

گفتار ۱

کلیات

تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی است ← منبع انرژی واکنش آن، نور می‌باشد.
 طی فرایند فتوسنتز در گیاهان، CO₂ با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل شده و اکسیژن نیز تولید می‌شود.
 براساس تعیین میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، میزان فتوسنتز در گیاهان را اندازه می‌گیرند.
 فرمول فتوسنتز در گیاهان ← $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

- در گیاهان به جز انگل‌هایی مثل سس و گل جالیز فتوسنتز صورت می‌گیرد.
- جلبک‌ها و برخی دیگر آغازیان مثل اوگلنا فتوسنتز می‌کنند.
- برخی باکتری‌ها فتوسنتز می‌کنند ← سیانوباکتری‌ها و باکتری‌های گوگردی از آن‌ها هستند.
- هر یاخته فتوسنتزکننده باید رنگیزه جذب نور و دناى حلقوی داشته باشد.
- هر یاخته فتوسنتزکننده باید سامانه‌ای برای تبدیل انرژی نوری به شیمیایی داشته باشد.

فاقد کامبیوم و رشد قطری می‌باشد ← واجد سه سامانه پوششی، زمینه‌ای و آوندی می‌باشد.
 مناسب‌ترین (تخصص یافته) ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است.
 تعداد فراوانی سبزیسه دارد که فتوسنتز در آن‌ها انجام می‌شود.

برگ

فتوسنتز

ساختار برگ گیاه دولپه

- روپوست ← یاخته نگهبان و روزنه هوایی کم، کرک، پوستک و یاخته ترشحي دارد.
- زیرین ← یاخته نگهبان و روزنه هوایی زیاد، کرک، پوستک و یاخته ترشحي دارد.
- پهتک ← از نوع اسفنجی ← چند لایه فتوسنتزکننده با فضای بین‌یاخته‌ای زیاد در مجاور روپوست زیرین می‌باشند.
 انواع نرده‌ای ← چند لایه فتوسنتزکننده با فضای بین‌یاخته‌ای کم و فشرده در مجاور روپوست رویی می‌باشند.
 از بافت نرم آکنه‌ای سبزیسه‌دار می‌باشند.
- میانبرگ ← از نوع اسفنجی ← چند لایه فتوسنتزکننده با فضای بین‌یاخته‌ای کم و فشرده در مجاور روپوست رویی می‌باشند.
 از بافت نرم آکنه‌ای سبزیسه‌دار می‌باشند.
- رگبرگ ← یک لایه غلاف آوندی بدون کلروپلاست دارد.
 دسته‌های آوندی → آوند چوبی به سمت بالا دارد.
 آوند آبکش به سمت پایین دارد.
- دمبرگ ← توسط هورمون اتیلن از شاخه در محل گره جدا می‌شود.

ساختار برگ گیاه تک‌لپه

- فاقد پهتک و دمبرگ می‌باشند.
- پوششی → تعدادی کرک و یاخته ترشحي به همراه پوستک دارد.
 تعداد کمی یاخته نگهبان فتوسنتزکننده و روزنه هوایی دارد.
 به میانبرگ اسفنجی متصل است.
- روپوست رویی → تعداد زیادی روزنه دارد → روپوست زیرین → تعداد کمی یاخته نگهبان و روزنه هوایی بیشتری دارد.
 تعدادی کرک، یاخته ترشحي و پوستک دارد.
 به میانبرگ اسفنجی متصل است.
- روپوست زیرین → فقط یاخته‌های اسفنجی با فضای بین‌یاخته‌ای فراوان دارند.
- سبزیسه‌دار → غلاف آوندی سبزیسه‌دار فتوسنتزکننده دارند.
 آوند چوبی به سمت بالا دارند.
 آوند آبکش به سمت پایین دارند.
- زمينه‌ای → فقط یاخته‌های اسفنجی با فضای بین‌یاخته‌ای فراوان دارند.
- آوندی → رگبرگ دارند → غلاف آوندی سبزیسه‌دار فتوسنتزکننده دارند.
 آوند چوبی به سمت بالا دارند.
 آوند آبکش به سمت پایین دارند.

سبزیسه

ساختار

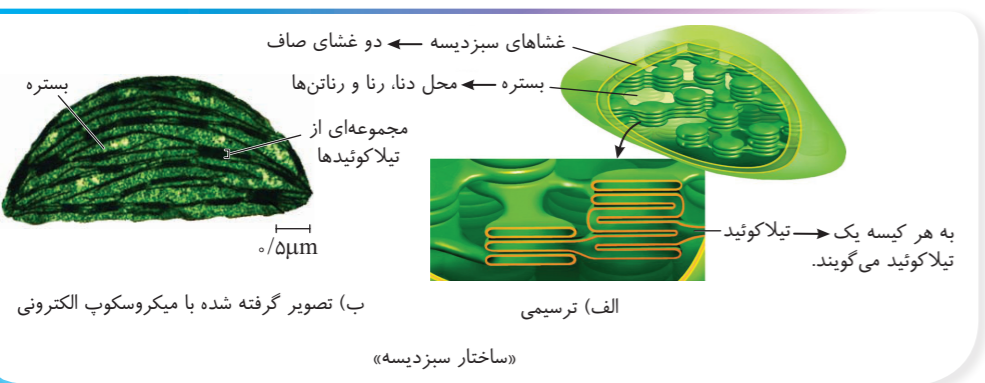
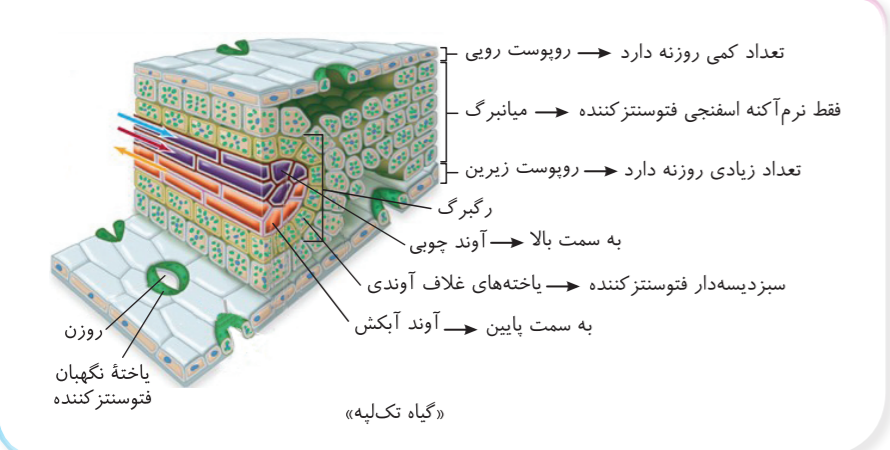
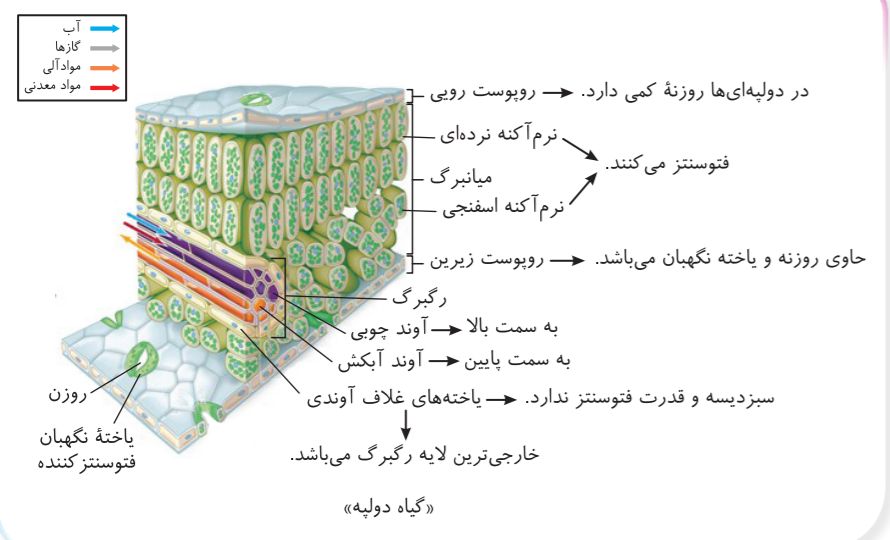
- غشای بیرونی ← صاف بوده و در فتوسنتز نقشی ندارد.
- غشای درونی ← صاف بوده و در فتوسنتز نقشی ندارد.
- بستره ← محل دناى حلقوی، رنا، رناتن، واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز و تنفس نوری می‌باشد.
- تیلاکوئید → محل واکنش‌های وابسته به نور می‌باشد.
 ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل می‌باشند.
- دنا، رنا، رناتن دارد ← مانند راکیزه بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را می‌سازد.

۳ فضا دارد

- فضای بین غشای بیرونی و درونی ← در فتوسنتز نقشی ندارد.
- بستره ← بین تیلاکوئید و غشای درونی است ← محل واکنش‌های مستقل از نور است.
 شروع تنفس نوری است.
- فضای درون تیلاکوئید ← محل تجمع پروتون‌ها و تجزیه نوری آب می‌باشد ← فاقد دنا، رنا و رناتن می‌باشد.

تقسیم

هم مستقل از تقسیم یاخته به صورت تقسیم دو نیم شدن است.
 هم همراه با یاخته به صورت تقسیم دو نیم شدن است.



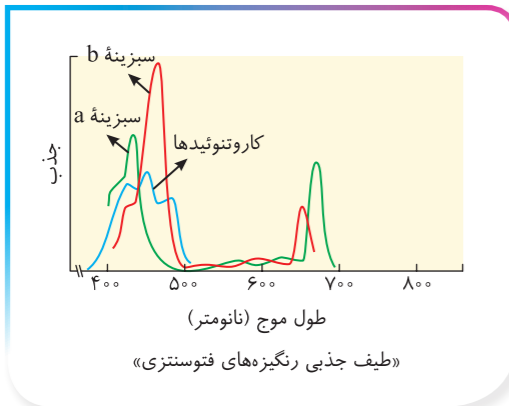
در غشای تیلاکوئیدها درون سامانه‌های تبدیل انرژی به نام فتوسیستم قرار دارند.

سبزینه a و b
 بیشترین جذب: در محدوده ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر ← آبی، بنفش و در محدوده ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ← قرمز، نارنجی
 حداکثر جذب: در ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر است که مقدار جذب سبزینه *b* از *a* بیشتر است.
 در طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر، کمترین جذب را در نور سبز و زرد دارند.

بیشترین رنگیزه در سبزیسیستمهاست ← در اطراف کاروتنوئیدها قرار دارد.
 نوع *a* آن در غشای سیانوباکتری‌ها نیز وجود دارد.

کاروتنوئید
 رنگیزه‌هایی در سبزیسیستمها و رنگ‌دیسسه‌ها می‌باشند.
 در سبزیسیستمها در لابه‌لای سبزینه‌ها قرار گرفته‌اند.
 خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود را در راکتور انجام می‌دهند ← مانع اثر رادیکال‌های آزاد بر مولکول‌های زیستی می‌شوند.
 در میوه‌ها، گلبرگ‌ها و برگ‌های پاییزی زیاد هستند.
 به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شود ← در ریشه هویج و میوه گوجه‌فرنگی زیاد است.
 بیشترین جذب آن‌ها در بخش آبی و سبز نور مرئی است.
 در طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر به حداکثر جذب خود می‌رسند.
 از طول موج ۵۲۰ نانومتر به بالا، قدرت جذب نور ندارند.

با وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.
 کمترین فتوسنتز گیاهان را در طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر انجام می‌دهند.



سامانه‌های تبدیل انرژی هستند که در هر جاندار فتوسنتزکننده وجود دارند.
 حاوی رنگیزه‌های فتوسنتزی متنوع به همراه انواع پروتئین‌ها هستند.

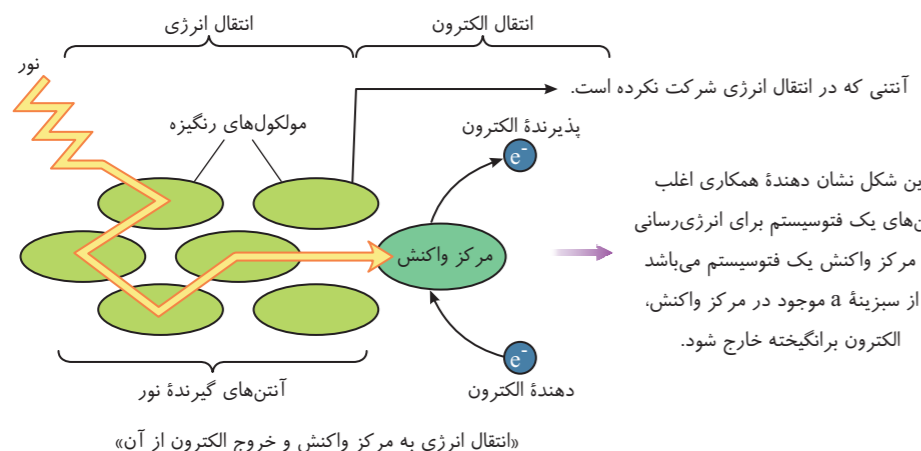
ساختار
 رنگیزه‌های متفاوت (سبزینه‌ها و کاروتنوئیدها) دارند.
 حداکثر جذب نور در رنگیزه‌های این بخش طی طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر صورت می‌گیرد.
 انواعی پروتئین دارند.
 وظیفه انتقال انرژی به همدیگر و به مرکز واکنش دارند.

مولکول‌های سبزینه *a* است که در بستری پروتئینی قرار دارند.
 حاوی الکترون‌هایی است که با آزاد کردن آن‌ها، واکنش‌های نوری فتوسنتز آغاز می‌شود.
 سبزینه *a* درون مرکز واکنش فتوسیستمی را با علامت *P* نشان می‌دهند.

انواع
 فتوسیستم ۱
 حداکثر جذب سبزینه *a* در مرکز واکنش آن، در طول موج ۷۰۰ نانومتر است.
 به سبزینه *a* در آن *P700* می‌گویند.
 کمبود الکترونی خود را از مرکز واکنش فتوسیستم ۲ جبران می‌کند.
 فتوسیستم ۲
 حداکثر جذب سبزینه *a* در مرکز واکنش آن، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است.
 به سبزینه *a* در آن *P680* می‌گویند.
 کمبود الکترونی خود را با تجزیه آب درون تیلاکوئید جبران می‌کند.

آنتن‌ها، انرژی نور را می‌گیرند و به مرکز واکنش منتقل می‌کنند.
 در غشای تیلاکوئید قرار دارند و از طریق مولکول‌های ناقل‌های الکترون به هم مرتبط می‌شوند.

اسپیروئیر
 نوعی جلبک سبز پریاخته‌ای می‌باشد.
 واکنش‌های فتوسنتزی و سبزیسیستمها مانند گیاهان دارند.
 سبزیسیستم‌های نواری و دراز دارند.
 قادر به انجام فتوسنتز و تولید O_2 می‌باشند.
 بیشترین فتوسنتز را در طول موج‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام می‌دهند.



این شکل نشان دهنده همکاری اغلب آنتن‌های یک فتوسیستم برای انرژی‌رسانی به مرکز واکنش یک فتوسیستم می‌باشد تا از سبزینه *a* موجود در مرکز واکنش، الکترون برانگیخته خارج شود.



الکترون برانگیخته

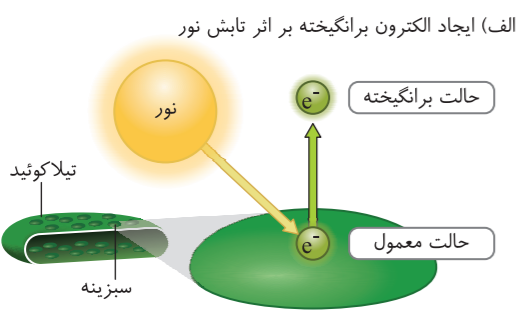
الکترون‌های رنگی‌ها از نور انرژی می‌گیرند که ممکن است از مدار خود خارج شوند. در این حالت به آن الکترون برانگیخته گفته می‌شود (حکله افح). ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگی‌ه بعدی به مدار خود برگردد (حکله ب). ممکن است از رنگی‌ه خارج و به وسیله رنگی‌ه دیگر گرفته شود (حکله پ). انرژی آن‌ها از رنگی‌ه‌ای به رنگی‌ه دیگر و بین آن‌ها منتقل شده و در نهایت به سبزینه *a* در مرکز واکنش می‌رود. الکترون‌های سبزینه *a* در مرکز واکنش برانگیخته شده و از آن خارج می‌شوند. هم در آن‌ها و هم در مرکز واکنش ایجاد می‌شوند ولی فقط در مرکز واکنش، از فتوسیستم خارج می‌شوند. از آن‌ها به مرکز واکنش منتقل نمی‌شوند، بلکه می‌توانند بین آن‌ها منتقل شوند.

بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ است. الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ را گرفته و به مرکز واکنش فتوسیستم ۱ منتقل می‌کند. کمبود الکترون خود را از تجزیه آب جبران می‌کند.

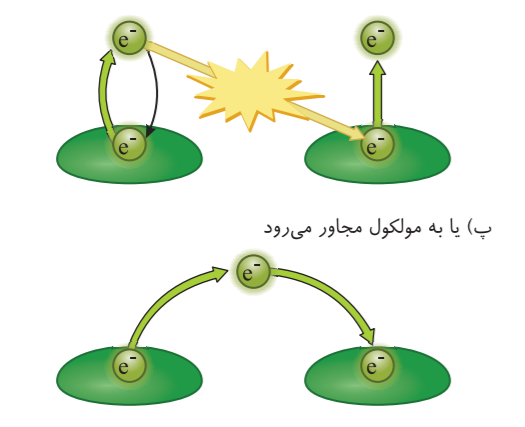
پروتئین آب‌گریز بین فتوسیستم ۲ و پمپ پروتونی است. الکترون‌ها را از $P680$ گرفته و به پمپ پروتونی می‌دهد.

پمپ پروتونی مسئول انتقال الکترون و پروتون است. با صرف انرژی از الکترون عبوری، پروتون‌ها را با انتقال فعال از بستره به درون تیلاکوئید می‌آورد. در عرض غشای تیلاکوئید قرار دارد.

پروتئین آبدوست بین پمپ پروتونی و فتوسیستم ۱ قرار دارد. به سطح داخلی غشای تیلاکوئید متصل است. به‌طور مستقیم به $P700$ الکترون می‌رساند.



الف) ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور



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

پ) یا به مولکول مجاور می‌رود

«ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن»

اجزا

از جنس پروتئین هستند

واکنش‌های وابسته به نور (واکنش‌های تیلاکوئیدی)

زنجیره ۱

انرژی این زنجیره، صرف تولید ATP نوری در کانال ATP ساز می‌شود.

ترتیب واکنش‌های آن

جذب نور توسط فتوسیستم ۲ و آزاد شدن الکترون از $P680$ تجزیه نوری آب توسط فتوسیستم ۲ در درون تیلاکوئید و تولید O_2 انتقال الکترون‌های حاصل از تجزیه آب به $P680$ فتوسیستم ۲ انتقال الکترون خارج شده از $P680$ به پروتئین آب‌گریز عبور الکترون از پمپ پروتونی و انتقال فعال H^+ از بستره به درون تیلاکوئید. ایجاد تراکم زیاد پروتون درون تیلاکوئید به دلیل تجزیه آب و عملکرد پمپ پروتونی انتقال الکترون به پروتئین آبدوست بعد از پمپ رسیدن الکترون به $P700$ در مرکز واکنش فتوسیستم ۱

واکنش‌های فتوسنتزی

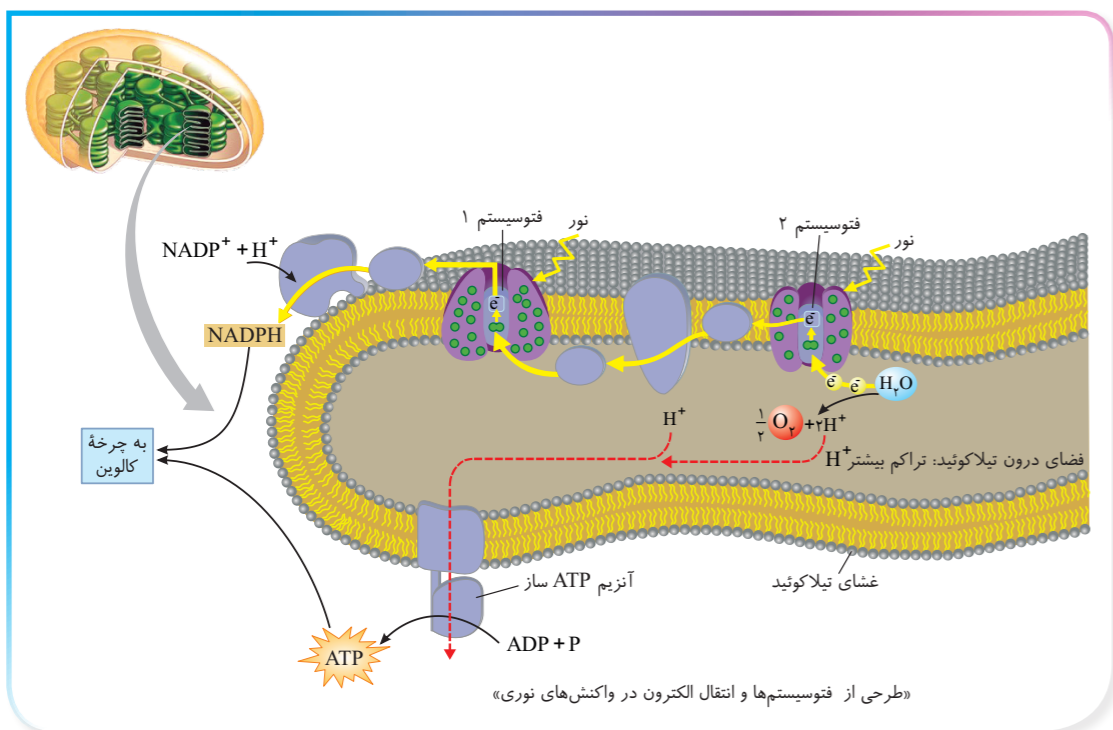
زنجیره انتقال الکترون

تجزیه نوری آب

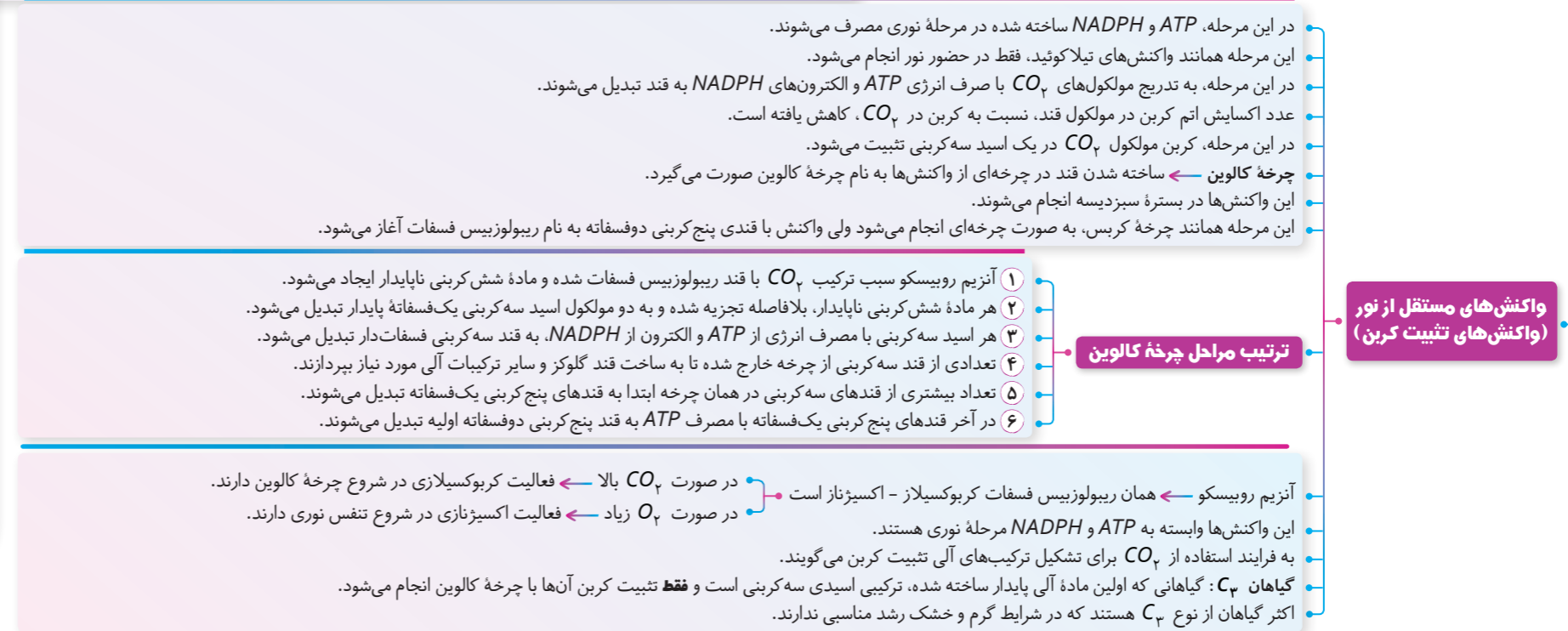
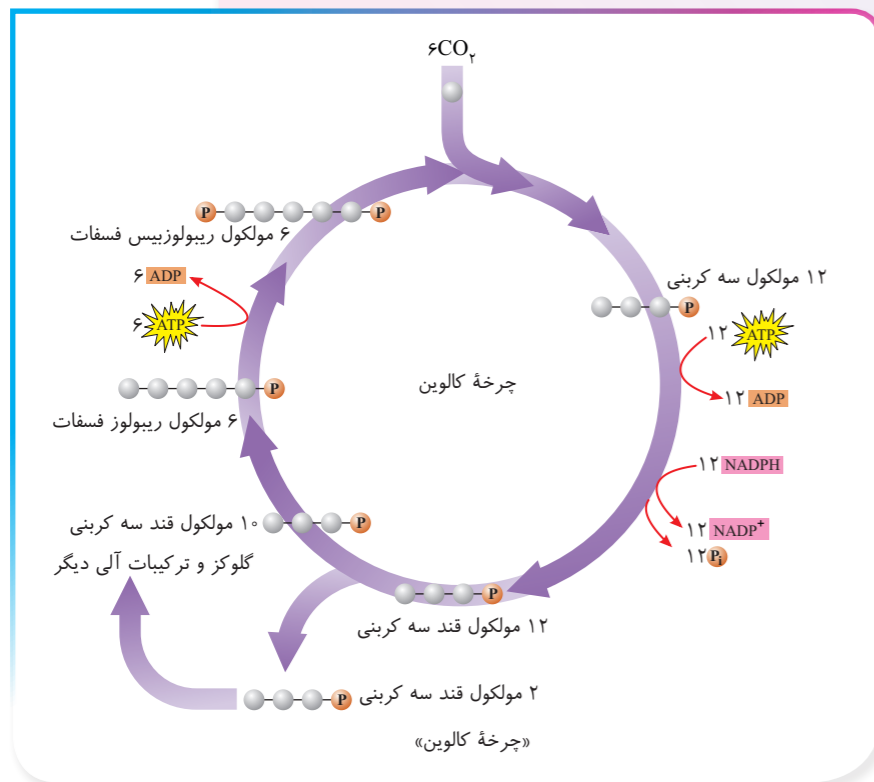
تجزیه نوری آب: $H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$ (محصول: الکترون، پروتون، اکسیژن) توسط عوامل فتوسیستم ۲ صورت می‌گیرد. الکترون‌های آن وارد فتوسیستم ۲ می‌شود. به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط است، بنابراین به آن تجزیه نوری آب می‌گویند. در سطح داخلی تیلاکوئید رخ می‌دهد. سبب تجمع پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئید می‌شود.

ساخته شدن ATP نوری

علاوه بر پروتون حاصل از تجزیه آب، پمپ غشایی هم H^+ را از بستره به تیلاکوئید وارد می‌کند. به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود. براساس شیب غلظت پروتون‌ها، فقط از کانال مجموعه آنزیمی ATP ساز عبور می‌کنند. همراه با عبور پروتون‌ها از کانال آنزیمی ATP ساخته می‌شود که به آن ساخته شدن نوری ATP می‌گویند.



«طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری»





عوامل مؤثر در فتوسنتز

اثر محیط بر فتوسنتز

- دما ← فتوسنتز فرایند آنزیمی است و بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گستره دمایی خاصی انجام می‌شود. ← بالا رفتن زیاد دما سبب تغییر ساختار آنزیم‌ها می‌شود.
- میزان اکسیژن ← بر میزان فتوسنتز تأثیر می‌گذارد و افزایش تراکم O_2 سبب کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود.
- طول موج نور
- شدت نور
- مدت زمان تابش نور
- میزان CO_2 ← تا هنگامی که آنزیم‌های مرحله مستقل از نور اشباع شوند ← افزایش CO_2 بر فتوسنتز اثر مثبت دارد.

عوامل درونی گیاه

- مقدار رنگیزه‌ها ← در میزان فتوسنتز اثر مثبت دارند.
- وسعت برگ‌ها ← هرچه بیشتر باشند، مقدار فتوسنتز بیشتر است.
- موقعیت روزنه‌ها ← هرچه روزنه‌های هوایی در روپوست فرورفته‌تر باشند (غریبانند خزیره) ← مقدار فتوسنتز کمتر است.
- تعداد روزنه‌ها ← هرچه بیشتر باشد، ورود CO_2 و مقدار فتوسنتز بیشتر می‌باشد.

انواع فعالیت‌های رویسکو

فعالیت کربوکسیلازی

- این فعالیت با ترکیب CO_2 و قند ریبولوزیسی فسفات در بستره سبز دیسه انجام می‌گیرد.
- زمانی صورت می‌گیرد که نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ در گیاه زیاد باشد.
- سبب انجام واکنش‌های چرخه کالوین و قندسازی می‌شود.
- مصرف ATP و $NADPH$ در سبز دیسه زیاد می‌شود.
- سبب تولید ماده شش کربنی ناپایدار می‌شود (ناپایدار C_3 رویسکو $\rightarrow C_3 + CO_2$).
- ماده ناپایدار محصول آن به دو اسید سه کربنی پایدار تبدیل می‌شود.

فعالیت اکسیژنازی

- سبب ترکیب O_2 با قند ریبولوزیسی فسفات در بستره سبز دیسه می‌شود.
- زمانی صورت می‌گیرد که نسبت $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه زیاد باشد.
- سبب تولید ماده پنج کربنی ناپایدار در تنفس نوری می‌شود (ناپایدار $C_5 + O_2 \rightarrow C_5$).
- مانع انجام واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز برای ساخت مواد آلی می‌شود.
- مصرف ATP و $NADPH$ را در سبز دیسه کاهش می‌دهد.
- ماده ناپایدار آن به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تبدیل می‌شود.
- در هنگام روزنه هوایی بسته در شرایط گرم و خشک رخ می‌دهد.

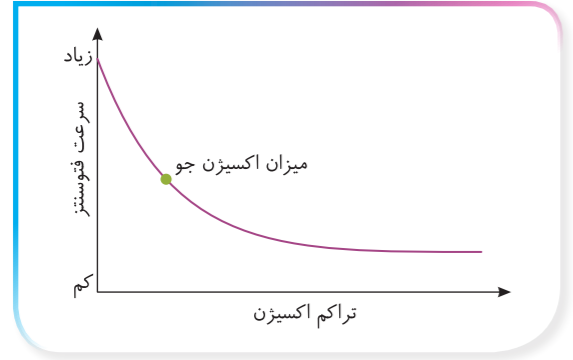
شرایط محیطی انجام آن

- در دما و نور زیاد و رطوبت کم (محیط خشک) ← هورمون آپسیزیک اسید زیاد می‌شود ← روزنه هوایی را مسدود می‌کند
- این عمل به سبب کاهش تعرق و کم شدن از دست رفتن آب گیاه صورت می‌گیرد.
- ورود CO_2 به گیاه کم می‌شود.
- O_2 تولید شده در واکنش‌های نوری فتوسنتز خارج نمی‌شود.
- نسبت $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه زیاد می‌شود.
- رویسیکو با فعالیت اکسیژنازی به سمت تنفس نوری می‌رود.
- فتوسنتز و ساخت مواد آلی در گیاه کاهش می‌یابد.

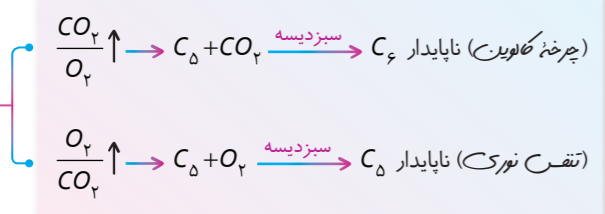
تنفس نوری

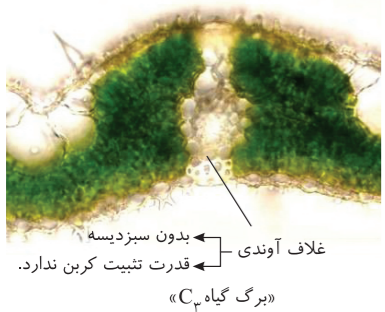
واکنش

- واکنشی مخصوص یاخته‌های دارای آنزیم رویسیکو می‌باشد.
- در نگهبان روزنه هوایی و یاخته‌های فتوسنتزکننده میانبرگ و ساقه دیده می‌شود.
- در هنگام نسبت بالای $\frac{O_2}{CO_2}$ در گیاه و توسط فعالیت اکسیژنازی آنزیم رویسیکو در سبز دیسه آغاز می‌شود.
- مقداری از فرایند آن در سبز دیسه و بخشی در راکیزه انجام می‌شود.
- به منظور بازسازی ریبولوزیسی فسفات (C_5) مصرف می‌شود.
- $O_2 + C_5$ (رویسیکو سبز دیسه) $\rightarrow C_5$ ناپایدار تجزیه $\rightarrow C_3$
- C_3 ← از سبز دیسه خارج می‌شود ← وارد راکیزه می‌شود.
- C_3 ← به منظور بازسازی ریبولوزیسی فسفات (C_5) مصرف می‌شود.
- تولید CO_2 می‌کند.
- ATP تولید نمی‌کند.

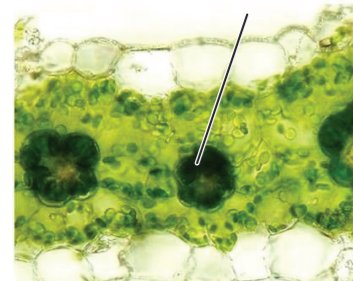
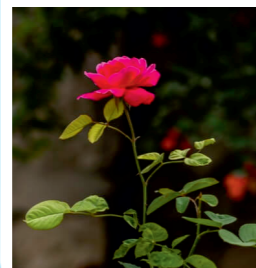


رویسیکو



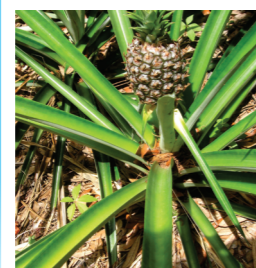
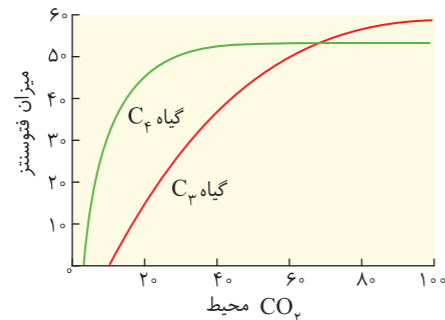
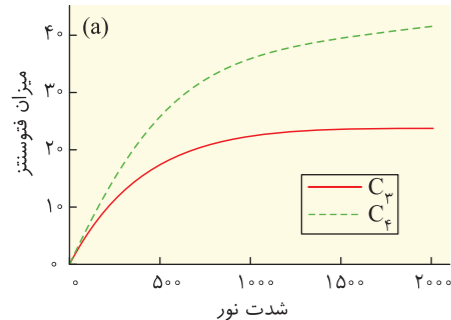


غلاف آوندی ← بدون سبزیسه
← قدرت تثبیت کربن ندارد.
«برگ گیاه C₃»



غلاف آوندی

«برگ گیاه C₄»



فتوسنتز در شرایط دشوار

گیاهان C₃

- اغلب گیاهان طبیعت را شامل می‌شوند.
- فقط قادرند، کربن CO₂ را در چرخه کالوین و در اسید سه کربنی تثبیت کنند.
- یاخته‌های غلاف آوندی آن‌ها سبزیسه ندارد و چرخه کالوین انجام نمی‌دهند.
- افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌های هوایی آن‌ها می‌شود.
- برای کاهش تعرق، روزنه‌های آن‌ها بسته می‌شوند و تبادل اکسیژن و CO₂ از روزنه‌های هوایی متوقف می‌شود ولی همچنان واکنش‌های تیلاکوئید فتوسنتز آن‌ها ادامه دارد.
- نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ در شرایط گرم و خشک در آن‌ها کم می‌شود ← روبیسکو آن‌ها به سمت **اکسیژنازی** و تنفس نوری می‌رود.
- وقتی روزنه‌ها باز می‌شوند، نسبت $\frac{CO_2}{O_2}$ بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها بسته هستند ← این وضعیت در محیط معمولی آن‌ها رخ می‌دهد.
- تثبیت کربن را فقط طی **روز** و فقط به صورت چرخه کالوین انجام می‌دهند.
- در شرایط گرم و خشک نمی‌توانند مانع تنفس نوری شوند.
- گل رز مثالی از گیاه C₃ است که همانند سایر انواع این گروه در مناطق با دمای بالا و تابش شدید زندگی نمی‌کنند.

گیاهان C₄

- سازوکاری برای ممانعت از تنفس نوری در شرایط دمای بالا، تابش شدید نور خورشید و کمبود آب دارند.
- کارایی این گیاهان در چنین شرایطی بیش از سایر گیاهان است.
- یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان سبزیسه دارد و محل انجام چرخه کالوین است.
- تثبیت کربن هر CO₂ را در دو مرحله و مرحله اول در یاخته‌های میانبرگ ← اسید سه کربنی + CO₂ ← **آنزیم** ← اسید چهارکربنی C₄ در دو یاخته مختلف در روز انجام می‌دهند.
- مرحله دوم در یاخته‌های غلاف آوندی ← C₄ ← CO₂ و اسید سه کربنی
- به دلیل اینکه اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهارکربنی است به این گیاهان، گیاهان C₄ می‌گویند.
- این گیاهان **تقسیم مکانی** برای دو نوع تثبیت C₃ و C₄ کربن دارند.
- این گیاهان هر دو نوع تثبیت کربن را در **روز** انجام می‌دهند (تقسیم زمانی ندارند).
- آنزیمی که در ترکیب CO₂ و ترکیب سه کربنی دخیل است، برخلاف روبیسکو، به‌طور **اختصاصی** با CO₂ عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.
- اسید چهارکربنی از طریق **پلاسمودسم‌ها** از یاخته‌های میانبرگ به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شوند.

در غلاف آوندی

- ابتدا از اسید C₄ جدا می‌شود.
- CO₂ وارد چرخه کالوین و تثبیت در اسید C₃ می‌شود.
- اسید C₃ حاصل از جدا شدن CO₂ از اسید C₄ ← از راه پلاسمودسم به یاخته میانبرگ برمی‌گردد.

- با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO₂ در محل فعالیت آنزیم روبیسکو در غلاف آوندی بالا ننگه داشته می‌شود.
- این فعالیت بازدارنده تنفس نوری است پس تنفس نوری **به ندرت** در این گیاهان روی می‌دهد.
- ذرت مثالی از گیاه C₄ است.
- روزنه‌های آن‌ها در نور شدید و محیط خشک، بسته می‌باشند تا از تیخیر آب جلوگیری کنند.
- در محیط گرم و خشک، تقریباً دو برابر گیاهان C₃، فتوسنتز می‌کنند (نمودار ۱).
- با مقدار کم CO₂ محیط، می‌توانند خیلی سریع‌تر از گیاهان C₃، به حداکثر فتوسنتز خود برسند (نمودار ۲).

گیاهان CAM (کم)

انواع تثبیت کربن آن‌ها

- در شب**
 - در یاخته میانبرگ آن‌ها، کربن به صورت اسید C₄ با متابولیسم کراسولاسیون تثبیت می‌شود.
 - روزنه‌های هوایی آن‌ها باز می‌شود ← یعنی یاخته نگهبان روزنه آن‌ها انبساط طولی داشته است.
 - CO₂ محیط وارد گیاه می‌شود.
- در روز**
 - در همان یاخته میانبرگ، ابتدا از اسید C₄ جدا می‌شود.
 - CO₂ یک بار دیگر وارد چرخه کالوین می‌شود.
 - کربن آن در اسید C₃ تثبیت می‌شود.
 - روزنه‌های هوایی آن‌ها بسته می‌باشد و CO₂ وارد گیاه نمی‌شود.

- تقسیم زمانی ← در یاخته میانبرگ تثبیت اولیه کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخه کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند.
- برخی کاکتوس‌ها و آناناس مثالی از گیاهان CAM است ← بر تنفس نوری غلبه کرده‌اند.



اوگلنا

نکته	تثبیت کربن	تولید O_2	رنگیزه فتوسنتزی	سبز دیسه و تیلاکوئید	دمای حلقوی	دمای خطی	منبع الکترون	منبع انرژی واکنش	جانداران تولیدکننده
بیس و گل جالبیز فتوسنتز ندارند.	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	دارند	آب	نور خورشید	گیاهان
در خشکی و آب زندگی می‌کنند.	دارند	دارند	سبزینه	ندارند	دارند	ندارند	آب	نور خورشید	باکتری‌های اکسیژن‌زا
برخی تثبیت N هم دارند. برخی با گیاهان همزیستی می‌کنند.	دارند	دارند	سبزینه α	ندارند	دارند	ندارند	آب	نور خورشید	سیانوباکتری‌ها
در تصفیه فاضلاب برای حذف H_2S استفاده می‌شوند.	دارند	ندارند	باکتریوکلروفیل	ندارند	دارند	ندارند	H_2S	نور خورشید	باکتری گوگردی
اسپیروژیر، سبز دیسه رشته‌ای دارد. اوگلنا بدون نور، فاقد سبز دیسه می‌شود.	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	دارند	آب	نور خورشید	جلبک‌ها و اوگلنا
قدرت تثبیت N ندارند. آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند.	دارند	ندارند	ندارند	ندارند	دارند	ندارند	مواد معدنی	مواد معدنی	شیمیوسنتزکننده‌ها

- ۱ کدام گزینه عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟
«اولین مادهٔ گیرندهٔ الکترونی در برخلاف»
(۱) واکنش‌های تخمیر الکلی - تنفس هوازی، درون خود ساختار نوکلئوتیدی دارد.
(۲) واکنش‌های هوازی تنفس یاخته - مرحلهٔ نوری فتوسنتز، فاقد قند می‌باشد.
(۳) مرحلهٔ دوم واکنش تخمیر لاکتیکی - چرخهٔ کالوین، مولکول سه کربنی می‌باشد.
(۴) چرخهٔ کالوین - تخمیر لاکتیکی، ساختار نوکلئوتیدی ندارد.
- ۲ چند مورد از عبارات زیر درست می‌باشد؟
(الف) در هر فتوسیستم از یکی از انواع رنگیزه‌های سبزینهٔ a مرکز واکنش، الکترون جدا شده و سامانه را ترک می‌کند.
(ب) انتقال H^+ از بستره سبزیسه به درون تیلاکوئید برخلاف آزاد شدن هیستامین از ماستوسیت نوعی انتقال فعال است.
(ج) در واکنش‌های تیلاکوئیدی و تثبیت کربن فتوسنتزی گیاهان، آب تنها مولکولی است که الکترون دهندهٔ واکنش‌ها می‌باشد.
(د) انرژی الکترون‌های برانگیخته شده از $P700$ سبب مصرف ADP می‌شود.
- (۱) ۲ مورد (۲) ۱ مورد (۳) ۴ مورد (۴) ۳ مورد
- ۳ در گیاهان، هر مادهٔ رنگی که
(۱) در حفظ مولکول‌های زیستی مؤثر است، در رنگ دیسه و سبزیسه دیده می‌شود.
(۲) مقدار آن در برگ‌های پاییزی زیاده‌تر می‌شود، در طول موج ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر به حداکثر جذب نوری می‌رسد.
(۳) در pHهای مختلف رنگ متفاوت دارد، در اندامک دوغشایی دیده نمی‌شود.
(۴) مشابه آن در سیانوباکتری‌ها نیز وجود دارد، در مراکز مختلف واکنش هر فتوسیستم یافت می‌شود.
- ۴ در یاختهٔ غلاف آوندی ذرت، هر زنجیرهٔ انتقال الکترون برخلاف زنجیرهٔ انتقال الکترون
(۱) غشای داخلی راکیزه - بین دو فتوسیستم، دارای دو نوع پروتئین آب‌گریز و آب‌دوست می‌باشد.
(۲) بعد از فتوسیستم ۱ - بین دو فتوسیستم، واجد پروتئینی با نقش انتقال الکترون و پروتون می‌باشد.
(۳) واجد پمپ انتقال پروتون - فاقد پروتئین آب‌گریز، به دوباره‌سازی گیرندهٔ الکترونی می‌پردازد.
(۴) تولیدکنندهٔ ناقل الکترونی پر انرژی - تولیدکنندهٔ گیرنده‌های الکترونی، فاقد پمپ پروتونی می‌باشد.
- ۵ کدام گزینه عبارت «در مرحله‌ای از فتوسنتز که انرژی نوری به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود،» را به درستی تکمیل می‌کند؟
(۱) O_2 و $NADP^+$ مصرف می‌شود.
(۲) ماده نوکلئوتیددار ناقل الکترون، الکترون‌گیری می‌کند.
(۳) از CO_2 برای ساخت ترکیبات آلی استفاده می‌شود.
(۴) سنتز آبدهی نوکلئوتید پراثری صورت می‌گیرد.
- ۶ نوعی زنجیرهٔ انتقال الکترونی در یاخته نرده‌ای میانبرگ لوبیا که دارد، قطعاً را انجام نمی‌دهد.
(۱) سه پمپ پروتونی - دوباره‌سازی گیرندهٔ الکترونی
(۲) در اندامک مصرف‌کنندهٔ O_2 وجود - برخلاف سبزیسه، ورود H^+ به بستره اندامک
(۳) بین دو فتوسیستم قرار - انتقال پروتون
(۴) بعد از فتوسیستم ۱، قرار - برخلاف هر زنجیره دیگر این یاخته، تأمین انرژی مورد نیاز تولید ATP
- ۷ در مرحلهٔ وابسته به نور فتوسنتز گیاهان، مرحلهٔ مستقل از نور
(۱) برخلاف - مادهٔ آلی الکترون‌گیری می‌کند.
(۲) همانند - نوعی مادهٔ معدنی اکسایش می‌یابد.
(۳) برخلاف - $NADPH$ الکترون‌دهی می‌کند.
(۴) همانند - مادهٔ الکترون دهنده وجود دارد.
- ۸ کدام عبارت در مورد واکنش‌های تثبیت کربن در فتوسنتز صحیح می‌باشد؟
(۱) در مرحلهٔ آخر چرخهٔ کالوین، همانند مرحله تولید قند سه کربنی، محصولات تنفس یاخته‌ای مصرف می‌شوند.
(۲) هم‌زمان با خروج تعدادی قند از چرخه واکنش‌ها، ATP و $NADPH$ مصرف می‌شوند.
(۳) تولید و تجزیه ماده شش کربنی این واکنش‌ها به کمک آنزیم روبیسکو صورت می‌گیرد.
(۴) همواره مصرف ATP با تولید یک نوع مولکول هیدرات کربنی همراه می‌باشد.
- ۹ کدام گزینه صحیح است؟
(۱) تنفس نوری برخلاف چرخهٔ کالوین، ابتدا یک مادهٔ ناپایدار ایجاد می‌کند.
(۲) برخی از واکنش‌های تنفس نوری همانند برخی واکنش‌های بخش هوازی تنفس یاخته‌ای، در میتوکندری انجام می‌شوند.
(۳) چرخهٔ کالوین برخلاف چرخهٔ کربس به تولید ADP و نوعی گیرندهٔ الکترونی با ماهیت نوکلئوتیدی می‌پردازد.
(۴) در کرک‌های روپوستی، واکنش‌های چرخهٔ کالوین برخلاف چرخهٔ کربس، فقط در روز انجام می‌شود.

۱۰

در یک یاخته غلاف آوندی ذرت، از ابتدای واکنش تا تولید در مسیر این واکنش، ATP مصرف نمی‌شود.
 (۱) تجزیه گلوکز - پیرووات‌ها
 (۲) تجزیه نوری آب - اسید سه کربنی چرخه کالوین
 (۳) کربوکسیلازی روبیسکو - قند سه کربنی
 (۴) تولید $\text{NADPH} - \text{NADP}^+$

۱۱

کدام گزینه، محل فرایند درون‌یاخته‌ای گیاه C_3 (مانند گل رز) را به درستی نشان می‌دهد؟
 (۱) تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A در بستره راکیزه یاخته دارای صفحه آبکشی بالغ
 (۲) بازسازی ماده چهار کربنی شروع کننده چرخه کربس در بستره راکیزه یاخته‌ای که اندازه کوتاه با دیواره دوم استحکامی دارد.
 (۳) بازسازی ریبولوزیسی فسفات از قند سه کربنه در بستره سبز دیسه یاخته‌های کرک روپوستی
 (۴) هر یاخته تثبیت کننده کربن آن، توانایی تولید و مصرف NAD^+ دارد.

۱۲

می‌توان گفت که
 (۱) در چرخه کالوین همانند قندکافت، شکسته شدن ترکیب شش کربنه، سبب تولید دو قند سه کربنی می‌شود.
 (۲) در واکنش‌های چرخه کالوین برخلاف چرخه کربس، آنزیم‌ها از پروتون‌های آزاد شده توسط ناقلین الکترونی استفاده می‌کنند.
 (۳) ترکیب شش کربنه موجود در چرخه کالوین همانند ترکیب شش کربنه موجود در چرخه کربس از وسط نصف می‌شود.
 (۴) در مرحله آخر چرخه کالوین همانند مرحله آخر قندکافت، گروه‌های فسفات معدنی به آدنوزین دی‌فسفات افزوده می‌شود.

۱۳

در هر قسمتی از می‌شود، لزوماً
 (۱) چرخه کالوین که ماده آلی سه کربنی تولید - ATP مصرف می‌شود.
 (۲) بخش بی‌هوازی تنفس نوتروفیل که فسفات مصرف - ماده سه کربنی تولید می‌شود.
 (۳) چرخه کربس که ماده چهار کربنی تولید - کاهش تعداد کربن رخ داده است.
 (۴) واکنش‌های تیلوکوئیدی فتوسنتز، که ماده تک‌نوکلوئیدی تولید - انرژی واکنش از انتشار پروتون تأمین شده است.

۱۴

چند مورد جمله روبه‌رو را به نادرستی تکمیل نمی‌کند؟ «یاخته‌های گیاهان امکان ندارد که»
 الف) غلاف آوندی - $\text{C}_3 - \text{C}_4$ - NADPH تولید کنند.

ب) میانبرگ - C_4 - دوباره سازی NADP^+ انجام دهند.

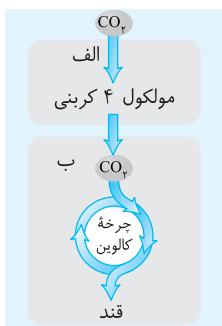
ج) غلاف آوندی - $\text{C}_4 - \text{CO}_2$ را به صورت اسید چهار کربنی تثبیت کنند.

د) میانبرگ - C_3 - به دنبال هر فعالیت روبیسکو، به دوباره سازی ریبولوزیسی فسفات پردازند.

۱) مورد ۳ (۲) مورد ۴ (۲) مورد ۱ (۴) مورد ۲ (۴) مورد ۱ (۴)

۱۵

کدام گزینه عبارت «در شکل مقابل یاخته (الف) یاخته (ب)،» را به درستی تکمیل می‌کند؟
 (۱) همانند - به تولید ATP اکسایشی می‌پردازد.
 (۲) برخلاف - قادر به تولید ماده آلی چهار کربنی می‌باشد.
 (۳) همانند - به دوباره سازی NADP^+ می‌پردازد.
 (۴) برخلاف - کربن CO_2 را در شب تثبیت نمی‌کند.



۱۶

گیاهانی که خارجی‌ترین قسمت رگبرگ آن‌ها همواره یاخته‌های سبز دیسه‌دار دارد، دارای کدام ویژگی زیر می‌باشند؟
 (۱) هر آنزیم تثبیت کننده کربن آن‌ها، قدرت اکسیژن‌زایی نیز دارد.
 (۲) CO_2 جو را طی روز در یک یاخته و در دو مرحله تثبیت می‌کنند.
 (۳) اسید سه کربنی را بین یاخته‌های میانبرگ و غلاف آوندی خود مبادله دو طرفی می‌کنند.
 (۴) چرخه کالوین، فقط در برخی یاخته‌های رگبرگی انجام می‌گیرد.

۱۷

چند مورد از عبارت‌های زیر درباره مولکولی که برای سازش غذا سازی گیاهان C_4 ، از راه پلاسمودسم از میانبرگ خارج می‌شود، نادرست می‌باشد؟
 الف) مولکولی است که بیشتر مقدار آن در خون انسان به صورت یون بی‌کربنات منتقل می‌شود.
 ب) مستقیماً سبب فعالیت آنزیم روبیسکو در غلاف آوندی می‌شود.
 ج) در یاخته‌هایی که از آندهای گیاه محافظت می‌کنند، ابتدا تجزیه می‌شود.
 د) سبب بالا نگه داشتن مقدار CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو می‌شود.

۱) مورد ۲ (۲) مورد ۳ (۲) مورد ۱ (۴) مورد ۴ (۴)

۱۸. ساخته‌هایی که الکترون لازم برای عمل فتوسنتز را از مواد معدنی تأمین می‌کنند، قطعاً
 (۱) بی‌هوازی هستند و NAD^+ را در سیتوپلاسم دوباره‌سازی می‌کنند.
 (۲) رونویسی برخی ژن‌های اصلی آن‌ها به کمک پروتئین مهارکننده تنظیم می‌شود.
 (۳) نمی‌توانند دیسک داشته باشند ولی می‌توانند $NADH$ را در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم بسازند.
 (۴) از منبع الکترون خود، انرژی نمی‌گیرند.

چند مورد عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«منبع اصلی در با متفاوت است.»

(الف) الکترون - زنبق - باکتری گوگردی سبز

(ب) انرژی - باکتری گوگردی سبز - گروهی از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین

(ج) الکترون - باکتری گوگردی ارغوانی - باکتری اکسیژن‌زا

(د) انرژی - باکتری گوگردی ارغوانی - باکتری حاوی سبزینه a

(۱) ۲ مورد (۲) ۱ مورد (۳) ۳ مورد (۴) ۴ مورد

چند مورد از عبارات زیر صحیح است؟

(الف) شیمیوسنتزکننده‌های خاک موجب اکسایش نیترات و تبدیل آن به آمونیوم می‌شوند.

(ب) باکتری‌هایی که از H_2S به عنوان منبع الکترون و انرژی استفاده می‌کنند، در محیط بدون نور زندگی می‌کنند.

(ج) باکتری‌های ریزوبیومی، یکی از منابع نیتروژنی را برای گیاهان تولید می‌کنند.

(د) برخی از شیمیوسنتزکننده‌ها همانند باکتری‌های گوگردی سبز از ترکیبات گوگرددار به عنوان منبع اصلی انرژی استفاده می‌کنند.

(۱) ۳ مورد (۲) ۲ مورد (۳) ۱ مورد (۴) صفر مورد

پاسخ آزمون هدیه

۱- اولین گیرنده الکترونی در چرخه کالوین، **اسید سه کربنه** می‌باشد که از NADPH، الکترون گیری می‌کند تا کاهش یابد ولی در تخمیر لاکتیکی اولین ماده گیرنده الکترون NAD^+ می‌باشد که ساختار نوکلئوتیدی دارد (دقت کنید که قندکافت، مرحله اول هر نوع تخمیر و تنفس یاخته‌ای هوازی می‌باشد).
تله‌های تستی گزینه (۱): هم در تخمیر الکلی و هم در تنفس هوازی، اولین گیرنده الکترونی، NAD^+ می‌باشد که ساختار دی‌نوکلئوتیدی دارد. / گزینه (۲): اولین گیرنده الکترونی واکنش‌های هوازی تنفس، NAD^+ در تبدیل پیرووات به استیل می‌باشد (که حاوی قند پنتوز در هر نوکلئوتید خود می‌باشد) ولی در مرحله نوری فتوسنتز اولین گیرنده الکترونی $NADP^+$ است که از PV_{00} الکترون می‌گیرد (گیرنده الکترون در واکنش **نوری** فتوسنتز، $NADP^+$ می‌باشد. FAD, NAD^+ و $NADP^+$ همگی ساختار دی‌نوکلئوتیدی دارند). / گزینه (۳): گیرنده الکترونی در مرحله دوم تخمیر لاکتیکی، مولکول پیرووات می‌باشد که همانند اسید سه کربنی گیرنده الکترونی چرخه کالوین، هر دو از مواد سه کربنی می‌باشند.

گیرنده‌های الکترونی

واکنش	اولین گیرنده الکترونی	آخرین گیرنده الکترونی
تنفس هوازی	NAD^+ در قندکافت	O_p در انتهای زنجیره انتقال الکترون
بخش هوازی تنفس	NAD^+ در تبدیل پیرووات به استیل	O_p در انتهای زنجیره انتقال الکترون
تخمیر الکلی	NAD^+ در قندکافت	اتانال
تخمیر لاکتیکی	NAD^+ در قندکافت	پیرووات
بخش نوری فتوسنتز	$NADP^+$	-
بخش غیرنوری فتوسنتز	اسید سه کربنی	-
کل فتوسنتز	$NADP^+$	اسید سه کربنی

ایستگاه ۱

۲- فقط مورد (ب) صحیح است.

تله‌های تستی الف) نادرست است. در بین رنگیزه‌های فتوسنتزی در آنتن‌های فتوسیستم، همگی قادر به خروج الکترون می‌باشند ولی این الکترون را در همان فتوسیستم منتقل می‌کنند. الکترونی که از کل فتوسیستم ۱ یا ۲ خارج می‌شود فقط از سبزینه a ($PV_{00}, P680$) در مرکز واکنش فتوسیستمی خارج شده است که سایر رنگیزه‌ها برای خروج آن، انرژی جذب کرده‌اند. (**هر مرکز واکنش فتوسیستمی، یک نوع سبزینه a دارد**) / (ب) درست است. آزاد شدن هیستامین با آگزوستوز (برون‌رانی) است ولی انتقال و ورود H^+ به درون تیلاکوئید با انتقال فعال است (البته هر دو فرایند با صرف انرژی صورت می‌گیرد). / (ج) نادرست است. در واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز، آب الکترون دهنده اصلی می‌باشد ولی در واکنش‌های مستقل از نور چرخه کالوین، مولکول NADPH نقش الکترون‌دهی را ایفا می‌کند که البته در کل فتوسنتز، این الکترون‌ها نیز مربوط به تجزیه آب بوده‌اند ولی آب در واکنش‌های مستقل از نور به‌طور مستقیم به عنوان الکترون دهنده شرکت نمی‌کند. / (د) نادرست است. دقت کنید که انرژی و الکترون‌های PV_{00} در فتوسیستم ۱ به $NADP^+$ می‌رسند ولی تولید ATP در اثر انرژی‌گیری فتوسیستم ۲ صورت می‌گیرد.

۳- **تله‌های تستی** گزینه (۱): آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها، خاصیت پاداکسنده و حفظ‌کننده مولکول‌های زیستی از اثر رادیکال‌های آزاد دارند که آنتوسیانین در دیسه‌ها یافت نمی‌شود (بلکه در واکوئول‌ها هستند). / گزینه (۲): کاروتنوئیدها در پاییز زیاد می‌شوند که بالاتر از طول موج ۵۲۰ یا ۵۳۰ نانومتر دیگر قدرت جذب نور ندارند. / گزینه (۴): در سیانوباکتری‌ها، سبزینه a وجود دارد ولی باباجون هر فتوسیستم، یک مرکز که بیشتر نداره! (بعد از این همه تست دیگه نباید بی‌دقتی کنی!)

۴- بخش اول در مورد زنجیره الکترونی بعد از فتوسیستم ۱ می‌باشد که ناقل NADPH می‌سازد، این زنجیره برخلاف زنجیره راکیزه که NAD^+ می‌سازد، فاقد پمپ پروتونی می‌باشد.

تله‌های تستی گزینه (۱): نادرست است. هر دو زنجیره فوق دارای پروتئین‌های آب‌دوست، آب‌گریز و پمپ پروتونی می‌باشند. / گزینه (۲): نادرست است. زنجیره انتقال الکترون بعد از فتوسیستم ۱، پروتئینی با نقش انتقال پروتون ندارد. / گزینه (۳): نادرست است. قسمت اول در مورد زنجیره انتقال الکترون راکیزه‌ای و زنجیره بین دو فتوسیستم می‌باشد که فقط اولی توانایی دوباره‌سازی NAD^+ و FAD دارد.

۵- منظور سؤال مرحله وابسته به نور فتوسنتز است که نوکلئوتید سه‌فسفاته ATP توسط کانال H^+ با سنتز آبدی از مولکول ADP تولید می‌شود (درستی گزینه (۴)).
 ◀ در مرحله نوری O_p تولید و $NADP^+$ و ADP مصرف می‌شود (نادرستی گزینه (۱)).

◀ دقت کنید که در واکنش نوری فتوسنتز، $NADP^+$ الکترون می‌گیرد که گیرنده الکترون است نه ناقل الکترون!! (اگر ناقل الکترون بود، الکترون می‌خواست چکارا!) (نادرستی گزینه (۲)).

◀ همان‌طور که می‌دانید، واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز، مستقل از CO_p انجام می‌شوند (نادرستی گزینه (۳)).

در یک یاخته فتوسنتزکننده یوکاریوتی زنجیره‌های انتقال الکترون هم در راکیزه‌ها و هم در سبزدیسه‌ها دیده می‌شود که در سبزدیسه دو نوع زنجیره، یکی بین دو فتوسیستم و دیگری از فتوسیستم ۱ به بعد وجود دارد.

زنجیره‌های انتقال الکترونی

محل	عوامل غیررنگیزه‌دار موجود در زنجیره	محصولات غیرمستقیم	محصولات مستقیم	فعالیت	نوع زنجیره
غشای درونی راکیزه	سه پمپ پروتونی و دو پروتئین ناقل یکی آب‌گریز و دیگری آب‌دوست دارد	کمک به تولید ATP اکسایشی در کانال H^+	الکترون‌رسانی به O_2 و تولید H_2O و دوباره‌سازی FAD و NAD^+	انتهای بخش هوازی تنفس یاخته‌ای برای تولید ATP اکسایشی	زنجیره درون راکیزه‌ای
غشای تیلاکوئید	یک پمپ پروتونی که ناقل H^+ هم هست و دو ناقل الکترونی آب‌گریز و آب‌دوست دارد.	کمک به تولید ATP نوری در کانال H^+	به تجزیه آب در فتوسیستم ۲ کمک می‌کند.	بخش نوری فتوسنتز	زنجیره بین فتوسیستم ۱ و ۲ در تیلاکوئیدها
غشای تیلاکوئید	دو پمپ پروتئینی آب‌دوست در سطح خارجی غشای تیلاکوئید دارد.	-	$NADPH, H^+$	بخش نوری فتوسنتز	زنجیره بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$

ایستگاه ۲

تله‌های تستی گزینۀ (۱): نادرست است. منظور از زنجیره‌های که سه پمپ دارد، زنجیره درون راکیزه می‌باشد که دوباره‌سازی NAD^+ و FAD را انجام می‌دهد. / گزینۀ (۲): نادرست است. زنجیره‌های انتقال الکترونی در راکیزه و سبزدیسه، سبب خروج فعال H^+ از بستره اندامک‌ها می‌شوند. دقت کنید که ورود H^+ به بستره راکیزه یا سبزدیسه توسط کانال پروتونی رخ می‌دهد که جزء اعضای زنجیره انتقال الکترون نمی‌باشد. / گزینۀ (۳): نادرست است. زنجیره اول انتقال الکترون تیلاکوئید که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، حاوی پمپ H^+ برای انتقال پروتون از بستره به فضای تیلاکوئید می‌باشد. / گزینۀ (۴): **درست است**. زنجیره انتقال الکترونی دوم در تیلاکوئیدها که بعد از فتوسیستم ۱ قرار دارد در تولید ATP نقشی ندارد ولی زنجیره انتقال الکترون راکیزه و زنجیره انتقال الکترون بین دو فتوسیستم تیلاکوئید در تولید ATP در کانال H^+ نقش دارند.

نکته

در مرحله نوری، آب (ماده معدنی) به ترکیب آلی یا همان سبزینه a ($P680$) موجود در فتوسیستم ۲ الکترون می‌دهد، در مرحله مستقل از نور، ماده آلی $NADPH$ دهنده الکترون به اسید سه کربنه آلی می‌باشد ولی تولید ATP فقط در مرحله نوری صورت می‌گیرد.

در مرحله تولید قند C_6 دوفسفات از قند C_3 یک‌فسفات که در هر دو مرحله تولید یک ماده قندی (هیدرات کربنی) صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینۀ (۱): محصولات تنفس یاخته‌ای CO_2 و ATP می‌باشند ولی دقت کنید ATP هایی که در چرخه کالوین مصرف می‌شوند، در مراحل نوری فتوسنتز تولید شده‌اند نه در راکیزه! از طرفی در چرخه کالوین از CO_2 در واکنش آنزیم روبیسکو برای ترکیب C_3 با CO_2 استفاده می‌شود. / گزینۀ (۲): خروج قند C_3 از چرخه کالوین پس از تولید این قندها در اثر مصرف ATP و $NADPH$ صورت می‌گیرد. / گزینۀ (۳): تولید ماده شش کربنی ناپایدار توسط آنزیم روبیسکو صورت می‌گیرد ولی تجزیه آن به دو اسید سه کربنی در اثر پارانرژی بودن C_3 و ناپایداری آن به صورت خودبه‌خودی رخ می‌دهد.

تله‌های تستی گزینۀ (۱): هر دو ابتدا ماده پارانرژی ناپایدار شش و پنج کربنی می‌سازند. / گزینۀ (۲): هر واکنش بخش هوازی تنفس در راکیزه یوکاریوت‌ها رخ می‌دهد. / گزینۀ (۴): کرک، توانایی فتوسنتز و انجام چرخه کالوین ندارد.

از واکنش تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ تا تولید اسید سه کربنی چرخه کالوین، ATP نوری تولید می‌شود ولی مصرف ATP در فتوسنتز در چرخه کالوین و بعد از تولید اسید سه کربنی صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینۀ (۱): در ابتدای واکنش‌های قندکافت، برای تأمین انرژی فعال‌سازی شروع واکنش، تجزیه شدن یا مصرف ATP صورت می‌گیرد. / گزینۀ (۳): در چرخه کالوین از عمل روبیسکو در مرحله اول تا تولید قند سه کربنی، مولکول‌های ATP در تبدیل اسید سه کربنی به قند سه کربنی مصرف می‌شوند. / گزینۀ (۴): از تولید $NADPH$ در انتهای مرحله نوری فتوسنتز تا تولید $NADP^+$ در چرخه کالوین، مصرف مولکول ATP صورت می‌گیرد که این واکنش قبل از اکسایش $NADPH$ صورت می‌گیرد. (باز هم یادآوری می‌کنم که در مرحله تبدیل اسید سه کربنی چرخه کالوین، ابتدا تجزیه ATP صورت می‌گیرد و سپس $NADPH$ ها اکسایش می‌یابند.)

نکته

هر یاخته زنده توانایی تنفس یاخته‌ای و تولید و مصرف NAD^+ را دارد.

تله‌های تستی گزینۀ (۱): نادرست است. یاخته آبکش بالغ، راکیزه و سایر اندامک‌های خود را از دست می‌دهد و فقط واکنش‌ها را از شیره پرورده دارد. / گزینۀ (۲): نادرست است. یاخته اسکلرئید مرده استحکامی را معرفی می‌کند که متابولیسم ندارد. / گزینۀ (۳): نادرست است. کرک‌ها فتوسنتز نمی‌کنند.

۱۹- فقط مورد (د) نادرست است.

تله‌های تستی الف) درست است. منبع الکترون زنبق که گیاه فتوسنتزکننده است آب می‌باشد ولی در باکتری گوگردی ارغوانی و سبزه، منبع الکترون، **ترکیبات گوگردی** است. / (ب) درست است. منبع انرژی در فتوسنتزکنندگان (از قبیل باکتری گوگردی سبزه، گوگردی ارغوانی و...) نور خورشید است، در حالی که در شیمیوسنتزکننده‌ها که از قدیمی‌ترین باکتری‌ها هستند، منبع انرژی، مواد معدنی می‌باشد. / (ج) درست است. منبع الکترون باکتری گوگردی از H_2S و در سیانوباکتری‌ها که اکسیژن‌زا می‌باشند از آب الکترون می‌گیرند. / (د) **نادرست** است. منبع انرژی گوگردی‌ها نور خورشید است (فتوسنتزکننده‌اند). از آنجا که سبزینه a نیز در سیانوباکتری‌های فتوسنتزکننده دیده می‌شود، پس منبع انرژی این گروه‌ها از نور خورشید می‌باشد.

۲۰- موارد (ب) و (ج) صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. دقت کنید که شیمیوسنتزکننده‌های خاک، با اکسایش آمونیوم، از آن انرژی و الکترون گرفته و نیترات می‌سازند (نه برعکس). / (ب) **درست** است. منبع انرژی باکتری‌های گوگردی، نور خورشید و منبع الکترون آن‌ها، H_2S است ولی منظور سؤال، شیمیوسنتزکننده‌ها هستند که در محیط بدون نور زندگی می‌کنند و برخی از آن‌ها از H_2S به عنوان منبع انرژی و الکترون استفاده می‌کنند. / (ج) درست است. ریزوبیوم‌ها طی عمل تثبیت نیتروژن، نیتروژن گازی را به **آمونیم** تبدیل می‌کنند. همان‌طور که می‌دانید، آمونیوم و نیترات، دو ماده نیتروژن‌داری هستند که وارد گیاه می‌شوند. / (د) نادرست است. برخی شیمیوسنتزکننده‌ها از H_2S به عنوان منبع الکترون و منبع انرژی استفاده می‌کنند در حالی که باکتری‌های گوگردی از H_2S به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند چون انرژی خود را از نور خورشید می‌گیرند.