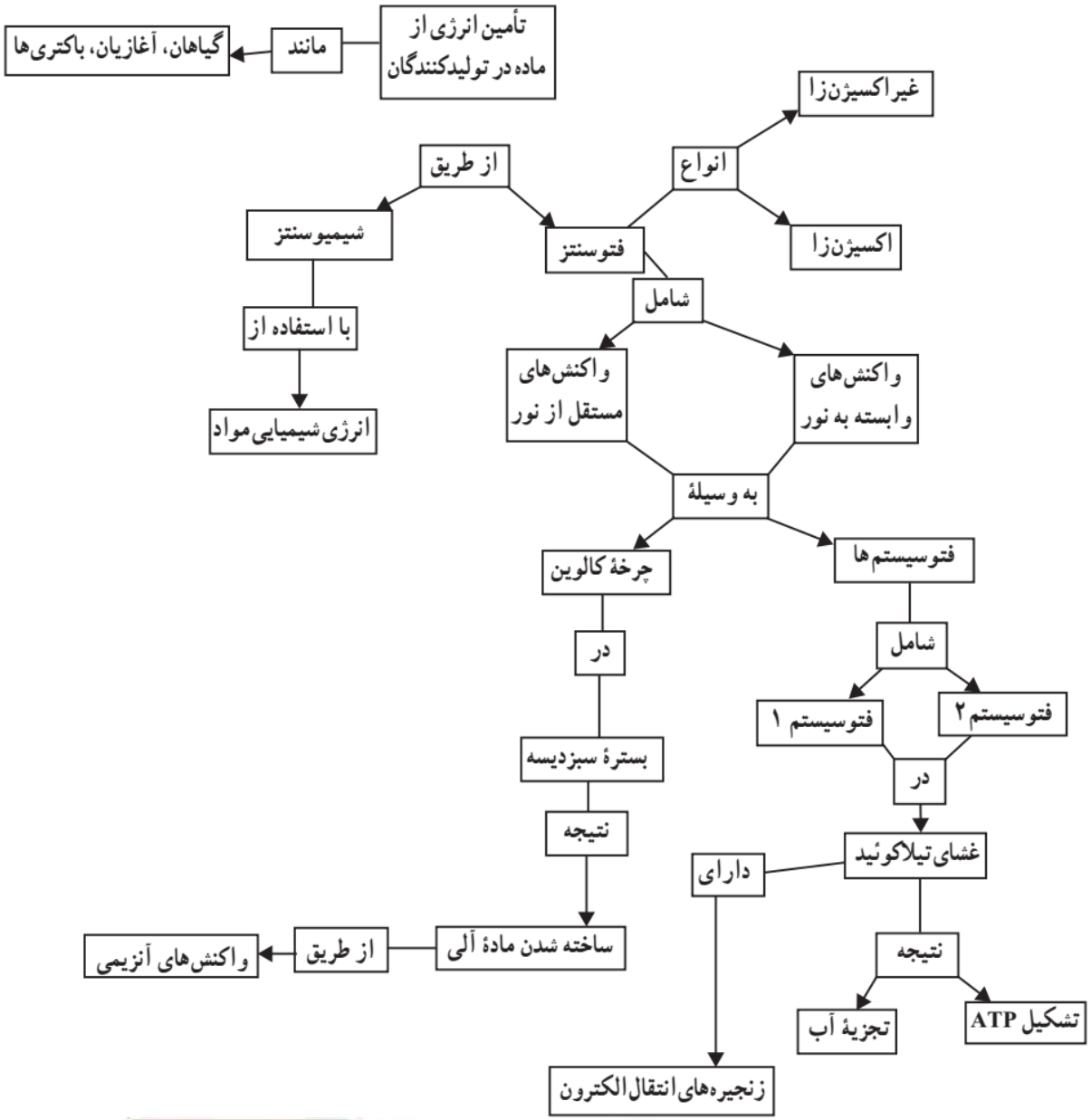
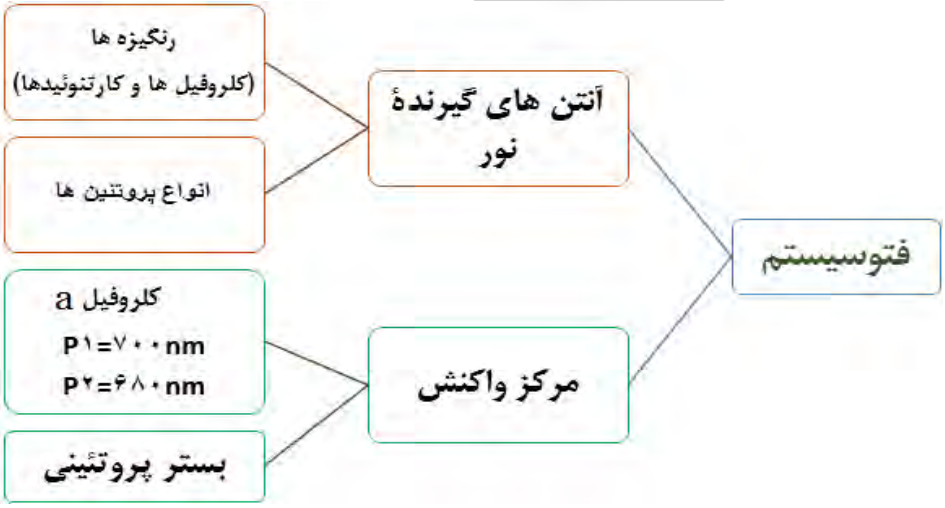
باسمه تعالی

نقشه مفهومی ف۶-گ-۱





@BioSalar_Ch

باسمه تعالی

"با کمال امتنان، پیشنهادها و نظرهای علمی و ادبی عزیزان را پذیرا خواهم بود."

سربلند باشید-پورسالار-اردیبهشت++/.

@BioSalar_Ch

فصل ۶

از انرژی به ماده

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌شود. اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟ چه فرایند یا فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

گفتار ۱ فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

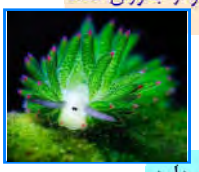
می‌دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش ۱). بر این اساس می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین[۱] میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و[۲] یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

$$nCO_2 + nH_2O + nRuBP + .nATP + -nNADPH \longrightarrow CnH_2nOn + nO_2 + /ne^- + /nH^+ + .nADP + -nNADP^+ + nRuBP$$

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

واکنش ۱ــ واکنش کلی فتوسنتز

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن[۱] مولکول‌های رنگیزه‌ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین،[۲] باید سامانه‌ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتز می‌کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می‌پردازیم.



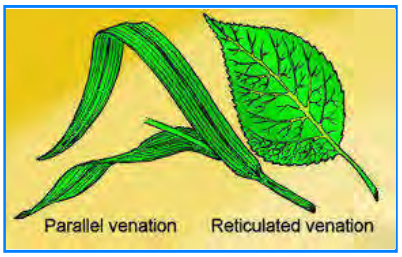
مانند گیاهان، برخی از آغازیان و باکتری ها و از جانوران مانند گوسفند دریایی!

برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

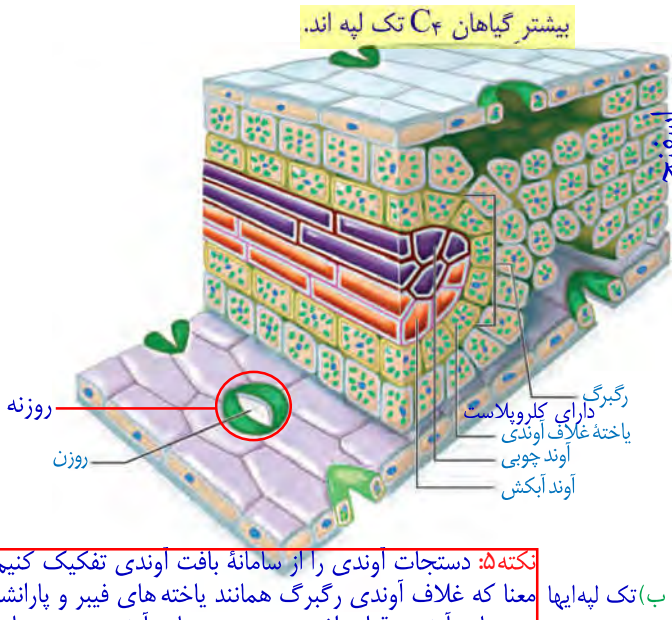
(مثلا در کاکتوس نیست.)

برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزدیسه دارد. همان‌طور که می‌دانید، فتوسنتز در سبزدیسه‌ها انجام می‌شود.

برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دمبرگ است. پهنک شامل[۱] **روپوست**، [۲] **میانبرگ** و [۳] **دسته‌های آوندی** (رگبرگ) است. روپوست **رویی** و **زیرین** به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته‌های **پارانشیم** است. در شکل ۱ـ الف میانبرگ از یاخته‌های پارانشیم نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان‌طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد



شکل ۱ــ ترسیمی از برگ
الف) نمونه‌ای گیاه دولپه
ب) نمونه‌ای گیاه تک لپه



*پارانشیم نرده ای به طرف روپوست رویی قرار دارد.

الف) دولپه‌ایها
ب) تک لپه‌ایها

نکته۵: دستجات آوندی را از سامانهٔ بافت آوندی تفکیک کنیم! به این معنا که غلاف آوندی رگبرگ همانند یاخته های فیبر و پارانشیم در دستجات آوندی قرار داشته و جزء دستجات آوندی هستند؛ اما جزء سامانهٔ بافت آوندی نبوده و به سامانه بافت زمینه‌ای تعلق دارند.

نکته۱: یاخته های روپوست در گیاهان تک لپه و دو لپه کلروپلاست ندارند.
نکته۲: یاخته های نگهبان روزنه دارای کلروپلاست می باشند.
نکته۳: در دو لپه‌ای ها تعداد روزنه های روپوست زیرین بیشتر از روپوست رویی می باشد؛ اما در تک لپه ای ها تعداد روزنه های دو روپوست تقریبا برابر است.
نکته۴: آوندهای چوبی با داشتن دیواره چوبی با آبی متیل به رنگ آبی و یاخته های آوندهای آبکشی با دیواره سلولزی توسط کارمن زاجی قرمز می شوند.

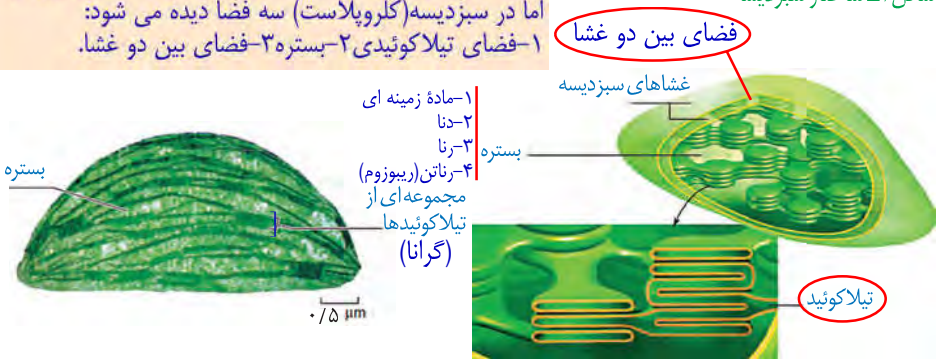
(زیر)
از روپوست رویی قراردارند و به هم فشرده‌اند، در حالی که یاخته‌های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قراردارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱ـ ب).
(مانند تک لپه ایها)

شباهت سبزدیسه با راکیزه؟

سبزدیسه: سبزدیسه[۱] همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام **تیلاکوئید** به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و **بستره** تقسیم شده است. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲). بستره دارای دنا، رنا و رناتن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه[۲] می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد.[۳] سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور مستقل تقسیم شود.
(توجه به ص ۳۱)

نکته: در راکیزه دو فضا وجود دارد: ۱-بستره ۲-فضای بین دوغشا
اما در سبزدیسه(کلروپلاست) سه فضا دیده می شود:
۱-فضای تیلاکوئیدی ۲-بستره ۳-فضای بین دو غشا.

شکل ۲ـ ساختار سبزدیسه



الف) ترسیمی
ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

بیشتر بدانید

گوناگونی شکل برگ‌ها

برگ ذرت، دمبرگ ندارد. = تک لپه ای

برگ مرکب از تعدادی برگچه تشکیل شده است، مانند برگ درخت گردو.

لبه برگ بعضی گیاهان کنگره دار است، مانند برگ درخت بلوط.

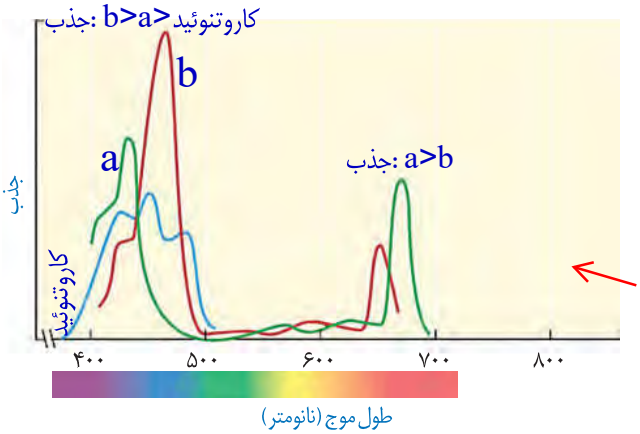
از نظر زیستی: در چشم سه نوع گیرندهٔ مخروطی وجود دارد که فقط گیرنده سبز چشم با نگاه به برگ ها تحریک می شود. اما از نظر فیزیکی: با توجه به نمودار شکل ۳، برگ ها کمترین جذب و برعکس بیشترین انعکاس را درطیف رنگ سبز و زرد دارند بنابراین به رنگ سبز دیده می شوند.

فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید سبزینه همان‌طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می‌شود. با توجه به آنچه در سال گذشته درباره بینایی آموختید، توضیح دهید این رنگیزه چرا به رنگ سبز دیده می‌شود؟

رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه (کلروفیل) که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

در گیاهان سبزینه‌های a و b وجود دارند. بیشترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش ـ آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی ـ قرمز) است. گرچه حداکثر جذب آنها در هر یک از این محدوده‌ها با هم فرق می‌کند. کاروتنوئیدها به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).



شکل ۳ـ طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی. سبزینهٔ a (سبز)، سبزینهٔ b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

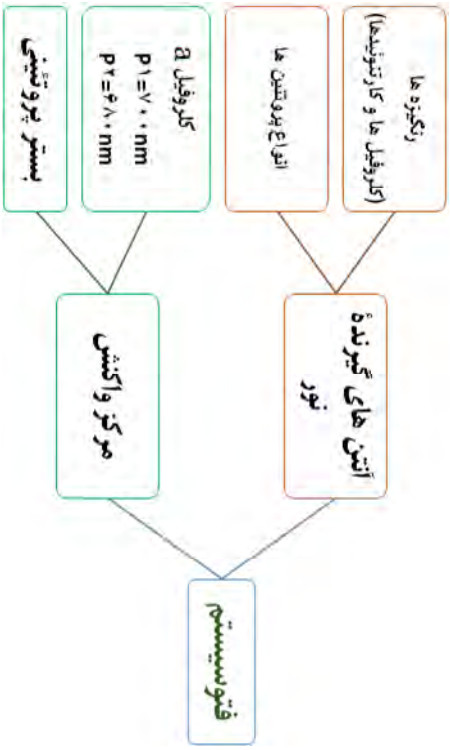
فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

(در غشای تیلاکوئید ها)

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به‌نام **فتوسیستم ۱** و **۲** قرار دارند. هر فتوسیستم شامل[۱] **آنتن‌های گیرنده نور** و یک[۲] **مرکز واکنش** است. هر آنتن که از[۱] رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و[۲] انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل[۱] مولکول‌های کلروفیل a است که در[۲] بستری پروتئینی قرار دارند.

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، P۷۰۰ و در فتوسیستم ۲، P۶۸۰ می‌گویند.

فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول ها می‌توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

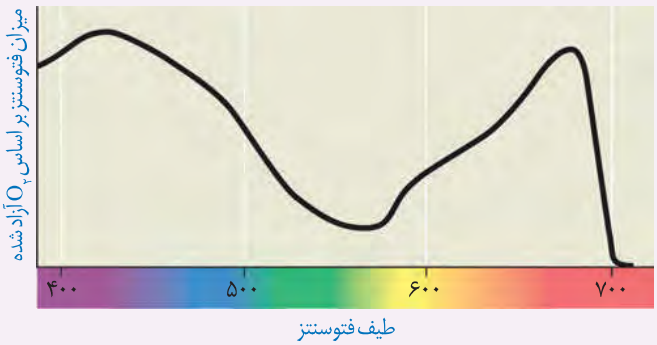


۱.سبزینه ها بیشترین تاثیر را در فتوسنتز دارند.

۲.بیشترین جذب سبزینه ها در محدوده های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش ــ آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی ــ قرمز) است.

فعّالیت ۲

ارائه دلیل نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می‌دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به‌دست می‌آورید، بنویسید.

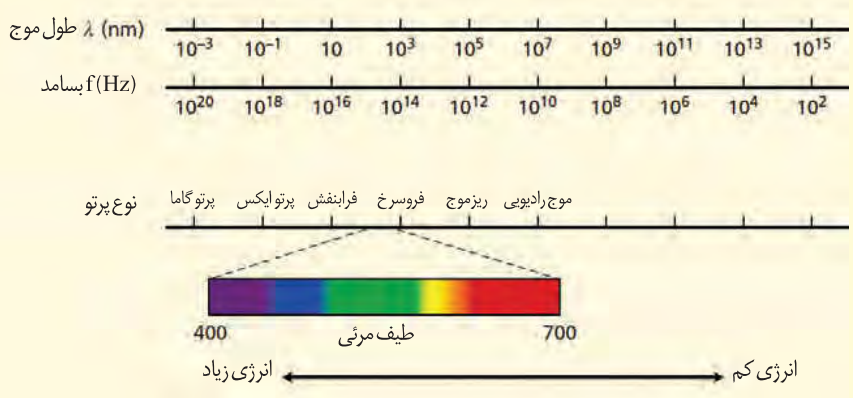


بیشتر بدانید

طیف الکترومغناطیس

بخش مرئی نور، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیس است.

طیف الکترومغناطیس را در کتاب فیزیک ۳ مطالعه می‌کنید.



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 کاربرد و نتایج حاصل از این آزمایش ها را مقایسه کرد. در واقع در این آزمایش بایدگروه شاهد(با نور سفید) و تیمار (با نور تک رنگ) طراحی کرد.

فعّالیت ۳

گفت‌وگو کنید

آیا همهٔ طول موج های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می‌توان با استفاده از اسپیروژیر (جلبک سبز رشته‌ای) (آغازیان)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور ــ برای تجزیه نور ــ آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد.

اسپیروژیر سبزدیسه های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همهٔ طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثرباشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد.

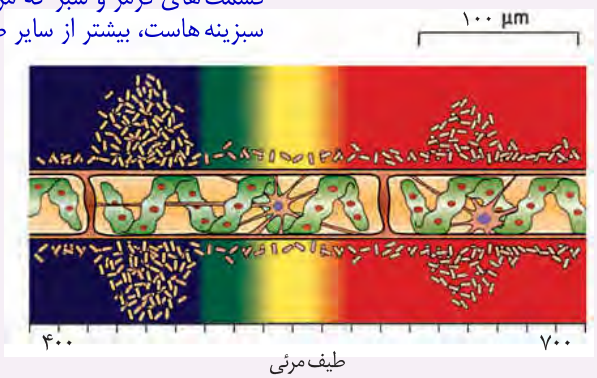
در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لولهٔ آزمایشی شامل آب و باکتری های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافته‌اند (شکل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

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

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

ب–بله، زیرا میزان اکسیژن تولیدی در قسمت های قرمز و سبز که مربوط به جذب سبزینه هاست، بیشتر از سایر طیف هاست.

الف)اسپیروژیر



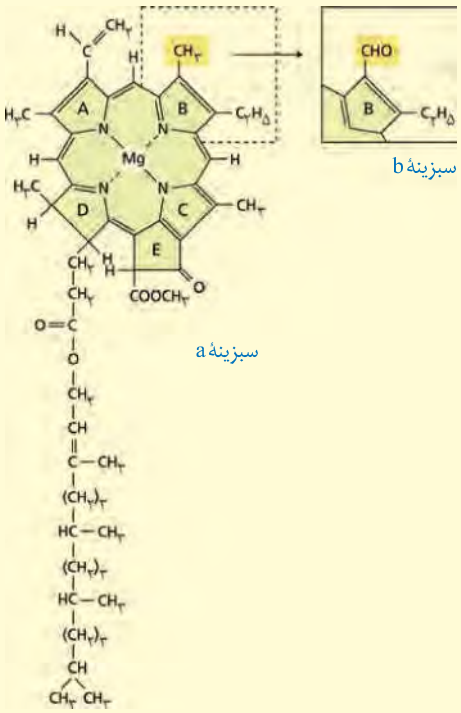
ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

نکته: از آنجایی که تراکم اکسیژن(تجمع باکتری) در اطراف جلبک رشته ای یکسان نمی باشد؛ بنابراین همه طول موج های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر نیستند. در طیف های ۵۰۰–۴۰۰ و ۷۰۰–۶۰۰ بیشترین فتوسنتز انجام گرفت.

بیشتر بدانید

ساختار سبزینه (کلروفیل)

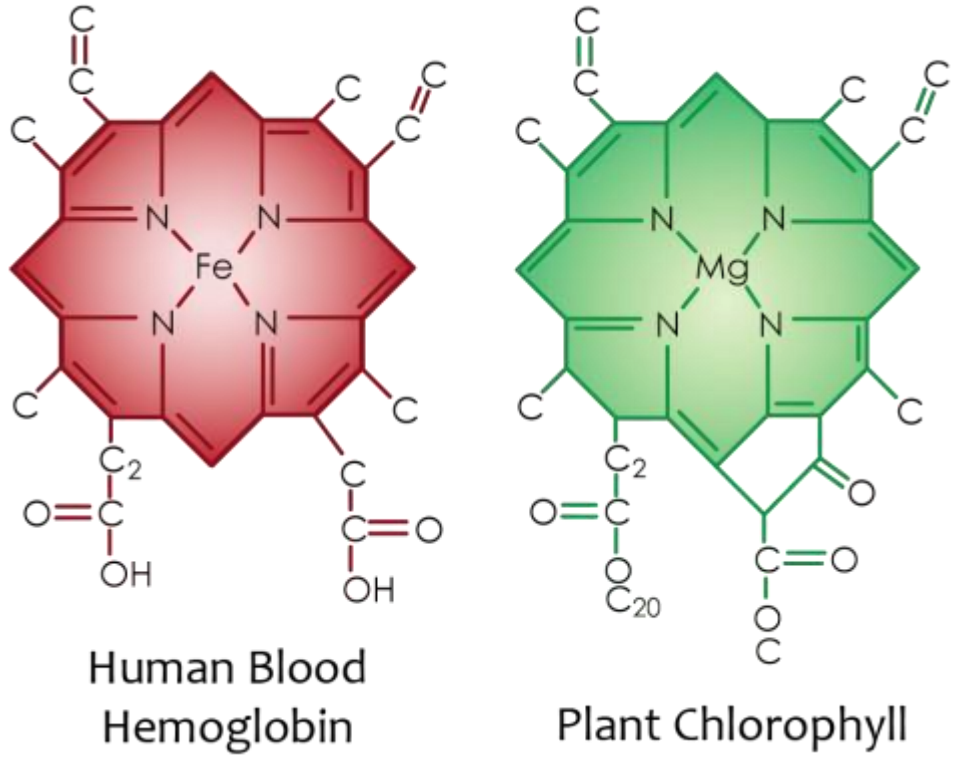
مولکول سبزینه از دو بخش سر و دم تشکیل شده است. تفاوت سبزینه های a و b به اختلاف اندکی در بخش سر مربوط می‌شود. جالب است که ساختار بخش سر شبیه بخش هم در مولکول هموگلوبین است؛ با این تفاوت که به جای آهن، منیزیم دارد.



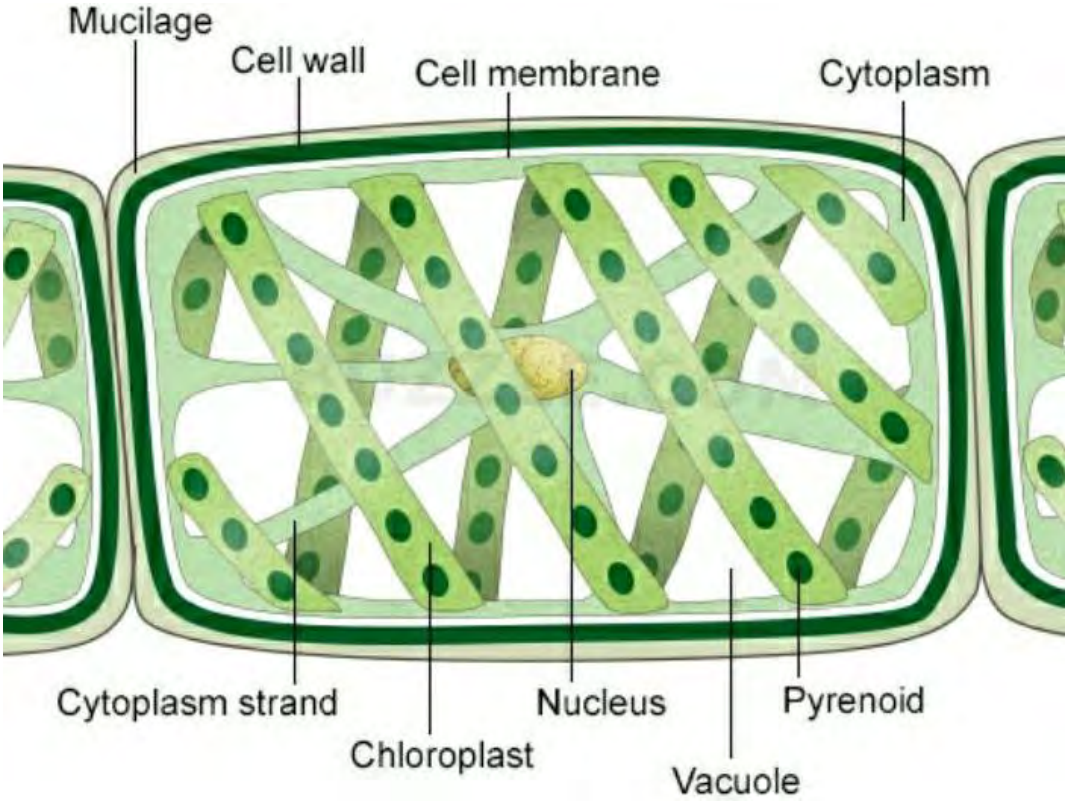
باسمه تعالی

شکل‌های تکمیلی ف۶-گ۱

مقایسهٔ ساختار کلروفیل(سبزینه) و هموگلوبین



ساختار اسپیروژیر(جلبک سبز رشته‌ای)



@BioSalar_Ch

ی‌موهفم هشقة ةدننک هیهت زا هژیو رکشتا

باسمه تعالی

نقشه مفهومی ف۶-گ-۲

مرحله اول فتوسنتز جذب انرژی نور (وابسته به نور)

۱- برانگیخته شدن الکترون های رنگیزه های آنتن های گیرنده فتوسیستم ها در اثر برخورد نور

۲- انتقال انرژی الکترون های برانگیخته بین رنگیزه های آنتن ها و در نهایت، به مرکز واکنش فتوسیستم ها

۳- ایجاد الکترون برانگیخته در مرکز واکنش فتوسیستم ها

۴- خروج الکترون برانگیخته از:
- سبزینه a مرکز واکنش فتوسیستم ۱ در نهایت به $NADP^+$ از طریق دومین زنجیره انتقال الکترون
- سبزینه a مرکز واکنش فتوسیستم ۲ به فتوسیستم ۱ از طریق اولین زنجیره انتقال الکترون

۵- جبران کمبود الکترون:
- فتوسیستم ۱ با الکترون های خارج شده از سبزینه a فتوسیستم ۲
- فتوسیستم ۲ با الکترون های حاصل از تجزیه آب

۶- تجزیه نوری آب:
- محل انجام: در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید
- واکنش: $H_2O \longrightarrow 2H^+ + \frac{1}{2} O_2 + 2e^-$
- محصولات:
  - اکسیژن
  - پروتون (H^+) ← تجمع در فضای درون تیلاکوئید
  - الکترون ← جبران کمبود الکترون سبزینه a فتوسیستم ۲

مرحله دوم فتوسنتز تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی (وابسته به نور)

ساخته شدن NADPH
- محل انجام: در سمت بیرونی غشای تیلاکوئید (داخل بستره)
- مراحل:
  - ۱- انتقال دو الکترون برانگیخته از سبزینه a مرکز واکنش فتوسیستم ۱ به $NADP^+$
  - ۲- منفی شدن بار $NADP^+$ با گرفتن دو الکترون
  - ۳- تولید **NADPH** در اثر ایجاد پیوند $NADP^+$ با پروتون
- واکنش: $NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH + H^+$

ساخته شدن ATP نوری
- محل انجام: در سمت بیرونی غشای تیلاکوئید (داخل بستره) توسط مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز که در غشای تیلاکوئید وجود دارد.
- مراحل:
  - ۱- افزایش تراکم H^+ در داخل تیلاکوئید در اثر:
    - تجمع H^+ های حاصل از تجزیه آب
    - پمپ شدن H^+ های درون بستره به داخل تیلاکوئید
  - ۲- خروج پروتون ها بر اساس شیب غلظت، از فضای درون تیلاکوئید به بستره از طریق آنزیم ATP ساز
  - ۳- ساخته شدن ATP همراه با عبور پروتون ها، توسط آنزیم ATP ساز

مرحله سوم فتوسنتز واکنش های تثبیت کربن در چرخهٔ کالوین (واکنش های مستقل از نور)

- محل انجام: بستره سبزدیسه
- مراحل:
  - ۱- ترکیب CO_2 با ریبولوزبیس فسفات (قند پنج کربنی دو فسفاته) توسط آنزیم روبیسکو و تشکیل مولکول شش کربنی ناپایدار
  - ۲-تجزیه مولکول مولکول شش کربنی ناپایدار به دو مولکول اسید سه کربنی تک فسفاته.
  - ۳- تبدیل اسید سه کربنی به قند سه کربنی تک فسفاته با مصرف **ATP** و **NADPH**.
  - ۴- تبدیل تعدادی از قندهای سه کربنی تک فسفاته به گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و خروج آنها از چرخه.
  - ۵- تبدیل تعدادی از قندهای سه کربنی تک فسفاته به ریبولوز فسفات (قند پنج کربنی تک فسفاته).
  - ۶- تبدیل ریبولوز فسفات (قند پنج کربنی تک فسفاته) به ریبولوزبیس فسفات (قند پنج کربنی دو فسفاته) با مصرف **ATP** (بازسازی ریبولوزبیس فسفات)

@BioSalar_Ch

گفتار ۲

واکنش‌های فتوسنتزی

واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش‌های[۱] وابسته به نور و[۲] مستقل از نور قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می‌پردازیم.

۱- واکنش‌های وابسته به نور: واکنش های تیلاکوئیدی

وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، **الکترون برانگیخته** می‌گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است[۱] با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد[۲] یا از رنگیزه خارج و به‌وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آنتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینهٔ a و خروج الکترون از آن می‌شود (شکل ۵).

الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول $NADP^+$[۱] می‌رسد (شکل ۶).

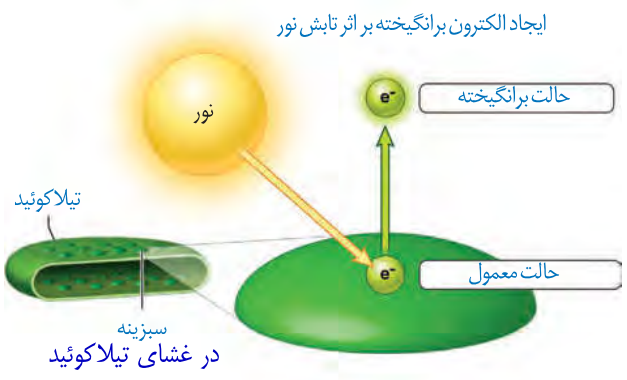
دو نوع زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد.[۱] یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و[۲] دیگری بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ قرار دارد.

$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH + H^+$$

واکنش ۲ـ تشکیل NADPH

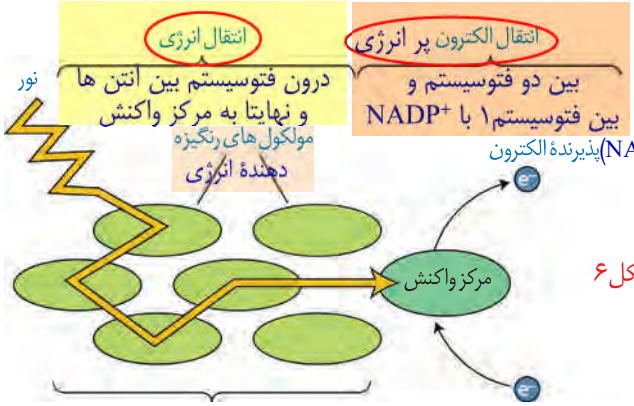
با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱



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

ب) یا به مولکول مجاور می‌رود

شکل ۴ـ ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



(سبزینه a و $NADP^+$) پذیرندهٔ الکترون

*توجه به شکل ۶

شکل ۵ـ انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

۱ـ Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

را جبران می کند، اما کمبود الکترون سبزینهٔ a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟

تجزیه نوری آب: به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می‌بینید، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند و الکترون‌های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می‌روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می‌شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می‌گویند.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم۲ را جبران می کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

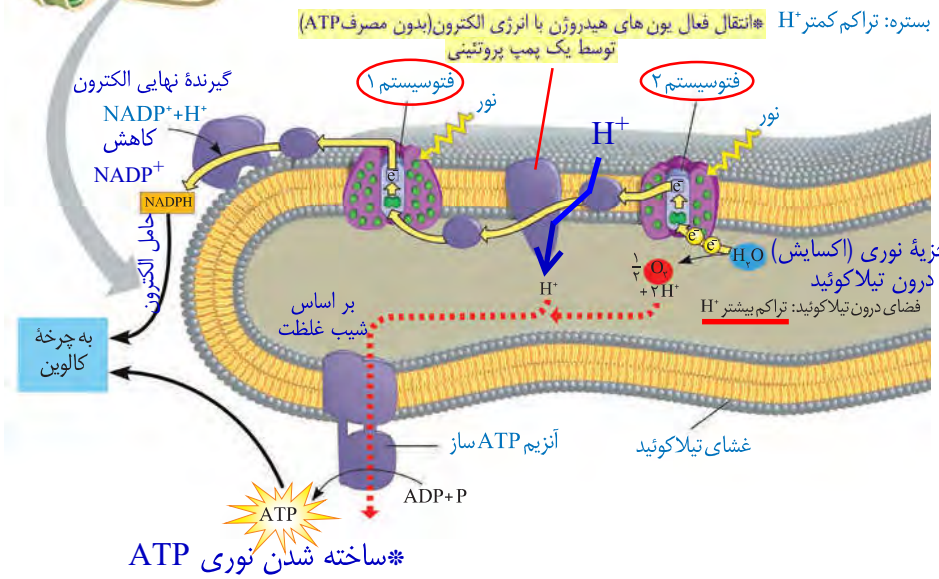
(اکسایش آب)
واکنش ۳ـ تجزیه آب درون تیلاکوئید و در کنار فتوسیستم۲

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

فتوسیستم۲

مصرف تنفس یاخته ای یا وارد اتمسفر

نکته: بین دو فتوسیستم ۱و۲ در غشای تیلاکوئید، حداقل سه پروتئین انتقال دهندهٔ الکترون وجود دارد که یکی از پروتئین‌ها با بخشی از انرژی الکترون برانگیخته، یون هیدروژن(پروتون) رابه فضای داخلی تیلاکوئید پمپ می کند تا شیب غلظت آن افزایش یابد.



*ساخته شدن نوری ATP

نکته: پروتئین های موجود بین دو فتوسیستم و بین فتوسیستم1 و $NADP^+$ ناقل های الکترون می باشند؛ اما NADPH تنها حامل الکترون در عمل فتوسنتز می باشد.

شکل۶ـ طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش های نوری

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی[۱] است که یون‌های H^+ را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند.* بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می‌شود.

همچنین دانستیم که[۲] تعدای پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید. درنتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود.

پروتون‌ها بر اساس شیب غلظت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی‌توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون‌ها از چه راهی به بستره می‌روند؟

در غشای تیلاکوئید مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم

بیشتر بدانید

نام گذاری فتوسیستم ها

شاید انتظار داشته باشید چون فتوسیستم ۲ قبل از فتوسیستم ۱ فعالیت می‌کند، نام آنها برعکس باشد. اما به این دلیل که ابتدا فتوسیستم ۱ کشف شده بود، فتوسیستم بعدی را فتوسیستم ۲ نامیدند. فتوسیستم ۲ در دهه ۵۰ میلادی و چند سال بعد از فتوسیستم ۱ شناسایی شد.

*در غشای تیلاکوئیدها پروتئینی وجود دارد که عمل انتقال فعال را بدون نیاز به انرژی رایج یاخته ای(ATP) و فقط با انرژی حاصل از انتقال الکترون انجام می دهد.(همانند پمپ های پروتئینی موجود در غشای درونی راکیزه–ص ۷۰)

ATP ساز در راکیزه است. پروتون‌ها فقط از طریق این آنزیم می‌توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می‌دهد، همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود.

به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، **ساخته شدن نوری ATP** می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.

۲- واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت کربن در بسترهٔ کلروپلاست (سبزدیسه)

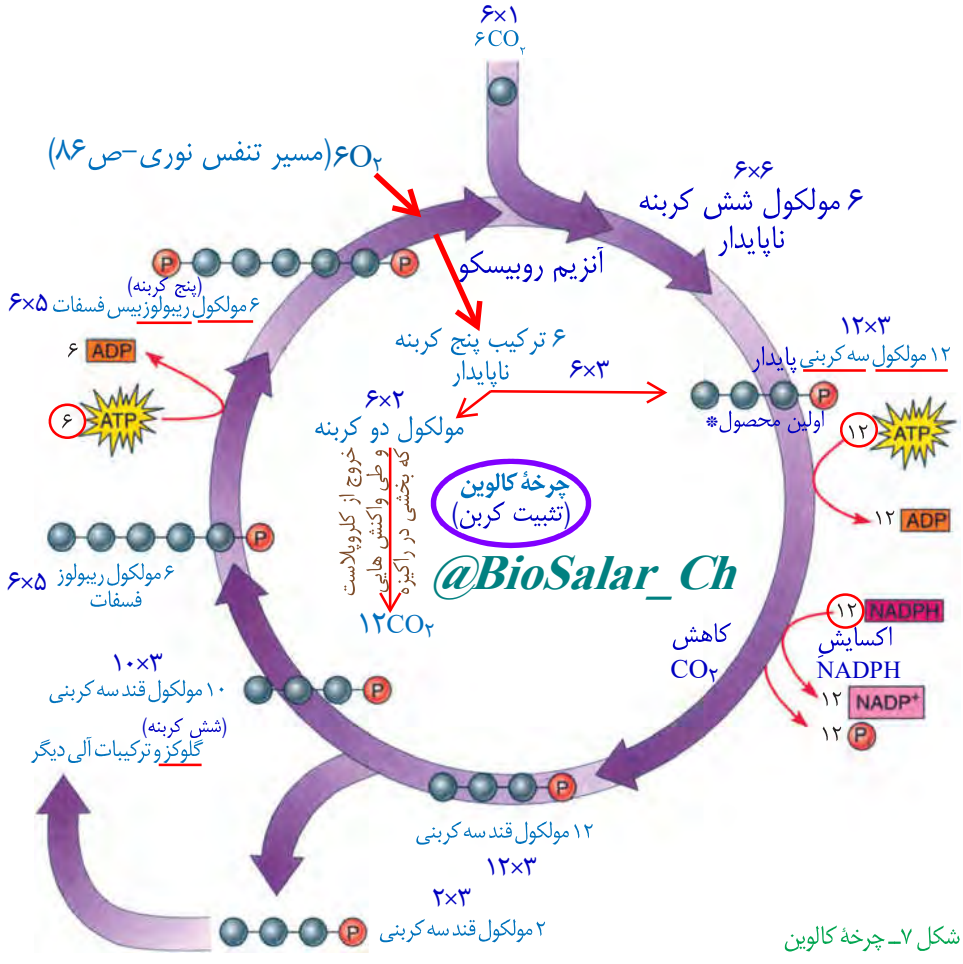
می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های CO_2 به قند تبدیل می‌شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی‌دهد. (فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته ای یکباره رخ نمی دهند بلکه طی چند واکنش انجام می گیرند.)

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 (NADPH) نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین (ATP) می‌شوند.

ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها، به نام **چرخهٔ کالوین** رخ می‌دهد (شکل ۷). این واکنش‌ها در بستره سبزدیسه انجام می‌شوند.

مراحل چرخهٔ کالوین؟

۱) اولین واکنش چرخه: در چرخهٔ کالوین CO_2 با قندی پنج کربنی به نام **ریبولوزبیس فسفات** ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن CO_2 به مولکول پنج کربنی، با آنزیم **روبیسکو** (ریبولوزبیس



شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

بیشتر بدانید

آنزیم ATP ساز در سبزدیسه

شکل زیر طرحی از آنزیم ATPساز را در غشای تیلاکوئید نشان می‌دهد. با عبور پروتون از بخش کانال این آنزیم، سر می‌چرخد و در جهت مناسب برای ترکیب ADP با فسفات قرار می‌گیرد. درنتیجه ATP ساخته می‌شود.

بیشتر بدانید

ارتباط با شیمی

در کتاب شیمی ۳ با مفهوم عدد اکسایش اتم در گونه (ترکیب) و چگونگی تعیین آن آشنا شده‌اید.

*درفرایند فتوسنتز کربن دی اکسید کاهش می یابد(الکترون می گیرد) و به قند(گلوکز) تبدیل می شود در حالی که در تنفس یاخته‌ای، از اکسایش(از دست دادن الکترون) قند(گلوکز)، مولکول کربن دی اکسید بوجود می آید. بنابراین چرخهٔ کالوین کاهشی و چرخهٔ کربس اکسایشی می باشد.

فسفات کربوکسیلاز ـ اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود.[۲] هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می‌کند.[۳] این مولکول‌ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می‌شوند.

همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید،[۴] تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و[۵] تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می‌رسند.

گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است.

در چرخهٔ کالوین دیدیم که CO_2 برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می‌رود. به فرایند استفاده از CO_2 برای تشکیل ترکیب‌های آلی **تثبیت کربن** می‌گویند.

دیدیم اولین مادهٔ آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخهٔ کالوین انجام می‌شود، **گیاهان C_3** می‌گویند. اکثر گیاهان C_3 هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می‌پردازیم.

اثر محیط بر فتوسنتز

۱- میزان CO_2
۲- طول موج نور
۳- شدت تابش نور
۴- مدت زمان تابش نور
۵- دما
۶- میزان O_2

بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟

با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و CO_2 از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد[۱] میزان CO_2،[۲] طول موج،[۳] شدت و[۴] مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گسترهٔ دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین[۵] دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که[۶] میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

بیشتر بدانید

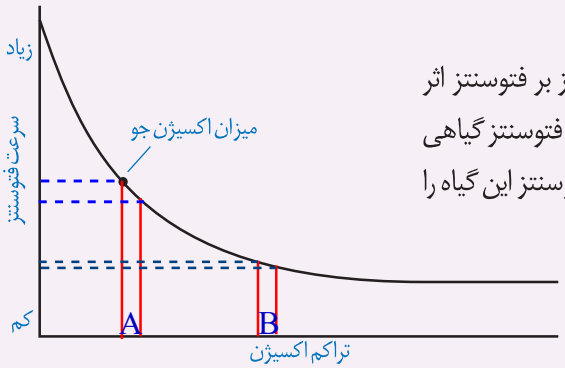
شناسایی چرخهٔ کالوین

کشف مواد پرتوزا این امکان را به محققان داد تا با استفاده از این مواد، فرایندهای زیستی را شناسایی کنند. یکی از این فرایندها فتوسنتز بود. ملوین اِلیس کالوین و همکارانش با ردیابی ^{14}C در جلبک تک یاخته‌ای سبز، توانستند مراحل متفاوت این فرایند را شناسایی کنند. کالوین که زیست‌شیمی‌دان بود، از پدرومادری روس که به امریکا مهاجرت کرده بودند در سال ۱۹۱۱ به دنیا آمد (مرگ ۱۹۹۷). کالوین در سال ۱۹۶۱ موفق به دریافت جایزه نوبل در شیمی برای تحقیقاتش در فتوسنتز شد.

فعّالیت ۴

تفسیر کنید

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 می‌دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنتز این گیاه را توضیح دهید.



افزایش تراکم اکسیژن باعث کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود. زیرا افزایش اکسیژن فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو را زیاد می‌کند در نتیجه تنفس نوری افزایش و فتوسنتز کاهش می‌یابد.

$[A]=[B]$

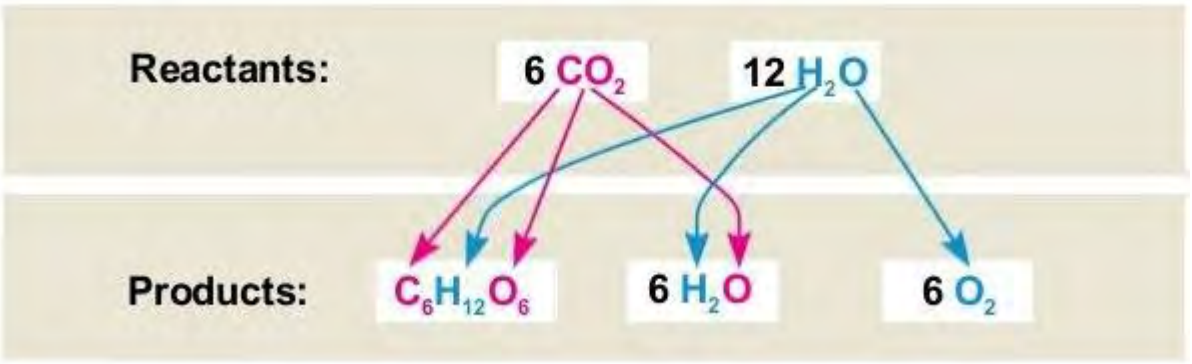
$\Delta V_A > \Delta V_B$

*کاهش سرعت فتوسنتز بر اثر افزایش اکسیژن، در تراکم پایین آن بیشتر از این اثر در تراکم بالای اکسیژن می‌باشد! ☺

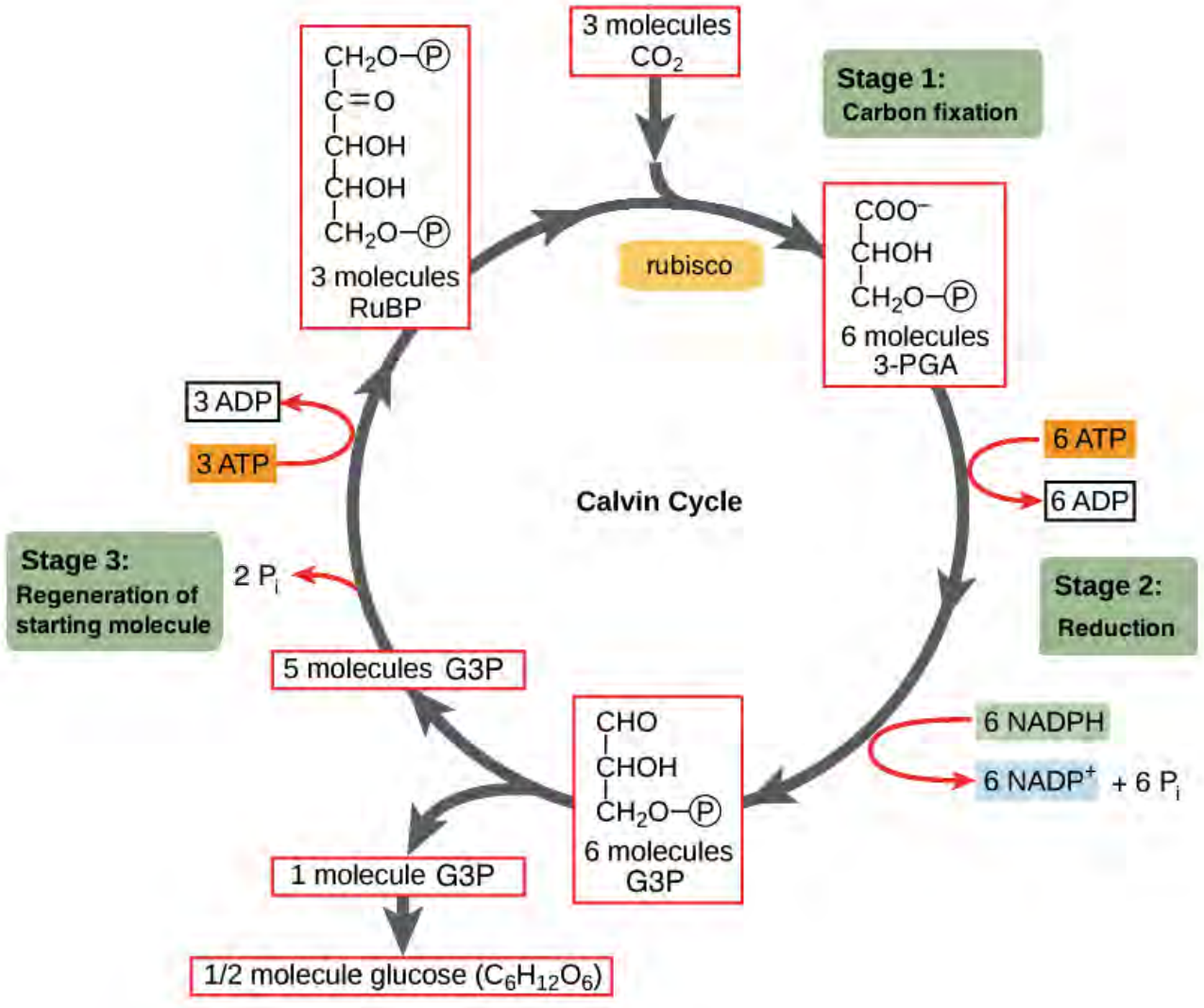
باسمه تعالی

شکل‌های تکمیلی ف۶-گ۲

واکنش فتوسنتزی



چرخهٔ کالوین



@BioSalar_Ch

ی‌موهفه ەشقن ۀدننک ەیهت زا ەژیو رکشت اب

باسمه تعالی

نقشه مفهومی ف۶-گ-۳

تنفس نوری

- تعریف: فرآیندی که طی آن اکسیژن توسط آنزیم روبیسکو با ریبولوزبیس فسفات ترکیب و در نتیجه آن در نهایت کربن دی اکسید تولید می شود (چرخه کالوین متوقف می شود).
- شرایط انجام: افزایش اکسیژن درون برگ نسبت کربن دی اکسید به دلیل بسته شدن روزنه ها در اثر افزایش بیش از حد دما و نور
- محل انجام: کلروپلاست، میتوکندری و قسمت دیگری از یاخته
- مراحل انجام:
  - افزایش بیش از حد دما و نور
  - بسته شدن روزنه ها (متوقف شدن تبادل گازها)
  - ادامه فتوسنتز و در نتیجه کاهش میزان کربن دی اکسید و میزان اکسیژن در برگ
  - مساعد شدن وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو
  - ترکیب اکسیژن را با ریبولوزبیس فسفات توسط آنزیم روبیسکو و تشکیل مولکولی ناپایدار
  - تجزیه مولکول ناپایدار و به یک مولکول سه کربنی + یک مولکول دو کربنی
  - بازسازی ریبولوزبیس فسفات توسط مولکول سه کربنی
  - خروج مولکول دو کربنی از کلروپلاست
  - تبدیل مولکول دوکربنی به CO_2

	گیاهان C۳	گیاهان C۴	گیاهان CAM
مثال	گل رز (بیشتر گیاهان)	ذرت، نیشکر	آناناس، کاکتوس، گل ناز
توان جلوگیری از تنفس نوری را	ندارند	دارند	دارند
تحمل دما و نور شدید را	ندارند	دارند	دارند
تثبیت کربن در	یک مکان، یک زمان، یک مرحله	دو مکان، یک زمان، دو مرحله	یک مکان، دو زمان، دو مرحله
اولین ترکیب آلی پایدار تشکیل شده در تثبیت کربن	اسید سه کربنی	اسید چهار کربنی	اسید چهار کربنی
محل تولید اولین ترکیب آلی پایدار طی تثبیت کربن در یاخته های	میانبرگ	میانبرگ	میانبرگ
محل انجام چرخه کالوین در کلروپلاست یاخته های	میانبرگ	غلاف آوندی	میانبرگ
زمان تولید اولین ترکیب آلی پایدار در تثبیت کربن	روز	روز	شب
زمان انجام چرخه کالوین	روز	روز	روز
یاخته های غلاف آوندی کلروپلاست (سبزدیسه)	ندارند	دارند	ندارند

@BioSalar_Ch

جانداران تثبیت کننده کربن				
فتوسنتز کننده	یوکاریوتی	گیاهان فتوسنتز کننده	گیاهان C3	دارای کلروپلاست دارای رنگیزه های جذب کننده نور
			گیاهان C4	
			گیاهان CAM	
		آغازیان فتوسنتز کننده	جلبک های سبز، قرمز و قهوه ای اوگلنا	
	پروکاریوتی	باکتری های فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن زا	سیانوباکتری ها	فاقد کلروپلاست دارای سبزینه a
		باکتری های فتوسنتزکنندهٔ غیراکسیژن زا	باکتری های گوگردی ارغوانی و سبز	فاقد کلروپلاست دارای باکتریوکلروفیل
شیمیوسنتز کننده	پروکاریوتی	باکتری های شیمیوسنتزکننده	باکتری های نیترات ساز	فاقد کلروپلاست فاقد رنگیزه جذب کننده نور

@BioSalar_Ch

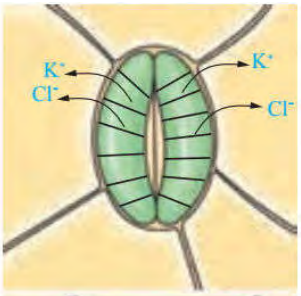
باسمه تعالی

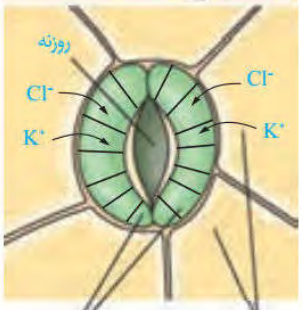
"با کمال امتنان، پیشنهادها و نظرهای علمی و ادبی عزیزان را پذیرا خواهم بود."

سربلند باشید-پورسالار-اردیبهشت ۱۴۰۰

گفتار ۳ فتوسنتز در شرایط دشوار

@BioSalar_Ch





یاخته‌های روپوست
یاخته‌های نگهبان روزنه

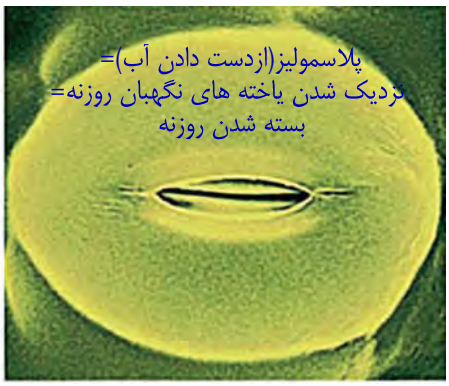
شکل ۱۶-ص۱۰۸-دهم

شکل ۸ـ روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.* بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟

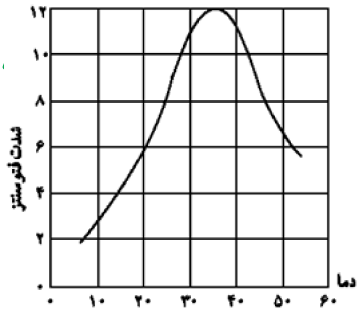
تورژسانس(گرفتن آب)=
دورشدن یاخته های نگهبان روزنه=
بازشدن روزنه

پلاسمولیز(ازدست دادن آب)=
نزدیک شدن یاخته های نگهبان روزنه=
بسته شدن روزنه

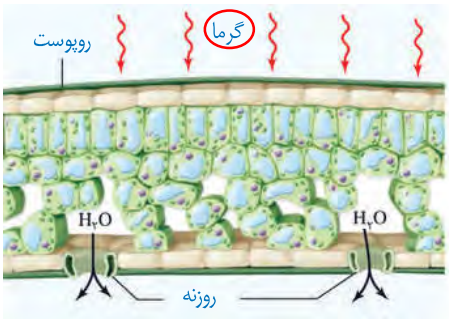


(توجه به ص۱۰۹-دهم)

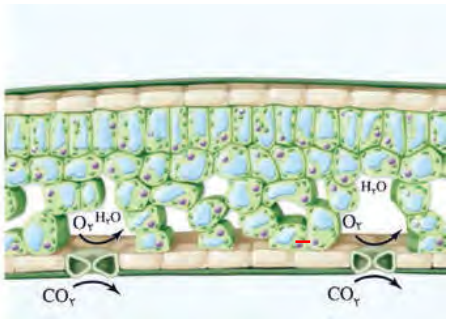
در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به‌منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که CO_2 برگ کم می‌شود، اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).



شکل ۹ـ افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.
وقتی روزنه‌ها باز هستند (الف) نسبت CO_2 به O_2 بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته شده‌اند (ب).



(الف)



(ب)

قابل توجه!
چرا برگی که در گرماست روزنه ها باز ولی روزنه های برگ (ب) بسته!!! آیا با متن مغایرت نداره، بزرگواران؟

(بسته بودن روزنه ها)
در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به نسبت CO_2 و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل (پنج کربنه)، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می‌رسد.(شکل۷-ص۸۴-کتاب نوشته)

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 (تولید گلوکز) با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO_2 و همراه با فتوسنتز است، **تنفس نوری** نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود (با مصرف O_2 و CO_2 آزاد)، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد

بیشتر بدانید

آیا تنفس نوری بی فایده است؟

گرچه تنفس نوری را عامل مزاحمی برای فتوسنتز در نظر می‌گیرند، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد بعضی گیاهان که به‌علت نقص ژنی تنفس نوری ندارند، در مقایسه با هم نوعان خود، آسیب بیشتری از نورهای شدید می‌بینند.

مقایسه تنفس یاخته ای با تنفس نوری:

* تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن دی اکسید از مهم ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه های هوایی در گیاهان است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند. افزایش مقدار نور، دما و کاهش کربن دی اکسید، تا حدی معین، می تواند باعث باز شدن روزنه ها در گیاهان شود. کاهش شدید رطوبت هوا باعث بسته شدن روزنه ها می شود.رفتار روزنه ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس ها، در حضور نور متفاوت است و سبب می شود در طول روز، روزنه ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود.(ص۱۰۹-دهم)

نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود.

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

فتوسنتز در گیاهان C_4

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C_4 معروف‌اند. یاخته‌های **غلاف آوندی** در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که در گیاهان C_3، سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰).

تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف آوندی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم. (مرحلهٔ تاریکی فتوسنتز)

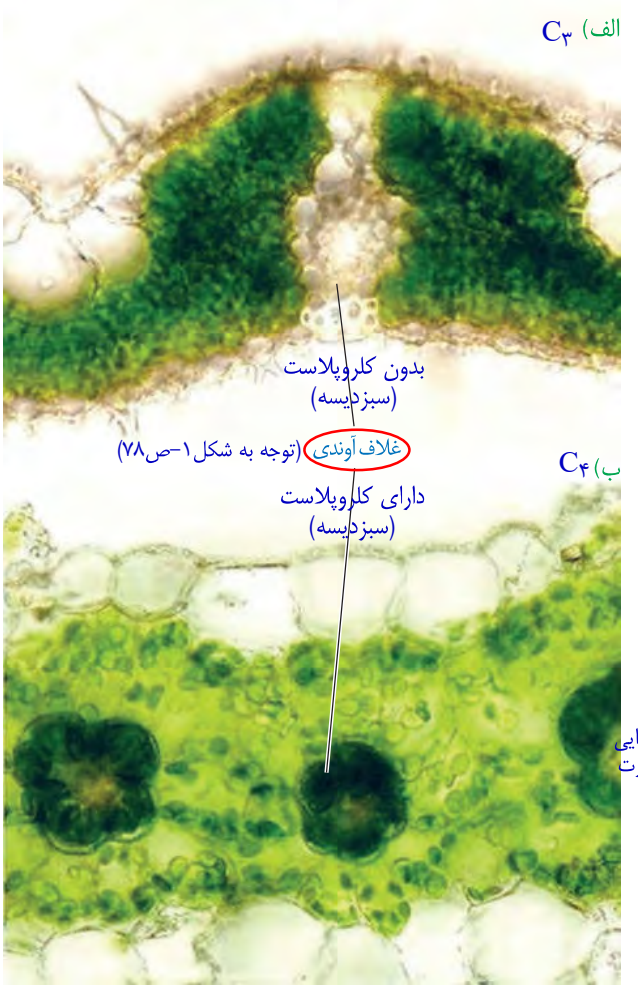
در گیاهان C_4، CO_2 در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان C_4 می‌گویند؛ زیرا اولین مادهٔ پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.

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

اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخهٔ کالوین می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

در گیاهان C_4 با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارندهٔ تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می‌دهد. (تک لپه‌ایی مانند ذرت)

این گیاهان در دماهای بالا[۱]، شدت‌های زیاد نور[۲] و کمبود آب[۳]، در حالی که روزنه‌ها بسته‌شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند. به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C_3 است*.



شکل ۱۰ـ الف) برگ گیاه C_3
ب) برگ گیاه C_4

فتوسنتز در گیاهان CAM

بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله دما[۱] و نور شدید[۲] در طول روز و کمبود آب[۳] مواجه‌اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ،

بیشتر بدانید

عملکرد اختصاصی

پذیرنده CO_2 در گیاهان C_4 فسفوانول‌پیرووات است. این اسید با فعالیت آنزیم فسفوانول‌پیرووات کربوکسیلاز با CO_2 ترکیب و اسید چهار کربنی(مالات یا اگزالات) تشکیل می‌شود. جایگاه فعالِ آنزیمِ فسفوانول‌پیرووات کربوکسیلاز به شکلی است که فقط کربن‌دی‌اکسید در آن قرار می‌گیرد.

*نکته: کارایی گیاهان C_4 در دماهای بالا، شدت زیاد نور و کمبود آب که روزنه‌ها بسته است بیش از گیاهان C_3 می‌باشد؛ زیرا مقدار(غلظت) CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو(غلاف آوندی) بالا نگه می‌دارد.

نکته: گیاهانی که در واکوئول های خود ترکیبات پلی ساکاریدی دارند، عمل فتوسنتزی در دو زمان (شب و روز) انجام می گیرد.

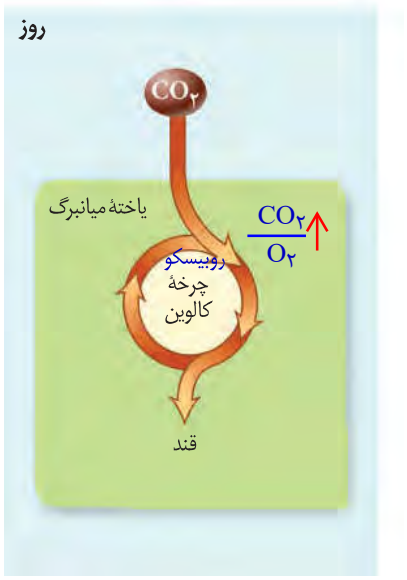
ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. این گیاهان دروا‌کوئول‌های خود ترکیباتی پلی ساکاریدی دارند که آب را نگه می‌دارند. (زیست دهم-ص۹۵)

تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان C_4 است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها در یاخته‌های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تثبیت اولیهٔ کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آناناس از گیاهان CAM [۱] (کَم) است.

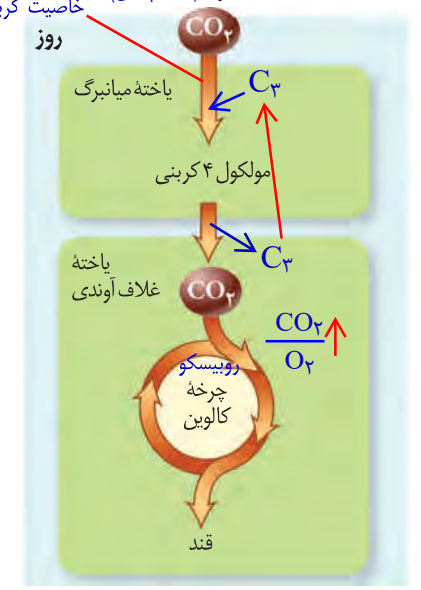
گل رز (دو لپه ای)

ذرت (تک لپه ای)

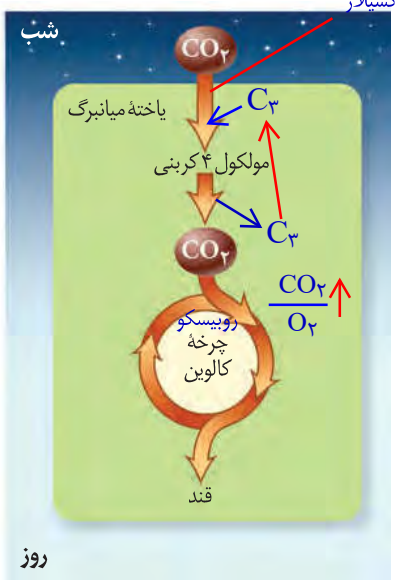
آناناس (تک لپه ای)



الف C_3



ب C_4



پ CAM

شکل ۱۱ـ مقایسه فتوسنتز در گیاهان الف) C_3، ب) C_4 و پ) CAM

فعّالیت ۵

گفت‌وگو کنید

سه گیاه الف، ب و پ داریم. با فرض اینکه فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ـ الف) عصارهٔ 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 عصارهٔ گیاه ب در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

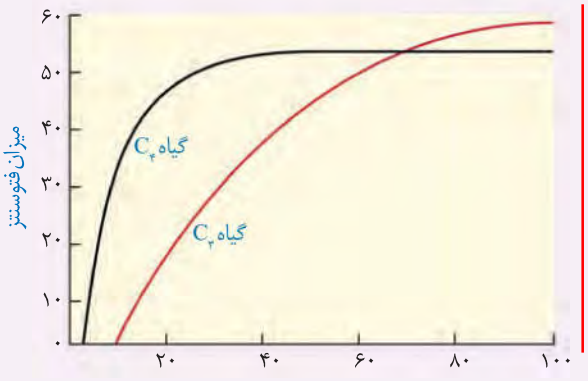
الف- فتوسنتز گیاه ب از نوع CAM است که با افزایش نور، اسید ساخته شده در شب به سمت استفاده در چرخه کالوین می رود و درنتیجه میزان اسیدی بودن عصاره گیاه کاهش می یابد.

۱ـ Crassulacean Acid Metabolism

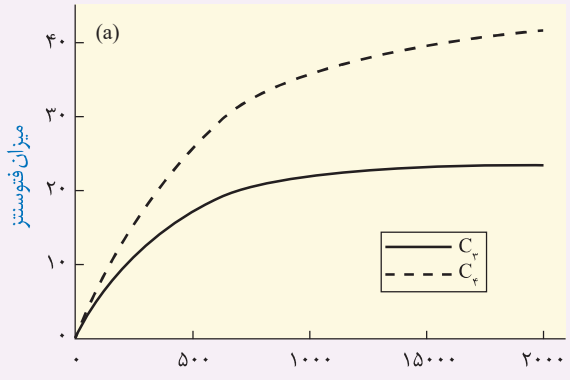
ب–برش گیری از برگ آنها و مشاهده ساختار بافتی برگ– بله، ساختار بافتی به شناسایی آنها کمک می کند. همچنین گیاهان CAM را می توان بر اساس آبدار و گوشتی بودن برگ و ساقه تشخیص داد.(شکل ۱–ص۷۸)

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؟

۲ـ نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جوّ و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C_3 و C_4 نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟ نمودار۱: افزایش کربن دی اکسید جو اثر مثبت بیشتری بر گیاهان C_3 دارد. (بخاطر فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو در این گیاهان) نمودار۲: نشان می دهد که گیاهان C_4 در شدت های نور بیشتر عملکرد بهتری در مقایسه با گیاهان C_3 دارند اما در مقادیر بالاتر کربن دی اکسید(حدود ۷۰) مقدار فتوسنتز هر دو گروه برابر و کم کم در گیاهان C_3 بیشتر می شود که بی رقیب بودن فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو را در شرایط زیادی کربن دی اکسید نشان می دهد.



نمودار ۱



نمودار ۲

جانداران فتوسنتزکنندهٔ دیگر

بخش عمدهٔ 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 که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

باکتری‌ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نورند.*

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها (دهم–ص۱۰۳) سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO_2 و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ **اکسیژن‌زا** نامیده می‌شوند.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکنندهٔ **غیراکسیژن‌زا** هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزهٔ فتوسنتزی این باکتری‌ها، **باکتریوکلروفیل** است. این باکتری‌ها کربن‌دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون H_2S است و به‌جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیهٔ فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند. هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم‌مرغ گندیده دارد.

واکنش ۴ـ فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی

گاز بی رنگ با بوی تخم مرغ گندیده

$$۶CO_2 + ۱۲H_2S + \text{نور} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + ۱۲S + ۶H_2O$$

کاهش — اکسایش

*این واکنش نشان می دهد که منبع اکسیژن آزاد شده درفتوسنتز مولکول آب است نه کربن دی اکسید؛ در عوض کربن و اکسیژن موجود در قند از کربن دی اکسید می باشد.

بیشتر بدانید

گیاهان C_4 سهم اندکی از گیاهان را به خود اختصاص می‌دهند.

بیشتر گیاهان C_4 تک لپه‌اند،** اما انواع دولپه‌ای نیز وجود دارد.

گیاه تاج خروس از دولپه‌ای‌های C_4 است. بعضی دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند با توجه به گرم شدن کره زمین، شاهد انواع بیشتری از گیاهان C_4 در کره زمین باشیم.

*باکتری ها اندامکی ندارند، بنابراین سبزدیسه(کلروپلاست) نیز ندارند؛ اما رنگیزه فتوسنتزی دارند مانند سبزینه(کلروفیل) که در بعضی از باکتری ها ودر گروه دیگری از باکتری ها، رنگیزهٔ باکتریوکلروفیل دیده می شود.

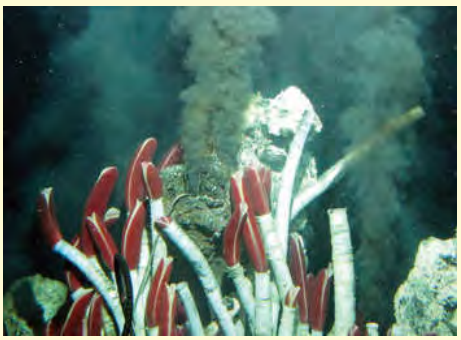
** بیشتر گیاهان C_4، تک لپه و تعداد کمتری دو لپه هستند؛ نه اینکه بیشتر تک لپه ای ها فتوسنتز C_4 داشته باشند!

بیشتر بدانید

شیمیوسنتز در اعماق اقیانوس

در اعماق اقیانوس شکاف‌هایی وجود دارد که از آنها گاز سولفید هیدروژن خارج می‌شود.

با وجود فشار و گرمای زیاد، انواعی از کرم‌های لوله‌ای در آنجا وجود دارند. در بدن این کرم‌ها، باکتری‌های شیمیوسنتز کننده زندگی می‌کنند، که با اکسایش هیدروژن سولفید، انرژی مورد نیاز برای ساخت ماده آلی را به دست می‌آورند. زیست این کرم‌ها وابسته به غذایی است که این باکتری‌ها برای آنها می‌سازند.



فتوسنتز: مواد معدنی ← (انرژی نور) مواد آلی

شیمیوسنتز: مواد معدنی ← (انرژی واکنش‌های اکسایشی) مواد آلی

باکتری‌ها
- الف-فتوسنتز کننده
  - ۱-اکسیژن زا
  - ۲-غیراکسیژن زا
- ب-شیمیوسنتز کننده
- پ-هتروتروف

(فتوسنتز)

آغازیان: آغازیان نقش مهمی در تولید مادهٔ آلی از ماده معدنی دارند. می‌دانید که جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می‌کنند. اوگلنایی که در شکل ۱۲ می‌بینید، جانداری تک‌یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتزکننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.

شکل ۱۲ــ اوگلنا

شیمیوسنتز

آیا ساختن مادهٔ آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می‌کنند؟ آیا تولیدکنندگان در اعماق تاریک وجود ندارند؟

امروزه می‌دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانهٔ آتشفشان‌های زیرآب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی‌اکسید مادهٔ آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل‌گیری حیات، بر این باورند که **باکتری‌های شیمیوسنتزکننده** از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند.

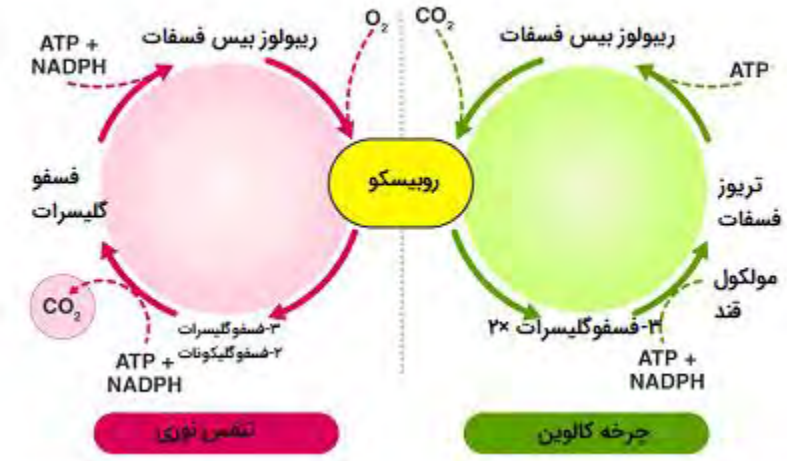
چنین باکتری‌هایی، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های اکسایش به دست می‌آورند. به این فرایند **شیمیوسنتز** می‌گویند.

باکتری‌های نیترات ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده‌اند. (دهم-ص۹۹)

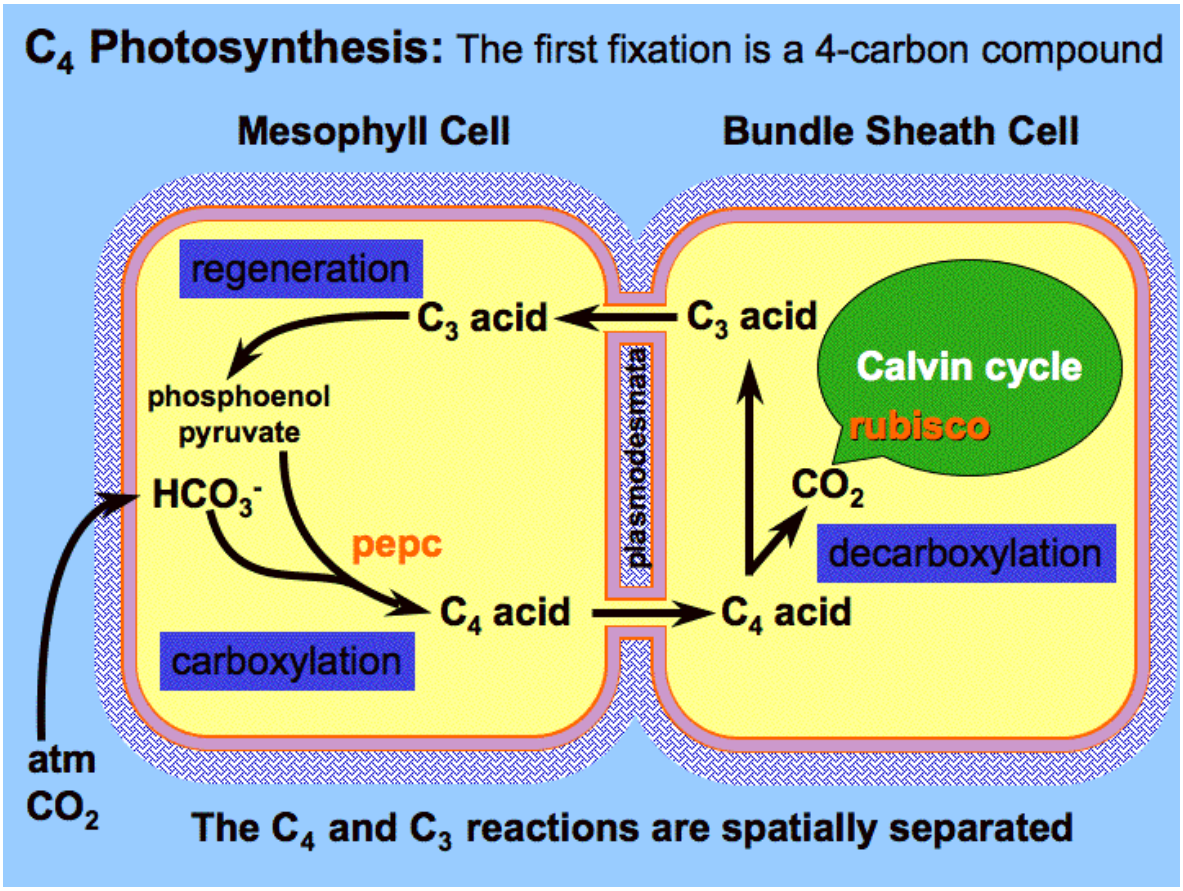
باسمه تعالی

شکل‌های تکمیلی ف۶-گ۳

ارتباط تنفس نوری و فتوسنتز

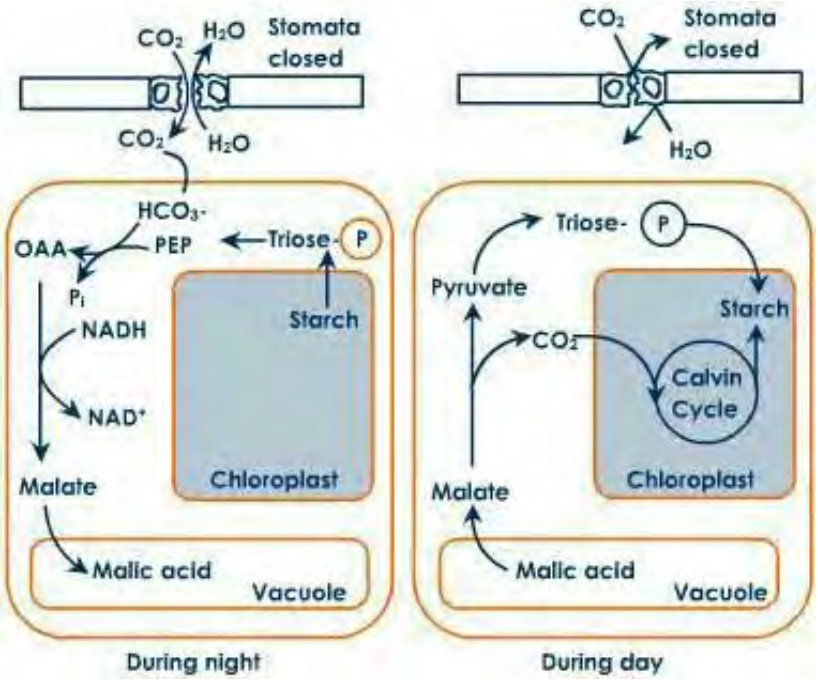


گیاهان C_4

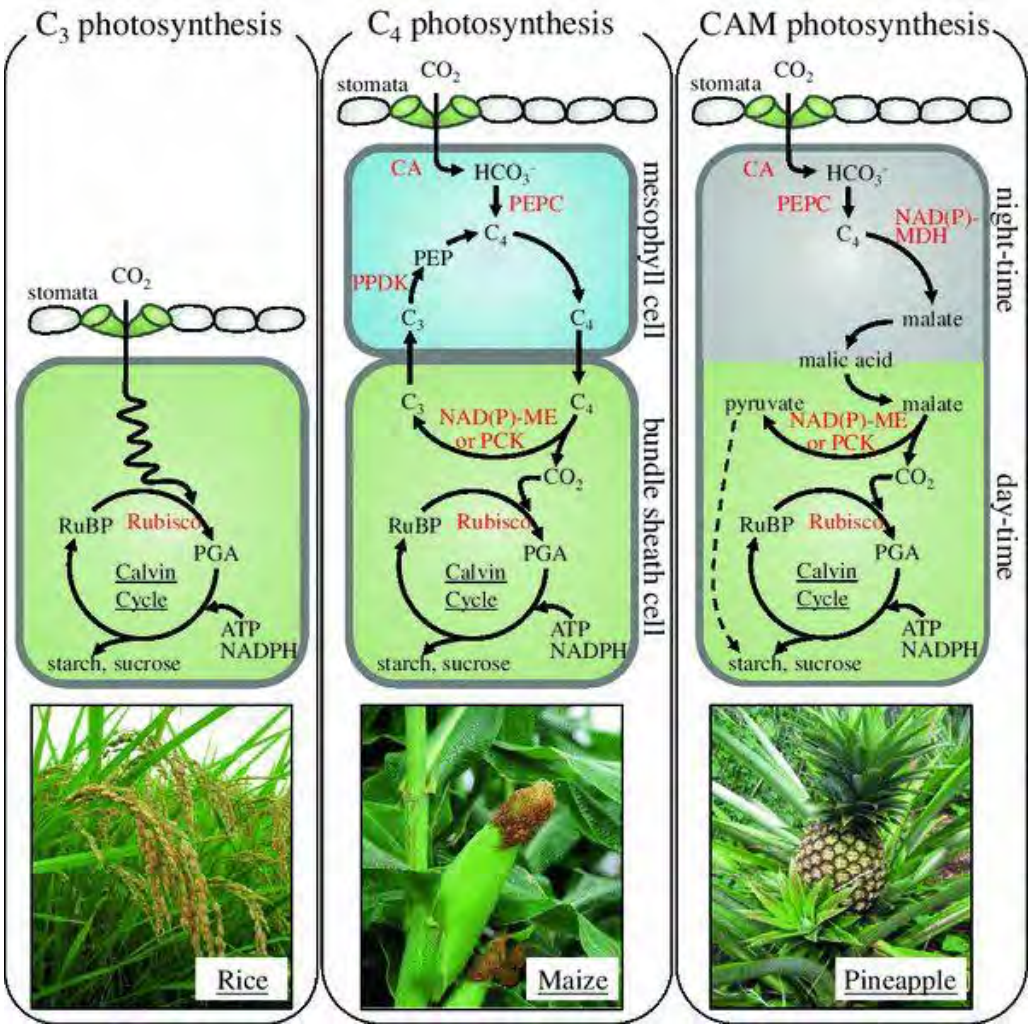


@BioSalar_Ch

گیاهان CAM



مقایسهٔ انواع فتوسنتز



@BioSalar_Ch