

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 پتانسیل 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 وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

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

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

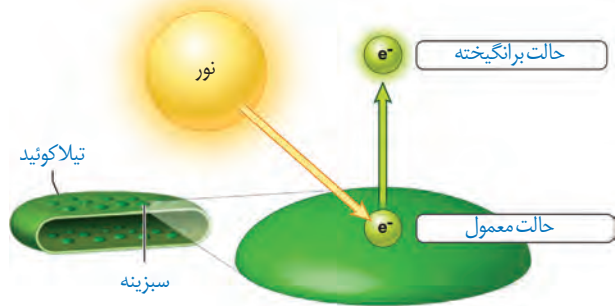
دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و دیگری بین فتوسیستم ۱ و NADP^+ قرار دارد.

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

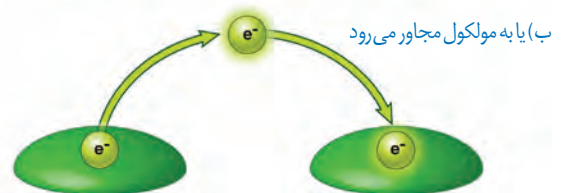


با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱

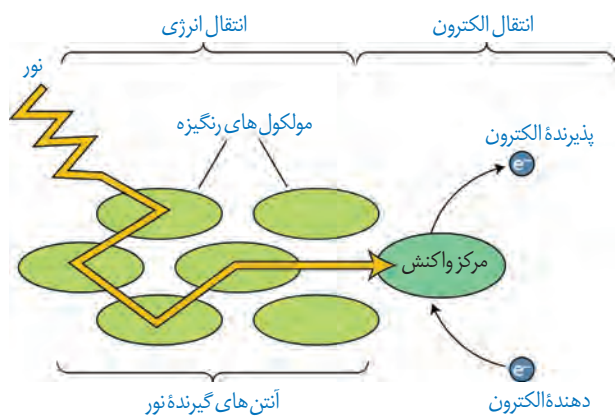
ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور



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



شکل ۴- ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



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

۱- Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

بیشتر بدانید

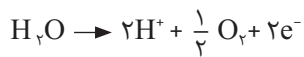
نام گذاری فتوسیستم ها

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

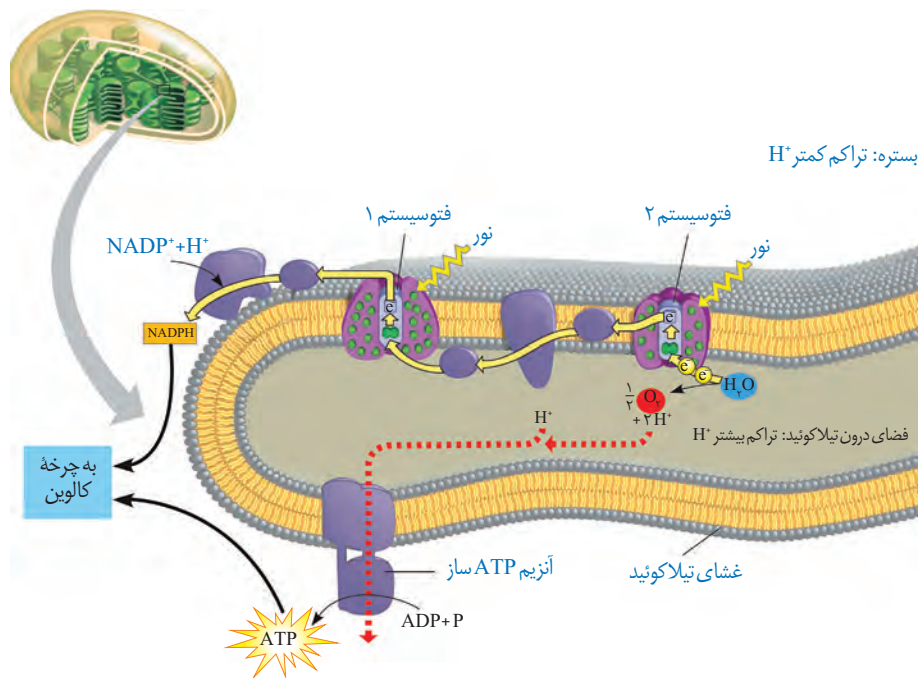
را جبران می کند، اما کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می شود؟

تجزیه نوری آب: به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می بینید، مولکول های آب تجزیه می شوند و الکترون های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می گویند.

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



واکنش ۳- تجزیه آب



شکل ۶- طرحی از فتوسیستم ها و انتقال الکترون در واکنش های نوری

ساخته شدن ATP در فتوستنز

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

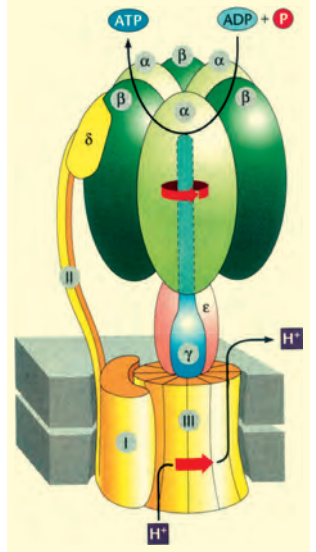
همچنین دانستیم که تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید. در نتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می شود.

پروتون ها بر اساس شیب غلظت خود می خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون ها از چه راهی به بستره می روند؟ در غشای تیلاکوئید مجموعه ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم

بیشتر بدانید

آنزیم ATP ساز در سبزیسه

شکل زیر طرحی از آنزیم ATP ساز را در غشای تیلاکوئید نشان می دهد. با عبور پروتون از بخش کانال این آنزیم، سر می چرخد و در جهت مناسب برای ترکیب ADP با فسفات قرار می گیرد. در نتیجه ATP ساخته می شود.



بیشتر بدانید

ارتباط با شیمی

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

ATP ساز در راکیزه است. پروتون ها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می دهد، همراه با عبور پروتون ها از این آنزیم، ATP ساخته می شود. به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، ساخته شدن نوری ATP می گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می افتد.

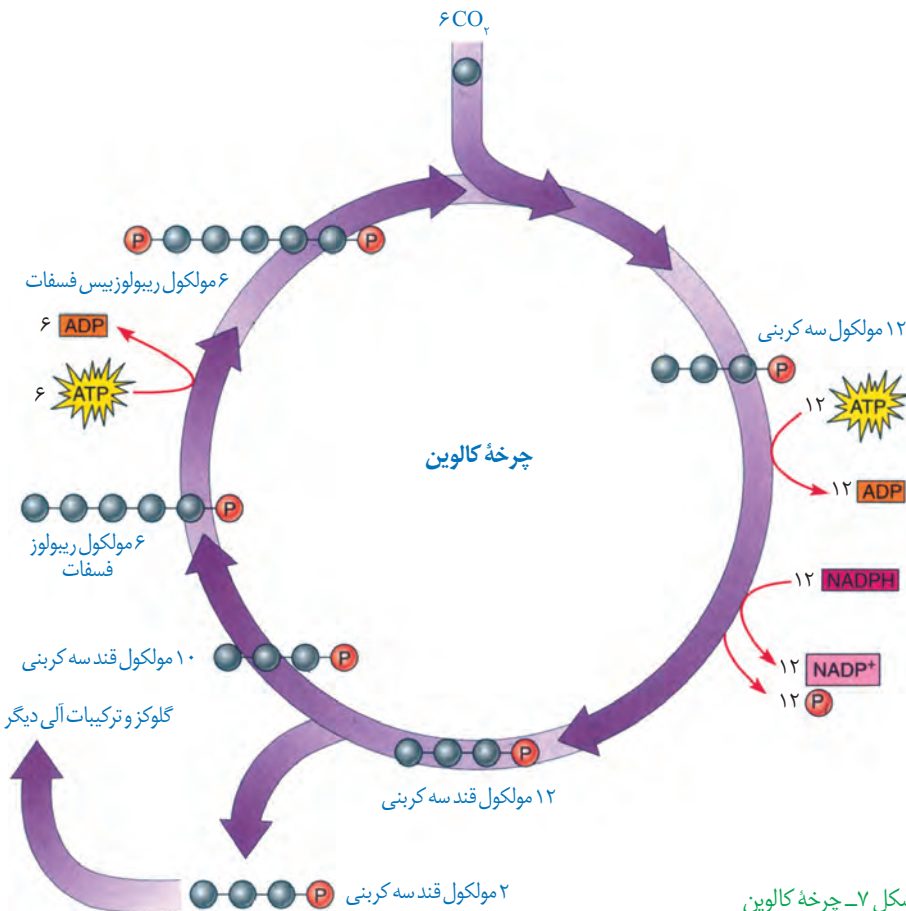
واکنش های مستقل از نور: واکنش های تثبیت کربن

می دانیم که در فتوسنتز، مولکول های 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 CO_2 ، کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تأمین می شوند.

ساخته شدن قند در چرخه ای از واکنش ها، به نام چرخه کالوین رخ می دهد (شکل ۷). این واکنش ها در بستره سبزیسه انجام می شوند.

در چرخه کالوین CO_2 با قندی پنج کربنی به نام ریبولوز بیس فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می شود. افزوده شدن CO_2 به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روبیسکو (ریبولوز بیس



شکل ۷- چرخه کالوین

بیشتر بدانید

شناسایی چرخه کالوین

کشف مواد پرتوزا این امکان را به محققان داد تا با استفاده از این مواد، فرایندهای زیستی را شناسایی کنند. یکی از این فرایندها فتوسنتز بود. ملوین ایلس کالوین و همکارانش با ردیابی ^{14}C در جلبک تک یاخته‌ای سبز، توانستند مراحل متفاوت این فرایند را شناسایی کنند. کالوین که زیست‌شیمی دان بود، از پدرمادری روس که به آمریکا 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.



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 ایجاد می‌کند. این مولکول‌ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می‌شوند.

همان طور که در شکل ۷ می‌بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوز بیس 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 چرخه 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.

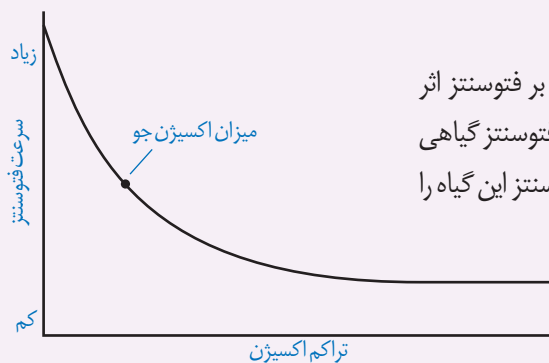
دیدیم اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود، **گیاهان C_3** می‌گویند. اکثر گیاهان C_3 هستند؛ گرچه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می‌پردازیم.

اثر محیط بر فتوسنتز

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 گستره دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.



تفسیر کنید

فعالیت ۴

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.