

به نام خدا

بیولوژی کمپبل، فتوسنتز

مترجمان:

النا حسن زاده

ثنا نعیمی خسروی

رویا زنده‌دل

نسیم صدوقی مود

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۴)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir

سرشناسه : حسن زاده ، النا ، ۱۳۹۱
عنوان و نام پدیدآورندگان : بیولوژی کمپیل، فتوستتر / مترجمان: النا حسن زاده ، ثنا نعیمی خسرویہ ،
رویاء زندهدل ، نسیم صدوقی مود
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۴ .
مشخصات ظاهری : ۶۰ ص.
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۱۱۷-۸۰۶-۳
شناسه افزوده : نعیمی خسرویہ ، ثنا ، ۱۳۹۲
شناسه افزوده : زندهدل ، رویاء ، ۱۳۹۲
شناسه افزوده : صدوقی مود ، نسیم ، ۱۳۶۸
وضعیت فهرست نویسی : فیفا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : بیولوژی کمپیل - فتوستتر
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۵۵/۶۶۸
شماره کتابشناسی ملی : ۹۹۷۶۵۸۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیفا

نام کتاب : بیولوژی کمپیل، فتوستتر
مترجمان: النا حسن زاده - ثنا نعیمی خسرویہ - رویاء زندهدل - نسیم صدوقی مود
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد : پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۴
چاپ : زبرجد
قیمت : ۸۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
<https://chaponashr.ir/ketabresan>
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۱۱۷-۸۰۶-۳
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



فهرست

۵.....	فرایندی که غذای زیست کره را فراهم می کند
۶.....	مفاهیم کلیدی.....
۹.....	سوخت های جایگزین از گیاهان و جلبک ها.....
۹.....	مطالعه بیشتر
۱۱.....	کلروپلاست ها جایگاه فتوسنتز در گیاهان.....
۱۲.....	ردیابی اتم ها در فتوسنتز: تحقیق علمی
۱۵.....	تجزیه آب
۱۷.....	فتوسنتز یک فرایند ردوکس است.....
۱۷.....	دو مرحله فتوسنتز: نگاه کلی.....
۲۱.....	ماهیت نور.....
۲۳.....	رنگیزه های فتوسنتزی گیرنده های نور
۲۵.....	تعیین طیف جذبی
۳۰.....	برانگیختگی کلروفیل توسط نور
۳۴.....	ساختار فتوسیستم II.....
۳۶.....	جریان خطی الکترون
۳۹.....	جریان چرخه ای الکترون
۴۰.....	مقایسه شیمپو اسمز در کلروپلاست ها و میتوکندری ها
۴۸.....	آیا تنفس نوری یک یادگار تکاملی است؟.....
۵۱.....	گیاهان C ₄
۵۱.....	گیاهان CAM.....

۵۵.....	جذب
۶۰.....	علم، فناوری و جامعه
۶۱.....	درباره موضوع مطرح شده در زیر بنویسید



شکل ۱۰-۱ چگونه نور خورشید که در اینجا به صورت طیفی از یک رنگین کمان قابل مشاهده است. باعث ساخت مواد آلی می شود؟

نگاه کلی

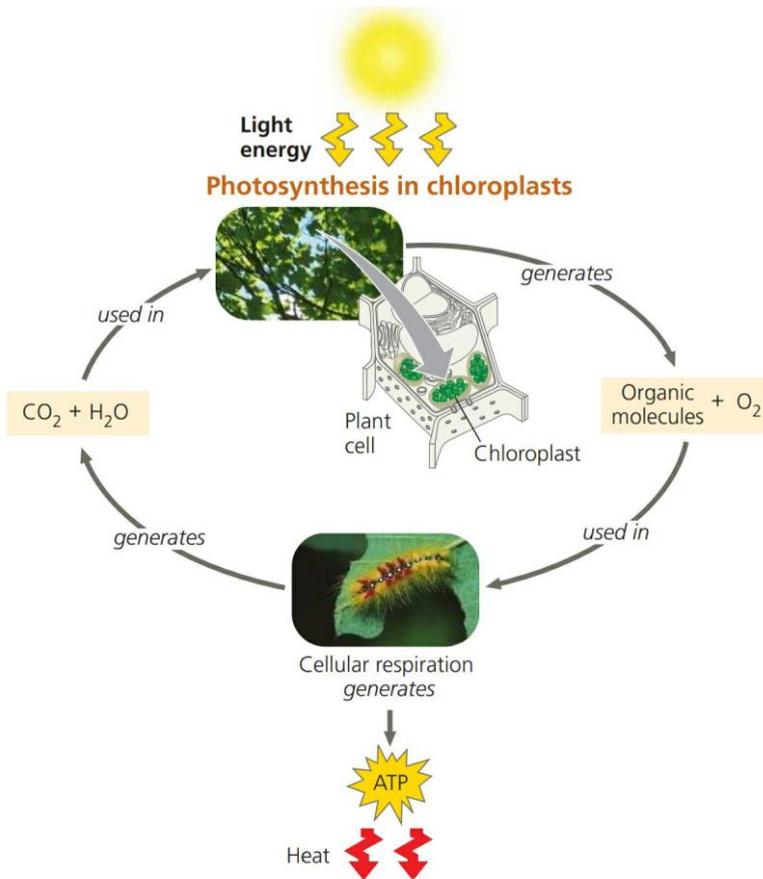
فرایندی که غذای زیست کره را فراهم می کند

زندگی در کره زمین به نور خورشید وابسته است. کلروپلاست ها انرژی نور خورشید را که پس از طی ۱۵۰ میلیون کیلومتر فاصله به زمین می رسد دریافت کرده و به شکل انرژی شیمیایی در قندها و دیگر مولکول های آلی ذخیره می کنند. این فرایند تبدیلی فتوسنتز^۱ نام دارد. اجازه دهید فتوسنتز را ابتدا از دیدگاه اکولوژیک بررسی کنیم.

فتوسنتز غذای مورد نیاز تقریباً همه جانداران کره زمین را به طور مستقیم یا غیر مستقیم تأمین می کند. هر جاندار ترکیبات آلی مورد نیاز خود را که برای تأمین انرژی و اسکلت کربنی احتیاج دارد به یکی از دو روش اصلی زیر به دست می آورد: تغذیه اتوتروفی و تغذیه هتروتروفی اتوتروف ها از کلمه auto به معنی خود و trophos به معنی تغذیه گرفته شده است غذا سازه هستند. آن ها بدون نیاز به جانداران دیگر نیازهای خود را

^۱Photosynthesis

تأمین می کنند. اتوتروف ها مولکول های آلی مورد نیاز خود را از CO_2 و دیگر مواد خام معدنی که از محیط به دست می آورند می سازند. آن ها منبع اصلی ترکیبات آلی برای همه جانداران غیر اتوتروف به شمار می روند. و به همین دلیل زیست شناسان اتوتروف ها را به عنوان تولید کننده های زیست کره می شناسند.



مفاهیم کلیدی

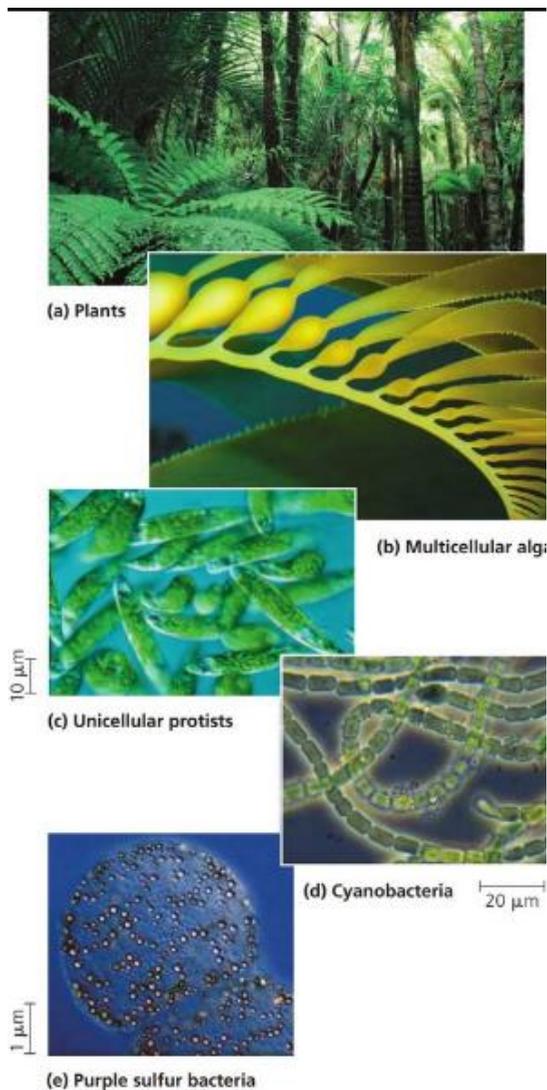
- ۱-۱۰ فتوسنتز، انرژی نور را به انرژی شیمیایی ذخیره شده در غذاها تبدیل می کند.
- ۱۰-۲ واکنش های نوری انرژی نور خورشید را به انرژی شیمیایی ذخیره شده در ATP و NADPH تبدیل می کنند.

۳-۱۰ چرخه کالوین از ATP و NADPH برای تبدیل CO₂ به قند استفاده می کند.

۴-۱۰ در شرایط آب و هوایی گرم و خشک، مکانیسم های جایگزینی برای تثبیت کربن تکامل یافته اند.

تقریباً همه گیاهان اتوتروف هستند و مواد غذایی مورد نیاز آن ها تنها شامل آب و مواد معدنی موجود در خاک و دی اکسید کربن هوا است. گیاهان به ویژه فتواتوتروف هستند یعنی جزو جاندارانی به شمار می روند که از نور خورشید به عنوان منبع انرژی برای ساخت ترکیبات آلی بهره می برند شکل ۱-۱۰ فتوسنتز در جلبک ها برخی از آغازیان و تعدادی از پروکاریوت ها نیز روی می دهد. شکل ۱۰-۳ در این فصل توجه ما بیشتر بر روی گیاهان خواهد بود و انواع مختلف تغذیه اتوتروفی که در پروکاریوت ها و جلبک ها روی می دهد در فصل های ۲۷ و ۲۸ مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

هتروتروف ها از دومین روش اصلی تغذیه برای تامین مواد آلی مورد نیاز خود استفاده می کنند. آنها نمی توانند غذای مورد نیاز خود را بسازند و بنابراین زندگی شان وابسته به ترکیبات تولید شده جانداران دیگر است Hetero به معنی دیگر است. هتروتروف ها جزو مصرف کننده های زیست کره هستند. آشکارترین شکل این نوع دیگر خواری زمانی روی می دهد که یک جانور گیاهان با جانوران دیگر را می خورد. اما تغذیه هتروتروفی همیشه این قدر ساده نیست. برخی از هتروتروف ها با تجزیه مواد زائد مثل جسد، مدفوع و برگ های ریخته شده مواد مورد نیاز خود را تامین می کنند. گروه اخیر به عنوان تجزیه کنندگان شناخته می شوند بیشتر قارچ ها و بسیاری از انواع پروکاریوت ها با این روش تغذیه می کنند. تقریباً همه هتروتروف ها از جمله انسان برای تامین غذای خود به طور کامل به اتوتروف ها وابسته هستند. آن ها همچنین نیازمند اکسیژن تولید شده در فتوسنتز می باشند.



شکل ۲-۱۰ فتواتوتروف ها این جانداران از انرژی نور خورشید برای پیشبرد فرایند ساخت مولکول های آلی از دی اکسید کربن و اثر بیشتر موارد آب استفاده می کنند. آن ها نه تنها خود را تغذیه می کنند بلکه غذای همه جانداران جهان را نیز تامین می نمایند. در خشکی گیاهان تولید کننده های اصلی غذا هستند. در محیط های آبی جانداران فتوسنتز

کننده عبارتند از جلبک های پرسلولی مثل این کلپ برخی آغازیان تک سلولی مثل او گفته پروکار بوت هایی به نام سیانوباکتری ها و سایر پروکاریوت های فتوسنتز کننده مثل این باکتری های گوگردی ارغوانی که گوگرد دانه های کروی شکل تولید می کنند.

سوخت های جایگزین از گیاهان و جلبک ها

سوخت های زیستی از گیاهان زراعی مانند ذرت سویا و کاساوا به عنوان مکمل با حتی جایگزین سوخت های فسیلی در نظر گرفته شده اند. برای تولید اتانول زیستی نشاسته ای که به طور طبیعی توسط گیاهان ساخته می شود توسط میکروارگانیسم ها به آسانی به گلوکز و سپس از طریق تخمیر به اتانول تبدیل می گردد. در روش بعدی با استفاده از یک فرایند شیمیایی ساده می توان از روغن های گیاهی بیودیزل تولید کرد هر فرآورده را می توان همراه با بنزین با به تنهایی به عنوان سوخت برای وسایل نقلیه به کار برد. برخی گونه های جلبک های تک سلولی تولید کننده های اختصاصی روغن فراوان هستند و می توان به سهولت آن ها را در ظرف هایی مانند کیسه های پلاستیکی کشت داده شده است.

چرا این موضوع اهمیت دارد؟ سرعت مصرف سوخت های فسیلی توسط انسان ها بیشتر از سرعت تشکیل آن در کره زمین است. سوخت های فسیلی منابع غیر قابل تجدید انرژی هستند. روش بعدی در صورت پیشرفت روش های مقرون به صرفه به کار گرفتن توانایی نور خورشید و استفاده از فرآورده های فنوستری برای تولید انرژی است. در حالت کلی عقیده بر این است که استفاده از جلبک ها بر پرورش محصولات زراعی ارجحیت دارد، زیرا این گونه استفاده از زمین های زراعی، ذخیره غذایی را کاهش داده و قیمت غذاها را افزایش می دهد..

مطالعه بیشتر

A 1. Haag, Algae bloom again, Nature 447/520-521(2007).

چه می شد اگر فرآورده اصلی احتراق سوخت فسیلی CO_2 است، و این فرایند منبع افزایش غلظت اتمسفری می باشد. دانشمندان مخزن های حاوی این جلبک ها را از نظر استراتژیکی همان طور که در بالا استان داده شد. در نزدیکی کارخانه های صنعتی با خیابان های شلوغ شهری طراحی کرده اند. دلیل این طرز قرارگیری مخزن ها چیست؟

ذخیره سوخت های فسیلی کره زمین از بقایای موجوداتی به وجود آمد که صدها میلیون سال قبل مردند. بنابراین سوخت های فسیلی از جهتی ذخایر انرژی خورشید از گذشته های دور هستند. از آن جایی که سرعت مصرف این منابع بیشتر از سرعت ذخیره آن هاست پژوهشگران در حال پیدا کردن روش هایی جهت استفاده از فرایند فتوسنتز برای تهیه سوخت های دیگر هستند (شکل ۱۰-۳) در این فصل شما خواهید آموخت که فتوسنتز چگونه عمل می کند. بعد از بحث درباره اصول کلی فتوسنتز، دو مرحله اصلی فتوسنتز را مورد بررسی قرار می دهیم واکنش های نوری که در آن انرژی نورانی جذب شده و به شکل انرژی شیمیایی در می آید و چرخه کالوین که در آن از این انرژی شیمیایی برای ساخت مولکول های آلی غذایی استفاده می شود.

۱۰-۱ فتوسنتز انرژی نور را به انرژی شیمیایی ذخیره شده در غذاها تبدیل می کند.

جاندارانی که انرژی نورانی را به دام می اندازد و با استفاده از آن ترکیبات آلی را می سازد. این توانایی مهم را به دلیل سازمان یابی ساختارهای درون سلولی به دست آورده است. آنزیم های فتوسنتزی و سایر مولکول ها در یک غشای زیستی در کنار یکدیگر قرار دارند و یک سری واکنش های شیمیایی مهم را به طور کارا انجام می دهند. فرایند فتوسنتز به احتمال زیاد در گروهی از باکتری ها آغاز شد که نواحی از غشای پلاسمایی که دارای این اجتماعات مولکولی بودند به درون فرو رفتگی پیدا کرده بودند به درون فرورفتگی پیدا کرده بودند. در باکتری های فتوسنتز کننده موجود، عملکرد غشاهای فتوسنتزی فرو رفته شبیه به عملکرد غشاهای داخلی کلروپلاست است که یک اندامک یوکاریوتی می باشد. طبق نظریه درون همزیستی کلروپلاست اولیه یک پروکاریوت فتوسنتز کننده بود که درون

نیای سلول های یوکاریوتی زندگی می کرد. در مورد این نظریه در فصل ۶ مطالبی را آموختید و در فصل ۲۵ بیشتر شرح داده خواهد شد. کلروپلاست ها در موجودات فتوسنتز کننده مختلفی وجود دارند

(شکل ۱۰-۲ را ملاحظه کنید) اما تمرکز ما در اینجا بر روی گیاهان خواهد بود.

کلروپلاست ها جایگاه فتوسنتز در گیاهان

همه بخش های سبز گیاهان مانند ساقه های سبز و میوه های نارس دارای کلروپلاست هستند. اما برگ ها جایگاه اصلی فتوسنتز در بیشتر گیاهان می باشند شکل (۴-۱۰) تقریباً حدود نیم میلیون کلروپلاست در هر میلی متر مربع از سطح برگ وجود دارد. رنگ سبز برگ ها ناشی از رنگیزه سبز رنگی به نام کلروفیل است که درون کلروپلاست ها قرار دارد. انرژی نوری جذب شده توسط کلروفیل امکان ساخت ترکیبات آلی را در کلروپلاست فراهم می آورد. کلروپلاست ها اساساً در سلول های میان برگ گه بافت درونی برگ است. یافت می شوند دی اکسید کربن از راه منافذ میکروسکوپی که روزنه نام دارند وارد برگ شده و اکسیژن از همین سوراخ ها خارج می شود. آب جذب شده توسط ریشه ها از راه رگبرگ ها وارد برگ می شود. برگ ها همچنین از رگبرگ ها برای صدور قند به ریشه ها و دیگر بخش های غیر فتوسنتزی گیاه استفاده می کنند.

یک سلول میان برگ معمولی حدود ۳۰ تا ۴۰ کلروپلاست دارد. که ابعاد هر کدام ۲-۴ میکرومتر در ۷-۴ میکرومتر می باشد. پوشش مولکول های آلی غذایی استفاده می شود. در پایان، فتوسنتز را از کلروپلاست از دو لایه غشا تشکیل شده است که مایع غلیظی به نام بستره را در بر گرفته است. سیستم پیچیده و دقیقی از کیسه های غشایی مرتبط به هم به نام تیلاکوئیدها، بستره را از بخش دیگر یعنی فضای درون تیلاکوئیدها یا فضای

^۱Chlorophyll

^۲Mesophyll

^۳Stomata

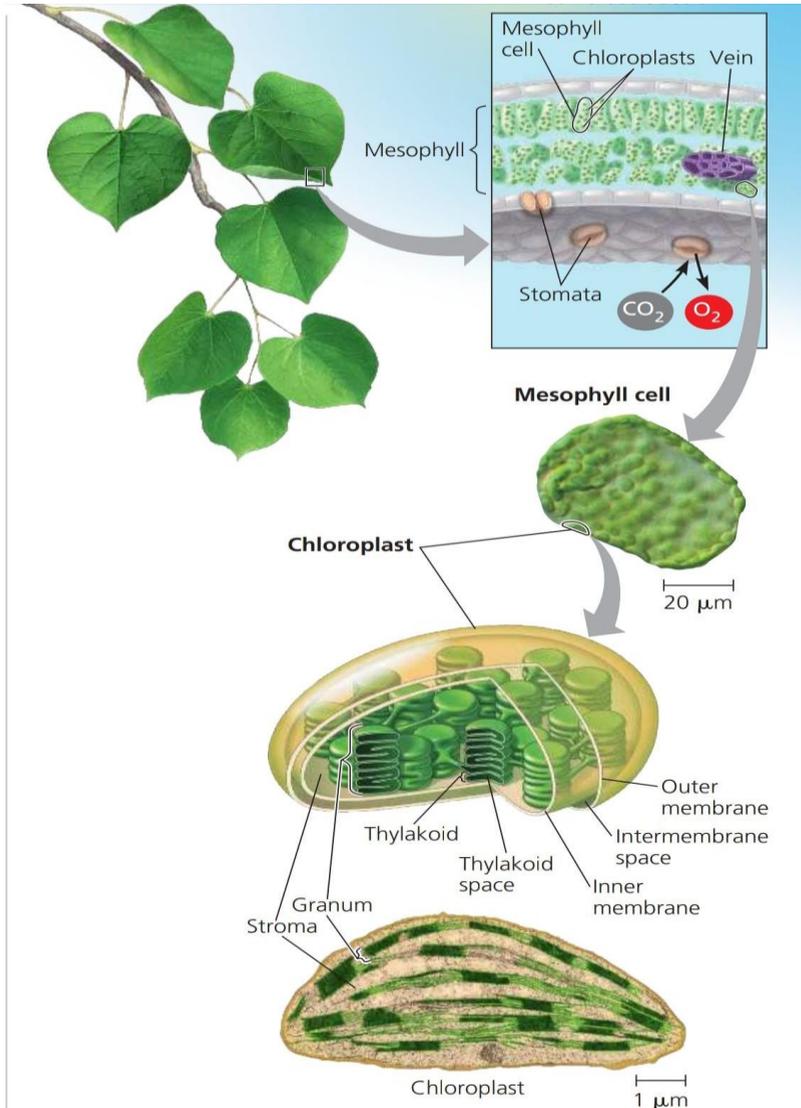
^۴Envelope

^۵Stroma

تیلاکوئیدی جدا می کند. در بعضی قسمت ها کیسه های تیلاکوئیدی به صورت یک ستون روی یکدیگر چیده شده و گرانا (مفرد آن گرانوم را می سازند. کلروفیل در غشاهای تیلاکوئیدی جا گرفته است پروکاریوت های فتوسنتز کننده کلروپلاست ندارند اما غشاهای فتوسنتزی دارند که از نواحی چین خورده غشای پلاسمایی به وجود آمده و نحوه عملکرد آن ها مانند غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست ها است؛ شکل ۷-۲۷ را ببینید حال که نگاهی به جایگاه فتوسنتز در گیاهان داشته ایم آماده ایم که فرایند فتوسنتز را با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار دهیم. دیدگاه تکاملی مورد بررسی قرار خواهیم داد.

ردیابی اتم ها در فتوسنتز: تحقیق علمی

دانشمندان چندین قرن است تلاش می کنند تا فرایندهایی که طی آن ها گیاهان غذا می سازند را در کنار یکدیگر مرتب کنند. اگرچه بسیاری از این مراحل هنوز به طور کامل شناخته نشده است. اما معادله کلی فتوسنتز از دهه ۱۸۰۰ شناخته شده بود. بخش های سبز گیاهان در حضور نور با استفاده از آب و دی اکسید کربن ترکیبات آلی و اکسیژن تولید می کنند. ما می توانیم با استفاده از فرمول های مولکولی فتوسنتز را در معادله شیمیایی زیر خلاصه کنیم.



شکل ۱۰-۴ تعیین محل دقیق فتوسنتز در گیاه برگ ها اندام های اصلی فتوسنتز در گیاهان هستند. این شکل شما را به درون یک برگ داخل یک سلول و در نهایت به داخل یک کلروپلاست یعنی اندامکی که فتوسنتز در آنجا روی می دهد، می برد.

برای اینکه ارتباط بین فتوسنتز و تنفس راحت تر نشان داده شود. در این معادله از گلوکز استفاده می کنیم اما در واقع فرآورده مستقیم فتوسنتز یک قند سه کربنه است که می تواند برای تولید گلوکز به کار رود. آب در هر دو سوی معادله وجود دارد. چون ۱۲ مولکول آب مصرف شده و ۶ مولکول آب در جریان فتوسنتز مجدداً تشکیل می شود می توانیم برای نشان دادن مصرف خالص آب معادله را ساده کنیم.

با نوشتن معادله به این شکل میبینیم که تغییرات شیمیایی کلی در جریان فتوسنتز، برعکس آن چیزی است که در جریان تنفس سلولی رخ می دهد. هر دوی این فرایندهای متابولیسمی در سلول های گیاهی رخ می دهند اما همان گونه که به زودی خواهد دید گیاهان به سادگی و با انجام مراحل عکس فرایند تنفس غذاسازی نمی کنند.

اکنون اجازه دهید تا معادله فتوسنتز را بر ۶ تقسیم کنیم و آن را به ساده ترین شکل ممکن در بیاوریم



در اینجا علامت [] نشان میدهد که CH_2O یک قند واقعی نیست بلکه نشان دهنده فرمول عمومی یک کربوهیدرات است. به عبارت دیگر ما فرض می کنیم که یک مولکول قند یک کربنی ساخته می شود. شش بار تکرار این فرایند یک مولکول گلوکز تولید می کند. اکنون اجازه دهید که از این فرمول ساده استفاده کنیم تا ببینیم که چگونه پژوهشگران عناصر شیمیایی را از واکنش های فتوسنتزی تا تولید فرآورده ها دنبال کردند.

تجزیه آب

یکی از نخستین نکات کلیدی مکانیسم فتوسنتز پی بردن به این واقعیت بود که اکسیژن خارج شده از روزنه های گیاهان از آب منشأ می گیرد نه از دی اکسید کربن کلروپلاست آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می کند. پیش از کشف این نکته فرضیه رایج این بود که در فتوسنتز دی اکسید کربن تجزیه می شود. و سپس آب به کربن افزوده می شود این فرضیه پیش بینی می کند O₂ آزاد شده در جریان فتوسنتز از CO₂ منشأ می گیرد. این ایده در دهه ۱۹۳۰ توسط ون نیل (CB van Niel) از دانشگاه استانفورد به چالش کشیده شد ون نیل با بررسی فتوسنتز در باکتری ها متوجه شد که آن ها کربوهیدرات خود را از CO₂ می سازند ولی هیچ اکسیژنی آزاد نمی کنند. ون نیل به این نتیجه رسید که حداقل در باکتری ها CO₂ به کربن و اکسیژن شکسته نمی شود. گروهی از باکتری ها سولفید هیدروژن (H₂S) را به جای آب در فتوسنتز به کار می برند و دانه های گروهی زردرنگی از گوگرد را به عنوان یک فرآورده زائد می سازند این دانه های کروی در شکل ۱۰-۲ مشخص هستند معادله شیمیایی فتوسنتز در باکتری های گوگردی به شرح زیر است.



ون نیل استدلال نمود که باکتری ها H₂S را تجزیه کرده و اتم های هیدروژن آن را برای ساخت قند به کار می برند. او سپس ایده اش را این گونه تعمیم داد که همه جانداران فتوسنتز کننده نیازمند یک منبع هیدروژن هستند اما نوع این منبع متفاوت است. بنابراین ون نیل فرض نمود که گیاهان آب را به عنوان منبع الکترون و اتم های هیدروژن تجزیه می کنند و اکسیژن را به عنوان فرآورده آزاد می نمایند.