
بسم الله الرحمن الرحيم

# شرح جامع

# فیزیولوژی گیاهی زراعی

## «مهندسی کشاورزی»

## (زراعت– علوم و تکنولوژی بذر– کشاورزی اکولوژیک «اگرواکولوژی»)

مولف: سعید حضرتی یادکوری

انتشارات ارشد

## پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس( منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

**با تشکر**

**ناشـــــر**

**www.arshadbook. ir**

## پیشگفتار مولف

خداوند متعال را شاکرم که به من فرصت و توانایی تهیه و تنظیم این کتاب را عنایت فرمود تا در جهت رفع مشکل و گسترش علم دانشجویان عزیز بتوانم قدمی کوچک بردارم.

با توجه به افزایش تعداد داوطلبان متقاضی شرکت در آزمون کارشناسی ارشد زراعت بنده تصمیم گرفتم شرح جامعی از درس فیزیولوژی گیاهان زراعی را گردآوری و در اختیار داوطلبان عزیز قرار بدهم، کتاب موجود شامل سرفصلهایی از درس فیزیولوژی گیاهان زراعی می‌باشد که در کنکور کارشناسی ارشد مورد سوال قرار می‌گیرد. در این کتاب مباحث خیلی گسترده و وسیع از منابع متعدد به صورت فشرده و چکیده استفاده شده است و در پایان هر فصل سوالات متناسب با موضوع آورده شده تا در فهم هر چه بیشتر داوطلبان عزیز کمک کند.

در ضمن نیز اضافه کنم این اثر بدون کمک‌های بزرگوارانه استاد ارجمند جناب آقای دکتر زین‌العابدین طهماسبی سروستانی (دانشیار دانشگاه تربیت مدرس) میسر نبود و جا دارد از ایشان بابت راهنمایی‌های ارزشمند سپاسگذاری نمائیم.

بی‌شک مانند هر اثر دیگری این اثر بدون نقص نبوده، لذا از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز سپاسگزار خواهم بود تا اشکالات احتمالی موجود را متذکر شوند.

**با تشکر**

**سعید حضرتی یادکوری**

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


پیشگفتار ناشر ..... ۳
پیشگفتار مولف ..... ۴


### فصل اول: فتوسنتز


مقدمه ..... ۱۷
ساختمان دستگاه فتوسنتزی ..... ۱۸
فسفریلاسیون نوری ..... ۲۰
مجموعه دریافت کننده نور ..... ۲۰
تثبیت دی‌اکسید کربن ..... ۲۲
احیاء $\rightarrow$ PGA $-$ ۳ ..... ۲۳
کربوکسیلاسیون ریبولوز بی‌فسفات ..... ۲۳
رابیسکو ..... ۲۴
چرخه اکسیداسیون کربن تنفس نوری ..... ۲۵
چرا تنفس نوری ..... ۲۶
مکانیز تلغیط $CO_2$ در گیاهان $C_4$ ..... ۲۶
روش های محاسبه تنفس نوری ..... ۲۷
آناتومی کرانز ..... ۲۹
اهمیت اکولوژیکی گیاهان $C_4$ ..... ۲۹
مهمترین ویژگی فیزیولوژیک گیاهان $C_4$ ..... ۲۹
مقایسه بین گیاهان $C_3$ و $C_4$ ..... ۳۰
متابولیسم اسید کراسولاسه (CAM) ..... ۳۱
تفاوت CAM و $C_4$ ..... ۳۲
اهمیت کولوژیکی CAM ..... ۳۳
تنظیم چرخه $C_4$ و CAM ..... ۳۳
سنتز قند و نشاسته ..... ۳۳
تولید ساکارز ..... ۳۴
عوامل مؤثر بر فتوسنتز و تولیدات گیاهی ..... ۳۵
مقاومت برگ نسبت به جذب $CO_2$ ..... ۳۶
خلاصه فصل ..... ۴۰
تست‌های آخر فصل ..... ۴۱
پاسخ تست‌های آخر فصل ..... ۴۳

عنوان صفحه

## فصل دوم: تنفس و متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها و ترکیبات مشابه


تنفس ۴۷
گلیکولیز ۴۷
چرخه کربس ۴۸
زنجیره انتقال الکترون ۴۹
مسیر پنتوز فسفات ۵۰
تنفس مقاوم به سیانید ۵۰
تنفس و ایجاد قطعات ساختاری ۵۱
تنفس اندام و گیاهان در حالت طبیعی ۵۱
تنفس پایه (نگهداری maintenance respiraction) ۵۲
تنفس رشد (growth respiration) ۵۲
کسر تنفسی یا ضریب تنفسی ۵۳
دستگاه تنفس سنج واربورگ ۵۳
تخمیر و اثرات منفی آن ۵۴
عوامل مؤثر بر شدت تنفس ۵۴
مقایسه میان تنفس و فتوسنتز ۵۷
مقایسه تنفس نوری و عادی ۵۷
کارایی فرایند تنفس ۵۸
مزایای تنفس ۵۸
متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی، پروتئین‌ها و ترکیبات مشابه ۵۸
ترکیب پذیری قندها ۵۸
تبدیل مونوساکاریدها به یکدیگر ۵۹
الیگوساکاریدها ۵۹
متابولیسم مواد غذایی پلی ساکاریدهای ذخیره‌ای ۵۹
هیدرولیز نشاسته ۵۹
متابولیسم کربوهیدرات‌های ساختمانی ۶۰
لپیدها ۶۱
پروتئین‌ها ۶۳
خلاصه فصل ۶۴
تست‌های آخر فصل ۶۵
پاسخ تست‌های آخر فصل ۶۷


## فصل سوم: انتقال و توزیع مواد فتوسنتزی


انتقال در آوند آبکش ۷۱
ساختار بافت آوندی ۷۲
سلول‌های همراه ۷۲
پروتئین p و کالوس ۷۲
الگوی انتقال ۷۲
منبع‌ها و مخزن‌ها (source and sinks) ۷۳

**عنوان** **صفحه**


مواد انتقالی در آوند آبکش ۷۳
سرعت انتقال مواد ۷۳
ساز و کار انتقال در آوند آبکش ۷۴
بارگیری آوند آبکش ۷۵
تخلیه آوند آبکش ۷۵
توزیع مواد فتوسنتزی ۷۶
تخصیص مواد فتوسنتزی ۷۶
تسهیم مواد فتوسنتزی ۷۷
انتقال مواد شیمیایی زنوبیوتیک ۷۸
توزیع مواد فتوسنتزی در مرحله رشد رویشی ۷۸
تخصیص مواد فتوسنتزی در مرحله رشد زایشی ۷۸
توزیع مواد فتوسنتزی بین رشد رویش و زایشی ۷۹
قوانین انتقال بین مبدأ و مخزن ۷۹
فرآیند ورود به داخل مخزن ۷۹
ضریب برداشت (Harvest index) ۷۹
اجزائ عملکرد در گندم ۸۰
انتقال مجدد (Remobilization) مواد فتوسنتزی ۸۱
روابط بین منبع و مخزن ۸۱
راههای افزایش مخزن ۸۱
خلاصه فصل ۸۳
تست‌های آخر فصل ۸۴
پاسخ تست‌های آخر فصل ۸۶


## فصل چهارم: تثبیت $CO_2$ توسط جوامع گیاهی


سطح برگ، دریافت تشعشع خورشید و رشد گیاهان زراعی ۸۹
شاخص سطح برگ بحرانی (critical LAI) ۹۰
شاخص سطح برگ مطلوب (optimum LAI) ۹۰
کاهش تشعشع درون جامع گیاهی ۹۰
کنترل سطح برگ ۹۱
تراکم گیاهی ۹۱
زاویه برگ‌ها و کارایی فتوسنتز ۹۲
منحنی عملکرد بیولوژیکی ۹۲
عکس‌العمل به تغییرات تراکم گیاهی ۹۳
آرایش کاشت گیاهی ۹۳
آرایش قسمت‌های هوایی گیاه ۹۳
کاهش تشعشع و سرعت رشد ۹۴
زاویه خورشید کاهش تشعشع و سرعت رشد گیاه ۹۴
آنالیز رشد ۹۵
عوامل مؤثر در رشد ۹۵

**عنوان** **صفحه**


محدودیت عوامل رشد ۹۶
مریستم‌ها ۹۶
هم‌بستگی‌های رشد ۹۶
رشد و تمایز ۹۷
تجزیه و تحلیل رشد ۹۷
تغییرات رشد ۹۷
گسترش سطح برگ ۹۷
شاخص سطح برگ (LAI) ۹۸
سرعت رشد گیاه (CGR) ۹۸
سرعت جذب و تحلیل خالص (NAR) ۹۹
دوام سطح برگ (LAD) ۹۹
وزن خشک کل اندام‌های هوایی (By) ۱۰۰
دوام وزن خشک (BMD ) ۱۰۰
ضریب تسهیم (partitioning coefficient) ۱۰۰
سرعت رشد نسبی (RGR ) ۱۰۱
سرعت رشد مطلق در اندازه (AGR) ۱۰۱
نسبت سطح برگ (LAR) ۱۰۱
سطح ویژه برگ (SLA) ۱۰۲
نسبت وزن برگ (LWR) ۱۰۲
سرعت جذب ویژه (SAR) ۱۰۳
سرعت ویژه مصرف (SUR) ۱۰۳
خلاصه فصل ۱۰۴
تست‌های آخر فصل ۱۰۵
پاسخ تست‌های آخر فصل ۱۰۷


## فصل پنجم: روابط گیاهان با آب و مواد غذایی


روابط آب و گیاه ۱۱۱
فرایند انتقال ۱۱۱
پتانسیل آب ۱۱۲
عوامل مؤثر در پتانسیل اسمزی ۱۱۲
حرکت آب درون سلول و بافت ۱۱۳
پتانسیل فشاری ۱۱۴
$\psi_Z$ پتانسیل ثقلی ۱۱۴
روش‌های اندازه‌گیری پتانسیل آب ۱۱۴
اندازه‌گیری مقدار آب بافت‌های گیاهی ۱۱۵
آب قابل استفاده ۱۱۶
مکانیسم جذب و حرکت آب ۱۱۶
جریان آب درون گیاه ۱۱۶
فرضیه‌های مربوط به مکانیزم آب درون گیاه ۱۱۷

**عنوان** **صفحه**


تلفات آب ۱۱۸
عوامل محیطی مؤثر بر تبخیر و تعرق ۱۱۹
عوامل گیاهی مؤثر بر تبخیر و تعرق ۱۱۹
تبخیر و تعرق بالقوه ۱۲۰
تنش کمبود آب ۱۲۰
تنظیم فشار اسمزی ۱۲۱
عکس‌العمل روزنه‌ها به تنش رطوبت ۱۲۱
اثرات تنش آب بر عملکرد ۱۲۱
کارایی مصرف آب (water use efficiency) ۱۲۲
نیاز آبی ۱۲۲
تنظیم حرکت روزنه‌ها ۱۲۲
جذب نور توسط برگ ۱۲۳
سلول‌های نردبانی ۱۲۳
گیاهان و مواد غذایی معدنی ۱۲۵
سایر عناصر مفید ۱۲۵
منابع غذایی گیاهان و نقش‌های آن ۱۲۶
عناصر غذایی خاک ۱۲۶
فراهم بودن عناصر غذایی ۱۲۶
نیازهای کمی گیاه به عناصر غذایی ۱۲۷
جذب عناصر غذایی توسط گیاه ۱۲۷
انتقال از غشاء ۱۲۸
انتشار ساده ۱۲۸
انتشار تسهیل شده ۱۲۸
انتقال فعال ۱۲۸
مسیر حرکت شعاعی یون در ریشه ۱۲۹
اثر متقابل یون‌ها ۱۳۰
تجمع انتخابی یون ۱۳۰
نقش و استفاده از عناصر غذایی ۱۳۱
عناصر پایه و ساختمانی ۱۳۱
ذخیره و انتقال انرژی پیوندی ۱۳۱
نیتروژن ۱۳۱
گوگرد ۱۳۲
فسفر ۱۳۲
موازنه بار الکتریکی ۱۳۳
پتاسیم ۱۳۳
کلسیم ۱۳۴
منیزیم ۱۳۵
فعال‌سازی آنزیم و انتقال الکترون ۱۳۵
آهن ۱۳۵

**عنوان** **صفحه**


منگنز ۱۳۶
روی ۱۳۷
بُر ۱۳۸
مس ۱۳۸
مولیبدون ۱۳۹
کلر ۱۳۹
نیکل ۱۳۹
سدیم ۱۴۰
تثبیت بیولوژیکی ازت ۱۴۰
باکتری‌ها (ازتوباکتر) ۱۴۱
جلبک‌های سبز آبی ۱۴۱
همزیستی بقولات باریزوبیوم ۱۴۱
تلقیح ۱۴۲
تأثیر عوامل محیطی بر روی تثبیت ازت ۱۴۳
خلاصه فصل ۱۴۴
تست‌های آخر فصل ۱۴۵
پاسخ تست‌های آخر فصل ۱۴۷


## فصل ششم: تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی


اکسین ۱۵۱
موارد استفاده اکسین در کشاورزی ۱۵۲
نقشهای مهم اکسین در گیاهان ۱۵۲
جیبرلین ۱۵۳
متابولیسم جیبرلین ۱۵۳
آزمایش جیبرلین ۱۵۴
نقش جیبرلین در گیاه ۱۵۴
عکس‌العمل گیاه به جیبرلین ۱۵۴
موارد استفاده جیبرلین در کشاورزی ۱۵۵
سایتوکینین‌ها ۱۵۵
متابولیسم سایتوکینین ۱۵۵
عکس‌العمل گیاه به کینتین‌ها ۱۵۵
نقش سایتوکینین‌ها ۱۵۶
موارد استفاده سایتوکینین در کشاورزی ۱۵۶
بازدارنده‌های رشد ۱۵۶
هورمون اسید آبسیسیک یا ABA ۱۵۷
متابولیسم ABA ۱۵۷
نقش اسید آبسیسیک ۱۵۷
عکس‌العمل گیاه به بازدارنده‌های رشد ۱۵۸
موارد استفاده از بازدارنده‌های رشد در کشاورزی ۱۵۸

**عنوان** **صفحه**


اتیلن ۱۵۹
متابولیسم اتیلن ۱۵۹
عکس‌العمل گیاه به اتیلن ۱۵۹
نقش‌ها و اثرات اتیلن ۱۶۰
سالیسیلاتها ۱۶۰
جازموناتها ۱۶۰
خلاصه فصل ۱۶۱
تست‌های آخر فصل ۱۶۲
پاسخ تست‌های آخر فصل ۱۶۴


## فصل هفتم: جوانه زدن بذرها


نمو بذر ۱۶۷
تکامل فردی ۱۶۸
جنین ۱۶۸
انواع ساختمان ذخیره‌ای ۱۶۸
دانه‌های استثنایی ۱۶۸
ترکیبات شیمیای بذر ۱۶۹
کربوهیدرات‌ها ۱۶۹
لپیدها ۱۷۰
پروتئین‌ها ۱۷۰
جوانه‌زنی ۱۷۱
تغییرات تنفس ۱۷۲
نقش هورمون ۱۷۲
متابولیسم غذاهای ذخیره شده ۱۷۲
ظهور ریشچه و ساقه‌چه ۱۷۳
قابلیت جوانه‌زنی (germinability) و حیات بذر (viability) ۱۷۳
مواد رشد گیاهی ویژه ۱۷۴
عوامل محیطی تأثیرگذار بر روی جوانه‌زنی ۱۷۴
اثر درجه حرارت متناوب ۱۷۵
گازها ۱۷۵
نور ۱۷۵
عوامل شیمیایی خارجی ۱۷۶
بلوغ ۱۷۷
طول عمر ۱۷۷
بنیه گیاهک (seeding vigure) ۱۷۷
خواب بذر ۱۷۷
طبقه‌بندی انواع خواب ۱۷۸
خواب مکانیکی ۱۷۹
خواب دوگانه ۱۷۹

**عنوان** **صفحه**


خواب ثانویه بذر ۱۷۹
خواب جوانه ۱۸۰
راههای از بین بردن خواب ۱۸۰
سبز شدن و رشد گیاه جوان ۱۸۰
اندازه و تراکم بذر ۱۸۱
خلاصه فصل ۱۸۲
تست‌های آخر فصل ۱۸۳
پاسخ تست‌های آخر فصل ۱۸۵


**فصل هشتم: رشد اندام‌های مختلف و وظایف آن‌ها**


رشد ریشه و وظایف آن ۱۸۹
روشهای مطالعه ریشه ۱۹۰
تشکیل ریشه و رشد آن ۱۹۰
گسترش ۱۹۱
ریشه‌های فرعی ۱۹۱
تمایز ۱۹۱
سیستم‌های ریشه ۱۹۱
ریشه دولپه‌ای‌ها ۱۹۱
ریشه تک‌لپه‌ای‌ها ۱۹۲
ریشه‌های نابه‌جا ۱۹۲
تفاوت ریشه دولپه‌ای و تک‌لپه‌ای‌ها ۱۹۲
مقایسه ریشه بذری و نابه‌جا ۱۹۳
کارایی ریشه ۱۹۳
عوامل مؤثر در رشد و پراکنش ریشه ۱۹۳
رشد رویشی ۱۹۴
برگ‌ها ۱۹۴
عوامل مؤثر بر رشد برگ ۱۹۵
پیری برگ‌ها ۱۹۵
ساقه ۱۹۵
رشد میانگره ۱۹۵
نمو طوقه ۱۹۶
عوامل مؤثر در رشد ساقه ۱۹۶
شاخه‌دهی ۱۹۶
پنجه‌زنی ۱۹۷
ریزوم‌ها و استولون‌ها ۱۹۷
عوامل مؤثر بر شاخه‌زنی ۱۹۷
رشد رویشی مجدد ۱۹۷
ذخایر غذایی ۱۹۸
تولید گل و میوه ۱۹۸

**عنوان** **صفحه**


ترموپریودیسم (بهاره‌سازی ) (vernalization)..... ۱۹۹
محل بهاره‌سازی..... ۱۹۹
گلدهی..... ۱۹۹
گرده‌افشانی..... ۲۰۱
میوه بستن..... ۲۰۱
رشد دانه..... ۲۰۱
بلوغ و رسیدگی..... ۲۰۲
خلاصه فصل..... ۲۰۳
تست‌های آخر فصل..... ۲۰۴
پاسخ تست‌های آخر فصل..... ۲۰۶
منابع و مأخذ..... ۲۰۷

# فصل اول

# فتوسنتز

## عناوین اصلی

- ساختمان دستگاه فتوسنتزی
- تثبیت دی اکسید کربن
- چرخه اکسیداسیون کربن تنفس نوری
- آناتومی کرانز
- مقایسه بین گیاهان $C_3$ و $C_4$
- سنتز قند و نشاسته
- عوامل مؤثر بر فتوسنتز و تولیدات گیاهی
- مقاومت برگ نسبت به جذب $CO_2$
- خلاصه فصل

## فصل اول

# فتوسنتز

### مقدمه

زندگی در روی کره‌زمین به انرژی حاصل از نور خورشید وابسته است. کشاورزی یک سیستم بهره‌برداری از انرژی خورشید از طریق فتوسنتز می‌باشد. عملکرد گیاهان زراعی در نهایت به اندازه و کارایی سیستم فتوسنتزی بستگی دارد کارایی فتوسنتزی از طریق تقسیم کل انرژی اشعه فعال فتوسنتزی جذب شده بوسیله گیاه بر کل انرژی باندهای شیمیایی ساکارز تولید شده در فتوسنتز بستگی دارد. اندازه و کارایی فتوسنتز شامل جذب نور، تبدیل انرژی و تقسیم کربن، اساس توان تولید گیاه است، نور قابل روئت بخشی از طیف تابش خورشید، که برای فتوسنتز بکار می‌رود، نور به صورت ذراتی است که فوتون نامیده می‌شود، هر فوتون دارای مقداری انرژی که کوانتوم نامیده می‌شود، مقدار انرژی موجود در هر فوتون با طول موج آن نسبت عکس دارد. هرقدر طول موج طویل‌تر باشد دارای فرکانس و انرژی کمتر است. فعالترین بافت فتوسنتزی گیاهان مزوفیل برگ می‌باشد، که درنتیجه واکنش نوری فتوسنتزی و جذب نور توسط رنگیزه‌های چون کلروفیل می‌باشد، انرژی فوتون‌های دارای طول موج بین ۳۹۰ تا ۷۶۰ نانومتر برای فتوسنتز کافی است. طول موج بیشتر از ۷۶۰ نانومتر دارای انرژی کم و خاصیت حرارتی دارد، طول موج کمتر از ۳۹۰ نانومتر دارای انرژی زیاد و باعث یونیزه شدن رنگیزه‌ها می‌شود، بیشترین جذب در طول موج ۴۳۰ نانومتر که نور آبی و ۶۶۰ نانومتر که نور قرمز است. نور سبز در وسط قرار دارد که جذب نمی‌شود و این امر باعث می‌شود که رنگ گیاهان سبز دیده شود. راندمان فتوسنتزی عبارت است از میزان انرژی ورودی تقسیم بر میزان انرژی خروجی.

نور مصرف شده در فتوسنتز بر پایه غلظت جریان فوتون که عبارت است از تعداد فوتون هایی که در واحد زمان از واحد سطح عبور می‌کند و واحد آن میکرومول بر متر مربع بر ثانیه است.

بیشترین بازده فتوسنتزی در طول موج ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر صورت می‌گیرد این محدوده از نور را تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR)[1] می نامند، که بوسیله اسپکتورادیومتر اندازه‌گیری می‌کنند.

نور قابل روئیت برابر ۴۴ تا ۵۰ درصد از تشعشعات خورشید می‌باشد، حداکثر کارایی فتوسنتز گیاهان زراعی هرگز بیشتر از مقدار ۱۸ درصد تئوریکی جذب و اشعه فعال فتوسنتز نمی‌شود.

ثابت خورشیدی ۲ کالری بر سانتیمتر مربع بر دقیقه (۱۳۹۵ وات بر مترمربع) می باشد.

از میان تشعشع جذب شده خورشید توسط بیوسفر ۸۵-۷۵٪ در روز صرف تبخیر آب ، ۱۰-۵٪ گرم کردن خاک، ۱۰-۵٪ صرف گرم کردن اتمسفر ۵-۱٪ صرف فتوسنتز می‌شود.

---

1 -photosynthetically active radiation

## ساختمان دستگاه فتوسنتزی

فتوسنتز در کلروپلاست صورت می‌گیرد، کروپلاست عدسی شکل و از دو قسمت لاما، غشاء درونی و استروما (ماده زمینه‌ای بدون ساختمان) ساخته شده است.

برجسته‌ترین خصوصیت ساختمانی کلروپلاست، سیستم فشرده غشاء درونی که تیلاکوئید معروف است و کل کلروفیل در این قسمت قرار گرفته است. تیلاکوئید به صورت فشرده گرانا را تشکیل می‌دهد. تیلاکوئید بر دو نوع تیلاکوئید گرانایی و تیلاکوئید استرومایی می‌باشد مرحله روشنایی فتوسنتز در این قسمت انجام می‌گیرد، غشاء تیلاکوئید از چربی و اسیدهای آلی تشکیل شده است.

فضای داخلی تیلاکوئید یا لومن محل اکسیداسیون آب، که اکسیژن در این قسمت آزاد می‌شود. لاما که دو لایه پروتئین در خارج و یک لایه چربی در وسط تشکیل شده است، انرژی نورانی را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند. تولید NADPH و ATP می‌کند، NADPH یکی از قوی‌ترین احیاء کننده ها در سیستم بیولوژیکی می‌باشد، استروما که عمدتاً شامل پروتئین، محیطی مایع، با تراکم کم حاوی تمامی آنزیم‌ها مسئول احیای کربن، از جمله ریبولوز- ۱ و ۵ – بیس فسفات، کربوکسیلیک اکسیژناز (رابیسکو) ، واکنش تاریکی فتوسنتز در این قسمت انجام می‌گیرد، در درون استروما شبکه‌ای از غشاءها که لاملا نامیده می‌شود قرار دارد.

سیستم انتقال الکترون به صورت گردشی و غیر گردشی می‌باشد.

در سیستم گردشی شروع از فتوسیستم I و به فتوسیستم I منتهی می‌شود.

در سیستم غیر گردشی از فتوسیستم II شروع و به NADPH ختم می‌شود.

غیر گردشی مبدأ حرکت آب و مقصد آن NADPH می‌باشد.

در انتقال گردشی چرخه الکترون فقط سیستم نوری I شرکت دارند، حاصل آن تولید ATP در زنجیره انتقال الکترون در فتوسیستم II می‌باشند.

مرکز واکنش فتوسیستم II باعث اکسیداسیون آب و احیا شدن پلاستوکوئینون می‌شود. پلاستوکوئینون از جنس پروتئین نمی‌باشد. یون منگنز یک کوفاکتور ضروری در فرآیند اکسید شدن آب می‌باشد. پروتئین‌های تولید شده به وسیله اکسیداسیون آب در لومن غشاء تیلاکوئید آزاد می‌شود. علت آزاد شدن آب در لومن ماهیت برداری غشاء و قرار گرفتن ترکیب آزاد کننده اکسیژن در سطح درونی تیلاکوئید است. این پروتئین‌ها از طریق ساخت ATP و از لومن به استرما منتقل می‌شود. پلاستوکوئینون به عنوان ناقل اکسیژن و پروتئین عمل می کند.

اولین گیرندهٔ الکترون در فتوسیستم ۲ فئوفایتین، که نوعی کلروفیل a می‌باشد.

تثبیت بار در فتوسیستم ۲ به دو رروش انجام می‌گیرد. اول فئوفایتین الکترون را به گیرنده الکترون پلاستوکوئینون منتقل، و در روش دوم الکترون به وسیله کلاستر که دارای یون منگنز که به وسیله کمپلکس کوچک پروتئینی به نام مجموعه آزاد کننده اکسیژن متصل فراهم می‌کند.

فئوفیتن به عنوان پذیرنده اول الکترون در فتوسیستم ۲ می‌باشد و از دو پلاستوکوئینون و یک کلروفیل که اتم مرکزی Mg به وسیلهٔ اتم‌های H جایگزین شده تشکیل شده است.

پلاستوکوئینون و پلاستوسیانین نامزدهای واسطه قابل انتشار هستند، که به وسیلهٔ آن ۴ الکترون تولید شده در فتوسیستم ۲ به فتوسیستم ۱ تحویل داده می‌شود. پلاستوکوئینون پروتئین حاوی مس است. جریان چرخه‌ای الکترون نقش ناچیزی در جریان الگوی کلی جریان الکترون فتوسنتزی ایفا می‌کند.