطلاع از زمان پخش ویدئوها می‌تونند به کانال تلگرامی بنده مراجعه کنند. به مفض آماده شدن ویدئوها، لینک پخش رایگان ویدئو را در کانال قرار فوادم داد.

♥ با آرزوی موفقیت برای تمام شما عزیزان ♥

فراوند مهربون پشت و پناهتون

سروش صفا