فـصل ۶

از انرژی به ماده

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت های حیاتی، از اکسایش مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می شود.

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 می کند؟ چه جاندارانی می توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی هایی دارند؟

چشم انداز گفتار ۱ – فتوسنتز

فتوسنتز : تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می دانید گیاهان در فرآیند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می کنند. بر این اساس می توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده ، اندازه گرفت .

$$۶\,CO_۲ + ۶\,H_۲O \longrightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶\,O_۲$$

در فتوسنتز ، CO_2 و آب به منظور تولید قند ، مصرف می شوند و O_2 نیز به عنوان یک محصول دفعی تولید و آزاد می گردد.
برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند .همچنین این رنگیزه ها باید در سامانه ای برای تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی، وجود داشته باشد.
انواعی از جانداران می توانند فتوسنتز کنند ، در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

برگ ساختارتخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است، مقادیر فراوانی سبزدیسه(کلروپلاست) دارد. می دانید که فتوسنتز در سبزدیسه ها انجام می شود. بعضی گیاهان فتوسنتز انجام نمی دهند و به صورت انگل مواد آلی را از گیاه میزبان دریافت می کنند. گیاهان ابتدایی مثل خزه نیز بافت و اندام واقعی ندارندف این گیاهان ریشه ، ساقه و برگ ندارند و به جای آن ها ساختارهای ریشه مانند، ساقه مانند و برگ مانند دارند.

برگ گیاهان دو لپه از دو بخش پهنک و دمبرگ تشکیل شده است.

پهنک بخش اصلی برگ است و معمولا به صورت یک صفحه مسطح و سبز دیده می شود. دمبرگ قسمتی از برگ است که آن را به ساقه یا ساخه متصل می کند. پهنک برگ شامل :

۱- روپوست رویی (اپیدرم بالایی) ۲- روپوست زیرین (اپیدرم پایینی) ۳- دسته های آوندی ۴- میانبرگ

میانبرگ شامل یاخته های نرم آکنه ای(پارانشیم) است و بین روپوست بالایی و پایینی قرار گرفته است و دسته های آوندی را در برمی گیرد.

سبزدیسه ها در یاخته های میانبرگ و یاخته های نگهبان روزنه قرار دارند. یاخته های نگهبان روزنه، یاخته های تمایزیافته در اندام های هوایی گیاه (مانند برگ) هستند. وقتی دو یاخته لوبیایی شکل نگهبان روزنه از هم فاصله می گیرند، بین آن ها روزنه هوایی ایجاد می شود.

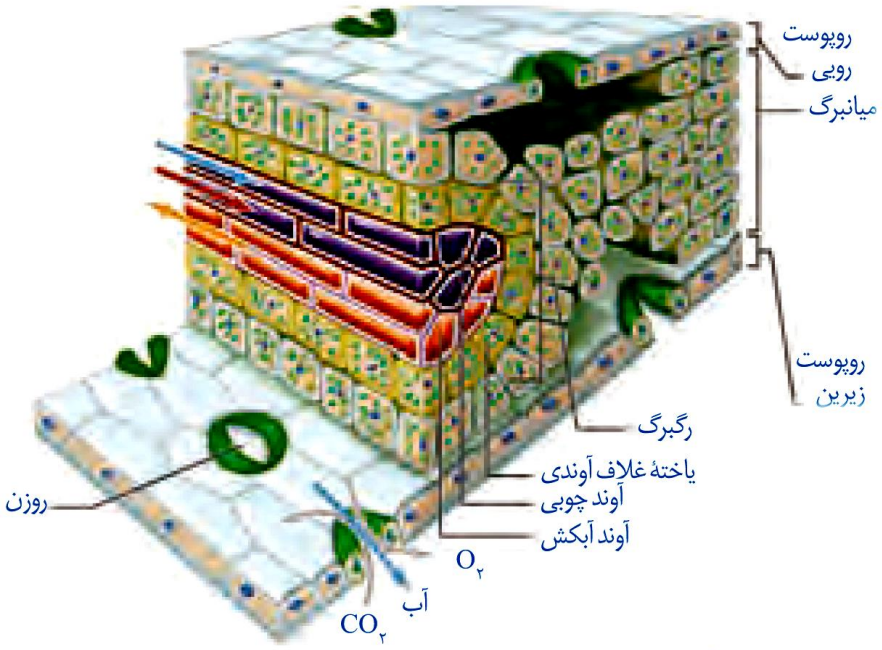
بیشتر یاخته های روپوست فاقد سبزدیسه اند، از بین یاخته های روپوست، فقط یاخته های نگهبان روزنه سبزدیسه دارند.

در برگ نهاندانگان دولپه ای، یاخته های میانبرگ به دو شکل دیده می شوند:

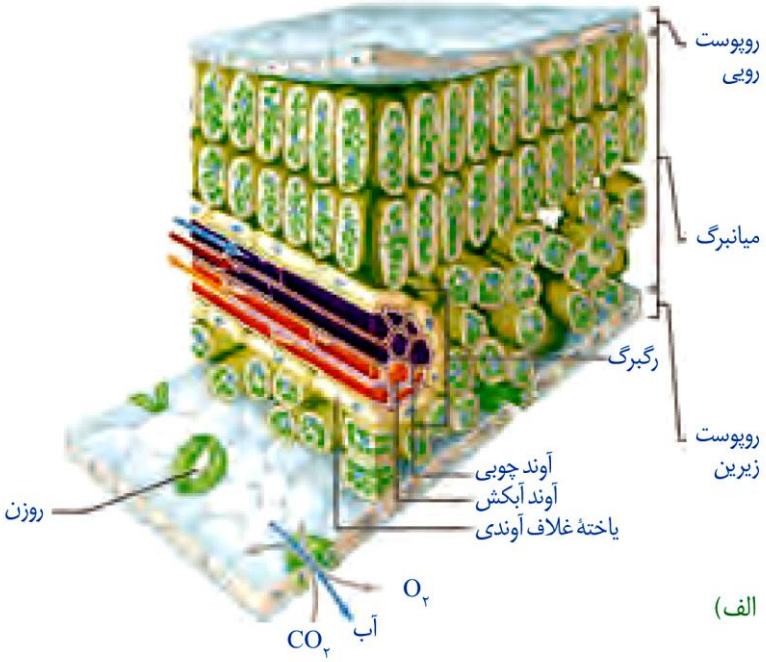
۱- میانبرگ نرده ای که شامل یاخته های نرده ای شکل و به هم فشرده است و در زیر روپوست بالایی قرار دارد.

۲- میانبرگ اسفنجی که شامل یاخته های پراکنده است و از هم فاصله دارند و در زیر میانبرگ نرده ای و به سمت روپوست زیرین قرار دارد.

میانبرگ در بعضی از گیاهان از یاخته های اسفنجی تشکیل شده است.


روپوست
رویی
میانبرگ
روپوست
زیرین
رگبرگ
یاختهٔ غلاف آوندی
آوند چوبی
آوند آبکش
روزن
O_2
آب
CO_2

ب)


روپوست
رویی
میانبرگ
رگبرگ
روپوست
زیرین
آوند چوبی
آوند آبکش
یاختهٔ غلاف آوندی
روزن
O_2
آب
CO_2

الف)

سبزدیسه(کلروپلاست) :

سبزدیسه همانند راکیزه دارای دو غشا (غشای بیرونی و غشای درونی) است که از هم فاصله دارند . اما برخلاف راکیزه ، غشای درونی آن چین خورده نیست. فضای درون کلروپلاست با سامانه ای غشایی به نام تیلاکوییید به دو بخش تقسیم می شود :

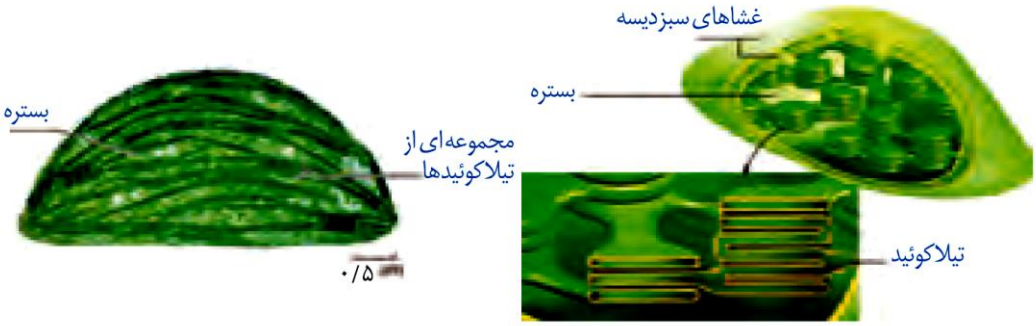
۱- فضای درون تیلاکوییدها ۲- بستره که فضای بیرون تیلاکوییدهاست.

تیلاکوییدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصلی هستند که از روی هم قرار گرفتن آنها گرانوم ایجاد می شود .در هر کلروپلاست تعدادی گرانوم وجود دارد. سبزدیسه ها در یاخته های میانبرگ و یاخته های نگهبان روزنه قرار دارند.

بستره دارای رنا ، دنا و رناتن است . بنابراین سبزدیسه مانند راکیزه می تواند بعضی از پروتئین های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه همانند راکیزه علاوه بر این که همزمان با تقسیم یاخته تقسیم می شوند، می تواند به طور مستقل نیز تقسیم شود.

در یک گرانوم، فضای تیلاکوییدها به هم پیوسته است. لوله های غشایی، گرانوم ها را به یکدیگر متصل می کنند.

شکل ۲ـ ساختار سبزدیسه



الف) ترسیمی ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

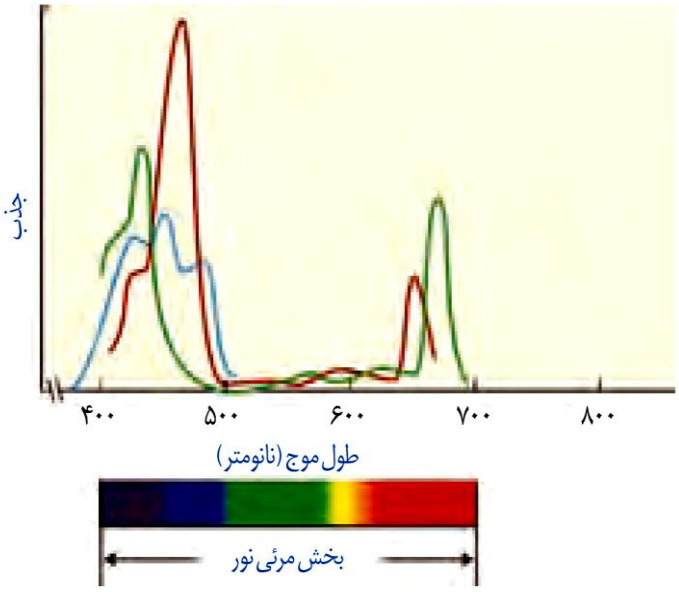
رنگیزه های فتوسنتزی :

غشای تیلاکوییید محل قرار گیری رنگیزه های فتوسنتزی است.

افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبز دیسه هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج های متفاوت نور افزایش می دهد.سبزینه همانطور که از نامش پیداست ، به رنگ سبز دیده می شود .

در گیاهان سبزینه های a و b وجود دارند. اختلاف اندک در ساختار مولکولی این دو سبزینه، سبب می شود که حداکثر جذب آنها در طول موج های متفاوتی در محدوده های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش – آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی – قرمز) است، گرچه حداکثر جذب آن ها در هر یک از این محدوده ها با هم متفاوت است.

کاروتئوئیدها به رنگهای زرد ، نارنجی و قرمز دیده می شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است.



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

طیف های نوری :

سبزینه (کلروفیل) پرتوهای بنفش، آبی و قرمز را به خوبی جذب اما پرتوهای سبز و زرد را منعکس می کند و به دلیل منعکس کردن این پرتوها، به رنگ سبز یا سبز مایل به زرد دیده می شود.

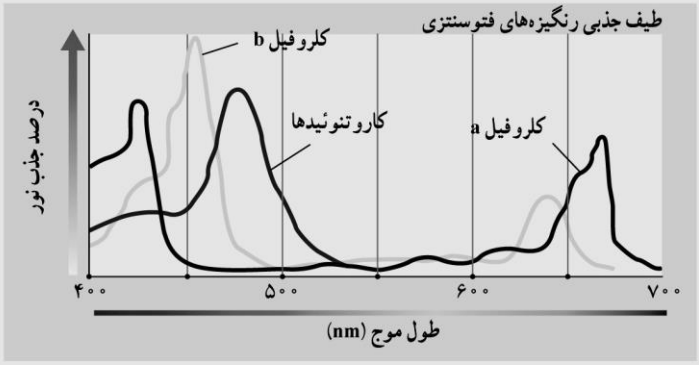
کاروتنوئیدها پرتوهای آبی و سبز را به خوبی جذب اما پرتوهای زرد، نارنجی و قرمز را منعکس می کنند.کاروتنوئیدها عامل رنگ برگ های پاییزی، بعضی میوه ها و گل ها محسوب می شوند.

رنگیزه‌های مؤثر در فتوسنتز :

کاروتنوئیدها ← رنگ زرد (گزانتوفیل)، نارنجی (کاروتن)

- رنگیزه‌ها در غشای تیلاکوئیدها قرار دارند و طول موج‌های متفاوت را جذب می‌کنند.
- کلروفیل‌ها نور قرمز و آبی و بنفش و کاروتنوئیدها نور آبی و سبز را بیش‌تر جذب می‌کنند.
- هر دو نوع رنگیزه‌ها در جذب پرتو آبی مشترک هستند.

کلروفیل ها اولین و اصلی ترین رنگیزه موثر در فتوسنتز هستند، که نور آبی ، قرمز و بنفش را جذب و نور سبز و زرد را منعکس می کنند و کلروفیل دارای دو نوع a و b می باشد.



شکل ۳ـ۸ـ نور هنگام فتوسنتز جذب می‌شود. کلروفیل‌ها نور قرمز و آبی و بنفش را بیشتر جذب می‌کنند. درحالی که کاروتنوئیدها نور آبی و سبز را بیشتر جذب می‌کنند.

کاروتنوئید رنگیزه کمکی در گیاهان است که نور سبز و آبی را جذب و نور زرد (گزانتوفیل) و نارنجی (کاروتن) را منعکس می کند .

نکته : در یوکاریوت ها واکنش های فتوسنتز درون کلروپلاست و در پروکاریوت ها (سیانو باکتری ها) در غشای پلاسمایی انجام می گیرد.

نکته : حداکثر جذب سبزینه a مربوط به پرتوهای نوری بنفش است و حداکثر جذب سبزینه b مربوط به پرتوهای آبی است.

فتو سیستم : سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به نام فتوسیستم I و II قرار دارند .

هر فتوسیستم شامل چندین آنتن های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است .

هر آنتن گیرنده نور از رنگیزه های متفاوت (کلروفیل ها یا سبزینه ها و کاروتنوئیدها)و انواعی از پروتئین ها ساخته شده است.آنتن ها انرژی نور را می گیرند و به مرکز واکنش منتقل می کنند. مرکز واکنش، شامل مولکولهای کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

نوع سبزینه a و پروتئین مرکز واکنش در فتوسیستم های ۱ و ۲ با هم متفاوت است. حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم I در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب سبزینه a در فتوسیستم II در طول موج ۶۸۰ نانومتر است .بر همین اساس به سبزینه a در فتوسیستم I ، P700 و به سبزینه a در فتوسیستم II ، P680 نیز می گویند.

پروتئینهای مراکز واکنش فتوسیستم های I و II با هم متفاوت اند ؛ به همین علت حداکثر جذب در هر فتوسیستم در طول موج های متفاوتی است.

فتوسیستم ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با ترکیباتی به نام ناقل الکترون(زنجیره انتقال الکترون) به هم متصل می شوند که درجهٔ اکسایش آنها با گرفتن الکترون ، کاهش و با از دست دادن آن افزایش می یابد، در واقع این مولکول ها می توانند الکترون بگیرند یا از دست بدهند. (کاهش و اکسایش)

از بین رنگیزه های فتوسنتزی، فقط سبزینه a می تواند الکترون از دست بدهد،پس اگر نور به رنگیزه برخورد کند و این برخورد باعث تولید الکترون برانگیخته شود، فقط در صورتی که رنگیزه از نوع سبزینه a باشد، می تواند درجه اکسایش آن افزایش یابد.

توجه : جلبک سبز رشته ای یا اسپیروژیر ، کلروپلاست های نواری شکل، دراز و بزرگی دارد .اگر این فرض درست باشد که همهٔ طول موج های نور در فتوسنتز موثرند، انتظار داریم که میزان تولید و درنتیجه تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته ای یکسان باشد.

جلبک را روی سطحی ثابت کردند و در لوله آزمایشی شامل آب و باکتری های هوازی قرار دادند .با استفاده از منشور، نور معمولی تجزیه و به لوله آزمایش تابانده شد .بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتریها در بعضی قسمت ها تجمع یافته اند، لذا میزان اکسیژن آزاد شده در بخش های مختلف باهم تفاوت دارند اما در حالت عادی همه یاخته های اسپیروژیر به اندازه یکسانی فتوسنتز می کنند و به اندازه یکسانی نیز اکسیژن آزاد می کنند.

رنگیزه	محل استقرار در فتوسیستم	بیشترین میزان جذب	کمترین میزان جذب
سبزینه a	**مرکز واکنش**	**پرتوهای بنفش و آبی**	**پرتوهای سبز**
سبزینه b	**آنتن گیرنده نور**	**پرتوهای بنفش و آبی**	**پرتوهای سبز**
کاروتنوئیدها	**آنتن گیرنده نور**	**پرتوهای آبی و سبز**	**پرتوهای قرمز،نارنجی وزرد**