

فصل ۶

از انرژی به ماده

جاخالی تألیفی

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.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست شناسی دوازدهم و تکمیل این جزوه، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ لغایت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

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 میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

$$۶CO_2 + ۶H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_2$$

تألیفی: واکنش کلی فتوسنتز را بنویسید؟

واکنش ۱ــ واکنش کلی فتوسنتز

برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن مولکول‌های رنگیزه‌ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، 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.

برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

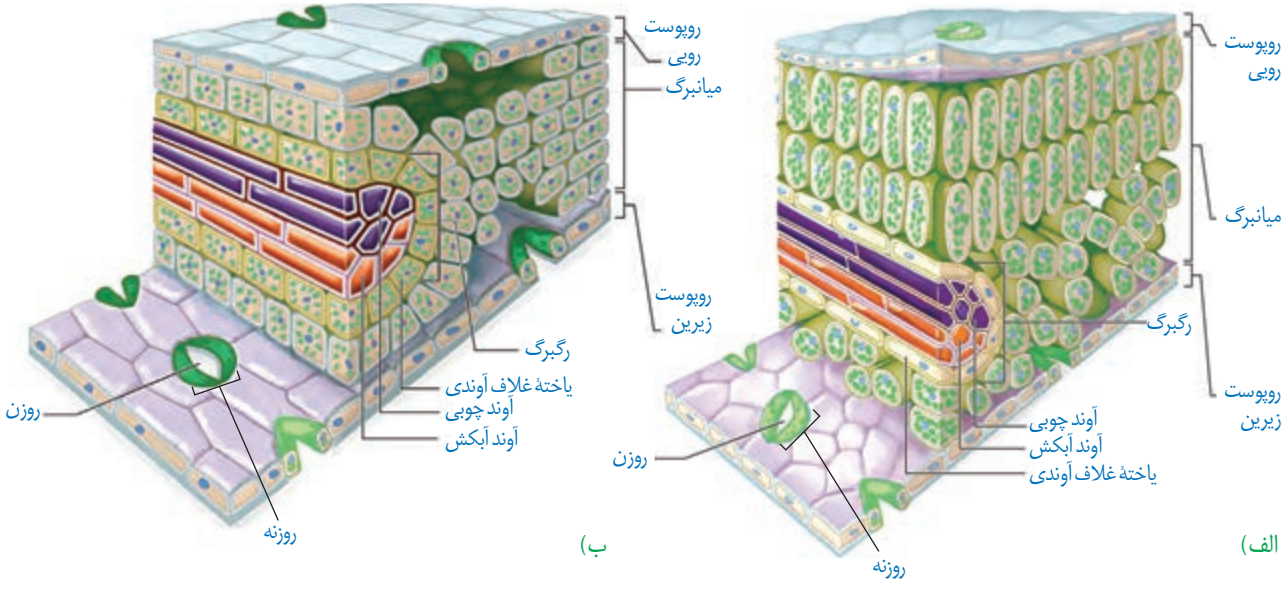
برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزدیسه دارد. همان‌طور که می‌دانید، فتوسنتز در سبزدیسه‌ها انجام می‌شود.

برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دمبرگ است. پهنک شامل **روپوست**، **میانبرگ** و **دسته‌های آوندی** (رگبرگ) است. روپوست **رویی** و **زیرین** به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند.

میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی است. در شکل ۱ـ الف میانبرگ از یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان‌طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست

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

الف) یک تفاوت بین ساختار برگ تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها را بنویسید. (دی ۹۸)



جاخالی تألیفی

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

هـ) در برگ گیاهان دولپه، یاخته‌های اسفنجی میانبرگ به سمت روپوست (رویی - زیرین) قرار دارند. (دی ۹۹)

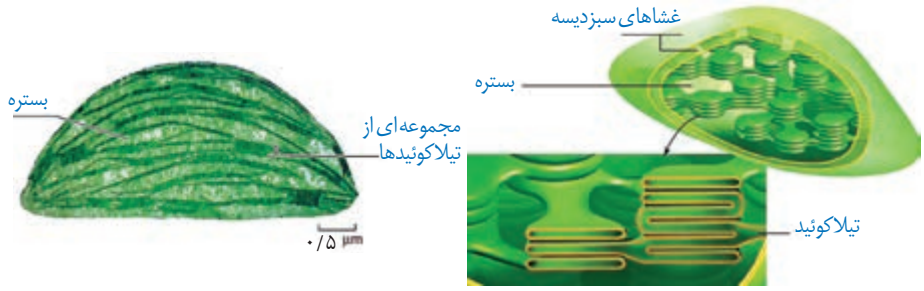
و) میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است. (ص) (شهریور ۹۹)

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).

الف) ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل در فضای درون سبزدیسه (کلروپلاست) چه نام دارد؟ (خرداد ۹۹)

سبزدیسه: سبزدیسه 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 رِناتَن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور مستقل تقسیم شود.

شکل ۲ـ ساختار سبزدیسه



الف) ترسیمی

ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

بیشتر بدانید

گوناگونی شکل برگ‌ها



برگ ذرت، دمبرگ ندارد.



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



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

فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید

سبزینه همان‌طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز

الف) در گیاهان چه عواملی باعث افزایش کارایی گیاه در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور می‌شود؟

نگیزه چرا به رنگ سبز د

الف) وجود رنگیزه‌های متفاوت مانند کاروتنوئیدها، در غشاء تیلاکوئید چه اهمیتی دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

د) علاوه بر سبزینه‌ها، چه رنگیزه‌های دیگری در غشای تیلاکوئید وجود دارند؟ (شهریور ۹۹)

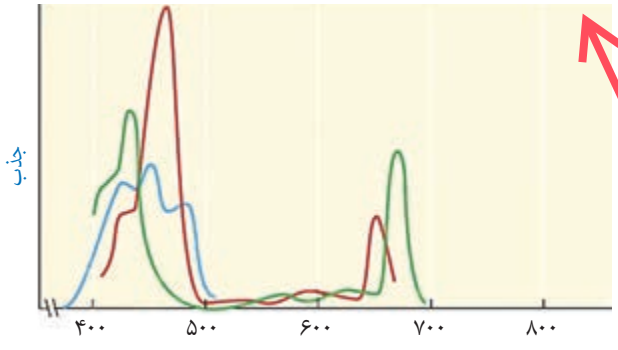
الف) مزیت وجود رنگیزه‌های متفاوت در سبزدیسه‌های (کلروپلاست‌های) گیاه را بنویسید. (شهریور ۹۸)

الف) علاوه بر سبزینه‌های (کلروفیل‌های) a و b، چه رنگیزه‌های فتوسنتزی دیگری در غشای تلاکوئید قرار دارند؟ (خرداد ۹۸)

الف) مزیت وجود رنگیزه‌های متفاوت (سبزینه و کاروتنوئید) در گیاهان چیست؟ (دی ۱۴۰۰)

رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه 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)

ب) سبزینه‌های a و b و کاروتنوئیدها، کدام نور را به طور مشترک، بیشتر جذب می‌کنند. (دی ۱۴۰۰)

۱) قرمز ۲) نارنجی ۳) آبی ۴) بنفش

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

ب) در هر فتوسیستم، مرکز واکنش شامل چه مولکول‌هایی است؟ (شهریور ۱۴۰۰)

الف) هر آنتن گیرندهٔ نور ازچه قسمت‌هایی ساخته شده است، نام ببرید. (دی ۹۹)

فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

و) هر فتوسیستم شامل آنتن گیرنده نور و یک مرکز واکنش است. (غ) (خرداد ۹۹)

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام **فتوسیستم ۱** و **۲** قرار دارند. هر فتوسیستم شامل **آنتن‌های گیرنده نور** و یک **مرکز واکنش** است. هر آنتن که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می گیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند. مرکز واکنش، شامل مولکول های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

الف) علاوه بر سبزینه‌های (کلروفیل‌های) a و b، چه رنگیزه‌های فتوسنتزی دیگری در غشای تلاکوئید قرار دارند؟ (خرداد ۹۸)

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.

و) به سبزینه یا کلروفیل a در فتوسیستم ۲، ($P۷۰۰ - P۶۸۰$) می‌گویند. (شهریور ۹۹)

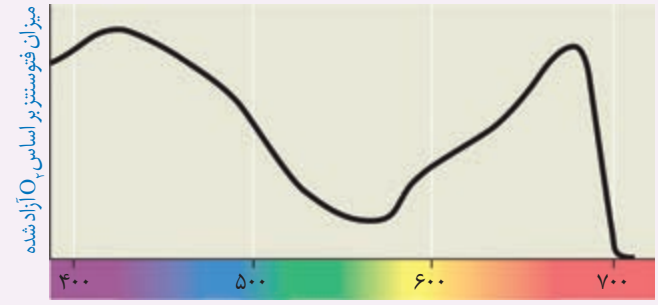
فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول ها می‌توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

و) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام ..... به هم مرتبط می‌شوند. (خرداد ۱۴۰۰)

ب) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید چگونه به هم مرتبط می‌شوند؟ (دی ۱۴۰۰)

و) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می‌شوند. (شهریور ۹۸)

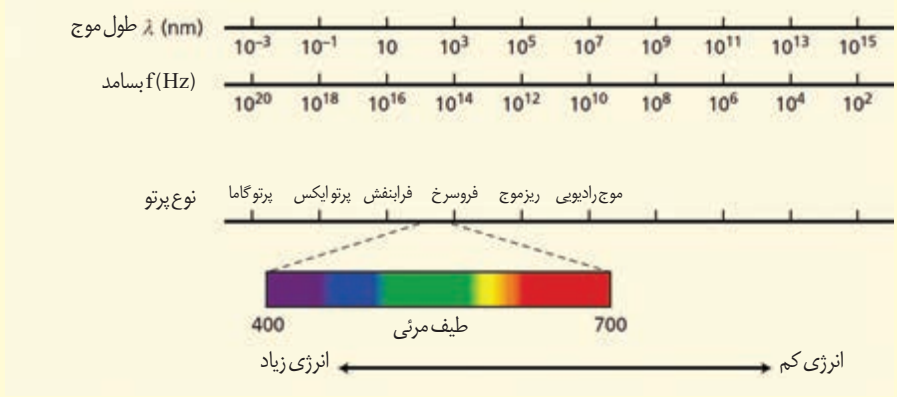
نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به‌دست می آورید، بنویسید.



بیشتر بدانید

طیف الکترومغناطیس

بخش مرئی نور، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیس است. طیف الکترومغناطیس را در کتاب فیزیک ۳ مطالعه می کنید.



دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

در رابطه با آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد که، «همهٔ طول موج‌های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند»، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (خرداد ۱۴۰۰)

الف) نام جلبک رشته‌ای که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد چیست؟

ب) از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که رنگیزه اصلی در فتوسنتز چیست؟

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)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور ــ برای تجزیه نور ــ آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش

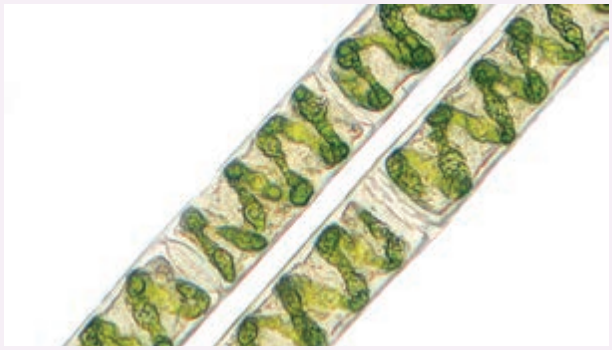
ب) یک ویژگی سبزدیسه‌های (کلروپلاست‌های) اسپیروژیر را بنویسید. (دی ۹۸)

اسپیروژیر سبزدیسه‌های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همهٔ طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، 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 طیف‌های 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 می توانید 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.



الف)اسپیروژیر

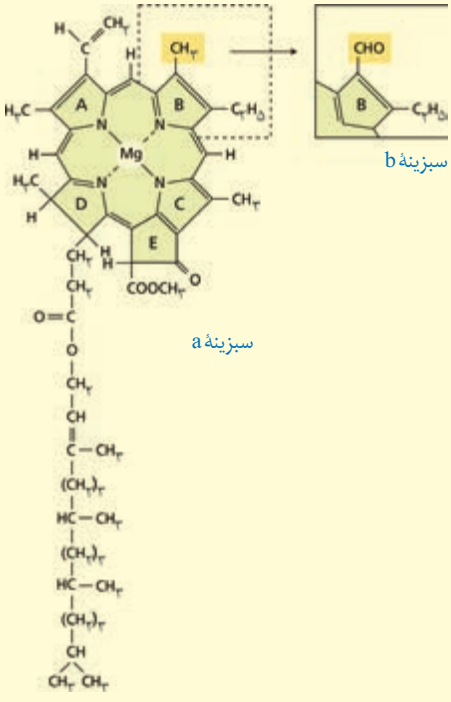


ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

بیشتر بدانید

ساختار سبزینه

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.



سبزینهٔ b

سبزینهٔ a

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

گفتار ۲ واکنش‌های فتوسنتزی

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

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 با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به‌وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

جاخالی تألیفی

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 ۱در نهایت به مولکول $NADP^+$[۱] می‌رسد (شکل ۶).

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

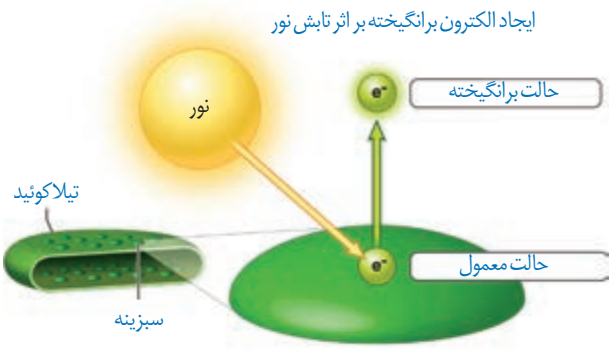
$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

تألیفی: واکنش تشکیل NADPH را بنویسید؟

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

واکنش ۲ــ تشکیل NADPH

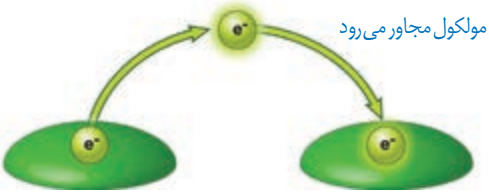
با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱



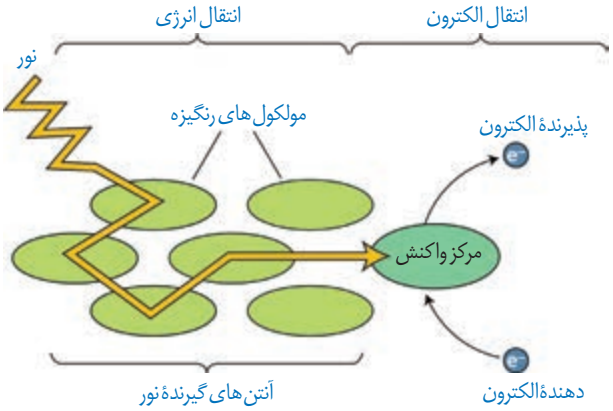
الف) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می کند و به سطح انرژی قبلی خود برمی گردد.



ب) یا به مولکول مجاور می رود



شکل ۴ــ ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



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

۱ــ Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

ج) تجزیه نوری آب برای جبران کمبود الکترون سبزینهٔ a در کدام فتوسیستم صورت می‌گیرد؟ (خرداد ۹۸)

و) در واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز، تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در (فضای درون تیلاکوئید- بستره) انجام می‌شود.

را جبران می‌کند، 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 می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

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

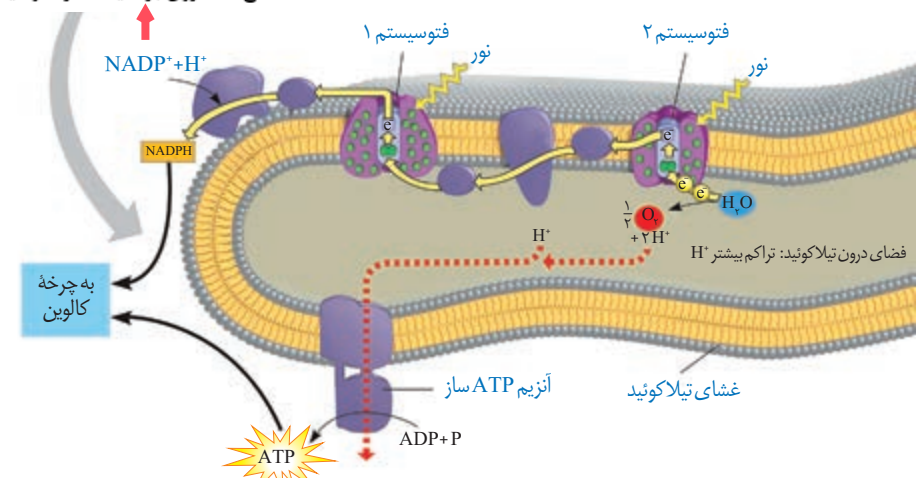
واکنش ۳ـ تجزیه آب

هـ) تجزیهٔ نوری آب در فتوسیستم ۲، موجب تجمع پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها می‌شود. (ص) (دی ۹۹)

هـ) الکترون‌های حاصل از تجزیهٔ آب، کمبود الکترونی ..... در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند. (خرداد ۹۹)

ب) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به چه مولکولی می‌رسد؟ (شهریور ۹۸)

ج) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به چه مولکولی می‌رسد؟ (دی ۱۴۰۰)



شکل ۶ـ طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

ج) در واکنش‌های وابسته به نور، منشأ پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (دی ۹۸)

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

الف) منشاء پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (خرداد ۱۴۰۰)

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

همچنین دانستیم که تعدای پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می‌آید. 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

الف) در واکنش‌های وابسته به نور، منشأ پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (شهریور ۹۹)

بیشتر بدانید

نام گذاری فتوسیستم ها

شاید انتظار داشته باشید چون

ج) کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

تعاریف می‌شد، نام‌ها 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.

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

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.

واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت کربن

می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های CO_2 به قند تبدیل می‌شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی‌دهد.

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 واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند.

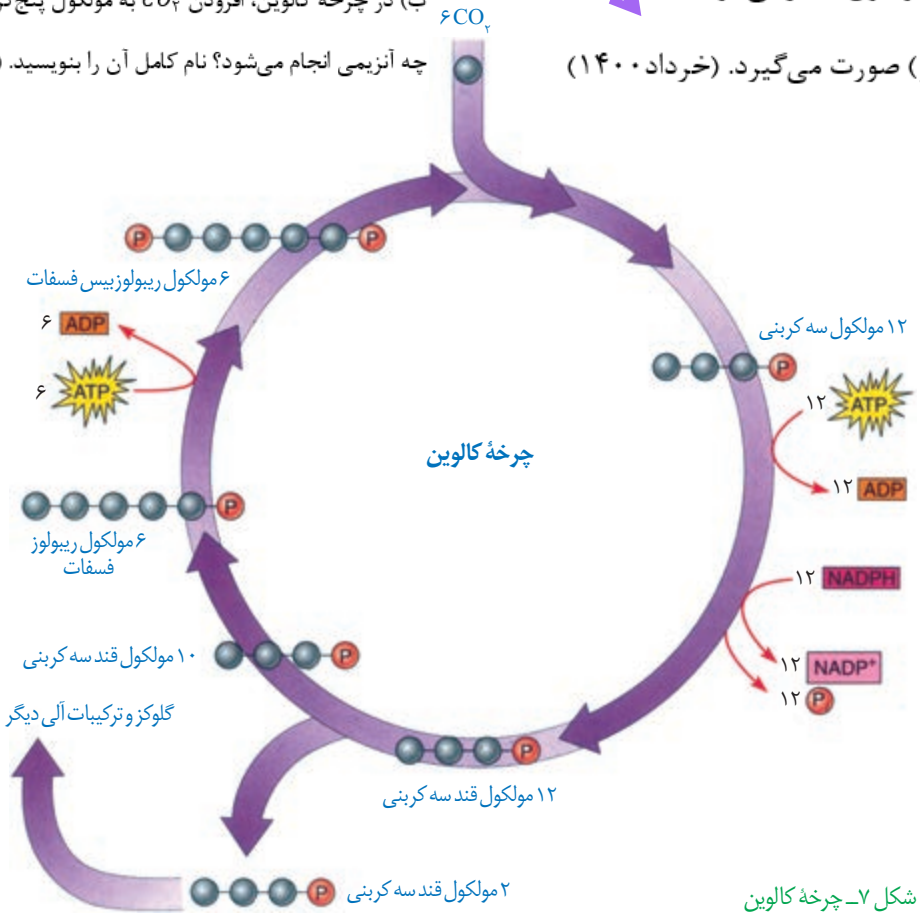
الف) محل انجام چرخهٔ کالوین در کدام بخش سبزدیسه است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

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

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

ب) در چرخهٔ کالوین، افزودن CO_2 به مولکول پنج‌کربنی توسط چه آنزیمی انجام می‌شود؟ نام کامل آن را بنویسید. (شهریور ۹۹)

و) در چرخهٔ کالوین، افزودن CO_2 به مولکول ۵ کربنی توسط آنزیم (ریبولوزبیس فسفات – روبیسکو) صورت می‌گیرد. (خرداد ۱۴۰۰)

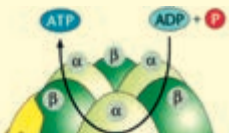


شکل ۷ــ چرخهٔ کالوین

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.

دکتر یوسا خیراندیش - دکتر فرناز فرهمندنیا - دکتر شایان تاکین - دکتر ایمان روستا

ب) قندهای سه‌کربنی حاصل از چرخهٔ کالوین، علاوه بر ساخت گلوکز و ترکیبات آلی دیگر، در چه مورد دیگری به مصرف می‌رسند؟ (خرداد ۱۴۰۱)

د) در چرخهٔ کالوین، افزودن CO_2 به مولکول پنج کربنی توسط کدام فعالیت آنزیم روبیسکو انجام می‌شود؟ (دی ۹۸)

فسفات کربوکسیلاز ـ اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می‌کند. این مولکول‌ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می‌شوند. ج) سرنوشت قندهای سه‌کربنی ساخته شده در چرخهٔ کالوین چیست؟ (دی ۹۹)

همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می‌رسند. د) قندهای سه‌کربنی تولید شده در چرخهٔ کالوین چگونه به مصرف می‌رسند؟ (شهریور ۱۴۰۰)

گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است. الف) چرخه کالوین، مستقل از نور است یا وابسته به نور؟ (دی ۱۴۰۰)

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. ب) چرا به گیاهانی که تثبیت کربن در آن‌ها فقط با چرخهٔ کالوین انجام می‌شود، گیاهان C_3 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 تکامل گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می‌پردازیم. ه) محصول اولین واکنش چرخهٔ کالوین یک مولکول پنج‌کربنی است. (غ) (دی ۱۴۰۰)

ب) اولین مادهٔ آلی پایدار ساخته شده در چرخه کالوین، ترکیبی چندکربنی است؟ (دی ۱۴۰۰)

اثر محیط بر فتوسنتز

بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟ ب) دو مورد از عوامل محیطی مؤثر بر فتوسنتز نام ببرید. (دی ۹۹)

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

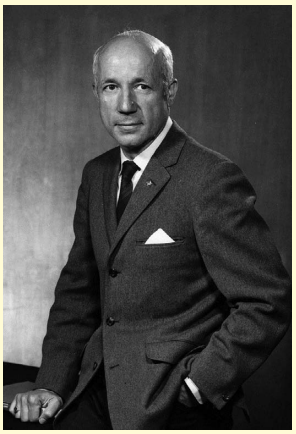
از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گسترهٔ دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. ب) چرا دما بر روی فتوسنتز تأثیرگذار است؟ (خرداد ۹۹)

بیشتر بدانید

شناسایی چرخهٔ کالوین

محققان داد تا با استفاده از این مواد، فرایندهای زیستی را شناسایی کنند.

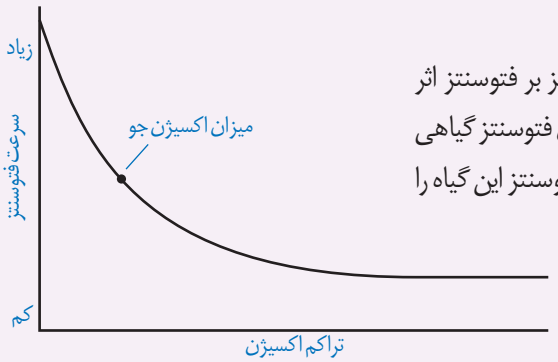
ملوین اِلیس کالوین و همکارانش با ردیابی ^{14}C در جلبک تک یاخته‌ای سبز، توانستند مراحل کالوین که زیست‌شیمی‌دان بود، از پدرومادری روس که به امریکا مهاجرت کرده بودند در سال ۱۹۱۱ به دنیا آمد (مرگ ۱۹۹۷). کالوین در سال ۱۹۶۱ موفق به دریافت جایزه نوبل در شیمی برای تحقیقاتش در فتوسنتز شد.



فعّالیت ۴

تفسیر کنید

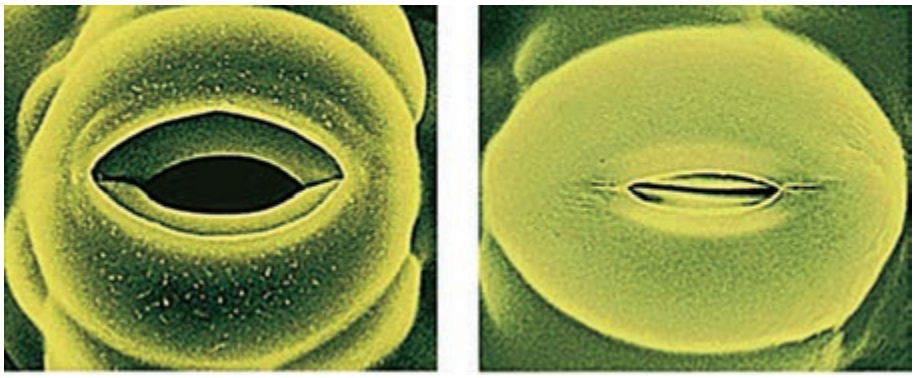
در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز گیاهی C_3 را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنتز این گیاه را توضیح دهید.



دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

گفتار ۳ فتوسنتز در شرایط دشوار

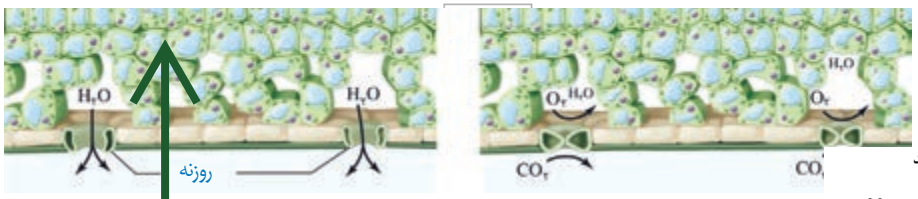
شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



شکل ۸ــ روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

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).

و) وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، وضعیت برای نقش (کربوکسیلازی – اکسیژنازی) آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)



(الف) (ب)

شکل ۹ــ 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

هـ) در تنفس نوری، وضعیت برای نقش (اکسیژنازی – کربوکسیلازی) آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود. (خرداد ۹۸)

در حالتی که میزان CO_2 برگ کم و میزان اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (فتوسنتز در شرایط دشوار) اکسیژن با چه مولکولی ترکیب می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

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، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می‌رسد.

ج) مولکول سه‌کربنی ایجاد شده در تنفس نوری برای بازسازی چه مولکولی به مصرف می‌رسد؟

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 فتوسنتز است، **تنفس نوری** نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد

ج) در تنفس نوری، CO_2 آزاد شده، حاصل تجزیهٔ مولکول دو کربنی است یا مولکول سه کربنی؟(خرداد ۹۹)

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.

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

ج) یاخته‌های غلاف آوندی، در گیاهان C_4 و گیاهان C_3 چه تفاوتی با هم دارند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

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؟

هـ) در چه گیاهانی تثبیت اولیه کربن و چرخه کالوین در دو نوع یاخته متفاوت انجام می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

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.

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.

این گیاهان در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، 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.

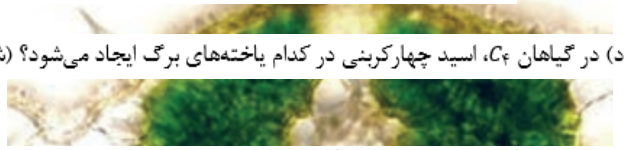
بیشتر بدانید

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 کربن دی‌اکسید در آن قرار می‌گیرد.

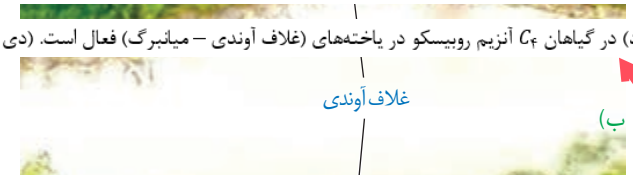
د) تثبیت کربن در گیاهان C_4 در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های غلاف آوندی و سپس در یاخته‌های میانبرگ انجام می‌شود. (غ) (دی ۹۸)

الف)



د) در گیاهان C_4، اسید چهارکربنی در کدام یاخته‌های برگ ایجاد می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

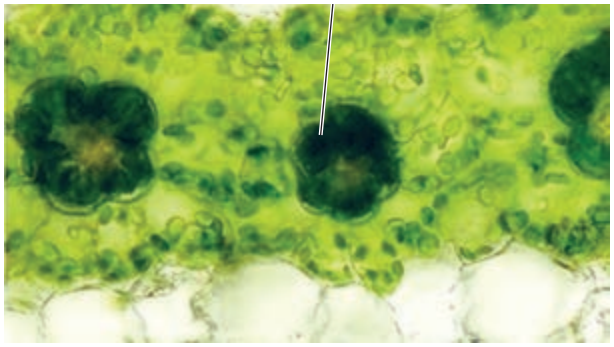
و) تفاوت آنزیم روبیسکو با آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی در گیاهان C_4 و CAM نقش دارد، چیست؟ (خرداد ۹۹)



د) در گیاهان C_4 آنزیم روبیسکو در یاخته‌های (غلاف آوندی – میانبرگ) فعال است. (دی ۱۴۰۰)

ب)

و) در گیاهان C_4، اسید چهارکربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های ..... منتقل می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)



شکل ۱۰ــ الف) برگ گیاه C_3

ب) برگ گیاه C_4

فتوسنتز در گیاهان CAM

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

ب) گیاهان CAM برای جلوگیری از هدر رفتن آب در دمای بالا و نور شدید، چه سازشی دارند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

هر یک از موارد زیر به تثبیت کربن در کدام گروه از گیاهان اشاره دارد؟ (خرداد۱۴۰۱)

الف) تثبیت کربن در این گروه از گیاهان فقط با چرخهٔ کالوین انجام می‌شود.

ب) در این گروه از گیاهان، در یاخته‌های میانبرگ، CO_2 با اسیدی سه‌کربنه ترکیب شده و اسیدی چهارکربنه را ایجاد می‌کند.

ج) در این گروه از گیاهان تثبیت کربن در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود.

در جدول زیر، هر یک از ویژگی‌های ذکر شده، مربوط به کدام گروه از گیاهان است؟ (خرداد ۹۹)

تثبیت اولیه کربن در شب	«الف»
تثبیت اولیه کربن در میانبرگ و انجام چرخهٔ کالوین در غلاف آوندی	«ب»
تثبیت کربن فقط با انجام چرخهٔ کالوین	«ج»

ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پراب است. این گیاهان در واکوئول های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

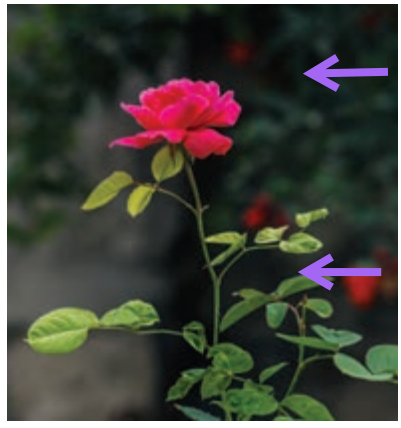
هـ) به گیاهانی که تثبیت کربن در آن‌ها در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود، چه می‌گویند؟ (دی ۹۸)

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[1] (کَم) است.

ج) چرخه کالوین در گیاهان CAM در چه زمانی انجام می‌شود؟(دی ۱۴۰۰)

و) در گیاهان CAM، چرخهٔ کالوین در چه موقعی از شبانه‌روز انجام می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

ج) چه تفاوتی میان تثبیت کربن در گیاهان C_4 و گیاهان CAM وجود دارد؟ (شهریور ۹۹)



گل رز



ذرت

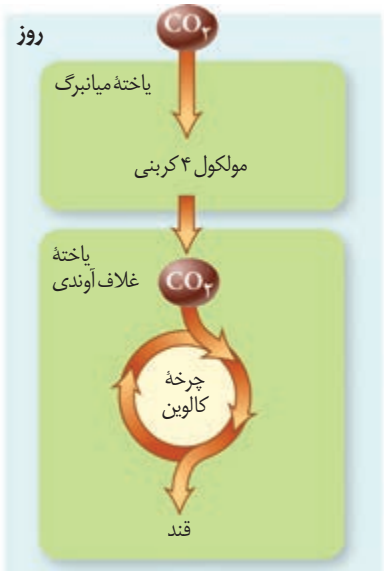


آناناس

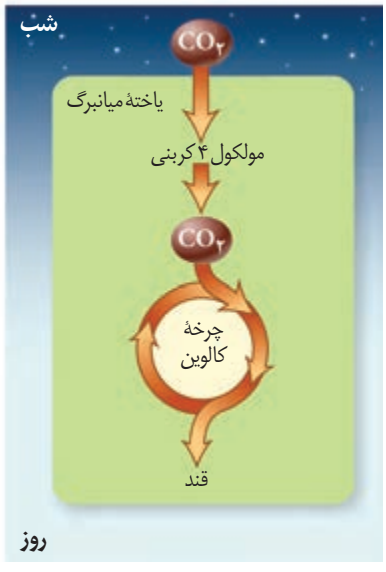
هـ) تثبیت اولیه کربن در آناناس در (روز – شب) انجام می‌شود. (شهریور ۹۸)



الف



ب



پ

شکل ۱۱ــ 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؟

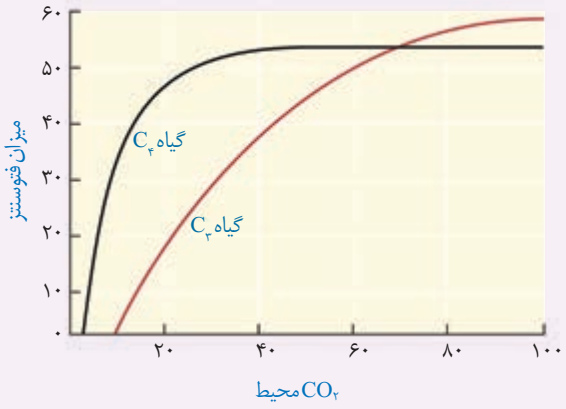
د) اگر pH عصارهٔ گیاهی در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر باشد، گیاه چه نوع فتوسنتزی دارد؟

۱ـ Crassulacean Acid Metabolism

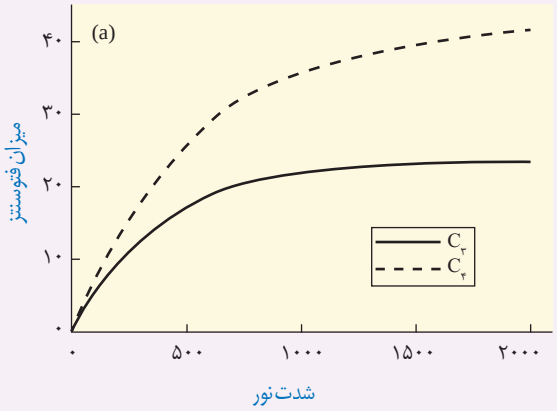
دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

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؟



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.

و) باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، ..... ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نورند.

باکتری‌ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نورند. و) سیانوباکتری‌ها، جزء باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ (اکسیژن‌زا – غیراکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۹)

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها 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. هـ) نام رنگیزهٔ فتوسنتزی باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ غیراکسیژن‌زا چیست؟ (شهریور ۹۸)

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؛ هـ) در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون ..... است. (دی ۹۹)

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.

هـ) منبع تأمین الکترون در باکتری‌های گوگردی چه مولکولی است؟ (شهریور ۹۹)

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

الف) از چه باکتری‌هایی در تصفیهٔ فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند؟ (خرداد ۹۸)

واکنش ۴ـ فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی

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

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.





دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

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

ه) باکتری‌های نیتراتساز، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از چه واکنش‌هایی به دست می‌آورند؟

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.

و) باکتری‌های نیتراتساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های (شیمیوسنتزکننده – فتوسنتزکننده اکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۸)

و) سیانوباکتری‌ها، جزء باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ (اکسیژن‌زا – غیراکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۹)

د) باکتری‌های نیتراتساز که ..... را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده هستند. (دی ۹۸)

د) باکتری‌های نیتراتساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های ..... هستند. (شهریور ۹۸)

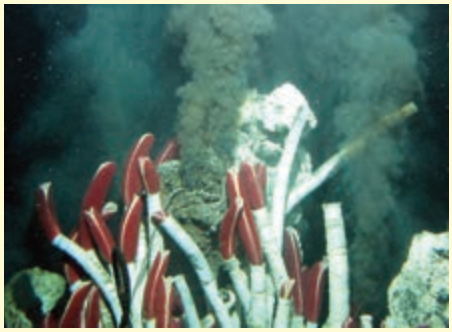
بیشتر بدانید

شیمیوسنتز در اعماق اقیانوس

در اعماق اقیانوس شکاف‌هایی وجود دارد که از آنها گاز

ب) یک آغازی تک‌یاخته‌ای را نام ببرید که در صورت نبود نور، سبزدیسه‌های (کلروپلاست‌های) خود را از دست می‌دهد. (خرداد ۹۸)

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.





دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا