هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

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؟

گفتار ۱: فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

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

$$۶CO_2 + ۶H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + ۶O_2$$

واکنش ۱- واکنش کلی فتوسنتز

برای این‌که جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی‌هایی 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 تخصص‌یافته 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 نرم آکنه است. در شکل ۱- الف میانبرگ از یاخته‌های نرم آکنه‌ای نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست رویی قرار دارند 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 ۱- ب)

تمرین ۱: با علامت + و – مشخص کنید کدام موارد زیر توانایی انجام واکنش زیر را دارد:

$$۶CO_2 + ۶H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + ۶O_2$$

الف) لپه لوبیا

ب) لپه ذرت

پ) گل جالیز

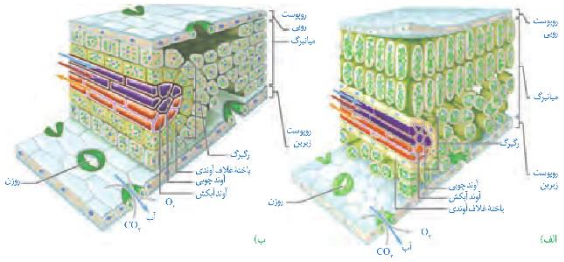
ت) گیاه سس

پاسخ:

تمرین ۲: هر یک از موارد زیر را در برگ‌های ذرت و لوبیا مقایسه کنید.

ساختار	ذرت	لوبیا
پهنک		
دمبرگ		
رگبرگ		
روزنه هوایی		

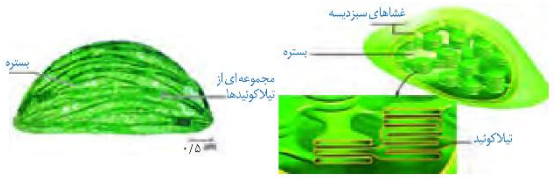
پاسخ:



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

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 کیسه مانند 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.



الف) ترسیمی ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

شکل ۲- ساختار سبزدیسه

فعّالیت ۱: طراحی آزمایش

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

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 موج‌های 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- آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی- قرمز) است. گر چه 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).

تمرین ۳: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) یاخته‌های غلاف آوندی جزو رگبرگ‌اند.

ب) رناتن‌های درون تیلاکوئید می‌توانند بعضی از پروتئین‌های مورد نیاز کلروپلاست را بسازند.

پ) هر اندامک دارای ژنگان سیتوپلاسمی در میانبرگ نرده‌ای دارای غشای بیرونی و غشای درونی است.

ت) در بستره راکیزه همانند بستره سبزدیسه انواعی از نوکلئیک اسید وجود دارد.

پاسخ:

تمرین ۴: در مورد رنگیزه‌های فتوسنتزی به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) هر یک از رنگیزه‌های زیر در چه طیف نوری کم‌ترین جذب را دارند:

*کلروفیل

*گزانتوفیل

*کاروتن

*لیکوپن

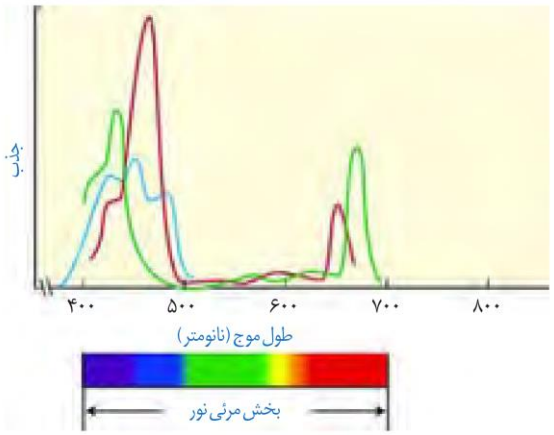
ب) رنگیزه‌های فتوسنتزی در کدام بخش کلروپلاست قرار دارند؟

پ) علت کارایی بالای گیاه در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور چیست؟

ت) چرا این جمله درست نیست؟

«بیش‌ترین رنگیزه در هر نوع دیسه‌ای، کلروفیل است.»

پاسخ:



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

فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی 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 (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل **a** است که در 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 مولکول‌ها می‌توانند الکترون بگیرند یا این‌که الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

تمرین ۵: جدول زیر در ارتباط با طیف جذب نوری رنگیزهٔ گیاهی است. آن را کامل کنید:

رنگیزه	بیش‌ترین جذب نوری	کم‌ترین جذب نوری
کلروفیل **a**		
کلروفیل **b**		
کاروتنوئید		

پاسخ:

تمرین ۶: در ارتباط با فتوسیستم‌ها جدول زیر را کامل کنید.

فتوسیستم	۱	۲
تعداد مرکز واکنش		
تعداد آنتن		
جنس مرکز واکنش		
جنس آنتن		
نوع و تعداد رنگیزه مرکز واکنش		
نوع رنگیزه آنتن		

پاسخ:

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.



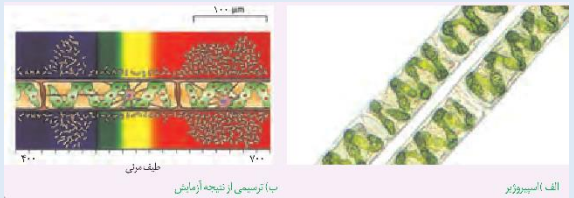
فعّالیت ۳ گفت وگو کنید

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



تمرین ۷: در ارتباط با زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) زنجیره‌ای که بین فتوسیستم‌های ۱ و ۲ قرار دارد چند عضو دارد محل دقیق هر یک از اعضای آن را در غشای تیلاکوئید مشخص کنید.

ب) زنجیره‌ای که بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ قرار دارد چند عضو داشته محل دقیق هر یک از اعضای آن را در غشای تیلاکوئید مشخص کنید.

پ) کدام زنجیره موجب ورود H^+ از بستره به درون تیلاکوئید می‌شود و در این انتقال چند عضو دخالت دارند؟

پاسخ:

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هم در مرکز واکنش و هم در آنتن‌ها، الکترون‌ها مدار خود را پس از گرفتن انرژی انرژی تحرک می‌کنند.

ب) در آنتن‌ها همانند مرکز واکنش الکترون‌ها پس از برنگیخته شدن، رنگیزه‌ها را ترک می‌کنند.

پ) آب در فتوسیستم ۲ تجزیه می‌شود.

ت) پمپ برخلاف پروتئین ATP ساز، اکسایش و کاهش می‌یابد.

پاسخ:

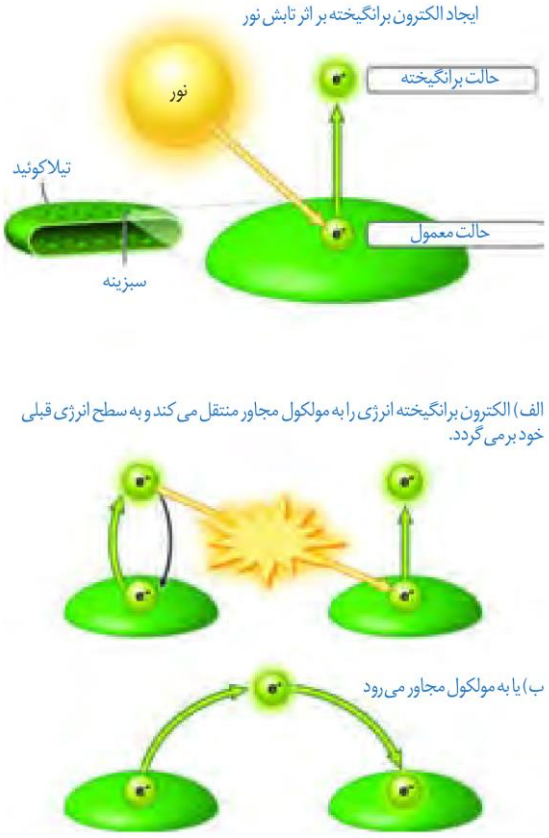
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

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: واکنش‌های 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 به وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).



شکل ۴- ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن

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).

تست ۱: الکترون‌های خارج شده از ·····ابتدا ····· را احیا می‌کند.

۱) آب- کلروفیل P۷۰۰

۲) کلروفیل P۶۸۰ - $NADP^+$

۳) پمپ غشایی- یکی از گروه‌های مولکولی زنجیرهٔ انتقال الکترون

۴) NADPH - قند سه کربنه تک فسفاته

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۲: در فتوسنتز، ..... (سراسری ۸۸)

۱) خروج پروتون از تیلاکوئیدها، منجر به هیدرولیز ATP می‌شود.

۲) غشای تیلاکوئیدها، محل مناسبی برای ایجاد $NADP^+$ می‌باشد.

۳) بستره، محل مناسبی برای استقرار آنزیم تجزیه‌کننده‌ی آب می‌باشد.

۴) ورود و خروج H^+ در تیلاکوئیدها، بدون مصرف ATP صورت می‌گیرد.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۳: با حرکت الکترون‌ها در طول زنجیرهٔ انتقال الکترون در بین فتوسیستم های غشای تیلاکوئیدها، ابتدا ... (سراسری خارج کشور ۸۸)

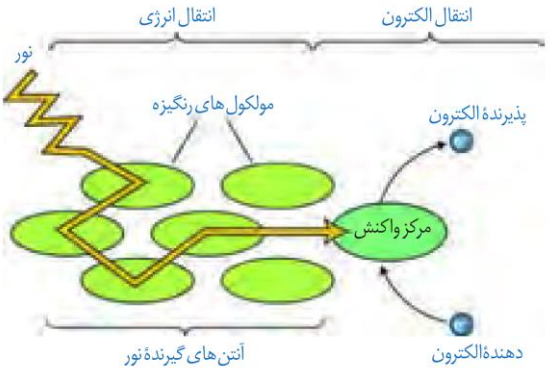
۱) $NADP^+$ به NADPH تبدیل می‌شود.

۲) انرژی لازم برای فعالیت پمپ فراهم می‌شود.

۳) یون‌های هیدروژن از بستره به تیلاکوئید وارد می‌شوند.

۴) انرژی لازم برای ساخته شدن ATP فراهم می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»



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

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 $NADP^+$ 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 (واکنش۲).

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

واکنش ۲- تشکیل NADPH

با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینهٔ a در فتوسیستم ۱ 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 فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

واکنش ۳- تجزیه آب $H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2$

تست ۴: پروتئین کاهنده پروتون موجود در غشای تیلاکوئید حُسن یوسف، با صرف انرژی ..... می‌کنند.
(سراسری ۹۱)

۱) ATP را به ADP تبدیل
۲) ADP را به ATP تبدیل
۳) یون‌های هیدروژن را به تیلاکوئید وارد
۴) یون‌های هیدروژن را از تیلاکوئید خارج

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۵: کدام عبارت، دربارهٔ واکنش‌های وابسته به نور در سلول‌های برگ یک گیاه علفی، نادرست است؟
(سراسری ۹۴)

۱) انتقال الکترون‌های تحریک شده از P۶۸۰ به P۷۰۰، تولید ATP را به دنبال دارد.
۲) انرژی الکترون‌های برانگیخته از P۷۰۰، پمپ غشایی تیلاکوئید را فعال می‌کند.
۳) پروتئین ATP ساز، در کاهش تراکم H^+ درون تیلاکوئید مؤثر می‌باشد.
۴) کمبود الکترون‌های P۶۸۰، با تجزیهٔ مولکول آب جبران می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

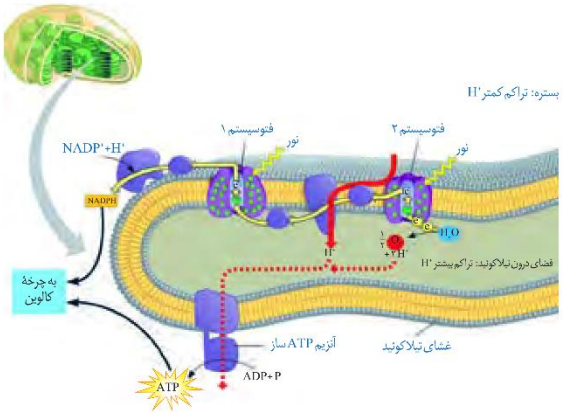
تست ۸: چند مورد، در ارتباط با واکنش‌های نوری فتوسنتز یک گیاه علفی، درست است؟ (سراسری خارج کشور ۹۴)

الف) پمپ غشایی تنها عامل مؤثر در افزایش تراکم H^+ درون تیلاکوئیدهاست.
ب) الکترون‌های پرانرژی P۶۸۰، با از دست دادن انرژی به P۷۰۰ منتقل می‌شوند.
پ) الکترون‌های برانگیخته کلروفیل P۷۰۰، پمپ غشایی تیلاکوئیدها را فعال می‌کند.
ت) یک زنجیرهٔ انتقال الکترون، انرژی لازم برای تولید ATP و NADPH را فراهم می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۱»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.



شکل۶- طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

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 تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به‌وجود می‌آید. درنتیجه، به تدریج تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزایش می‌یابد و شیبی از غلظت پروتون از فضای درون تیلاکوئیدها به سمت بستره ایجاد می شود.

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 **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 واکنش‌های 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 می شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی دهد.

عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در مولکول CO_2 کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و

تست ۹: در هر زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای تیلاکوئیدهای گیاه بنت قنسول، کدام اتفاق روی می‌دهد؟ (سراسری ۹۵)

۱) یون‌های هیدروژن برخلاف شیب غلظت خود، از هر پروتئین غشایی عبور می‌کنند.

۲) عدد اکسایشی کربن دی اکسید به کمک الکترون‌های پرانرژی تغییر یابد.

۳) الکترون‌های پرانرژی به یون‌های هیدروژن می‌پیوندند.

۴) انرژی به‌طور موقت در نوعی ترکیب ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۱۰: کدام عبارت، در ارتباط با هر فتوسیستم موجود در غشای تیلاکوئید گیاه آفتابگردان، صحیح است؟ (سراسری ۹۷)

۱) با دارا بودن کلروفیل‌های **P۷۰۰** و **P۶۸۰**، حداکثر جذب نوری را دارد.

۲) کمبود الکترونی آن، از طریق الکترون‌های حاصل از تجزیهٔ آب جبران می‌گردد.

۳) انرژی جذب شده در آن، باعث می‌شود تا الکترون‌ها از کلروفیل‌های **a** آزاد شوند.

۴) الکترون‌های خارج شده از آن، با عبور از پمپ غشایی، مقداری انرژی از دست می‌دهند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

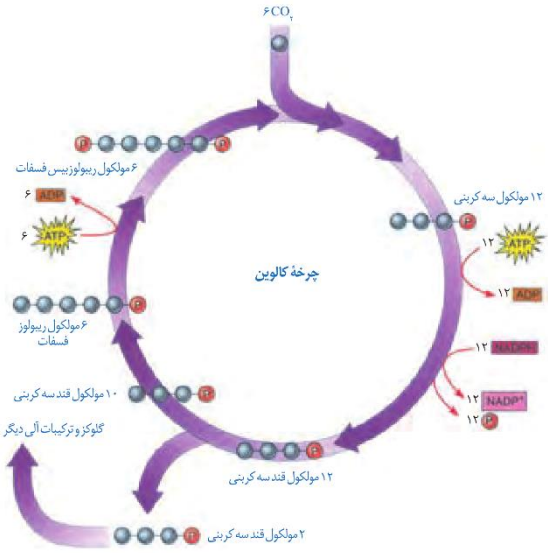
تست ۱۱: دو ترکیبی که در یک مرحله از مراحل فتوسنتز تولید نمی‌شوند، ..... است. (سراسری خارج کشور ۸۹)

۱) **ADP** و $NADP^+$
۲) قند سه کربنه و $NADP^+$
۳) **ATP** و **NADPH**
۴) قند سه کربنه و **ATP**

پاسخ: گزینهٔ «۴»

منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند.

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



شکل ۷- چرخهٔ کالوین

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 فسفات کربوکسیلاز- 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 تبدیل می‌شوند.

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.

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

تست ۱۲: نقش اصلی NADPH در فتوسنتز چیست؟

۱) تأمین الکترون پرانرژی و پروتون برای مرحله روشنایی

۲) مبدل انرژی نوری به انرژی شیمیایی در واکنش‌های نوری فتوسنتز

۳) تأمین الکترون‌های پرانرژی برای کاهش عدد اکسایش کربن در مرحلهٔ مستقل از نور

۴) تأمین الکترون‌های پرانرژی برای برای کاهش عدد اکسایش کربن در اولین واکنش چرخه کالوین

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۱۳: $NADP^+$ ..... (سراسری ۹۰)

۱) به‌عنوان عضوی از زنجیرهٔ انتقال الکترون بر تولید ATP بی‌تأثیر است.

۲) به کلروفیل در به دام انداختن نور کمک می‌کند و در تجزیهٔ آب توسط فتوسیستم I نقش دارد.

۳) در رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسید کربن، به هنگام تشکیل قند سه کربنی از مولکول سه کربنی تولید می‌شود.

۴) الکترون‌ها را به چرخهٔ کالوین منتقل می‌کند و در تشکیل ترکیب چهار کربنی از ترکیب پنج کربنی نقش دارد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

$NADP^+$ در رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسید کربن یعنی چرخهٔ کالوین، در گام ۲ به هنگام تشکیل قند سه کربنی از مولکول سه کربنی تولید می‌شود.

تست ۱۴: در برگ درخت بید، در گامی از چرخهٔ کالوین که ..... می‌شود، ..... می‌گردد. (سراسری ۹۱)

۱) ATP ساخته- ترکیب ۵ کربنی تجزیه

۲) ATP مصرف- ترکیب شش کربنی ناپایدار تولید

۳) قند سه کربنی ساخته - $NADP^+$ تولید

۴) NADPH مصرف- ATP تولید

پاسخ: گزینهٔ «۳»

ATP و NADPH در مرحلهٔ نوری فتوسنتز تولید و در چرخه کالوین فتوسنتز مصرف می‌شوند. در مرحله مستقل از نور فتوسنتز قند سه کربنی، ADP و $NADP^+$ تولید می‌شود.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

هستند؛ گر چه 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

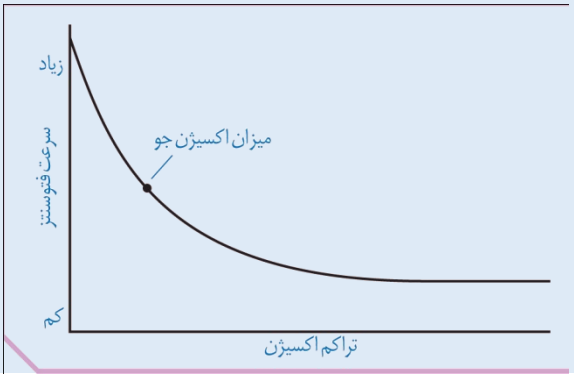
بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟

با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و CO_2 از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، 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.

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.



تست ۱۵: در جانداران حاوی کلروپلاست، با سه بار گردش متوالیِ چرخهٔ کالوین .....

۱) ۳ مولکول قند ۶ کربنی حاصل می‌شود.

۲) ۹ مولکول دی‌اکسید کربن مصرف می‌شود.

۳) ۳ مولکول ترکیب ۶ کربنی ناپایدار تجزیه می‌شود.

۴) ۹ گروه فسفات به ۹ مولکول ADP متصل می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در جانداران حاوی کلروپلاست، با سه بار گردش متوالی چرخهٔ کالوین، ۳ مولکول ترکیب ۶ کربنی ناپایدار تجزیه می‌شود. در این سه بار گردش چرخهٔ کالوین $3CO_2$، ۶NADPH و ۹ATP مصرف می‌شوند.

تست ۱۶: با توجه به یک سلول فتوسنتزکننده در برگ عشقه، کدام گزینه عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟
(سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) فضای- همانند فضای میان دو غشتی- آنزیم تجزیه‌کنندهٔ مولکول آب فعالیت می‌نماید.

۲) غشای- برخلاف غشای درونی- مولکول‌های جاذب نور به همراه تعدادی پروتئین وجود دارند.

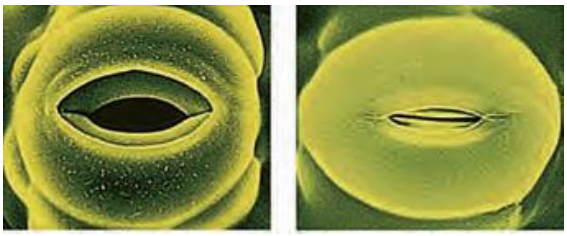
۳) فضای- همانند فضای محصور شده توسط غشای درونی- ترکیب شش کربنی ناپایدار تولید می‌شود.

۴) غشای- برخلاف غشای بیرونی- انرژی الکترون‌های برانگیخته در پیوندهای کربن- هیدروژن ذخیره می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

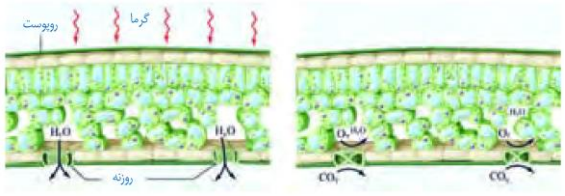
گفتار ۳: فتوسنتز در شرایط دشوار

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 ۸- روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که میزان CO_2 برگ کم می‌شود، میزان اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).



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 بیش‌تر است.

در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به میزان 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.

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.

تست ۱۷: هر جاندار دارای ....

۱) تنفس نوری، اتوتروف است.

۲) تنفس سلولی، هتروتروف است.

۳) چرخهٔ کالوین، دارای سامانه تیلاکوئیدی است.

۴) چرخهٔ کربس، دارای میتوکندری با غشای درونی چین خورده است.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

هر جاندار دارای تنفس نوری، اتوتروف است چون کلروپلاست دارد. تنفس سلولی هم در هتروتروف‌ها و هم در اتوتروف‌ها دیده می‌شود. چرخهٔ کالوین در باکتری‌های کلروفیل‌دار که فاقد کلروپلاست‌اند دیده می‌شود. چرخهٔ کربس در باکتری‌های هوازی که فاقد میتوکندری‌اند رخ می‌دهد.

تست ۱۸: کدام عبارت جملهٔ مقابل را به‌طور نادرستی تکمیل می‌کند؟

«وقتی سلول شروع به تنفس نوری می‌کند .....»

۱) بازده واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز کم می‌شود.

۲) تولید $NADP^+$ در کلروپلاست کاهش می‌یابد.

۳) سلول‌های نگهبان روزنه در حال پلاسمولیز قرار دارند.

۴) فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو در محل تولید کربن دی اکسید متوقف می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

وقتی سلول شروع به تنفس نوری می‌کند فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو در بستره کلروپلاست نه میتوکندری متوقف می‌شود. در نتیجه واکنش‌های تاریکی فتوسنتز متوقف شده و تولید $NADP^+$ در کلروپلاست کاهش می‌یابد. سلول‌های نگهبان روزنه در حالت پلاسمولیز قرار دارند و در نتیجه روزنه‌های هوایی بسته‌اند.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

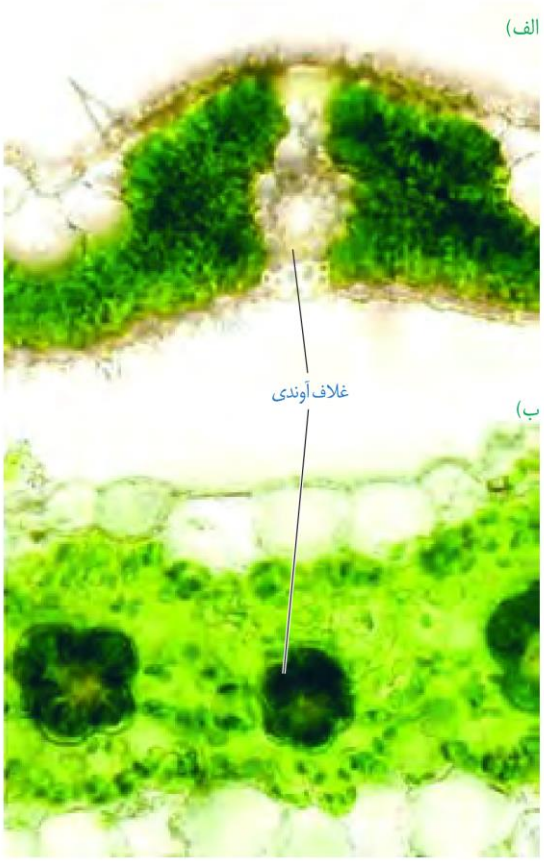
در تنفس نوری گر چه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود.

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 یاخته‌هایی که در اطراف دسته آوندی در گیاهان C_3 دیده می‌شوند، سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- الف) برگ گیاه C_3

ب) برگ گیاه C_4

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

تست ۱۹: در مقایسهٔ تنفس نوری و تنفس سلولی کدام عبارت صحیح است؟ (سراسری خارج کشور ۸۵)

۱) هر دو فرایند وابسته به نوراند.

۲) ATP محصول مشترک هر دو فرایند است.

۳) هر دو فرایند با فتوسنتز رابطهٔ مستقیم دارد.

۴) بخشی از هر دو فرایند در میتوکندری انجام می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در مقایسهٔ تنفس نوری و تنفس سلولی بخشی از هر دو فرایند در میتوکندری انجام می‌شود.

مقایسه	تنفس سلولی	تنفس نوری
نور	در مستقل	وابسته
سلول	همهٔ سلول‌ها	سلول‌های کلروپلاست‌دار گیاهان
ATP	تولید می‌شود.	تولید نمی‌شود.
اکسیژن	در نوع هوازی مصرف می‌شود.	در کلروپلاست مصرف
دی‌اکسید کربن	در نوع هوازی و تخمیر الکلی تولید می‌شود	در میتوکندری تولید
اندامک	میتوکندری	میتوکندری- کلروپلاست- پراکسی زوم

تست ۲۰: گیاهی که در شب روزنه‌های خود را باز می‌کند. نمی‌تواند طی ..... (سراسری خارج کشور ۹۰)

۱) شب، CO_2 را جذب و تثبیت کند.

۲) شب، در واکوئل‌های خود اسیدهای آلی بسازد.

۳) روز، CO_2 جو را در اسیدهای آلی تثبیت کند.

۴) روز، واکنش‌های چرخهٔ کالوین را انجام دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

گیاهی که در شب روزنه‌های خود را باز می‌کند فتوسنتز CAM دارد لذا طی روز، نمی‌تواند CO_2 جو را در اسیدهای آلی تثبت کند.

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 چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به‌طور 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 می دهد.

این گیاهان در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، در حالی که روزنه‌ها بسته شده‌اند 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.

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، ساقه یا هر دوی آن‌ها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

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 (کَم) است.

تست ۲۱: کدام عبارت درست است؟ (سراسری ۸۷)

۱) در گیاهان CAM تجزیهٔ اسید چهار کربنی در طی روز انجام می‌شود.

۲) هنگام عبور H^+ از بستره به درون تیلاکوییید، پروتئین کانالی، ATP می‌سازد.

۳) در گیاهان C_4، دی‌اکسید کربن فقط از طریق چرخهٔ کالوین تثبیت می‌شود.

۴) در تنفس نوری، آنزیم روبیسکو سبب شکسته شدن ترکیب شش کربنی ناپایدار می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

گزینهٔ «۱»: در گیاهان CAM، اسید کراسولاسه در شب سنتز و تجزیهٔ اسید چهار کربنی در طی روز انجام می‌شود.

گزینهٔ «۲»: هنگام عبور H^+ از تیلاکوییید به درون بستره، پروتئین کانالی، ATP می‌سازد.

گزینهٔ «۳»: در گیاهان C_4، دی‌اکسید کربن در دو مرحله تثبیت می‌شود.

گزینهٔ «۴»: در تنفس نوری، آنزیم روبیسکو سبب شکسته شدن ترکیب پنج کربنی می‌گردد.

تست ۲۲: در روند تثبیت CO_2 و تشکیل قند سه کربنی در نیشکر، کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری ۸۶)

۱) تشکیل ترکیب چهار کربنی در سلول میانبرگ

۲) آزاد شدن CO_2 از اسید در سلول غلاف آوندی

۳) ورود CO_2 به چرخهٔ کالوین در سلول غلاف آوندی

۴) تشکیل ترکیب چهار کربنی به کمک آنزیم روبیسکو

پاسخ: گزینهٔ «۴»

نیشکر یک گیاه C_4 است و تشکیل ترکیب چهار کربنی به کمک یک آنزیم غیر روبیسکویی رخ می‌دهد.

تست ۲۳: پس از فعال شدن آنزیم روبیسکو در جهت کربوکسیلازی ..... (سراسری ۸۳)

۱) ATP تولید شدهٔ قبلی مصرف می‌شود.

۲) واکنش‌های تنفس نوری در گیاه آغاز می‌شود.

۳) مولکول‌های $NADP^+$ به NADPH تبدیل می‌شوند.

۴) با پیوستن گروه فسفات به ADP، ATP ساخته می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

پس از فعال شدن آنزیم روبیسکو در جهت کربوکسیلازی، چرخهٔ کالوین (مرحلهٔ ۳ فتوسنتز) رخ داده در نتیجه ATP تولید شدهٔ قبلی مصرف می‌شود.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.



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

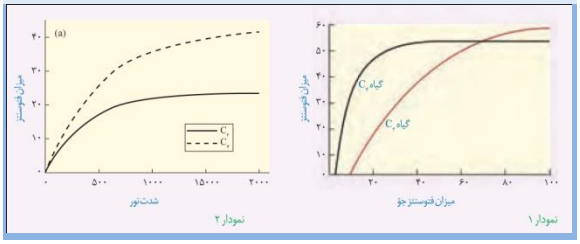
فعّالیت ۵: گفت وگو کنید

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

۱- الف) 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؟

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

۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جوّ و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C_3 و C_4 نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



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.

تست ۲۴: در گیاه ..... هم در شب و هم در روز انجام می‌شود. (سراسری خارج کشور ۸۶)

۱) کاکتوس، تثبیت CO_2 ۲) کاکتوس، جذب CO_2 جو
۳) ذرت، تثبیت CO_2 ۴) ذرت، جذب CO_2 جو

پاسخ: گزینهٔ «۱»

کاکتوس یک گیاه CAM است CO_2 را فقط در شب جذب می‌کند ولی عمل تثبیت هم در شب و هم در روز انجام می‌شود.

تست ۲۵: در گیاهان CAM، ممکن نیست .....

۱) هم‌زمان با تثبیت دی‌اکسید کربن، روزنه‌های هوایی بسته باشند.
۲) دی‌اکسید کربن جو مستقیماً درون اندامک تک غشایی تثبیت شود.
۳) بدون جذب دی‌اکسید کربن جو، روبیسکو عمل کربوکسیلازی انجام دهد.
۴) هم‌زمان با تولید $NADP^+$، دی‌اکسید کربن جو جذب شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در گیاهان CAM، ممکن نیست هم‌زمان با تولید $NADP^+$، دی‌اکسید کربن جو جذب شود چون جذب دی‌اکسید کربن جو در شب صورت می‌گیرد ولی چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌گیرد.

تست ۲۶: در گیاهان C_4، اسیدهای آلی چهارکربنه در سلولی ..... می‌شوند که .....

۱) ساخته- آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در فعالیت کربوکسیلازی دارد.
۲) تجزیه- آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در فعالیت کربوکسیلازی دارد.
۳) ساخته- در صورت بسته شدن روزنه‌ها وارد تنفس نوری می‌شود.
۴) تجزیه- در صورت بسته شدن روزنه‌ها وارد تنفس نوری می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

در گیاهان C_4، اسیدهای آلی چهارکربنه در میانبرگ اسفنجی ساخته شده و در سلول غلاف آوندی تجزیه می‌شوند که آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در کربوکسیلازی دارد.

باکتری‌ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب‌کنندهٔ نورند.

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.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکنندهٔ غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزهٔ فتوسنتزی این باکتری‌ها، باکتریوکلروفیل است. این باکتری‌ها کربن دی اکسید 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 به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیهٔ فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند. هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

واکنش ۴- فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی

$$6CO_2 + 12H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$$

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 تک یاخته‌ای 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 به‌دست می‌آورد.



شکل ۱۲- اوگلنا

تست ۲۷: هر گیاهی که در دمای بالا و شدت زیاد نور ..... قطعاً ..... (سراسری ۹۴)

۱) از افزایش دفع آب جلوگیری می‌کند- در هنگام شب روزنه‌های خود را کاملاً باز می‌نماید.

۲) فرایند فتوسنتز را متوقف می‌سازد- می‌تواند به تولید **ATP** در غیاب اکسیژن بپردازد.

۳) به کندی رشد می‌کند- دی‌اکسید کربن را در دو نوع سلول خود تثبیت می‌کند.

۴) بر تنفس نوری غلبه می‌نماید- فتوسنتز را با کارایی بسیار پایینی انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

مثل گیاهان C_3 که روزنه‌های خود را می‌بندند و وارد مسیر تخمیر می‌شوند.

گزینهٔ «۱»: گیاهان C_4 و **CAM** می‌توانند در دمای بالا و نور زیاد، با بستن روزنه‌های هوایی، از دفع آب جلوگیری کنند ولی برخلاف گیاهان **CAM**، روزنه‌های هوایی گیاهان C_4 در شب بسته است.

گزینهٔ «۳»: مثل گیاهان C_3 و **CAM** که در دمای بالا به کندی رشد می‌کنند ولی دی‌اکسید کربن را در یک نوع سلول خود تثبیت می‌کنند.

گزینهٔ «۴»: برای گیاه C_4 صادق نیست.

تست ۲۸: در همهٔ گیاهان آوندی، هر سلول تمایزیافتهٔ روپوست برگ، قادر به انجام کدام عمل زیر است؟

۱) در پی تثبیت دی‌اکسید کربن جو، یک اسید سه کربنی می‌سازد.

۲) با تولید نوعی آلکالوئید، همواره حشرات مزاحم را دور می‌نماید.

۳) باعث فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو می‌شود.

۴) در مرحلهٔ اول تنفس، $2H^+$ تولید می‌نماید.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در گلیکولیز به دنبال تولید **NADH**ها، دو H^+ تولید می‌شود.

گزینهٔ «۱»: هر سلول روپوستی برگ فتوسنتز ندارد ولی سلول‌های نگهبان روزنه فتوسنتز دارند.

گزینهٔ «۲»: اولاً هر سلول روپوستی برگ توانایی تولید آلکالوئید را ندارد. دوماً هر الکالوئیدی نمی‌تواند همواره حشرات مزاحم را دور کند مثل نوزاد کرمی شکل که از برگ گیاه تنباکو تغذیه می‌کند.

گزینهٔ «۳»: هر سلول روپوستی کلروپلاست ندارد تا تنفس نوری انجام دهد.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

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 دی اکسید 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 شیمیایی، به ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیرآلی) به‌دست می‌آورند. به این فرایند شیمیوسنتز می‌گویند.

باکتری‌های نیتراتساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده‌اند.

<table>
<tr><td rowspan="10">جانداران</td><td rowspan="5">هتروتروف</td><td colspan="4">جانوران</td></tr>
<tr><td colspan="4">قارچ‌ها</td></tr>
<tr><td colspan="4">بیش‌تر آغازیان</td></tr>
<tr><td colspan="4">بیش‌تر باکتری‌ها</td></tr>
<tr><td colspan="4">بعضی گیاهان (گیاه سس- گل جالیز)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">اتوتروف</td><td rowspan="4">فتوسنتزکنندگان</td><td rowspan="2">اکسیژن‌زا</td><td rowspan="2">دارای کلروپلاست</td><td>گیاهان</td></tr>
<tr><td>آغازیان</td></tr>
<tr><td>غیر اکسیژن‌زا</td><td>بدون کلروپلاست</td><td>سیانوباکتری‌ها</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>باکتری‌های گوگردی</td></tr>
<tr><td>شیمیوسنتزکنندگان</td><td colspan="3">باکتری‌های نیتراتساز</td></tr>
</table>

تست ۲۹: در سلول‌های نگهبان روزنهٔ گیاه C_3، لازم است در گام ..... از واکنش‌های تثبیت دی‌اکسید کربن بر خلاف گام ..... از واکنش‌های مرحلهٔ اول تنفس سلولی، **ADP** ..... شود.

۱) چهارم- چهارم- تولید ۲) سوم- اول- مصرف
۳) سوم- چهارم- مصرف ۴) دوم- اول- تولید

پاسخ: گزینهٔ «۱»

در گام ۴ چرخهٔ کالوین برخلاف گام ۴ گلیکولیز، **ATP** مصرف و **ADP** تولید می‌شود.

تست ۳۰: در سلول‌های میانبرگ گیاه ، در گام ..... از واکنش‌های تثبیت دی‌اکسید کربن برخلاف گام ..... از واکنش‌های مرحله هوازی تنفس، **ADP** ..... می‌شود.

(سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) اول- چهارم- تولید ۲) چهارم- سوم- تولید
۳) دوم- سوم- مصرف ۴) چهارم- اول- مصرف

پاسخ: گزینهٔ «۲»

در گام چهارم چرخهٔ کالوین **ADP** تولید می‌شود.

تست ۳۱: هر گیاهی که قادر است دی‌اکسید کربن را فقط ..... تثبیت کند، در نور و گرمای زیاد ..... (سراسری ۹۵)

۱) هنگام شب- اسیدهای آلی را به درون کلروپلاست‌ها انتشار می‌دهد.
۲) در ترکیب چهار کربنی- به کمک **NADH**، **ATP** تولید می‌نماید.
۳) توسط چرخهٔ کالوین- بدون حضور اکسیژن، **NADH** می‌سازد.
۴) هنگام روز- فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو را افزایش می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در گلیکولیز **NADH** می‌سازد و از طریق تخمیر آن را بازسازی می‌کند.

تست ۳۲: کدام عبارت دربارهٔ سازگاری گیاهان ساکن اکوسیستم‌های بیابانی در پاسخ به گرما و خشکی زیاد نادرست است؟ (سراسری ۹۶)

۱) در هنگام شب، دی‌اکسید کربن از طریق روزنه ها وارد گیاه می‌شود.

۲) در هنگام روز، فرایندی مانع انجام واکنش‌های چرخهٔ کالوین می‌شود.

۳) در هنگام روز، دی‌اکسید کربن آزاد شده به درون کلروپلاست‌ها انتشار می‌یابد.

۴) در هنگام شب، اسیدهای آلی ناشی از تثبیت دی‌اکسید کربن، در واکوئل‌ها ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۳۳: کدام عبارت در مورد پاسخ گیاهان C_4 به آب و هوای گرم و خشک درست است؟ (سراسری ۹۷)

۱) همانند گیاهان C_3، در پی خروج مولکول دو کربنی از کلروپلاست، CO_2 آزاد می‌کنند.

۲) برخلاف گیاهان CAM، دی‌اکسید کربن جو را به‌صورت اسیدهای آلی تثبیت می‌نمایند.

۳) همانند گیاهان CAM، با اضافه کردن CO_2، به ترکیب پنج کربنی، ترکیبی ناپایدار می‌سازد.

۴) برخلاف گیاهان C_3، آنزیم تثبیت‌کنندهٔ دی‌اکسید کربن آن‌ها به میزان زیاد فعالیت اکسیژنازی انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۳۴: کدام عبارت، در مورد پاسخ گیاهان C_4 به آب و هوای گرم و خشک صادق است؟ (سراسری خارج کشور ۹۷)

۱) همانند گیاهان CAM، آنزیم تثبیت‌کنندهٔ دی‌اکسید کربن آن‌ها به میزان زیاد فعالیت اکسیژنازی هم انجام می‌دهد.

۲) برخلاف گیاهان C_3، اسیدهای آلی حاصل از تثبیت دی‌اکسید کربن جو را در واکوئل‌های خود ذخیره می‌کنند.

۳) برخلاف گیاهان C_3، با تجزیهٔ یک ترکیب دو کربنی در خارج از کلروپلاست CO_2 تولید می‌کنند.

۴) همانند گیاهان CAM، توانایی انجام واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز را دارند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۳۵: کدام عبارت دربارهٔ همهٔ باکتری‌هایی درست است که ضمن مصرف یک مولکول گلوکز، دی‌اکسید کربن آزاد می‌کنند؟ (سراسری ۹۵)

۱) انتقال الکترون‌های یک مولکول NADH، به ترکیب دو کربنی

۲) استفاده از انرژی ذخیره شده در مولکول NADH برای تولید ATP

۳) تولید یک مولکول NADH، همزمان با تجزیهٔ یک مولکول پیرویک اسید

۴) تولید یک مولکول NADH، در مرحلهٔ دو فسفاته شدن یک ترکیب سه کربنی

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در مرحله سوم گلیکولیز ترکیب سه کربنی دو فسفاته می‌شود و NADH پدید می‌آید. مورد «۱» فقط برای حالت تخمیر الکلی صادق است و برای حالت هوازی نادرست می‌باشد. گزینهٔ «۲»، برای تخمیر الکلی صادق نیست.

تست ۳۶: همهٔ باکتری‌ها ..... می‌توانند، ..... نمایند. (سراسری با تغییر)

۱) نیترات ساز- در غیاب اکسیژن، ATP تولید

۲) تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن- دی‌اکسید کربن جو را تثبیت

۳) فتوسنتز کننده ارغوانی- برای تولید مادهٔ آلی، سولفید هیدروژن را تولید

۴) فتوسنتز کننده با رنگ سبز- از سولفید هیدروژن به‌عنوان منبع الکترون برای فتوسنتز، استفاده

پاسخ: گزینهٔ «۱»

باکتری‌های نیترات ساز در غیاب اکسیژن می‌توانند با عمل تخمیر ATP برسند.

گزینهٔ «۲»: ریزوبیوم‌ها هتروتروف‌اند و این توانمندی را ندارند.

گزینهٔ «۳»: سولفید هیدروژن را مصرف می کنند.

گزینهٔ «۴»: به‌عنوان مثال سیانوباکتری‌های غیرگوگردی‌اند و از آب به‌عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند.

تست ۳۷: هر باکتریی که بتواند برای ساختن ترکیبات آلی خود، از ..... به‌عنوان منبع الکترون استفاده نماید، ..... (سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) ترکیبات گوگردی- انرژی زیستی قابل استفاده خود را تنها در حضور اکسیژن به‌دست می‌آورد.

۲) ترکیبات آلی- بازسازی NAD^+ را با استفاده از یک پذیرنده آلی هیدروژن انجام می‌دهد.

۳) ترکیبات غیرگوگردی- در غشاء خود رنگیزه‌های فتوسنتزی دارد.

۴) آب- در پی تولید NAD^+، به‌طور مداوم ATP می‌سازد.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

گزینهٔ «۱»: باکتری‌های گوگردی می توانند تخمیر کنند.

گزینهٔ «۲»: برای باکتری‌های تجزیه‌کننده هوازی صادق نیست.

گزینهٔ «۳»: برای باکتری‌های شیمیوسنتزکننده صادق نیست.

گزینهٔ «۴»: هم در مسیر هوازی و هم در مسیر بی‌هوازی به دنبال بازسازی NAD^+، ATP ساخته می‌شود.

تست ۳۸: هر باکتری .....، می‌تواند .....

۱) فتوسنتزکننده ای- از میزان سولفید هیدروژن محیط بکاهد.

۲) نیترات ساز- پیرووِیک اسید را تولید و مصرف نماید.

۳) غیرفتوسنتزکننده ای- از طریق زنجیرهٔ انتقال الکترون، NAD^+ را بازسازی نماید.

۴) تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن- با استفاده از کربن غیرآلی، ترکیبات آلی متنوعی بسازد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

پیرووِیک اسید در فرایند گلیکولیز تولید و در فرایند تنفس هوازی یا بی‌هوازی مصرف می‌شود.

گزینهٔ «۱»: برای باکتری‌های غیرگوگردی صادق نیست.

گزینهٔ «۳»: برای باکتری‌های بی‌هوازی صادق نیست.

گزینهٔ «۴»: برای ریزوبیوم صادق نیست.

تست ۳۹: کمبود ..... محیط، بر فعالیت‌های متابولیسمی ..... تأثیرگذار است. (سراسری ۹۲ با تغییر)

۱) نور- هر باکتری تثبیت کننده نیتروژن

۲) هیدروژن سولفید- بعضی از ریزوبیوم‌ها

۳) دی‌اکسید کربن- سیانوباکتری‌ها

۴) نور- هر آغازی برای فتوسنتز کننده ای برای تولید ATP اکسایشی

پاسخ: گزینهٔ «۳»

سیانوباکتری‌ها، باکتری‌ها فتوسنتزکننده‌اند. کمبود دی‌اکسید کربن بر فعالیت‌های متابولیسمی آن تأثیرگذار است.

گزینهٔ «۱»: برای ریزوبیوم صادق نیست

گزینهٔ «۲»: هیدروژن سولفید ماده مورد استفاده برای باکتری‌های گوگردی و برخی شیمیوسنتزکنندگان است در حالی‌که ریزوبیوم‌ها باکتری‌های هتروتروف‌اند و انرژی خود را از مواد آلی به‌دست می‌آورند.

گزینهٔ «۴»: برای اوگلنا صادق نیست