-فصل ۶ دوازدهم:

«از اندیشه به ماده»

همه چی تو همین کتابه !

زیست ۳

دکتر زهرا همایونی

BIOLOGY BOOK

فصل ۶

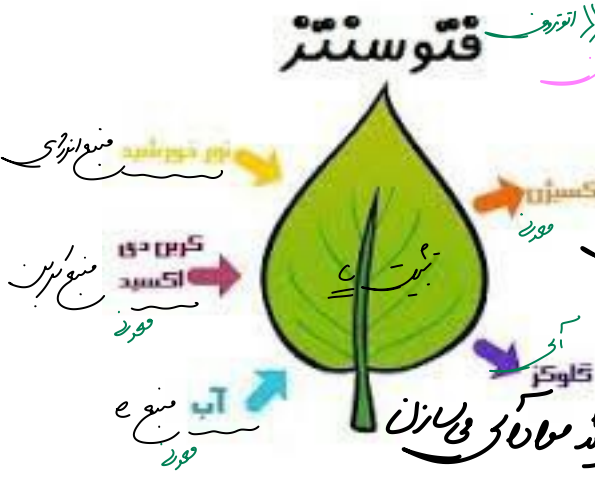
از انرژی به ماده = تولید (آلی) پایدار

جانداران و قارچ‌ها فقط هتروتروف

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌شود. 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 می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

جانداران: باکتری‌ها (هتروتروف، اتوتروف، شیمیواتوتروف)؛ آغازیان (هتروتروف، اتوتروف، اتوهتروتروف (مخلوط))؛ قارچ (هتروتروف)؛ دیاتومه‌ها (هتروتروف، اتوتروف)؛ جانوران (هتروتروف)



سنتز ← با استفاده از انرژی و ماده آلی تولید می‌کند!

جانداران براساس تولید غذا: هتروتروف، اتوتروف (فتوسنتزکننده)، شیمیواتوتروف

هتروتروف: به کمک خوردن آلی با تغذیه.

اتوتروف ← با استفاده از انرژی نور خورشید مواد آلی می‌سازند

شیمیواتوتروف ← با استفاده از انرژی مواد معدنی، مواد آلی می‌سازند

CamScanner

گفتار ۱ فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می‌دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش ۱). بر این اساس می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

واکنش ۱ـ واکنش کلی فتوسنتز

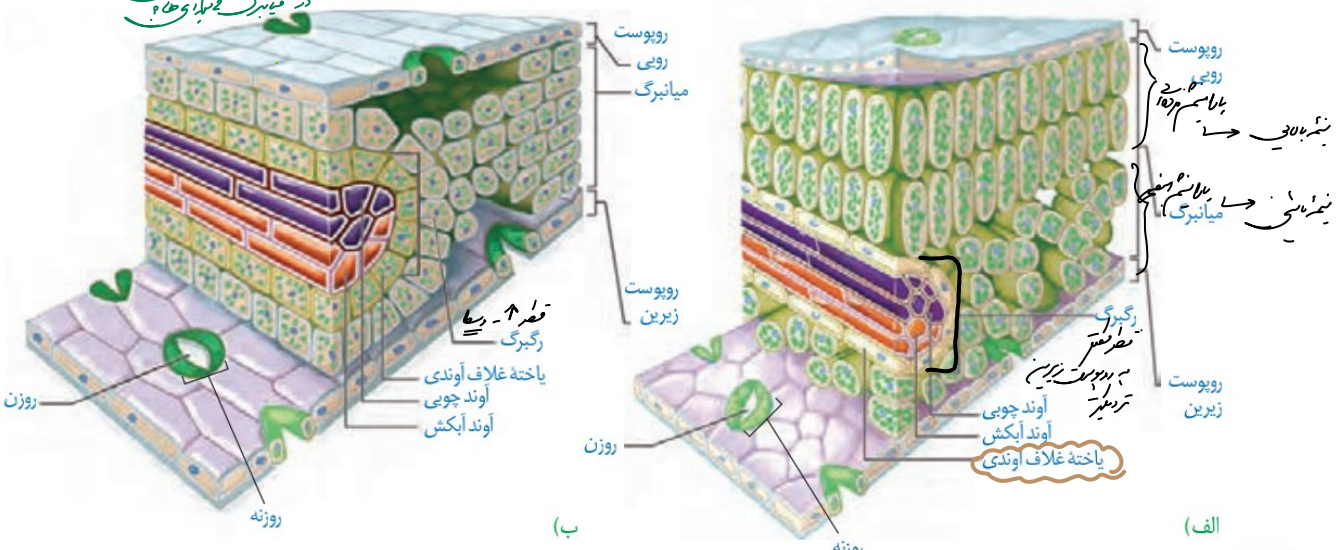
برای اینکه جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن مولکول‌های رنگیزه‌ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه‌ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتز می‌کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می‌پردازیم.

برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزدیسه دارد. همان‌طور که می‌دانید، فتوسنتز در سبزدیسه‌ها انجام می‌شود.

برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دمبرگ است. پهنک شامل **روپوست**، **میانبرگ** و **دسته‌های آوندی** (رگبرگ) است. روپوست **رویی** و **زیرین** به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی است. در شکل ۱ـ الف میانبرگ از یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان‌طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست

شکل ۱ـ ترسیمی از برگ
الف) نمونه‌ای گیاه دولپه
ب) نمونه‌ای گیاه تک لپه



نکات مرتبط با هر یک از اجزای فرایند فتوسنتز

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

گلوکز: نوعی مونوساکارید ۶کربنه بوده که مولکول شروع‌کنندهٔ فرایند قندکافت است./ مقدار آن در بدن توسط هورمون‌های انسولین، گلوکاگون و ... تنظیم می‌شود./ آنزیم‌های آمیلاز بزاق و پانکراس قادر به تولید آن از تجزیهٔ نشاسته نمی‌باشند./ در بدن انسان پیوند بین مولکول‌های گلوکز در دهان، رودهٔ باریک و بزرگ، کبد و ماهیچه‌ها شکسته شده اما پیوند بین اتم‌های مولکول گلوکز در همهٔ یاخته‌های زندهٔ بدن شکسته می‌شود./ کبد و ماهیچه‌ها توانایی ذخیرهٔ گلوکز به شکل گلیکوژن را دارند./ قند ترجیحی باکتری اشرشیاکلای است.

کربن دی‌اکسید: در تنفس یاخته‌ای و تخمیر الکلی تولید می‌شود و از یاخته خارج شده و یا در همان یاخته به مصرف می‌رسد./ سبب تغییر رنگ محلول آب‌آهک (از بی‌رنگ به شیری) و محلول برم تیمول بلو (از آبی به زرد) می‌شود./ یکی از پیش‌ماده‌های آنزیم کربنیک انیدراز است./ هموگلوبین در حمل آن درون خون نقش کمی دارد./ CO_2 طی فتوسنتز در چرخهٔ کالوین درون کلروپلاست مصرف می‌شود و طی تنفس نوری درون میتوکندری تولید می‌شود (نگران نباشید! در گفتار بعد مفصل می‌گیم واستون!).

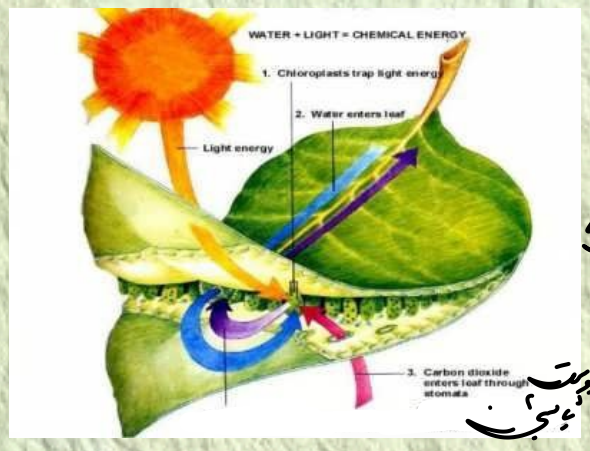
گاز اکسیژن: مادهٔ معدنی که در تنفس یاخته‌ای به عنوان پذیرندهٔ نهایی الکترون عمل می‌کند./ طی فتوسنتز در یوکاریوت‌ها درون فضای تیلاکوئیدی، از تجزیهٔ آب حاصل می‌شود.

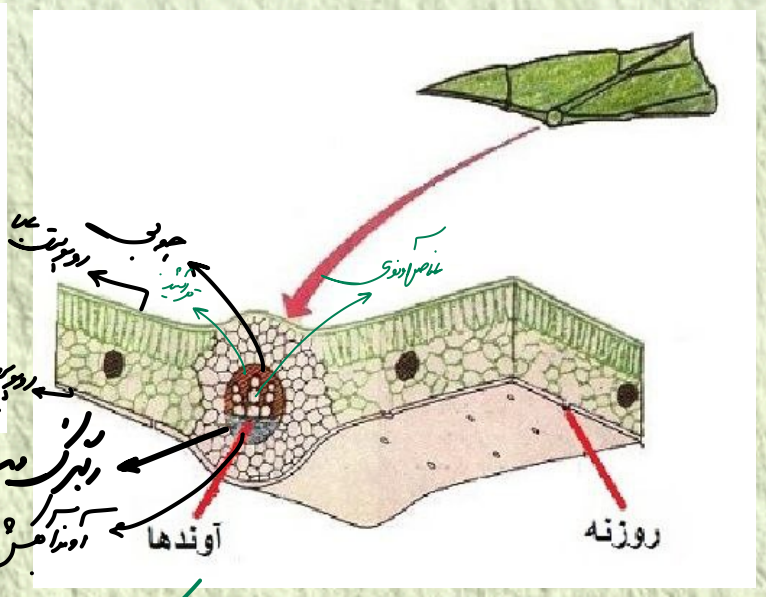
آب: مادهٔ معدنی که در فتوسنتز به عنوان منبع الکترون مصرف می‌شود (البته به‌جز اون‌هایی که از یک سری ترکیبات دیگه به‌جز آب به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کردند)./ در تنفس یاخته‌ای به دنبال عملکرد آخرین بخش زنجیرهٔ انتقال الکترون (پمپ ۳) درون بسترهٔ میتوکندری (در یوکاریوت‌ها) تولید می‌شود.

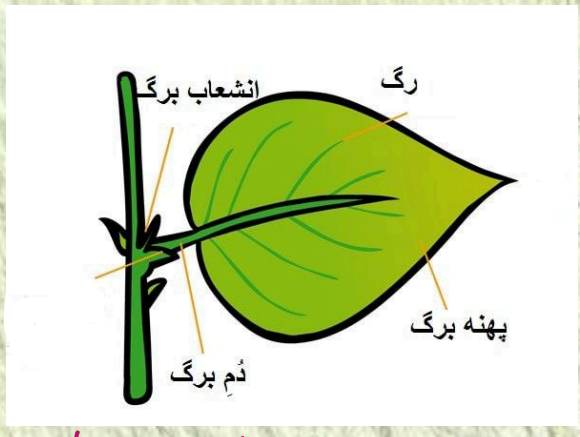
نور خورشید: در جانداران فتوسنتزکننده به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد و سبب برانگیخته و پرانرژی شدن الکترون‌های درون فتوسیستم‌ها می‌شود.

واکنش‌دهنده‌ها: هر دو مادهٔ معدنی بوده و دارای اتم اکسیژن در ساختار خود هستند.
هر دو ماده در تنفس یاخته‌ای تولید می‌شوند.

فراورده‌ها: هر دو ماده دارای اتم اکسیژن در ساختار خود هستند.
هر دو ماده در تنفس یاخته‌ای مصرف می‌شوند.







در یک سه‌لپه‌ای‌ها برگ قطعه از پهنک برگ تشکیل شده

ولی در دولپه‌ای‌ها برگ دارای یک بخش دمبرگ و پهنک برگ است

* روپوست ← نازک‌ترین بخش

* میانبرگ ← ضخیم‌ترین بخش

* روپوست دارای روزنه‌های هوایی جهت تبادل گازها با محیط

* روپوست زیرین بیشتر از رویی محل روزنه

* سلول‌های نگهبان روزنه دارای کلروپلاست

* میانبرگ دارای بافت نرده‌ای و اسفنجی

* رگبرگ‌ها دارای آوند چوبی و آبکش

* سلول‌های بافت نرده‌ای در زیر روپوست بالایی

* سلول‌های بافت اسفنجی در بالای روپوست زیرین

* سلول‌های روپوست فاقد کلروپلاست

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای کلروپلاست

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی در تماس با میانبرگ

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی در تماس با رگبرگ

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی در تماس با روزنه

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی در تماس با سلول‌های روپوست

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی فاقد دیواره پسین

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

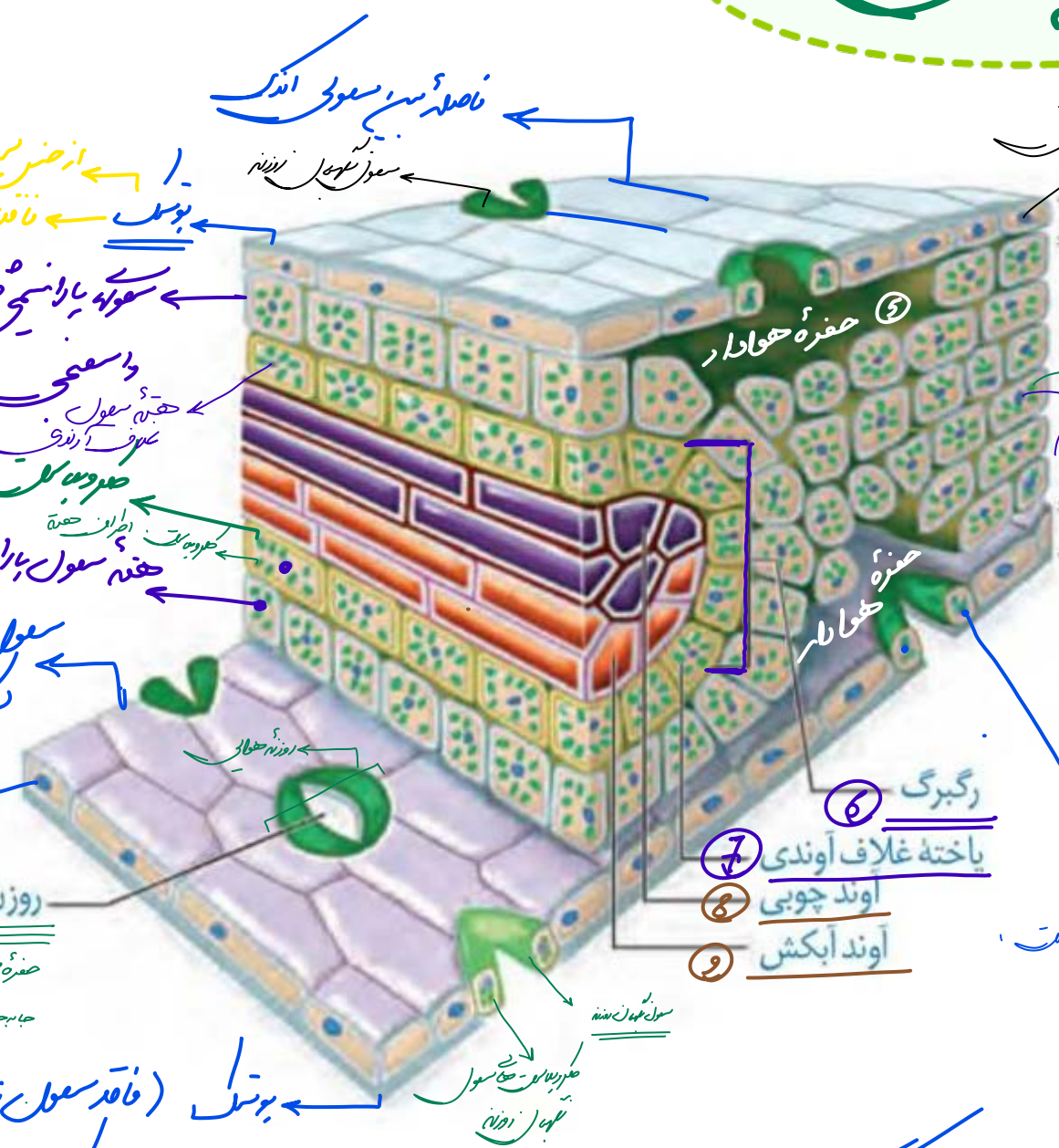
* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی

* سلول‌های بافت نرده‌ای و اسفنجی دارای دیواره پسین و پکتینی و سلولزی و لیگنینی و سوبرینی و کوتینی و پلاسمودسمی و پیت و کلنشیمی و اسکلرنشیمی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی و چوبی و آبکشی و آوندی

برگ لپه‌ای‌ها



① اپیدرم برگ سطح بالایی و زیرین برگ وجود دارد و تقریبا برابر باهم دارند و هردو اپیدرم بوستک یا بوشش نشده (فاقد سلول زنده)

تعداد روزنه‌های هوایی در اپیدرم برگ زیرین بیشتر از اپیدرم برگ بالایی است. همهٔ سلول‌های اپیدرمی آن‌ها با سلول‌های پارانشیمی دارای دانه سبز سبز - اغلب سلول‌ها فتوسنتز می‌کنند. (هم در لپه‌ای‌ها و هم تک لپه‌ای‌ها)

② در همهٔ برگ‌ها لایهٔ فضای بزرگ میان برگ یک یا دو لایه از سلول‌های پارانشیمی فتوسنتزکننده تشکیل شده‌اند.

* در میانبرگ تک لپه‌ای‌ها تنها پارانشیم اسفنجی وجود دارد.

* حفره‌های هوادار تعداد اندک و اندازهٔ بزرگ دارند. این حفره‌ها هم در تماس با اپیدرم برگ بالایی و هم زیرین هستند.

③ هستهٔ سلول پالیزادی از سلول‌های اپیدرمی کوچک‌تر است. و تعداد سلول‌های پارانشیمی نیز از اپیدرمی بیشتر

④ طرز قرار گیری سلول‌های پارانشیمی در اطراف هر دو تا پوست (تراکم بالا)

⑤ حفرهٔ هوادار در گیاهان تک لپه تعداد ↓ اندازه ↑ دارد و در مجاورت با سلول‌های پارانشیمی و روپوستی می‌باشد. * حتما با روزنه‌های هوایی مرتبط است *

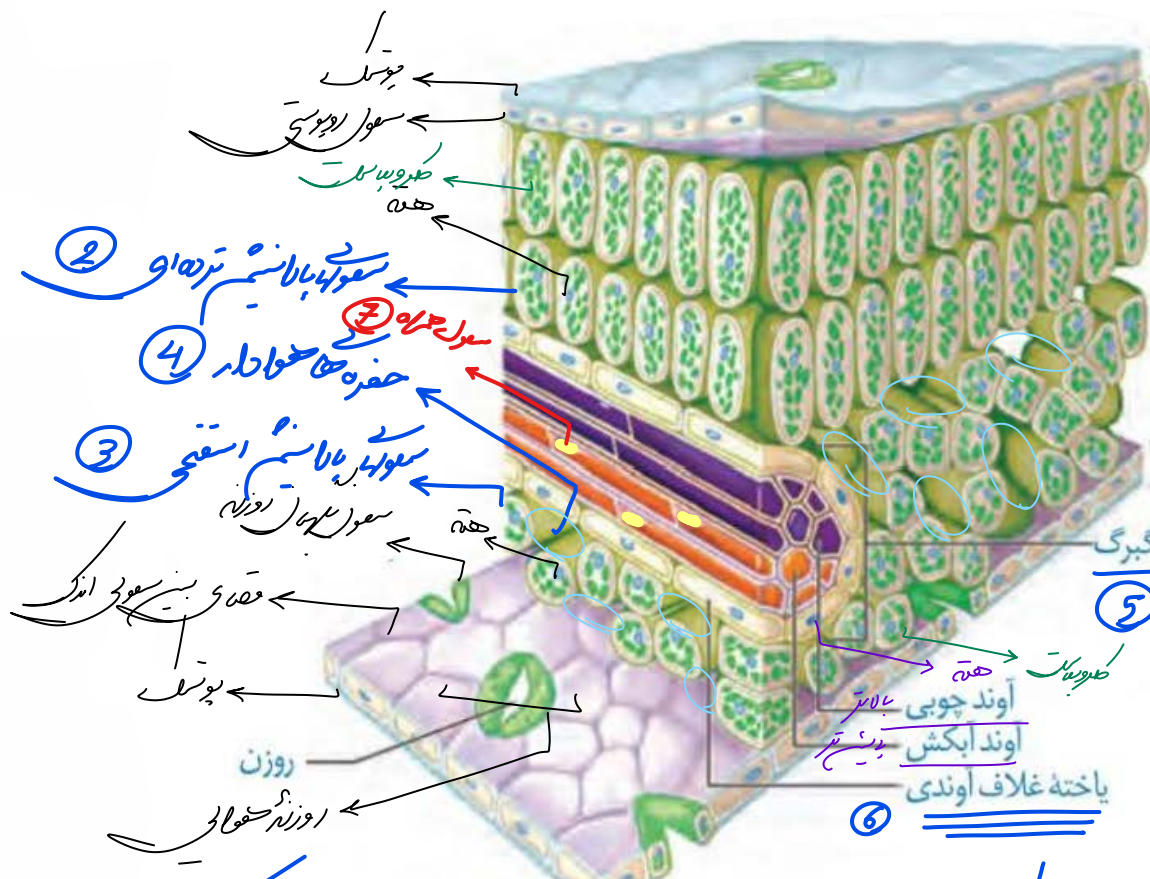
← این حفره‌ها در مجاورت هر دو نوع اپیدرم برگ می‌باشد.

⑥ رگبرگ تک لپه‌ای‌ها فضای بیشتری دارد، و سلول‌های (فاصله‌ی بین تا هر دو اپیدرم برگ دارد.

⑦ سلول‌های غلاف آوندی که خارجی‌ترین لایهٔ سلولی رگبرگ می‌باشد در تک لپه‌ای‌ها از سلول‌های پارانشیمی تشکیل شده و توان فتوسنتز دارد. (تنها سلول‌های فتوسنتزکنندهٔ رگبرگ)

⑧ آوند چوبی در سمت بالا قرار دارد - فاقد سلول زنده است. ⑨ آوند آبکش در سمت پایین قرار دارد

دو لپه‌ای‌ها



① میانبرگ دولپه‌ای‌ها از دو نوع پارانشیم تشکیل شده، نیمهٔ بالایی آن دارای پارانشیم نرده‌ای با فضای بین سلولی اندک و نیمهٔ زیرین آن با پارانشیم اسفنجی به همراه حفره‌های هوادار کوچک می‌باشد.

② سلول‌های پارانشیم نرده‌ای نسبت به اسفنجی کشیده‌تر می‌باشند و می‌توانند در مجاورت با روپوست بالایی، رگبرگ و حفرهٔ هوادار باشند.

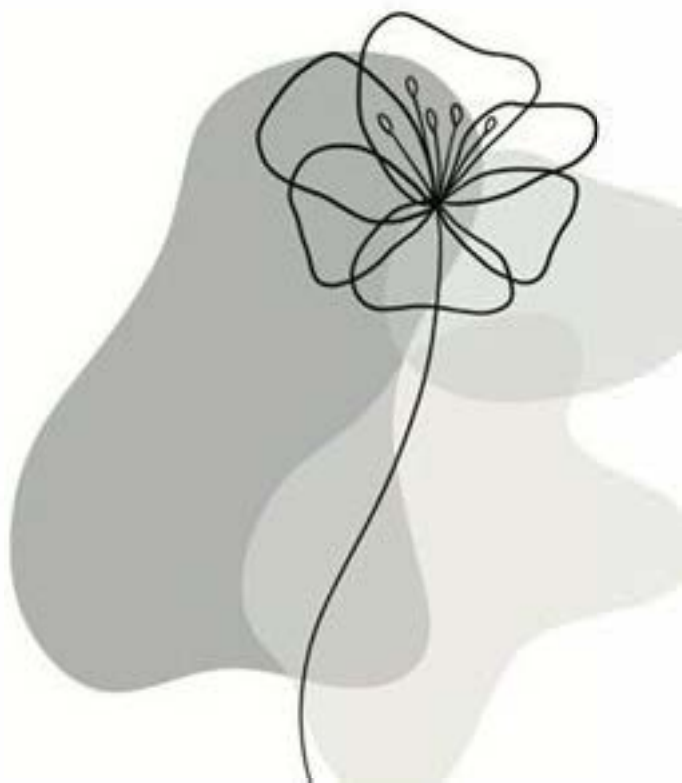
③ " " اسفنجی که نسبت هفته به سلول بیشتر است، می‌توانند در مجاورت روپوست پایینی، رگبرگ و حفرهٔ هوادار باشند.

④ حفرهٔ هوادار در برگ دولپه‌ای‌ها قطری در حدود ① و اندازهٔ کوچک دارند. این حفره‌ها با روزنه‌های هوایی فاقد مجاورت در تماس بوده، می‌توانند در تماس با میانبرگ (پارانشیم اسفنجی و نرده‌ای) باشند. گاهی این حفره‌های هوادار در مجاورت رگبرگ می‌باشند.

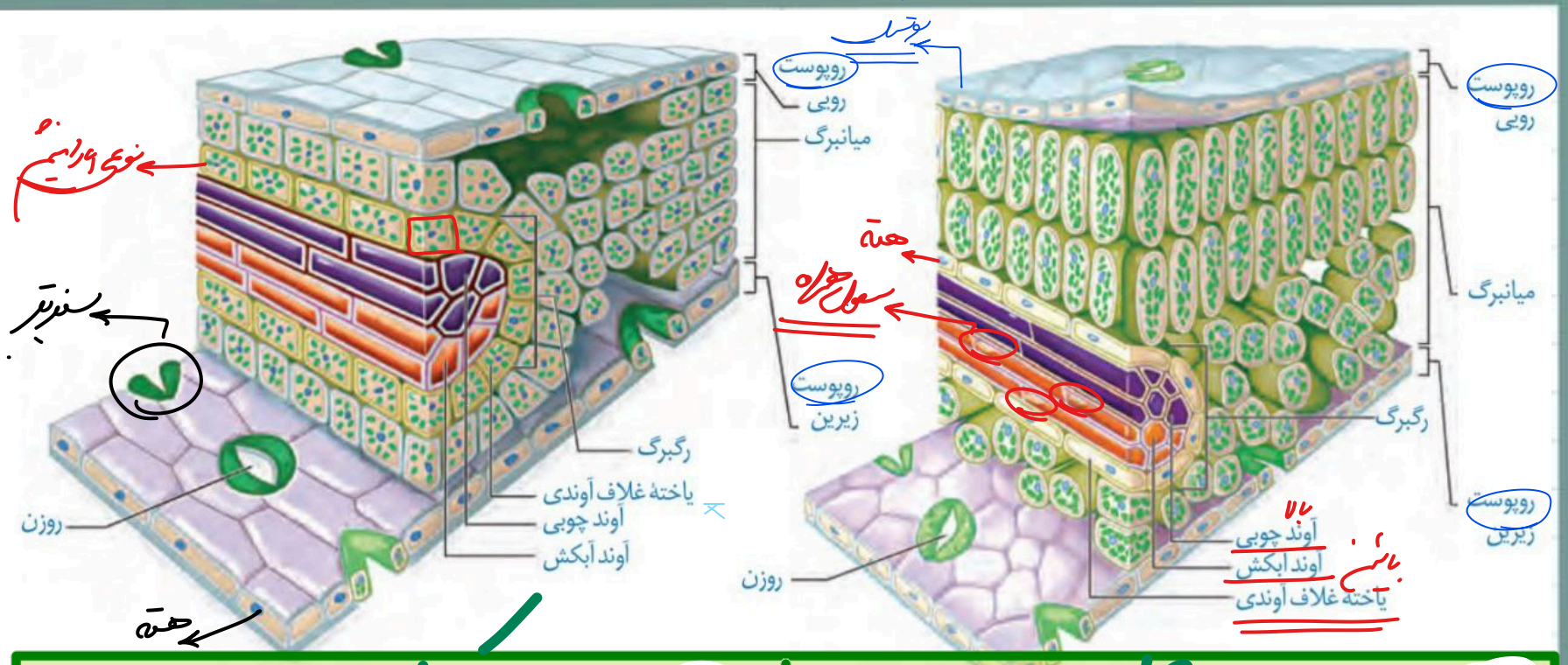
⑤ رگبرگ دولپه‌ای‌ها در نیمهٔ زیرین برگ قرار دارد و در تماس آن با پارانشیم اسفنجی بیشتر از نرده‌ای است. رگبرگ‌های بزرگ قطر بیشتری دارند.

⑥ خارجی‌ترین لایهٔ سلولی رگبرگ (غلاف آوندی) توان فتوسنتز ندارد. این سلول‌ها باریک و کشیده هستند.

⑦ سلول همراه در کنار آوندهای آبکش در دولپه‌ای‌ها وجود دارد.



Study Title _____ Date _____



لایه

- ضخامت بوتیکل
- ضخامت روپوست‌ها
- اندازهٔ سلول‌های روپوستی
- تعداد سلول‌های روپوستی در واحد سطح
- شکل سلول‌های روپوستی
- اندازهٔ روزنه
- میزان فرورفتگی روزنه‌ها
- نوع سلول‌های نگهبان در فتوسنتز
- میزان فتوسنتز در سلول‌های نگهبان
- تعداد کلروپلاست در سلول‌ها

حفرهٔ حواداری ← اندازه
حفرهٔ حواداری ← تعداد
حفرهٔ حواداری ← جایگاه: در مجاورت روپوست زیرین یا بین بافت نگهبان و اسفنجی

2 نوع (اسفنجی / نردهای)

- هادرمی اسفنجی ✓ فضای بین سلولی
- میزان تعداد نگهبان نردهای ✓
- تعداد کلروپلاست نگهبان ✓
- اسفنجی کلروپلاست قشر زیرین
- تعداد حفرهٔ حواداری نگهبان ✓

تفلیه

- ضخامت

1 نوع (اسفنجی)

- هم دیواره با روپوست بالایی و هم زیرین
- فضای بین سلولی ✓
- ✗
- هم با روپوست زیرین و هم روبی
- ✗

دوسیمی

رگولاتور ← وسط ثابت، سه ردیف تنظیم

تردیلیتر

اندازه دریچه ← کوچک

سطوح تماس دانه‌ها: غلتشی

قیوستر کشنده X
قطر ↓
طول ↑

اندازه اوندوله‌ها: ↓

سطح مقطع همراه: ✓

تک‌سیمی

وسط ثابت

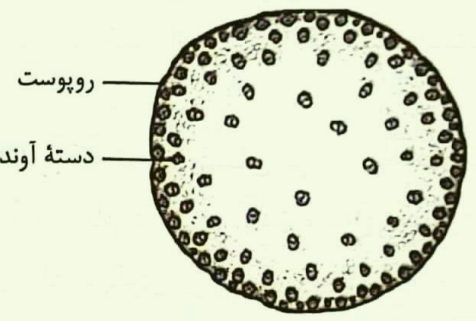
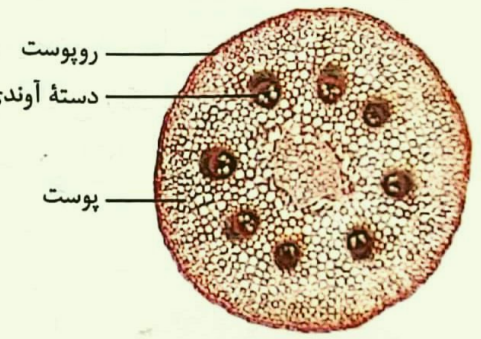
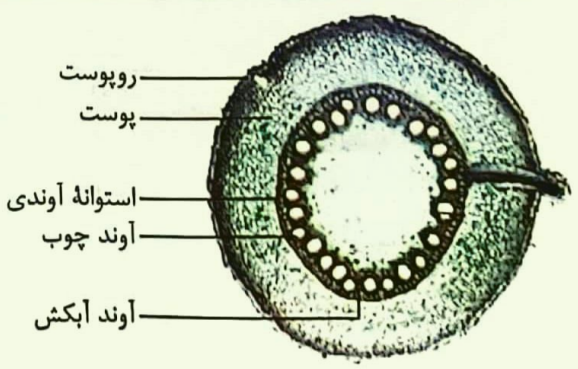
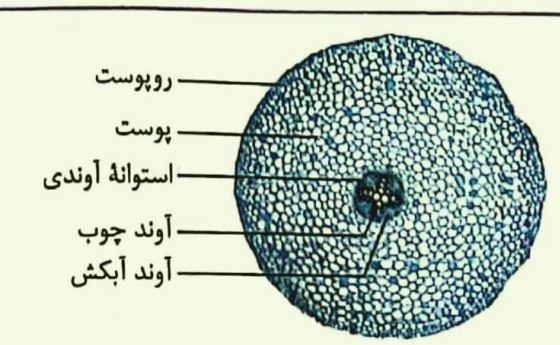
بزرگ

قیوستر کشنده ✓ (نوعی با دو سیم)
قطر ↑
طول ↓ متغیر

↑

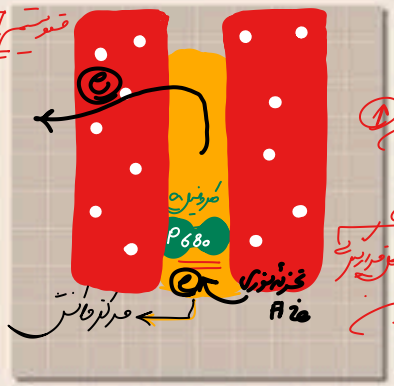
✗

بافت	شباهت‌ها	تفاوت‌ها
روپوست	۱- در هر دو، روپوست معمولن متشکل از یک لایه سلول به هم فشرده است. ۲- در هر دو، یاخته‌های روپوست ممکن است به سلول نگهبان روزنه، کرک و سلول ترشحی تمایز یابند. ۳- در هر دو، روپوست از یک لایه پوستک پوشیده شده است.	—
میانبرگ	در هر دو، میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی است. یاخته‌های پارانشیمی میانبرگ در هر دو کلروپلاست دارند.	بر طبق کتاب درسی میانبرگ گیاه دولپه از یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است اما میانبرگ گیاه تک‌لپهٔ مثال‌زده در شکل کتاب، حاوی میانبرگ اسفنجی است.
رگبرگ	در هر دو حاوی آوندهای چوبی و آبکش است که توسط غلاف آوندی احاطه شده‌اند.	—

بافت	شکل	آرایش آوندها	استوانهٔ آوندی	پوست	مغز
ساقهٔ تک‌لپه		دسته‌های آوندی شامل آوندهای چوب و آبکش که به صورت پراکنده قرار گرفته‌اند.	—	+ (پوست نازکی دارد.)	—
ساقهٔ دولپه		دسته‌های آوندی شامل آوندهای چوب و آبکش که بر روی یک دایرهٔ فرضی به طور منظم قرار گرفته‌اند.	+	+	+
ریشهٔ تک‌لپه		استوانهٔ آوندی شامل آوندهای چوب و آبکش است که این آوندها تقریبن به صورت یک در میان قرار گرفته‌اند. حفره‌های بزرگ‌تر آوند چوب هستند.	+	+	+
ریشهٔ دولپه		آوندهای چوب به صورت ستاره‌ای‌شکل و آوندهای آبکش در میان بازوهای این ستاره قرار گرفته‌اند.	+	+	☺

جانداران یاخته‌ای همگی آن‌ها فتوسنتز می‌کنند

جانداران یاخته‌ای همگی فتوسنتز کره زمین را انجام می‌دهند



روبی قرار دارند و به هم فشرده‌اند، در حالی که یاخته‌های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قرار دارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱ـ ب).

سبزدیسه: سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام **تیلاکوئید** به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و **بستره** تقسیم شده است. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲).

بستره دارای دنا، رنا و رناتن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور مستقل تقسیم شود.

شکل ۲ـ ساختار سبزدیسه

الف) ترسیمی — ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

بیشتر بدانید

گوناگونی شکل برگ‌ها

برگ ذرت، دمبرگ ندارد.

برگ مرکب از تعدادی برگچه تشکیل شده است، مانند برگ درخت گردو.

لبه برگ بعضی گیاهان کنگره دار است، مانند برگ درخت بلوط.

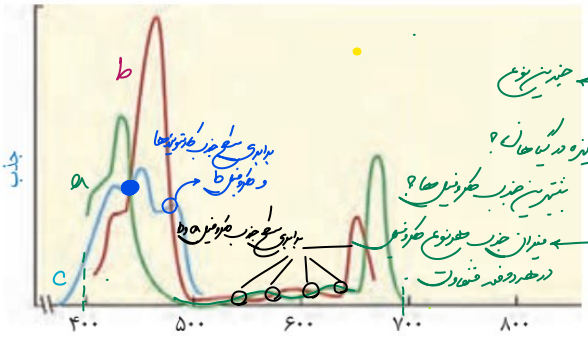
فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید

سبزینه همان‌طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می‌شود. با توجه به آنچه در سال گذشته درباره بینایی آموختید، توضیح دهید این رنگیزه چرا به رنگ سبز دیده می‌شود؟

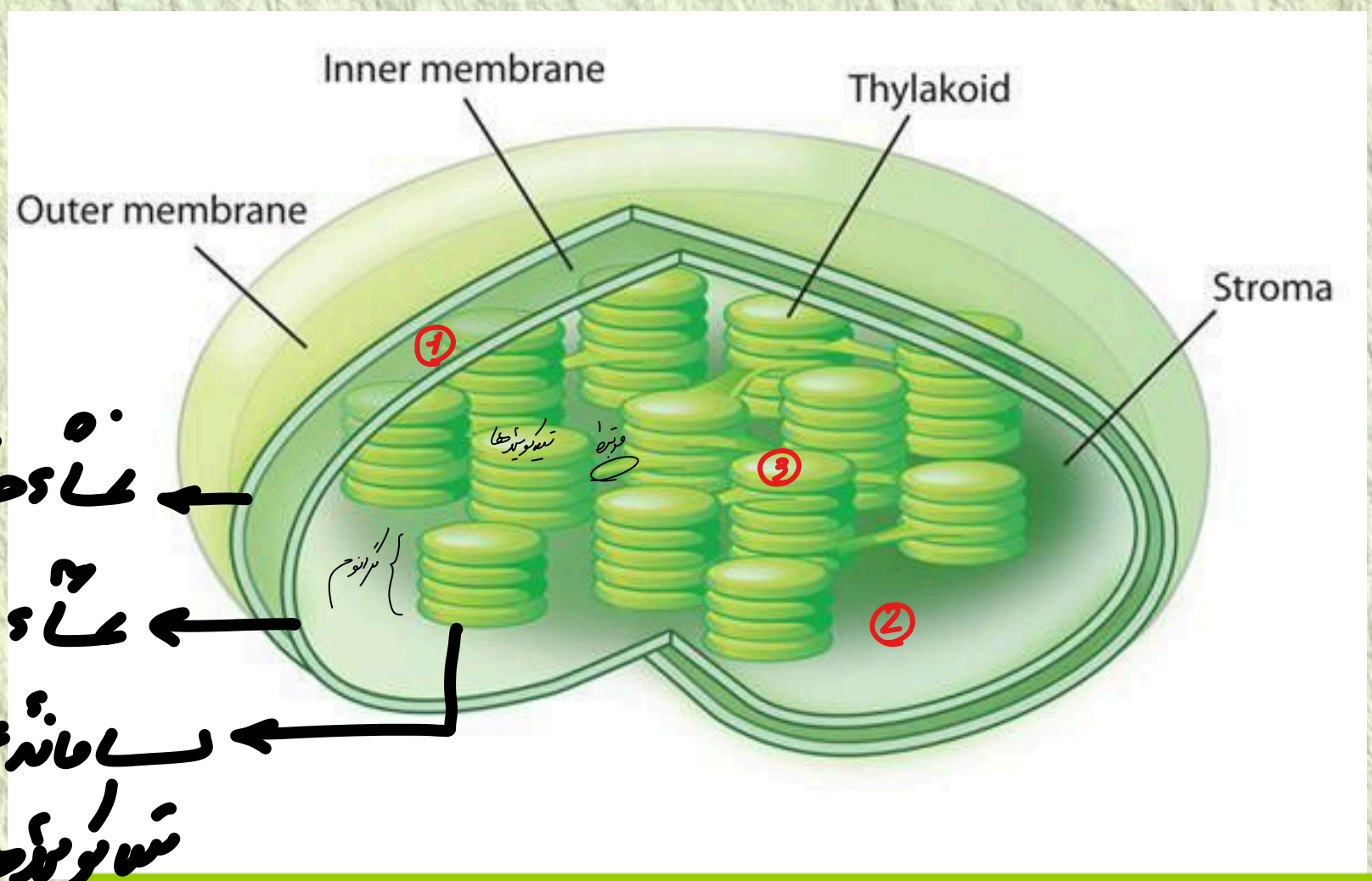
رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. (وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.)

در گیاهان سبزینه‌های a و b وجود دارند. (بیشترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش ـ آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی ـ قرمز) است.) گرچه حداکثر جذب آنها در هر یک از این محدوده‌ها با هم فرق می‌کند. کاروتنوئیدها به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).



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

	هسته	میتوکندری	کلروپلاست
چین‌خوردگی غشایی	—	غشای داخلی دارد.	ندارد
دنای حلقوی	✗	✓	✓
پروتئین‌های هیستون متصل به دنا	✓	✗	✗
نوکلئیک اسید غطی	درون هر سه ساختار مولکول رنا که نوعی نوکلئیک اسید غطی است، وجود دارد!		
زمان دو برابر شدن دنای درون آن	مرحلهٔ S چرخهٔ یاخته‌ای	می‌تواند مستقل از چرخهٔ یاخته‌ای باشد و یا در مرحلهٔ G_2 چرخهٔ یاخته‌ای انجام بگیرد.	
اتصال غشای بیرونی و درونی به هم	✓ (در بخش‌هایی که منفذ ایجاد می‌شود.)	این دو غشا به هم اتصالی ندارند و بین آن‌ها فضایی وجود دارد.	
وجود رنگیزه در غشای اندامک	در هیچ‌یک از آن‌ها رنگیزهٔ فتوسنتزی در غشای اندامک وجود ندارد. دقت کنید که در کلروپلاست رنگیزه در غشای تیلاکوئید قرار دارد!		
داشتن زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای اندامک	✗	غشای داخلی دارد.	✗ (در غشای تیلاکوئید زنجیرهٔ انتقال الکترون قرار دارد.)
توانایی تولید پروتئین‌های مورد نیاز خود	ندارد	دارد (فقط گروهی از پروتئین‌های مورد نیاز خود را می‌تواند تولید کند!)	
فعالیت آنزیم دنابسپاراز	✓ (به شرطی که یاخته تقسیم شود!)	✓ (حتی در صورت عدم تقسیم یاخته نیز، درون آن همانندسازی می‌تواند انجام بگیرد پس فعالیت آنزیم دنابسپاراز مشاهده می‌شود.)	
جداشدن دو رشتهٔ دنا از هم	در هر ۳ ساختار برای انجام همانندسازی و رونویسی دو رشتهٔ دنا در نقاطی از هم باز می‌شوند.		
مشاهدهٔ رناتن درون اندامک	✗	✓ (این دو اندامک رناتن مخصوص به خود را دارند.)	
نقش در تعیین ژنوم یاخته	همگی دارای دنا هستند؛ پس در تعیین ژنوم یاخته نقش دارند.		
تعداد غشا	—	۲	۳
انجام بخشی از واکنش‌های تنفس نوری	—	✓	✓
مصرف اکسیژن	—	دارد	دارد (در تنفس نوری)
تولید اکسیژن	—	ندارد	دارد (درون تیلاکوئید)



غشاء خارجی

غشاء داخلی

بافتهٔ مانند غشایی تیلاکوئیدها

فضاها ←
① فضای بین دو غشاء ← از داخل دریچه‌ها با استروما تماس دارد
از داخل دریچه‌ها با فضای بین دو غشاء تماس دارد.

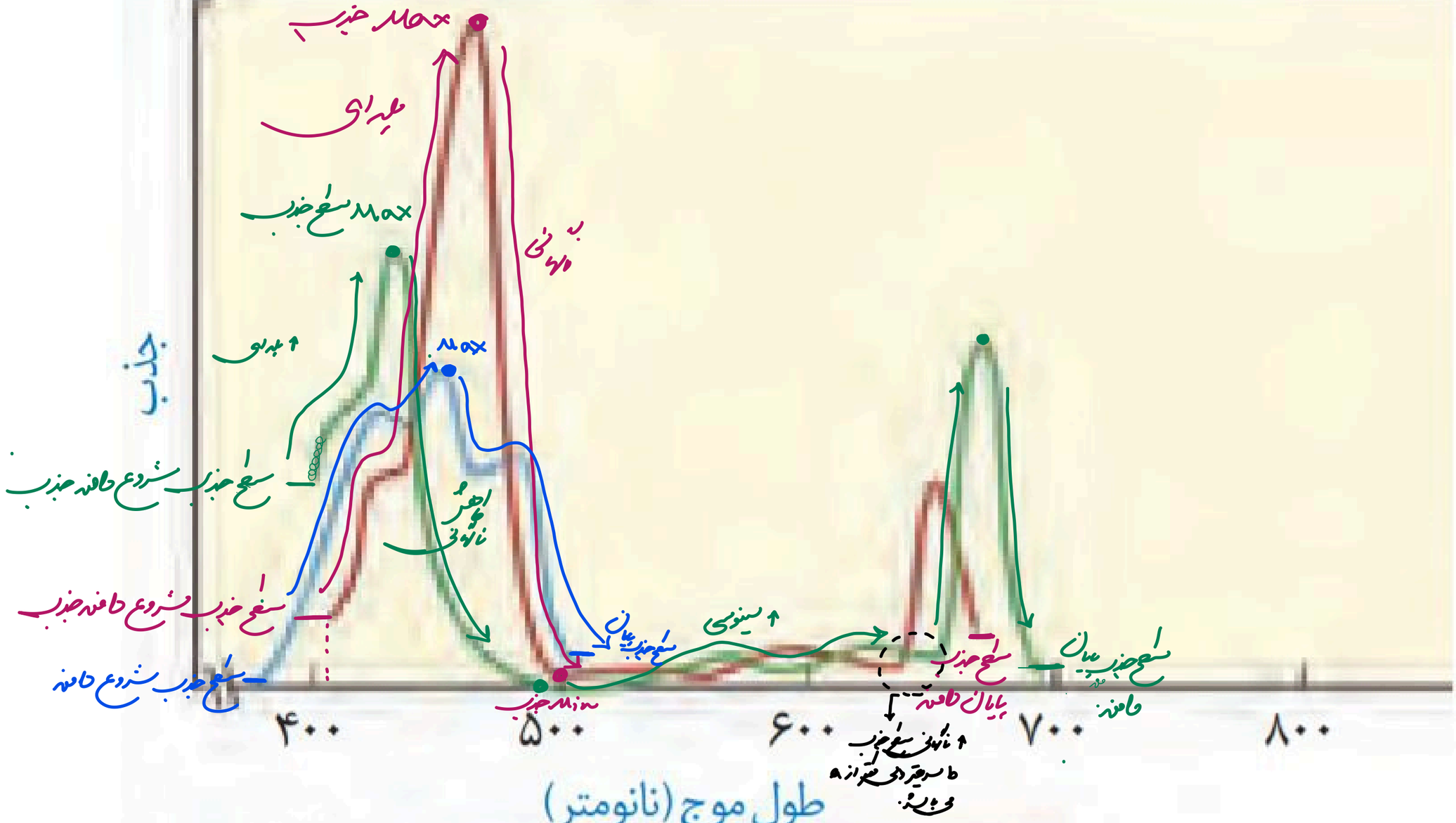
② فضای پر شده با استروما ← از خارج دریچه‌ها با فضای بین دو غشاء تماس دارد
از داخل دریچه‌ها با استروما تماس دارد.

③ فضای داخل تیلاکوئیدها ← از داخل دریچه‌ها با فضای داخلی تیلاکوئید تماس دارد
از خارج دریچه‌ها با استروما تماس دارد.

* فضای ② ← حاوی DNA حلقوی، RNA، ریبوزوم، Pro و ... .
✓ رونویسی (تولید RNA)
✓ همانندسازی (تولید DNA)
✓ ترجمه
✓ پروتئین‌سازی

* فضای ③ ← محل تجمع H^+ (↓ PH)

مقایسهٔ راکیزه (میتوکندری) و سبزدیسه (کلروپلاست)		
موارد مقایسه	راکیزه	سبزدیسه
در کدام گروه از جانداران وجود دارد؟	همهٔ یوکاریوت‌ها	گیاهان و آغازیان
تعداد غشا	۲	۲
غشای چین‌خورده	دارد (غشای درونی)	ندارد
تعداد فضا	۲	۳
دنای حلقوی	دارد	دارد
رنا و رناتن مخصوص به خود	دارد	دارد
ساخت پروتئین‌های مورد نیاز توسط ...	رناتن‌های خود + رناتن‌های آزاد در سیتوپلاسم	رناتن‌های خود + رناتن‌های آزاد در سیتوپلاسم
همانندسازی و رونویسی	دارد	دارد
توانایی تقسیم مستقل از یاخته	دارد	دارد


Max جذب
طیف
Max سطح جذب
تابش
Max
سطح جذب شروع کافنده جذب
سطح جذب شروع کافنده
سطح جذب پایان
Min جذب
سینوسی
سطح جذب
پایان کافنده
سطح جذب پایان
کافنده
۴۰۰
۵۰۰
۶۰۰
۷۰۰
۸۰۰
طول موج (نانومتر)
بخش مرئی نور

بیشترین جذب: 500 تا 400 > 650 تا 700

هموزیگوت ها: هموزیگوت a ← 400 < فاصله جذب < 700
سطح جذب در شروع فاصله > پایان فاصله

- ✓ در طول موج 500، سطح جذب صفر
- ✓ بین طول موج 500 تا 650 کمترین سطح جذب ← باعث دیده شدن رنگ سبز می‌شود.

مولکول خالص جذب ↑
محلول سبزی

- ✓ min سطح جذب ← در 500 ← صفر
- ✓ سطح جذب برابر ← با هموزیگوت b: 6 بار
  ← با کارتنوئیدها: 1 بار

هموزیگوت b ← سطح جذب شروع و پایان فاصله مشابه هم

کمترین سطح جذب ← 500 (صفر شد)

هموزیگوت a: سطح جذب برابر ← 6 بار
با کارتنوئید: 2 بار

کمترین 700 < فاصله جذب > 400 (فاصله جذب از هموزیگوت a کمتر)

بیشترین جذب ← 500 تا 400 >>> 700 تا 650

کاهش انرژی

- * از 500 تا 650 صورت سینوسی داشتن ↑ سطح جذب
- سطح جذب کمتر از a
- سطح جذب بیشتر از هموزیگوت a

کارتنوئیدها: بیشتر 500 < فاصله جذب < کمتر 400

max جذب ← طول موج 450

- * ↑ و ↓ سطح جذب به صورت پله‌ای
- * کمترین فاصله جذب *

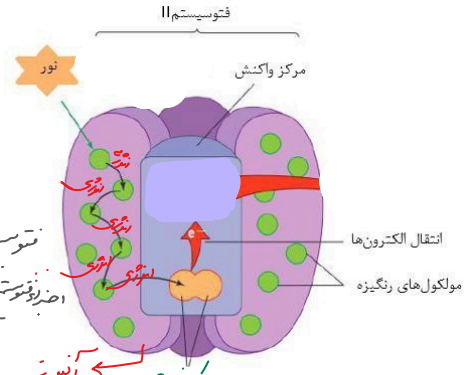
سطح جذب برابر با: هموزیگوت a: 1 بار، هموزیگوت b: 2 بار

سطح جذب شروع فاصله > سطح جذب پایان فاصله
min سطح = 0

- ✓ رنگیزه‌ها فتوسنتزی ← هموزیگوت‌ها: a، b
  کارتنوئیدها
- ✓ max فاصله جذب: هموزیگوت a
- ✓ max شدت جذب: هموزیگوت b
- ✓ min فاصله جذب: کارتنوئیدها
  min شدت نه: کارتنوئیدها

- ✓ رنگیزه‌ای که سطح جذب صفر ندارد ← هموزیگوت b
- ✓ سطح جذب در طول موج 500nm: a < b < c
- ✓ در محل سطح جذب همه رنگیزه‌ها برابرند ≈ 450
- ✓ " " هموزیگوت a و b در بازه 600-700 با هم برابرند
  ← هموزیگوت a جذبش ↑، b جذبش ↓

هموزیگوت a جذبش ↓
هموزیگوت b و c جذبش ↑



فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه هایی به‌نام **فتوسیستم ۱ و ۲** قرار دارند. هر فتوسیستم شامل **آنتن های گیرنده نور** و یک **مرکز واکنش** است. هر آنتن که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می گیرد و به مرکز واکنش منتقل می کند. مرکز واکنش، شامل مولکول های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

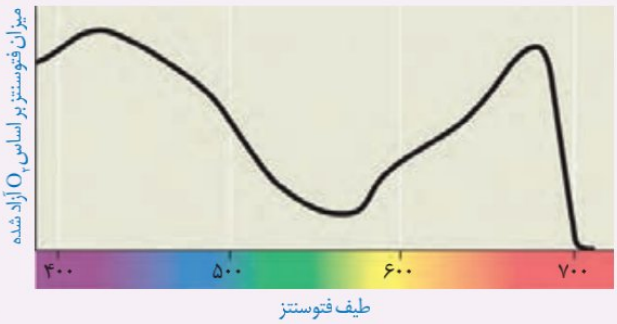
حداکثر جذب سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینه a در فتوسیستم ۱، P۷۰۰ و در فتوسیستم ۲، P۶۸۰ می گویند.

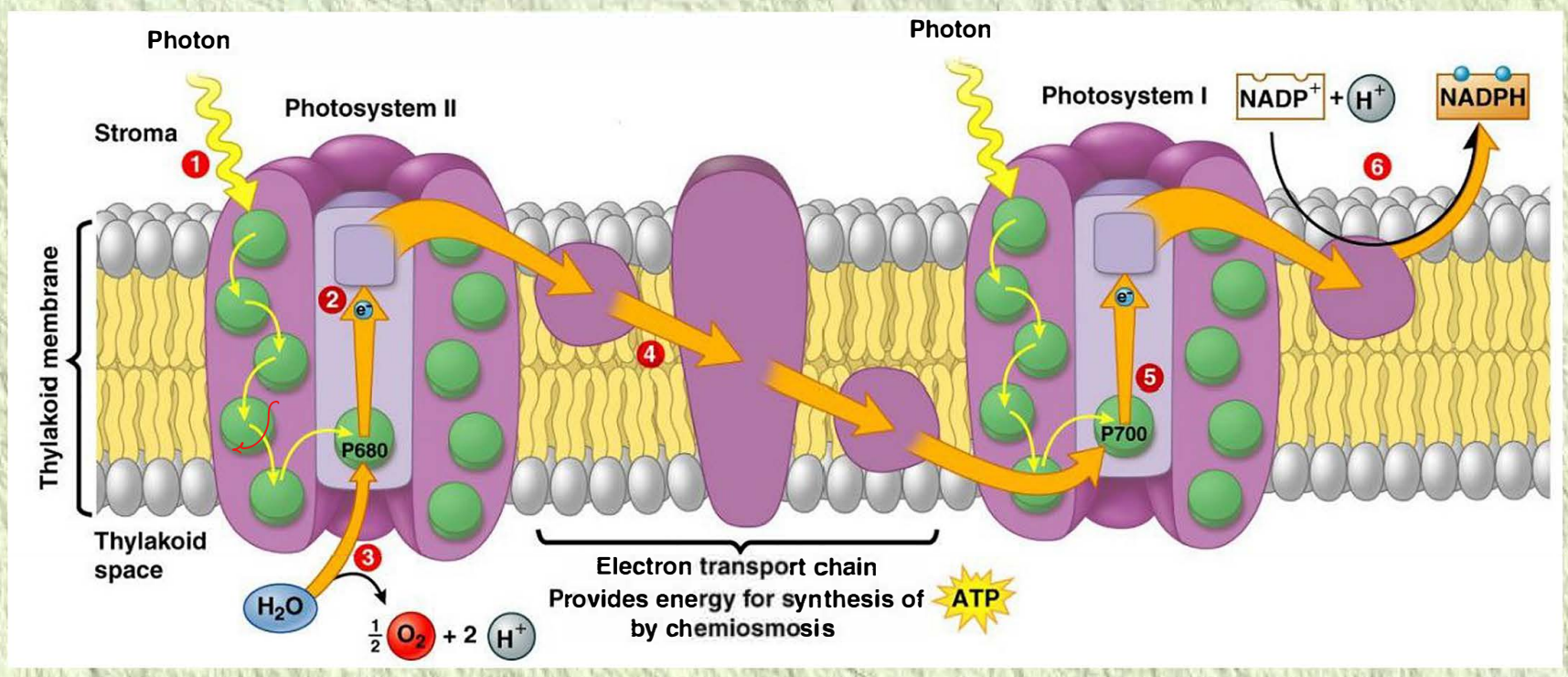
فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول ها می توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

فعّالیت ۲

ارائه دلیل

نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به‌دست می آورید، بنویسید.





حاصل تجزیهٔ نوری H_2O ← تولید می‌شود ← H^+ داخل تیلاکوئید

حاصل پمپ زنجیرهٔ انتقال e ← وارد می‌شود

ایجاد می‌کند ← غلظت H^+ داخل تیلاکوئید ← پمپ زنجیرهٔ 1
تجزیهٔ نوری H_2O

لازمهٔ فعالیت آنزیم ATP ساز

محصولات واکنش‌های تیلاکوئیدی ← در ستروما تولید می‌شوند!

NADPH / ATP

H^+ جابه‌جایی ← پمپ: انتقال فعال (ستروما ← تیلاکوئید)
(1 و 2)
آنزیم ATP ساز: انتشار تسهیل شده (تیلاکوئید ← ستروما)

	دهنده الکترون	گیرنده الکترون
زنجیره انتقال الکترون اول	P۶۸۰	P۷۰۰
زنجیره انتقال الکترون دوم	P۷۰۰	$NADP^+$
مرحله اول (وابسته به نور) فتوسنتز	آب	$NADP^+$
چرخه کالوین	NADPH	اسید سه کربنه
کل فتوسنتز	آب	اسید سه کربنه

فعّالیت ۳

گفت‌وگو کنید

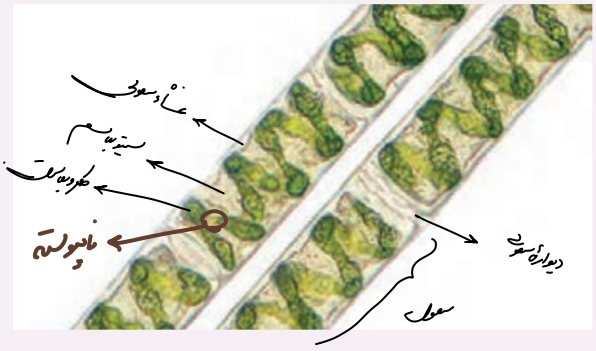
آیا همهٔ طول موج های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می‌توان با استفاده از اسپیروژیر (جلبک سبز رشته‌ای)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور ـ برای تجزیه نور ـ آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد.

اسپیروژیر سبزدیسه‌های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همهٔ طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد.

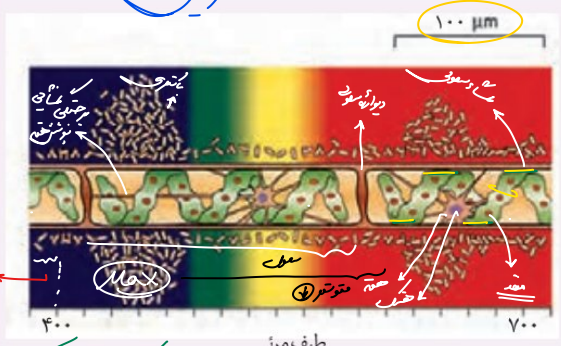
در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لولهٔ آزمایشی شامل آب و باکتری های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافته‌اند (شکل ب).

الف) چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ با چه آزمایشی می‌توانید درستی این توضیح را بررسی کنید؟

ب) آیا از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که سبزینه، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



الف)اسپیروژیر



ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

گفتار ۲ واکنش‌های فتوسنتزی

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 پرانرژی 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 به‌وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آنتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینهٔ 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 $NADP^+$[1] می‌رسد (شکل ۶).

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

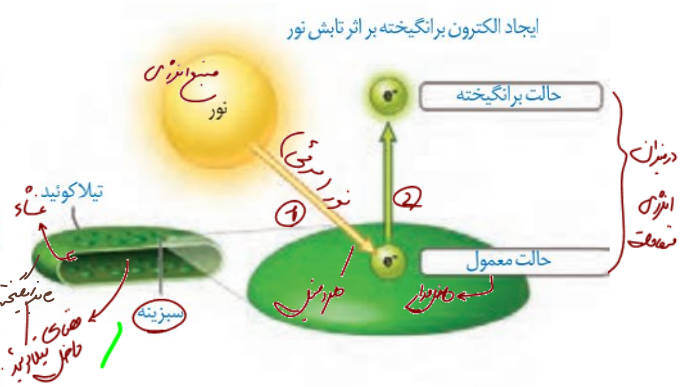
$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

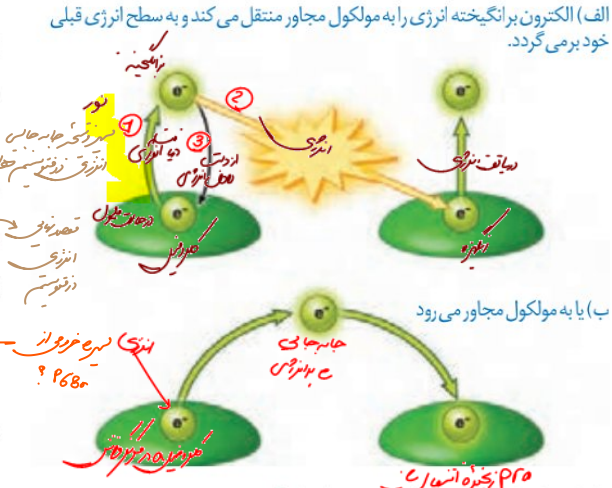
$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADPH + H^+$$

واکنش ۲ـ تشکیل NADPH

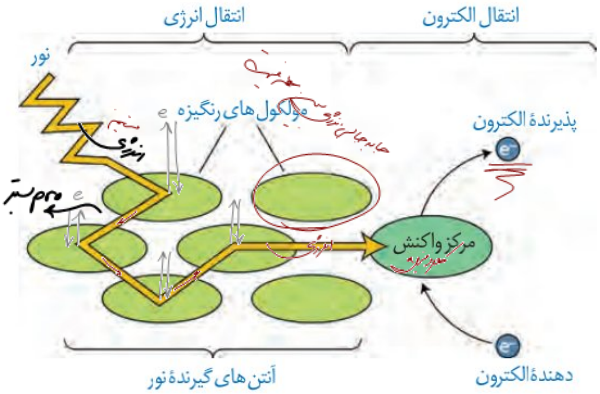
با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱ را جبران می‌کند.

۱ـ Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

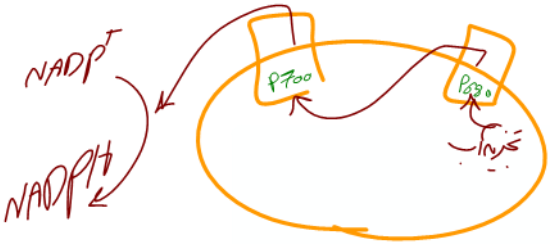


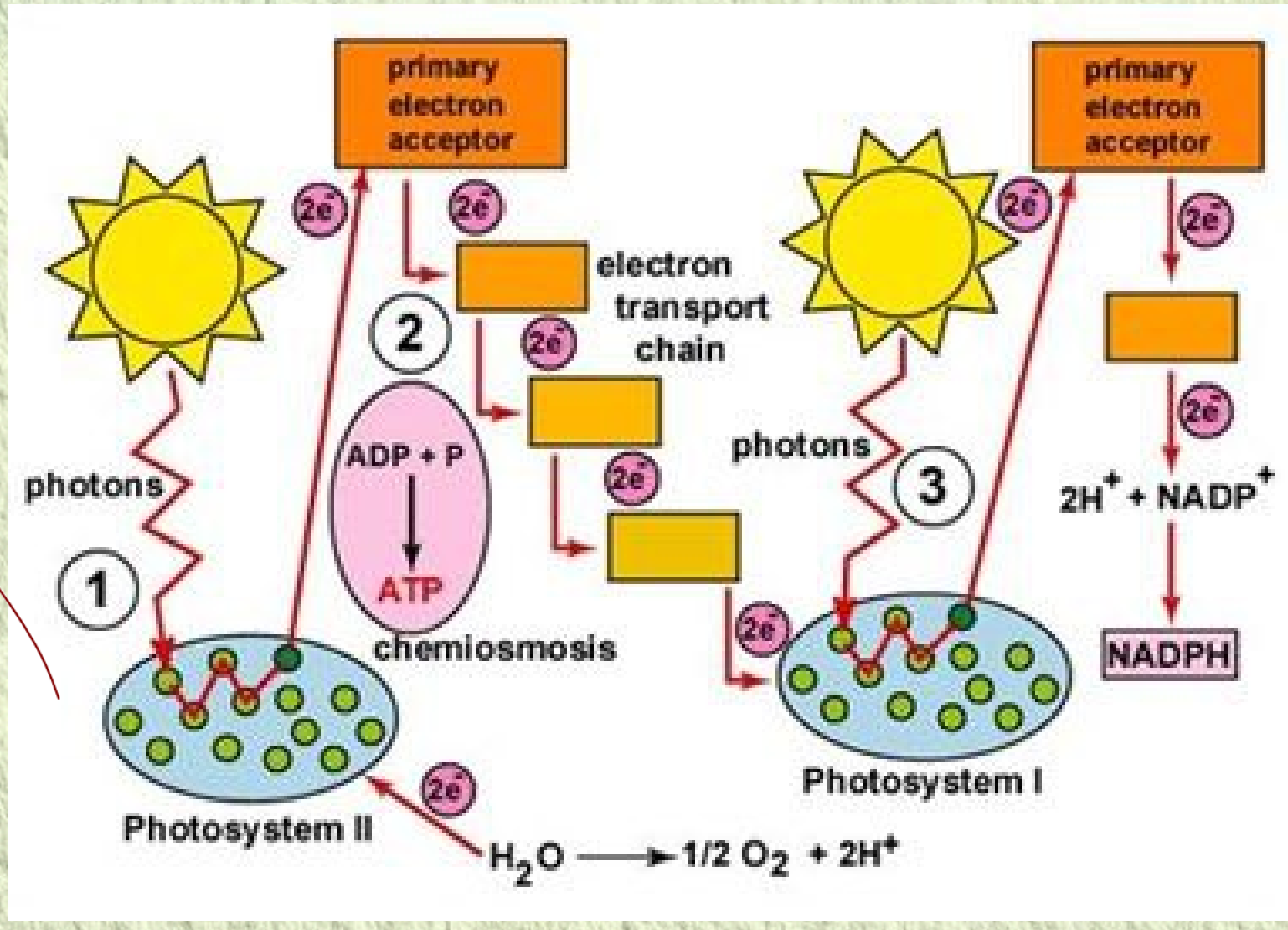


شکل ۴ـ ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



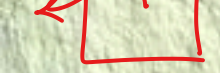
شکل ۵ـ انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

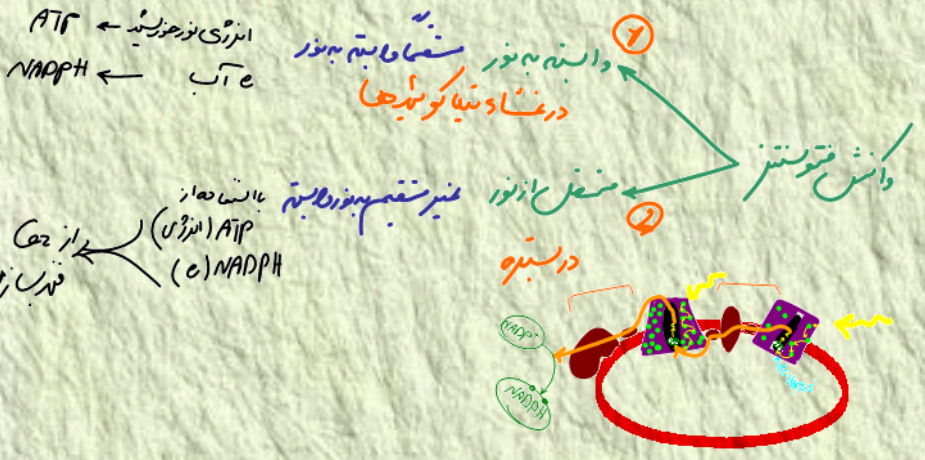




e خروجی از P_{680} ← از فتوسیستم خارج نمی‌شود تا وارد زنجیره نشود بلکه از فتوسیستم وارد غشاء تیلاکوئید شده و در انتهای مسیر وارد تیلاکوئید می‌شود. (این e هیچوقت وارد زنجیره نشده) و از انرژی آن جهت ایجاد شیب غلظت H^+ در طرف غشاء تیلاکوئید استفاده می‌شود و غیرمستقیم در تولید ATP مؤثر است. مسیر عبور این e طولانی‌تر نسبت به e خروجی از فتوسیستم I است.

e خروجی از P_{700} ← این e همیشه خارج تیلاکوئید حرکت می‌کند و مسیر کوتاه‌تری طی می‌کند و در نهایت حامل e تا NADPH می‌سازد.





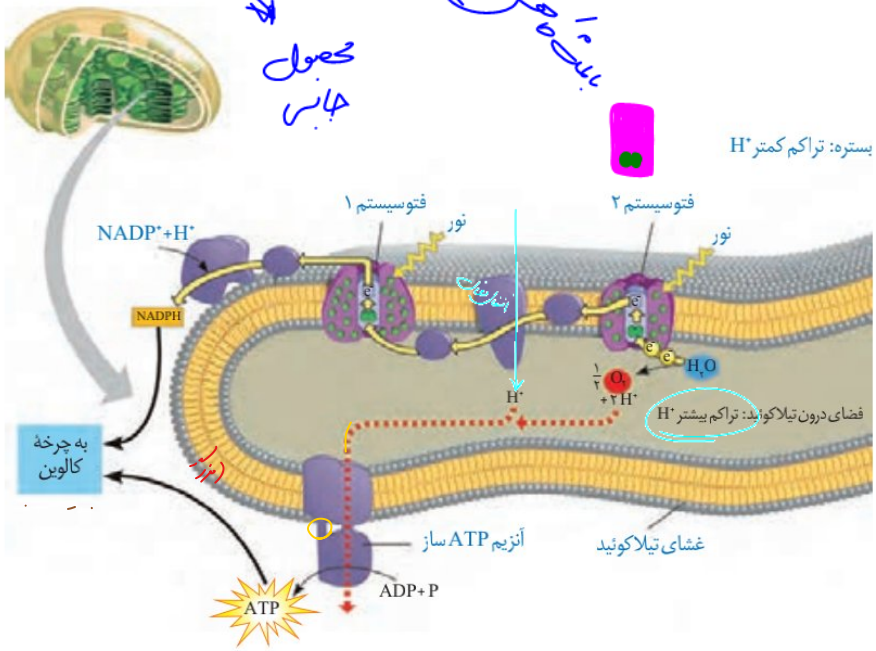
را جبران می‌کند، اما کمبود الکترون سبزینهٔ a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟

تجزیه نوری آب: به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می‌بینید، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند و الکترون‌های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می‌روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می‌شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می‌گویند.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

$$H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

واکنش ۳ـ تجزیه آب



شکل ۶ـ طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

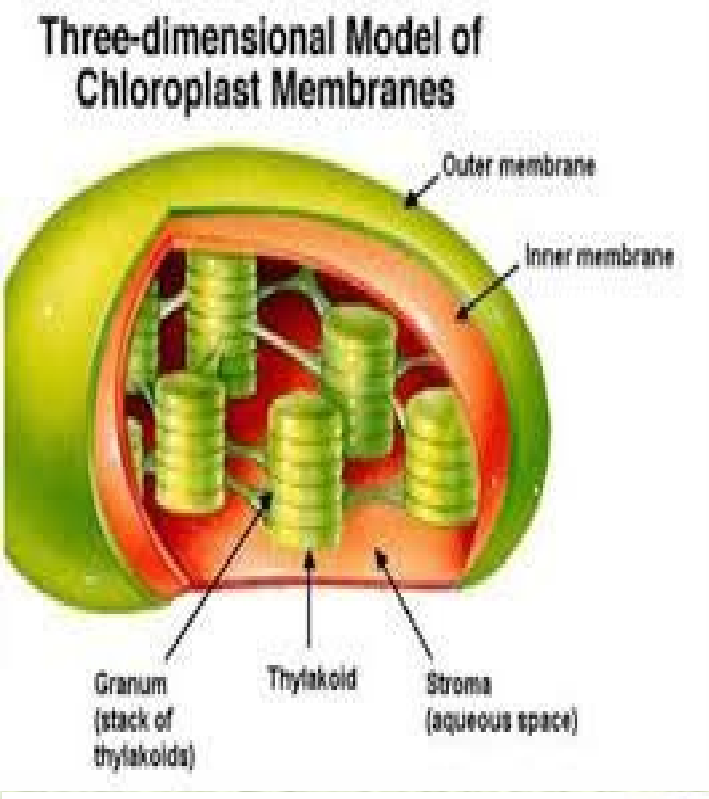
ساخته شدن ATP در فتوسنتز

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

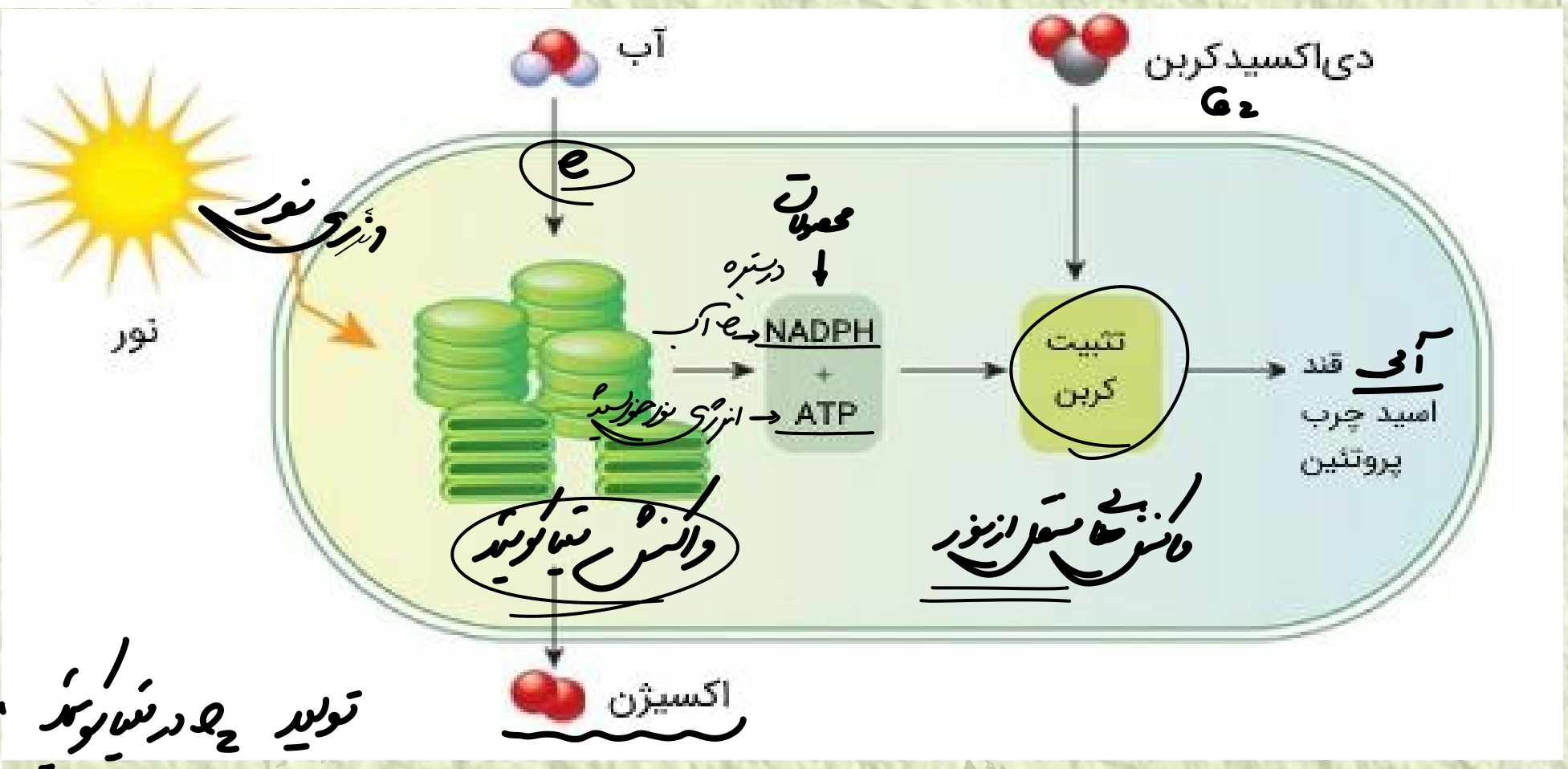
همچنین دانستیم که تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می‌آید. درنتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود.

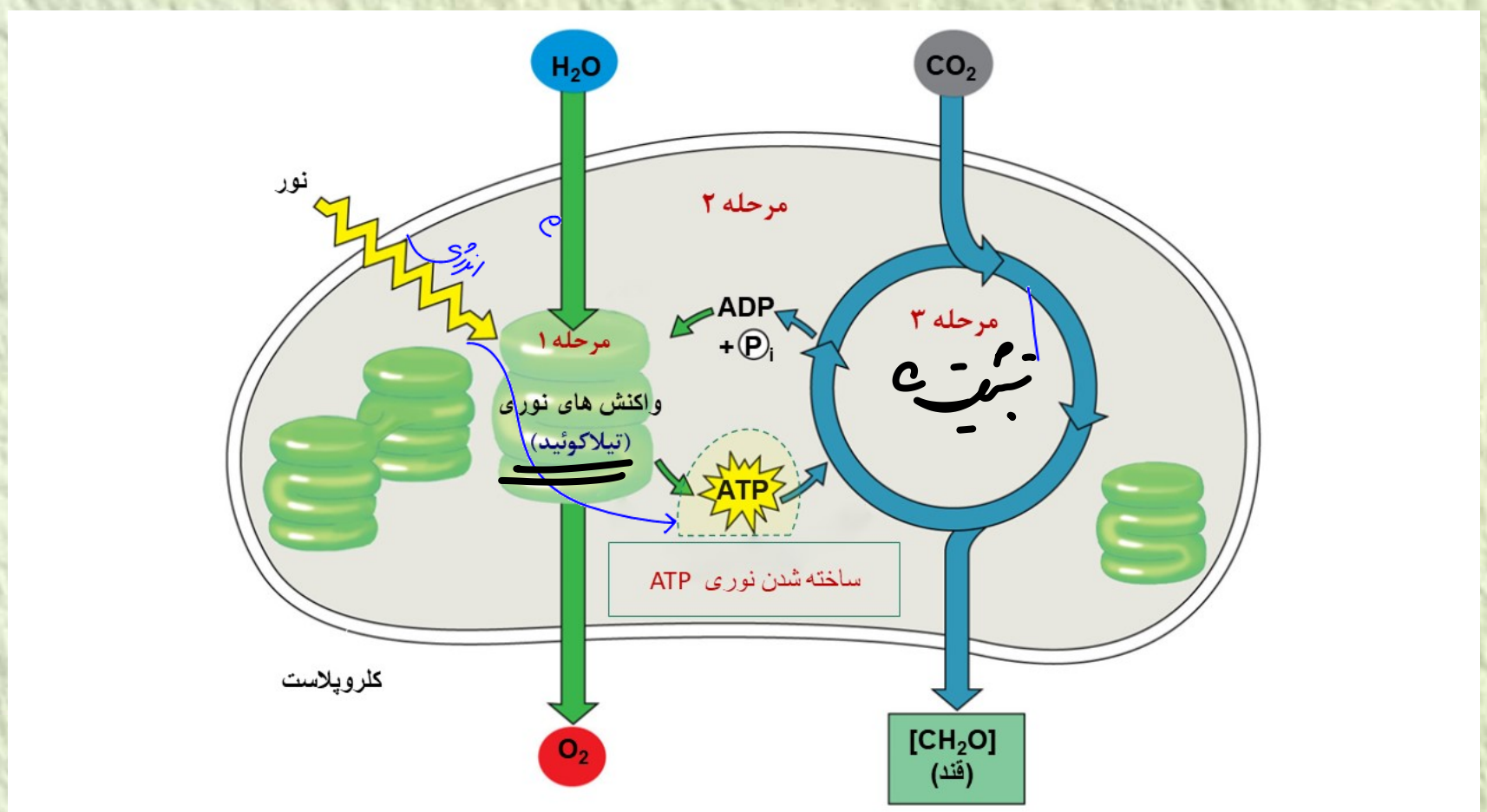
پروتون‌ها بر اساس شیب غلظت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی‌توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون‌ها از چه راهی به بستره می‌روند؟

در غشای تیلاکوئید مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم


Three-dimensional Model of Chloroplast Membranes
Outer membrane
Inner membrane
Granum (stack of thylakoids)
Thylakoid
Stroma (aqueous space)

سلول گیاهی
کلروپلاست
گرانوم
تیلاکوئید


آب
دی‌اکسید کربن
CO_2
نور
NADPH
+
ATP
تثبیت کربن
قند
اسید چرب
پروتئین
اکسیژن


H_2O
CO_2
نور
مرحله ۲
مرحله ۱
واکنش های نوری
(تیلاکوئید)
ADP
+ P_i
مرحله ۳
ATP
ساخته شدن نوری ATP
کلروپلاست
O_2
$[CH_2O]$
(قند)

فتوسنتز I نسبت به فتوسنتز II سریع‌تر انجام می‌شود زیرا PRO های آن بلافاصله پس از تشکیل به تیلاکوئید منتقل می‌شوند (هر دو اندازه مرکز واکنش برابر)

* آنتن های فتوسنتز I متنوع‌تر از آنتن های فتوسنتز II

هر دو فتوسنتز عرض نسبتاً زیادی از غشاء تیلاکوئید را اشغال می‌کنند و در تماس با فضای سیتوزول تیلاکوئید هستند.

PRO تشکیل شده در تیلاکوئید ← فتوسنتز I
PRO تشکیل شده در سیتوزول ← فتوسنتز II

از PRO های تشکیل شده در سیتوزول فقط PRO های آخر (که از PRO های قبلی بزرگ‌تر هستند) وارد تیلاکوئید می‌شوند.

اولین PRO ذخیره‌ی اول
اولین PRO ذخیره‌ی دوم و الی آخر

در تماس با فضای سیتوزول تیلاکوئید

در تماس با فضای داخلی تیلاکوئید

PRO های آماده‌ی ذخیره‌ی اول: از قبل در تیلاکوئید بوده‌اند

PRO های آماده‌ی ذخیره‌ی دوم: از سیتوزول وارد تیلاکوئید شده‌اند

سطح تماس فتوسنتز II با هر دو فضا بزرگ‌تر از سطح تماس فتوسنتز I است.

سطح تماس بیشتری با فضای داخلی تیلاکوئید دارد.

محل قرارگیری هر دو نوع مرکز واکنش در هر دو فتوسنتز به سمت داخل تیلاکوئید است (e به سمت خروج مسافت بیشتری می‌تواند طی کند)

* e از پاسخ‌های وارد فتوسنتز II وارد پاسخ‌های خارج می‌شود

* e خروجی از فتوسنتز II وارد غشاء تیلاکوئید می‌شود

* e خروجی از فتوسنتز I وارد سیتوزول می‌شود

©MICUSH.COM

Pro آمینو اسید

← جابه‌جایی XH^+

1 Pro زنجیره 1

← جابه‌جایی e

داخل غشا جابه‌جا محرکه

← دیفوزیون (تفکیک از لایه مستقیم)

← دیفوزیون حین حرکت خودش

Pro آمینو اسید

← جابه‌جایی H^+ ✓ با استفاده فعال (تفکیک از لایه غشا)

2 Pro زنجیره

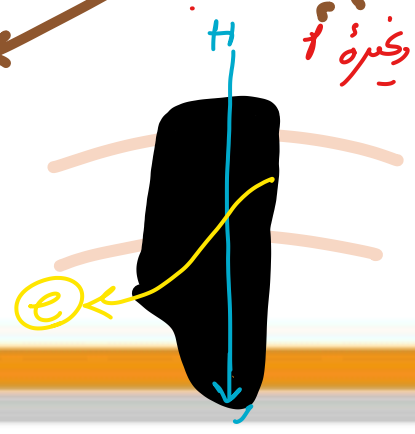
← جابه‌جایی e

← دیفوزیون ✓ (ورود به داخل تیلاکوئید)

← تفکیک از لایه مستقیم

← دیفوزیون ✓ بدون حرکت

(خروج از غشا)



Pro آمینو اسید متحرک زنجیره 1

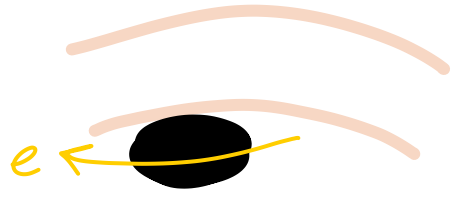
← جابه‌جایی H X

3 Pro زنجیره 1

← جابه‌جایی e ✓

• داخل تیلاکوئید

• در حال حرکت



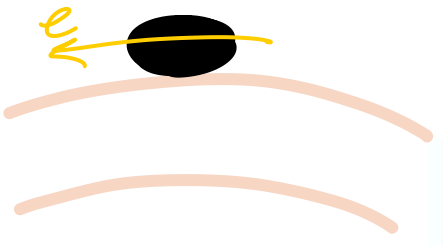
Pro آمینو اسید متحرک زنجیره 2

← جابه‌جایی H^+ X

2 Pro 1 زنجیره 2

← جابه‌جایی e ✓

در بسته



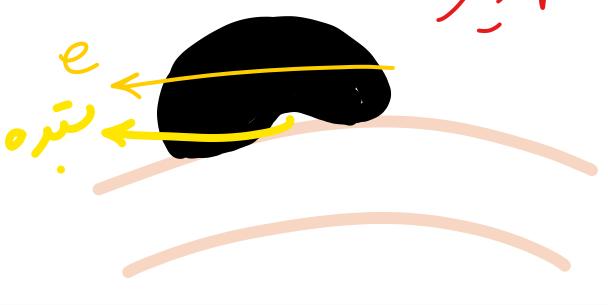
Pro آمینو اسید بزرگ زنجیره 2

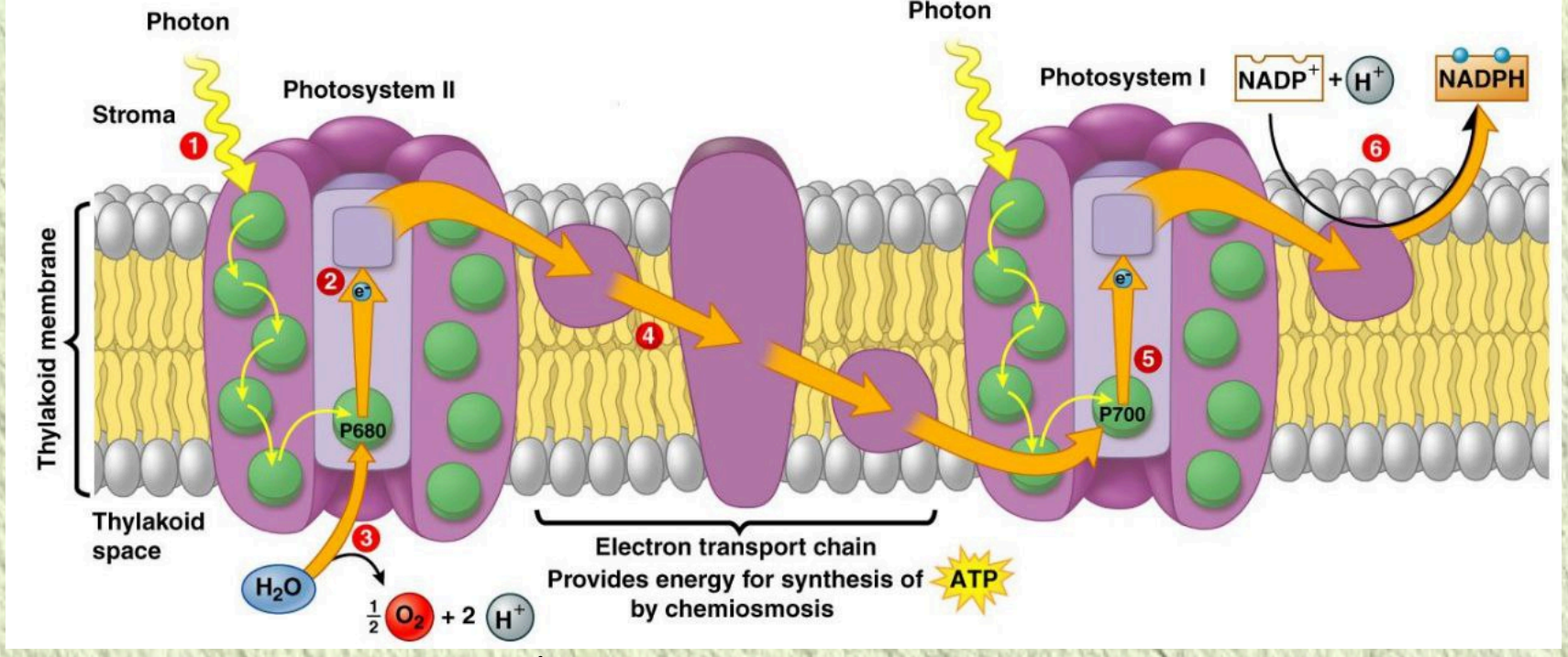
← جابه‌جایی H^+ X

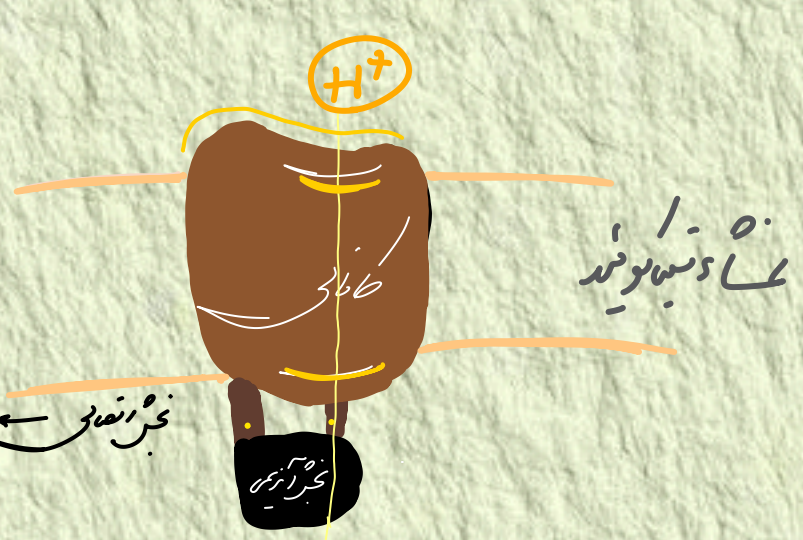
2 Pro 2 زنجیره 2

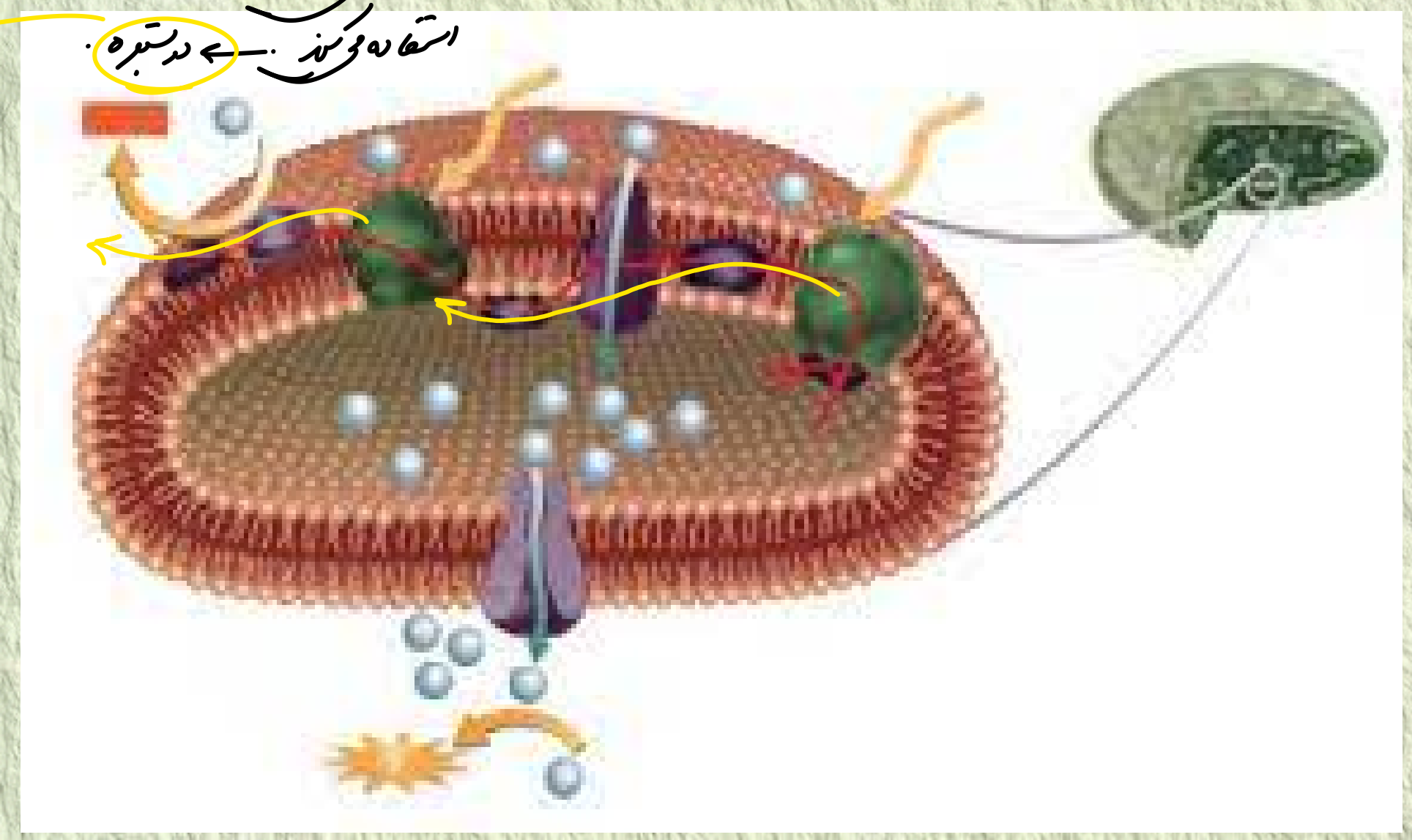
← جابه‌جایی e ✓

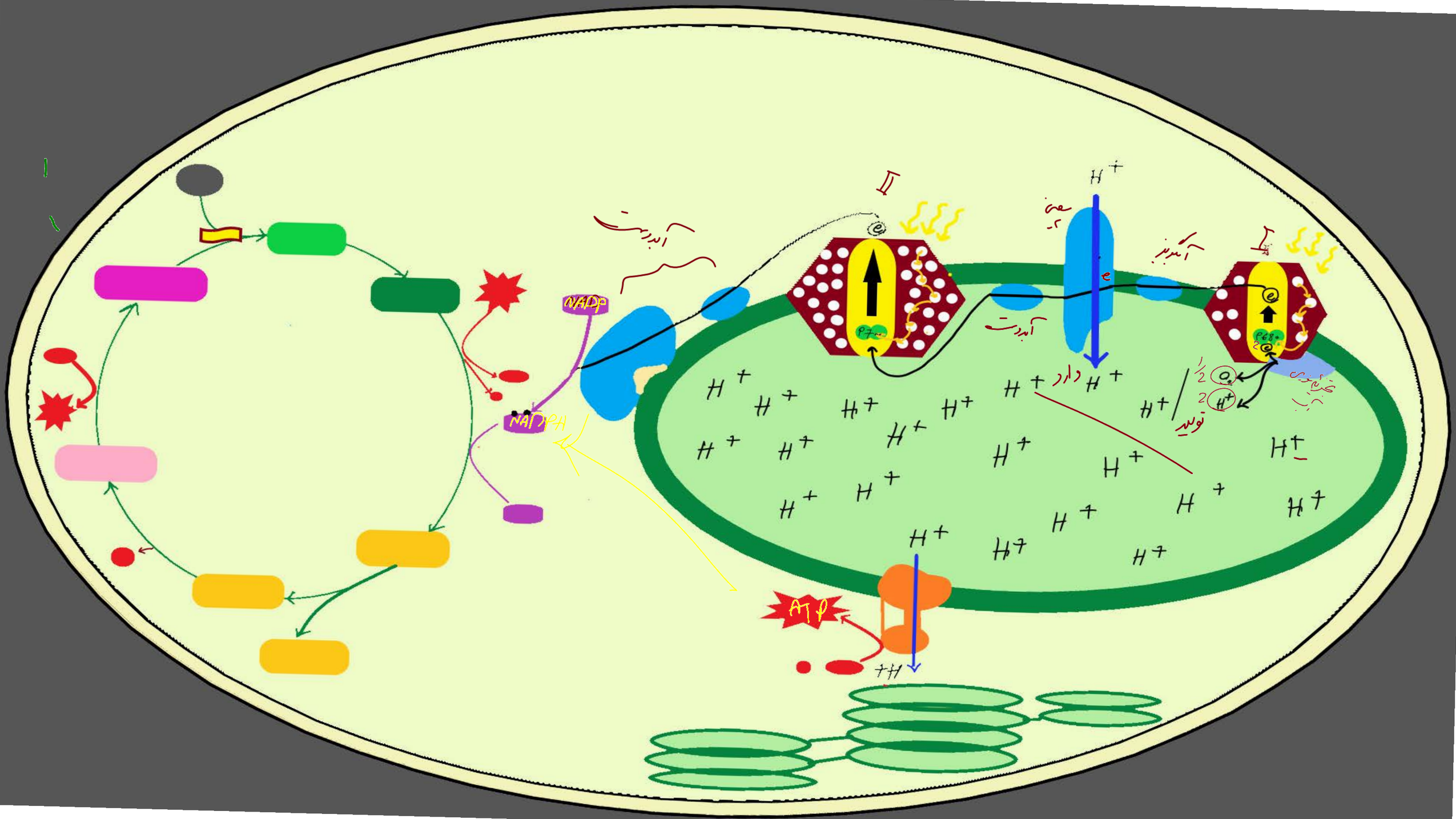
در بسته (در حال جابه‌جایی فاصله از غشا)



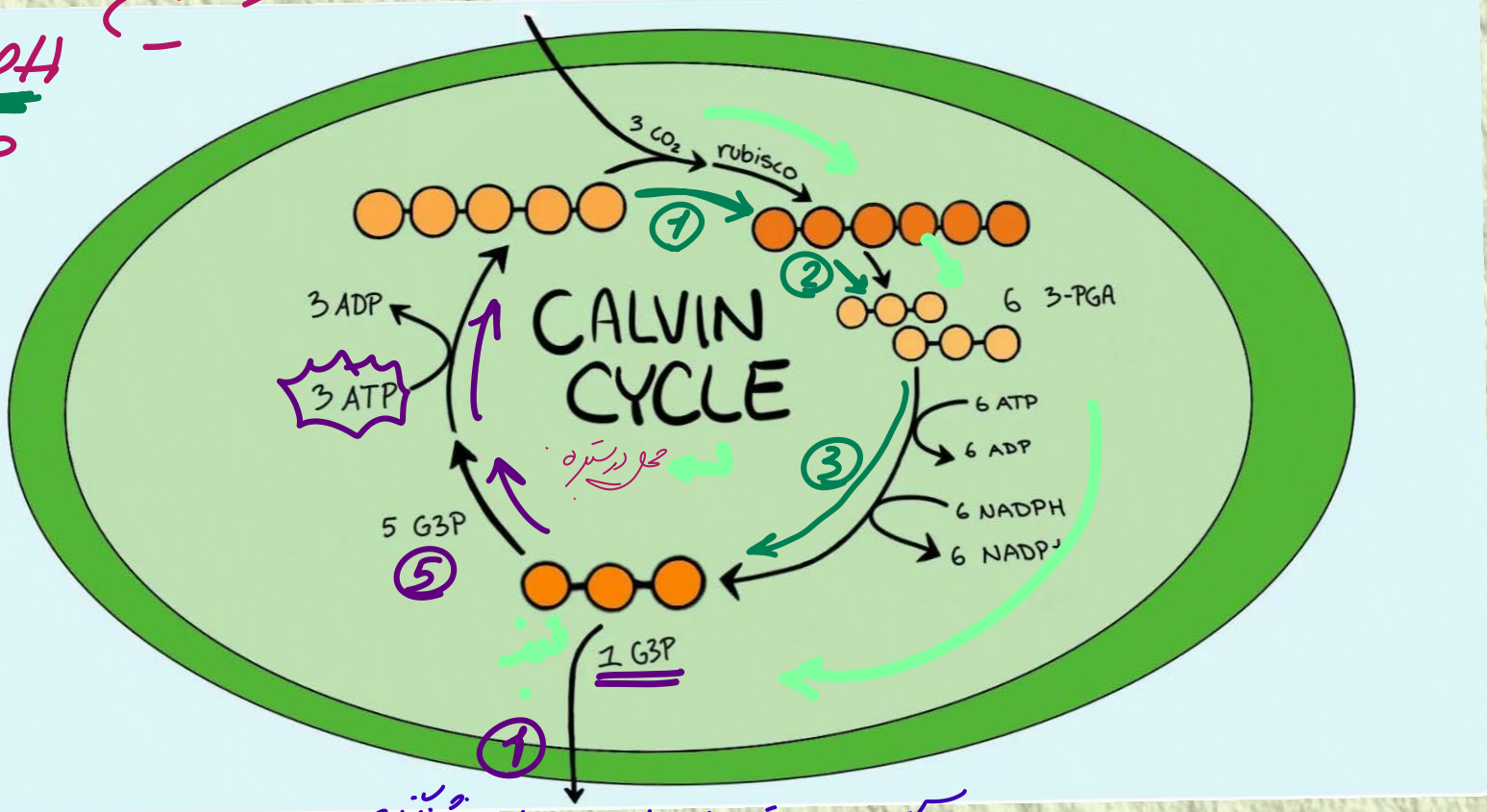

Photon
Photon
Stroma
Photosystem II
Photosystem I
NADP+ + H+
NADPH
Thylakoid membrane
Thylakoid space
P680
P700
Electron transport chain
Provides energy for synthesis of ATP
by chemiosmosis
H2O
½ O2 + 2 H+


H+
غشای تیلاکوئید
لومن
بخش انتهایی ← Pro E2
بخش آنزیمی
H+




NADP
NADPH
ATP
H+
e
P680
P700
O2
H2O
1/2
2
تولید
دارد

در هر کالوین : مصرف
⑥ NADPH
⑨ ATP



محل ذخیره نشاسته

تولید در استروما و بدون رنگدانه ای
توسط فیتوزوم ها آزاد

Pro آمینی ،

RuB اولین

$C_2 < O_2$

$+O_2$ / اکسیژناز

فتوسنتز

$C_2 > O_2$

$+C_2$ / کربوکسیلاز

کالوین

RuB 5C ناپایدار $+ O_2$ → 5C

RuB 6C ناپایدار $+ C_2$ → 5C

ترشح

لیپوئیک مشتقات
5C2P

قند 5C

آمینی / اسیدهای دونوع
سنتز ماده اصلی
و در هر واکنش 2 تا ماده

دوره ا :

(لیپوئیک مشتقات | C_2 / O_2)

اکسیژناز

کربوکسیلاز

③ C_2

RuB

اولین محصول
6C2P
ناپایدار

① ② ③

3 5C2P
لیپوئیک مشتقات

بازسازی نشدن مجدد!

اسید 3 ← قند 3

اسید 6 ← اسید 3

قند 6 ← اسید 6

اسید
6 3C1P
اولین محصول پایدار

6 NADPH
6 $NADP^+ + H^+$

6 ATP
6 ADP
6 P

3 ATP
3 ADP
2P

3 5C1P
لیپوئیک مشتقات

5 3C1P
2P
خارج چرخه جهت بازسازی 5C

6 3C1P
قند

① 3C1P
خارج چرخه جهت تولید قند 6C

از 6 قند 3C که در مرحله کالوین ساخته شده

① قند از چرخه خارج شود جهت تولید قند 6C !

⑤ قند در چرخه باقی و جهت بازسازی قند 5C !

✓ محصول کالوین
✓ برای تولید یک قند 6C
→ باید 6 چرخه کالوین رخ دهد.

ATP ساز در راکیزه است (پروتون‌ها فقط از طریق این آنزیم می‌توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می‌دهد، همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود.

به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، **ساخته شدن نوری ATP** می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.

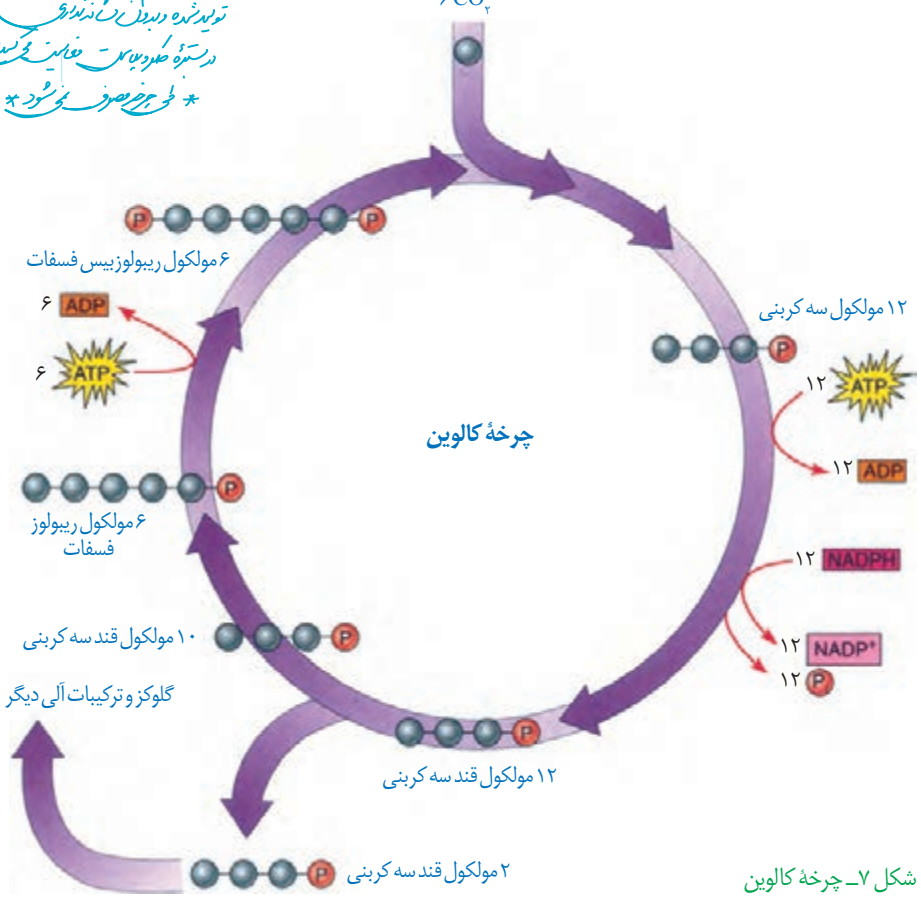
واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت کربن

می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های CO_2 به قند تبدیل می‌شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی‌دهد.

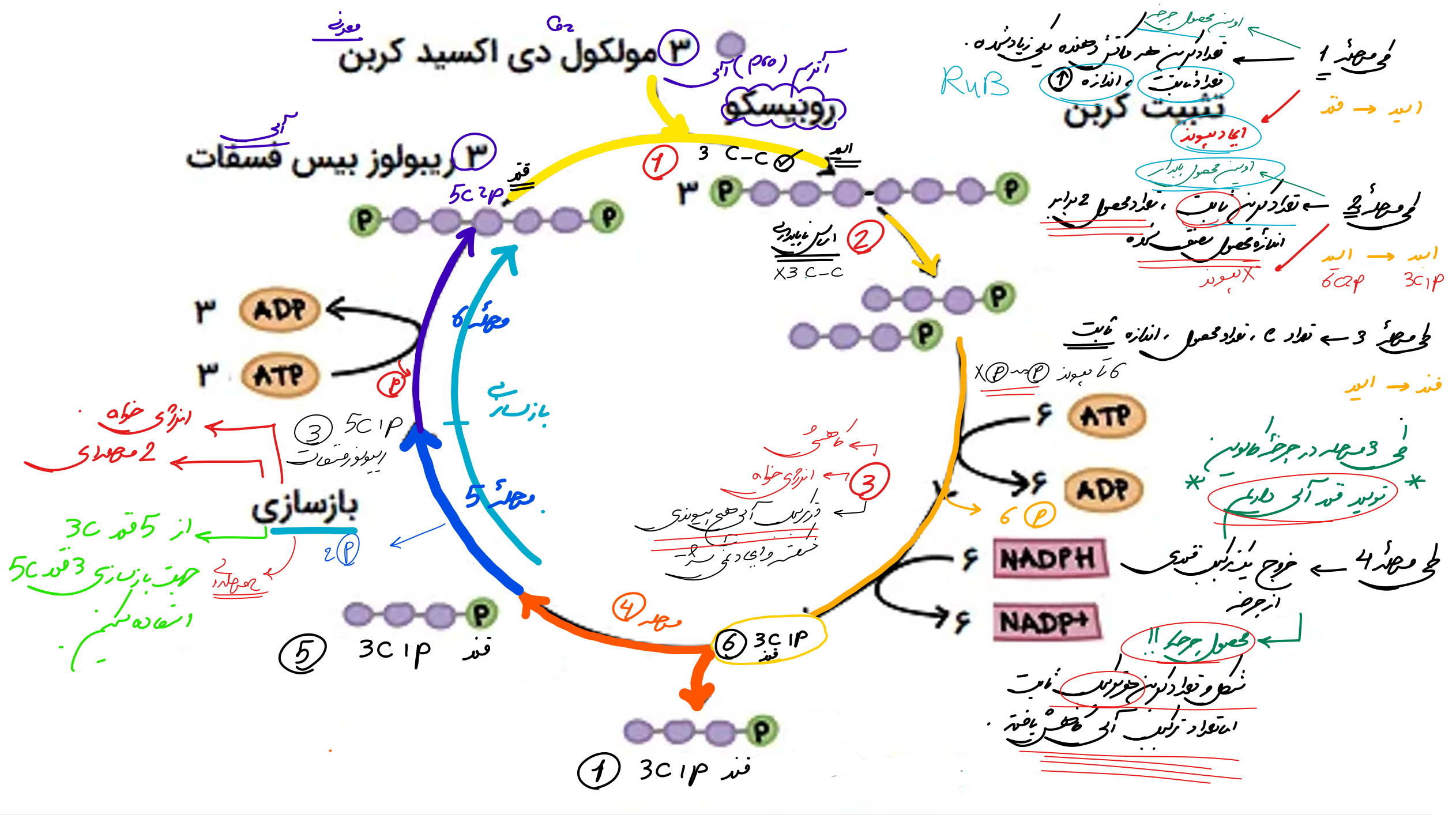
(عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در CO_2 کاهش یافته است.) بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند.

ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها، به نام **چرخهٔ کالوین** رخ می‌دهد (شکل ۷). این واکنش‌ها در بستره سبزدیسه انجام می‌شوند.

در چرخهٔ کالوین CO_2 با قندی پنج کربنی به نام **ریبولوزبیس فسفات** ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن CO_2 به مولکول پنج کربنی، با آنزیم **رویسکو** (ریبولوزبیس



شکل ۷ــ چرخهٔ کالوین

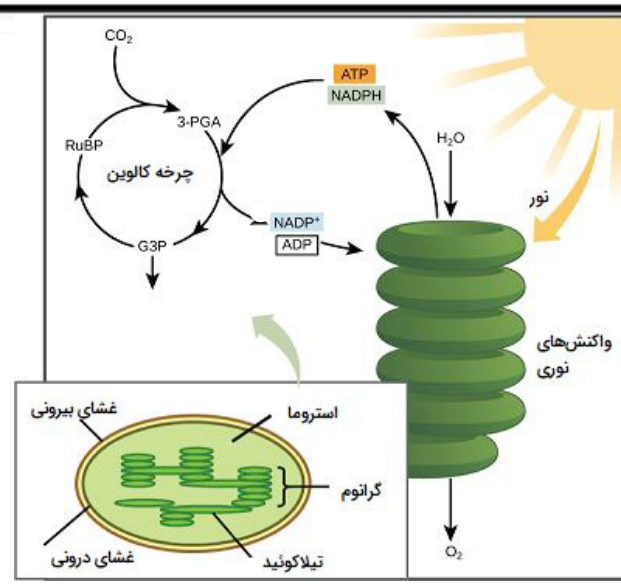

مولکول دی اکسید کربن
۳
روبیسکو
۳ ریبولوز بیس فسفات
۳ ATP
۳ ADP
بازسازی
۶ ATP
۶ ADP
۶ NADPH
۶ NADP+
۶ 3C1P
۵ 3C1P
۱ 3C1P
مرحله ۱
مرحله ۲
مرحله ۳
مرحله ۴
مرحله ۵
تثبیت کربن
RuB

3CO_2 3CO_2

کالوین کالوین

3C1P 3C1P

جهت تولید گلوکز 6C



* مصرف ATP :

✓ مرحله 3 ← 6تا ATP مصرف می‌شود

← جهت تولید قند 3C

✓ مرحله 6 ← 6تا ATP مصرف می‌شود

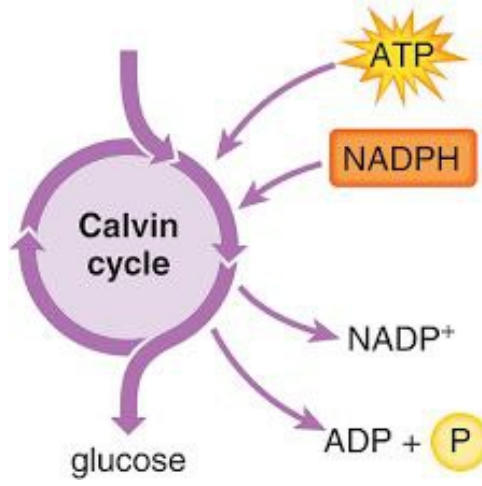
← جهت بازسازی قند 5C

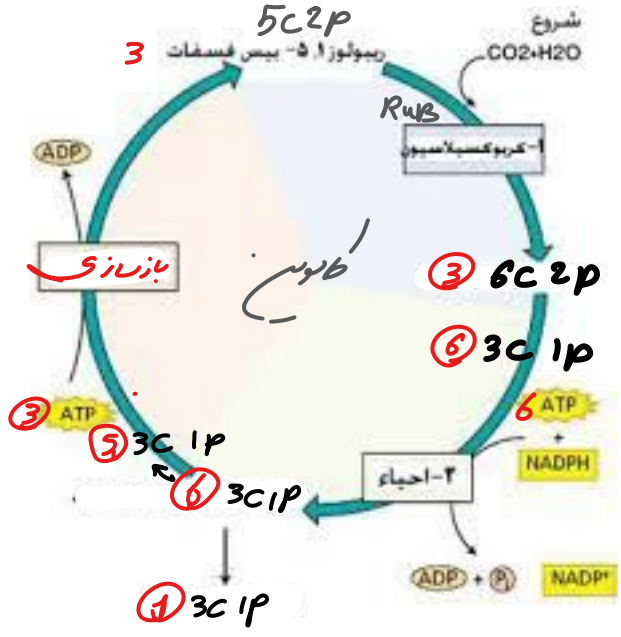
✓ هر اندازه‌ی دهم انرژی

* آزاد شدن P به دست آمده :

✓ مرحله 3 ← 6تا متصل از ATP

✓ مرحله 5 ← 2تا متصل از ترکیب آلی





دور کالوین

مصرف :

9ATP

6NADH

3CO_2

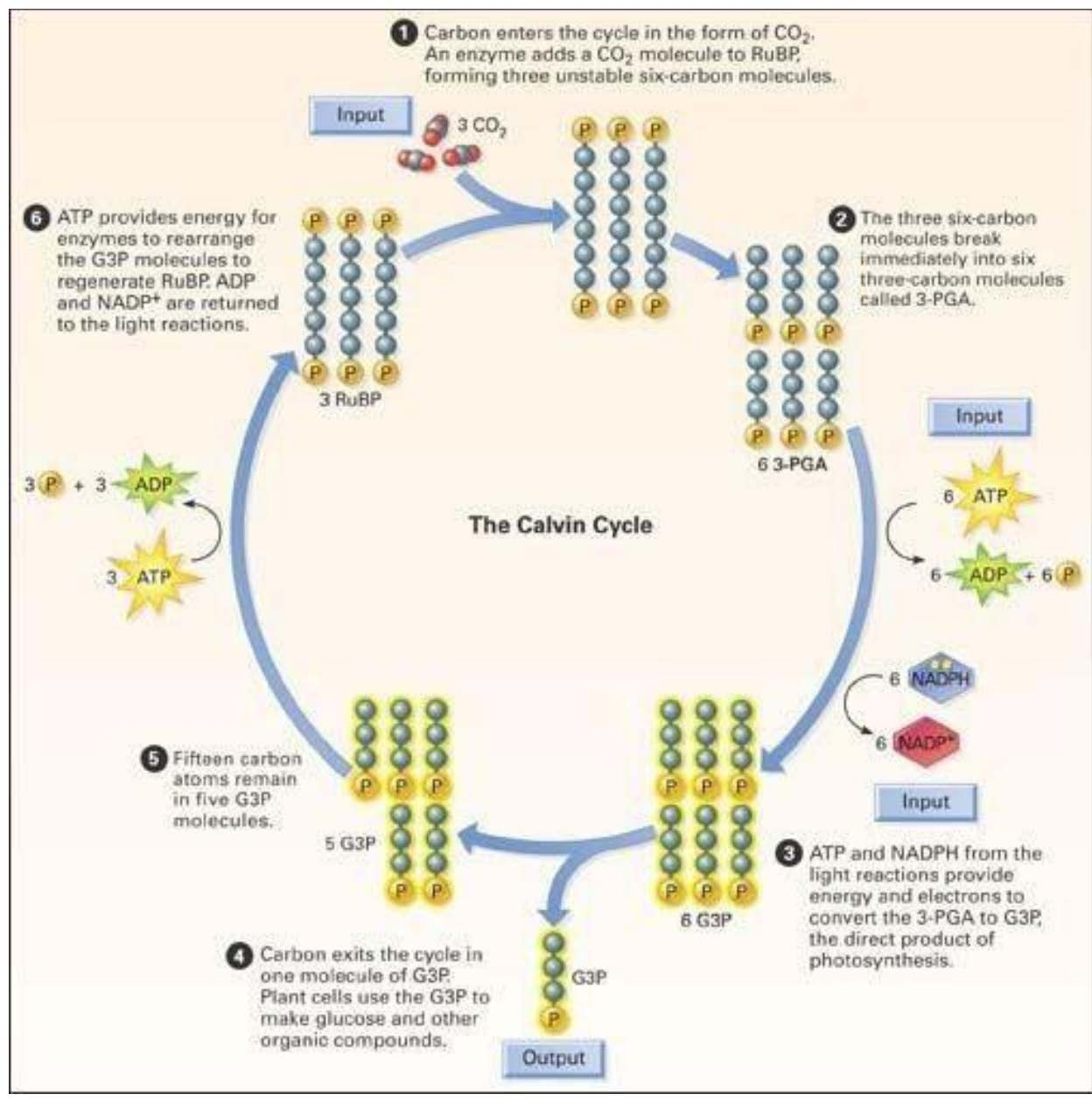
مصرف نهایی RuB بازسازی می‌شود 5C2P

جهت تولید گلوکز

18 ATP

12NADH

6CO_2


1 Carbon enters the cycle in the form of CO_2. An enzyme adds a CO_2 molecule to RuBP, forming three unstable six-carbon molecules.
Input
3 CO_2
2 The three six-carbon molecules break immediately into six three-carbon molecules called 3-PGA.
6 3-PGA
3 RuBP
6 ATP provides energy for enzymes to rearrange the G3P molecules to regenerate RuBP. ADP and NADP+ are returned to the light reactions.
The Calvin Cycle
Input
6 ATP
6 ADP + 6 P
3 P + 3 ADP
3 ATP
6 NADPH
6 NADP+
Input
3 ATP and NADPH from the light reactions provide energy and electrons to convert the 3-PGA to G3P, the direct product of photosynthesis.
6 G3P
5 Fifteen carbon atoms remain in five G3P molecules.
5 G3P
4 Carbon exits the cycle in one molecule of G3P. Plant cells use the G3P to make glucose and other organic compounds.
G3P
Output

فسفات کربوکسیلاز ـ 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.

همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس 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 چرخهٔ 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 مادهٔ آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخهٔ 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؟

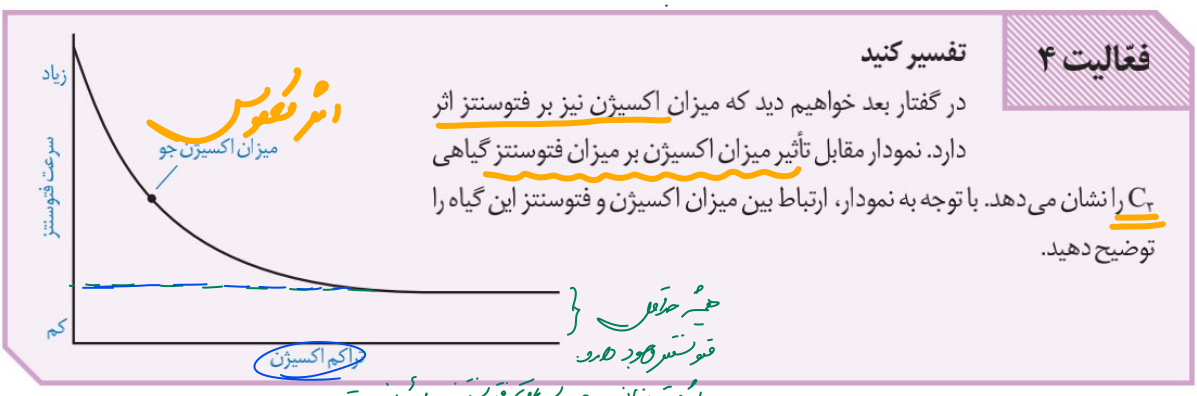
با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و CO_2 از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، میزان CO_2، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

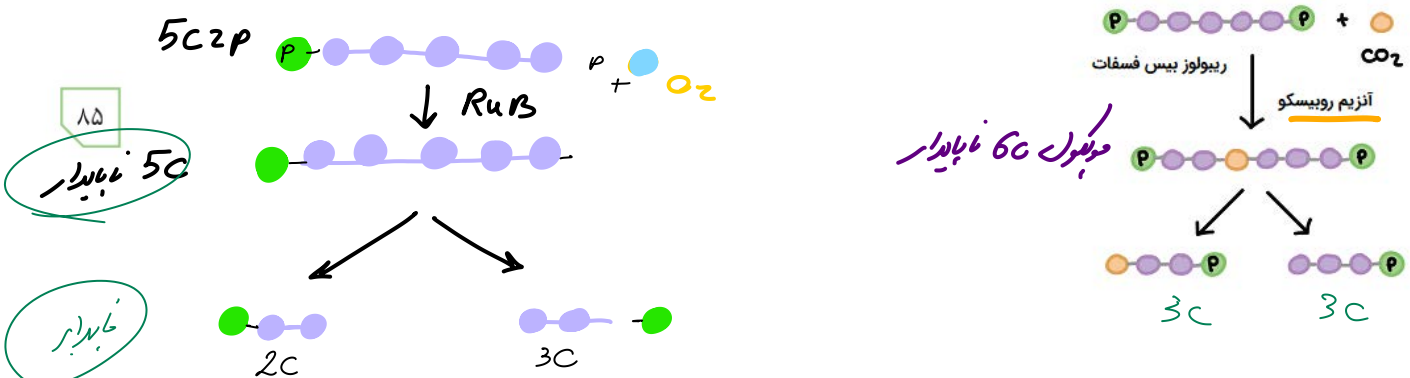
از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در گسترهٔ دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

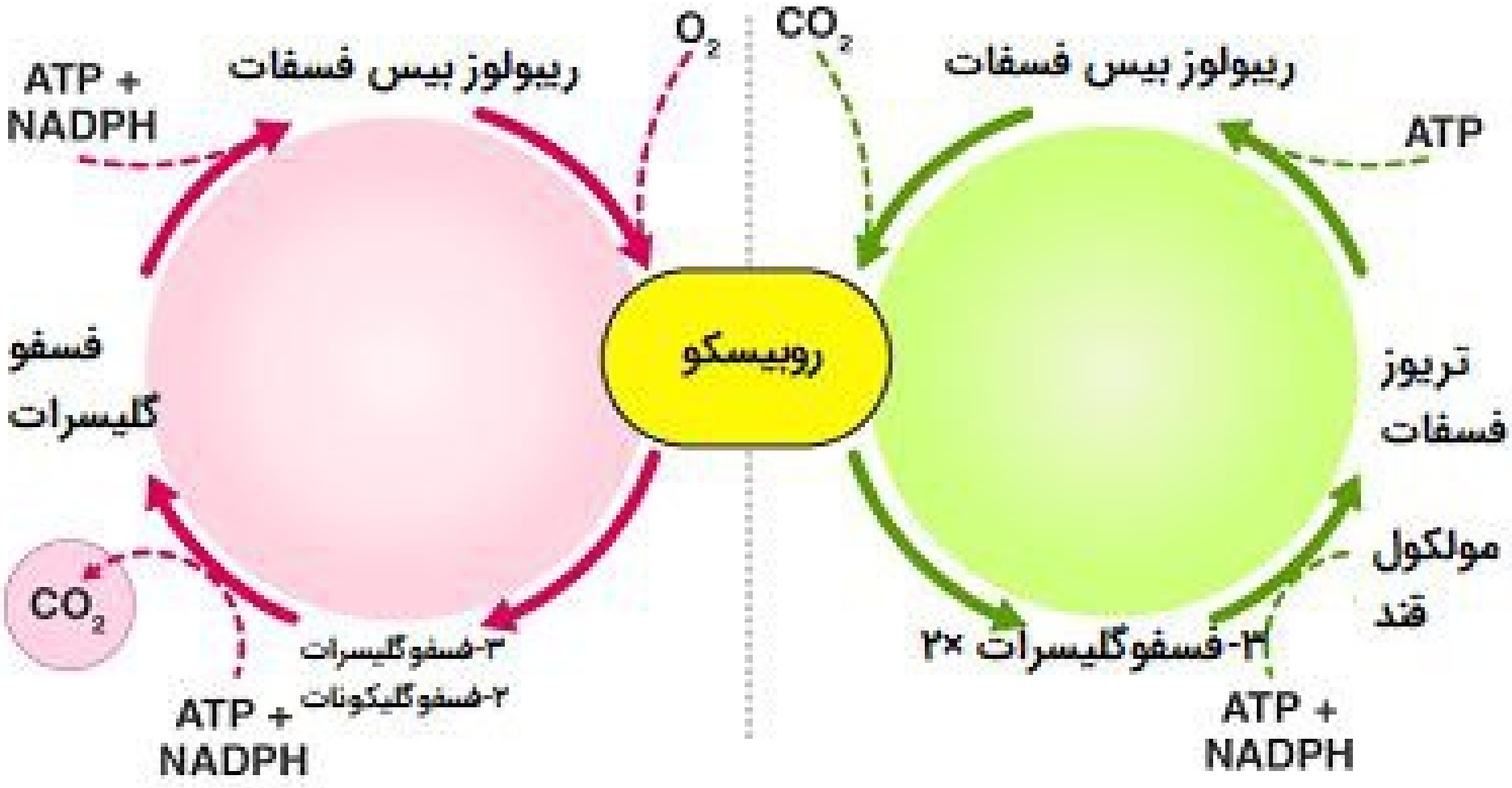
فعّالیت ۴

تفسیر کنید

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.

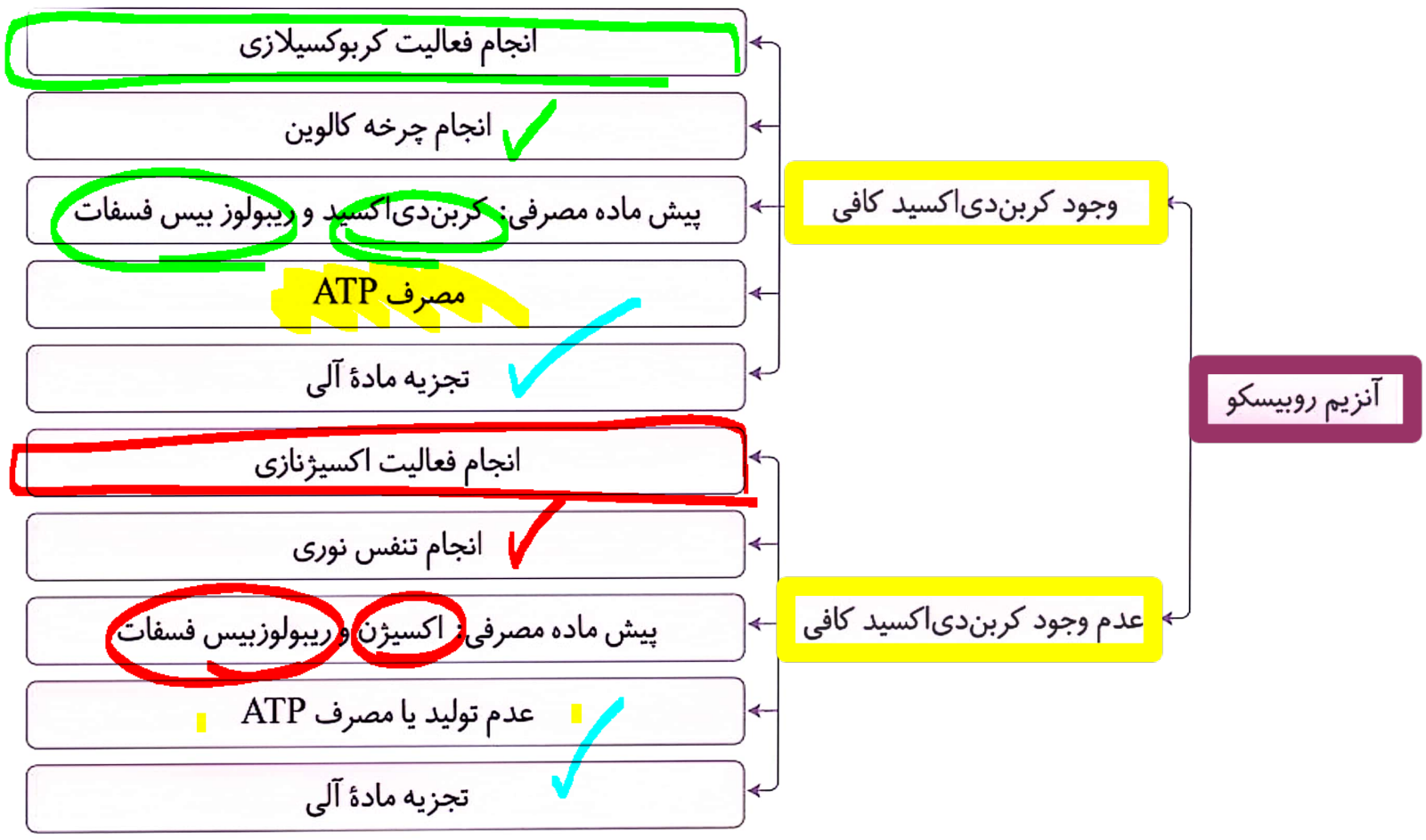


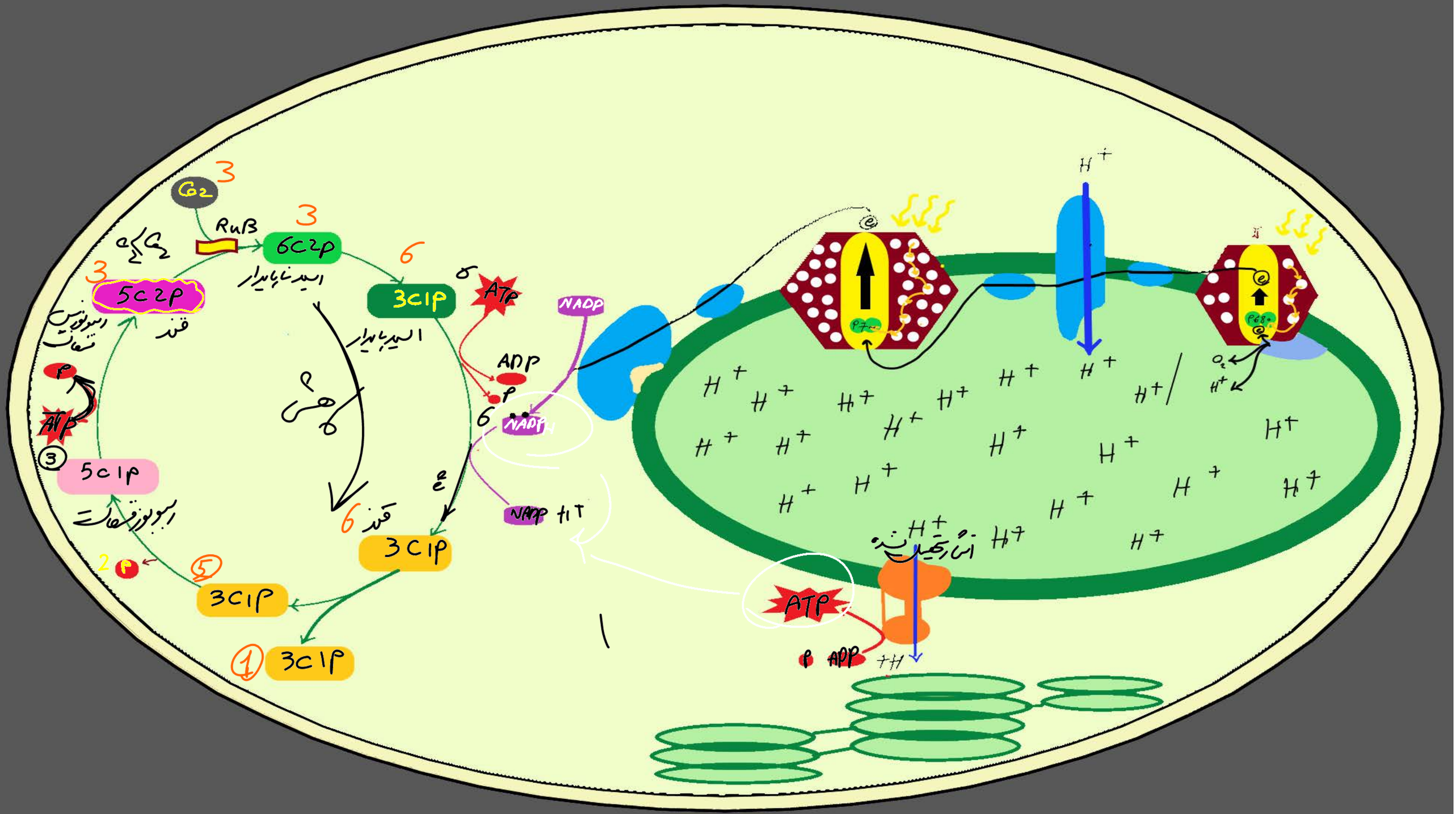


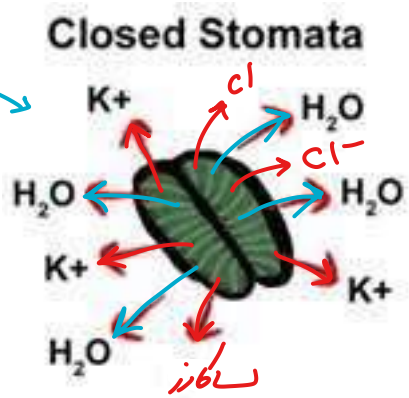


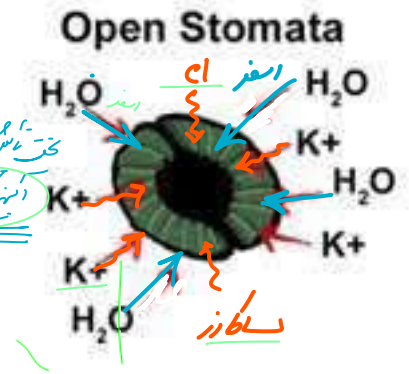
تنفس نوری

چرخه کالوین


آنزیم روبیسکو
وجود کربن‌دی‌اکسید کافی
انجام فعالیت کربوکسیلازی
انجام چرخه کالوین
پیش ماده مصرفی: کربن‌دی‌اکسید و ریبولوز بیس فسفات
مصرف ATP
تجزیه مادهٔ آلی
عدم وجود کربن‌دی‌اکسید کافی
انجام فعالیت اکسیژنازی
انجام تنفس نوری
پیش ماده مصرفی: اکسیژن و ریبولوزبیس فسفات
عدم تولید یا مصرف ATP
تجزیه مادهٔ آلی

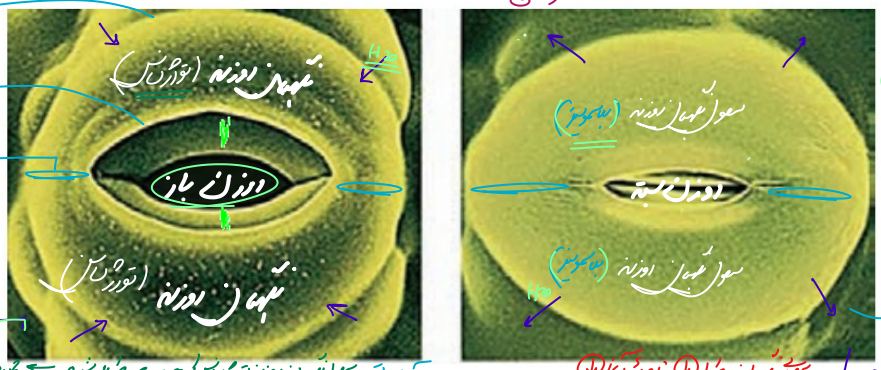

3
CO_2
RuB
3
6C2P
اسید ناپایدار
6
3C1P
ATP
ADP
NADP
NADPH
6
قند
3C1P
5
3C1P
1
3C1P
2
5C1P
3
ATP
ریبولوز فسفات
5C2P
3
قند
ریبولوز فسفات
انرژی تحریک شده
ATP
ADP
H^+
O_2





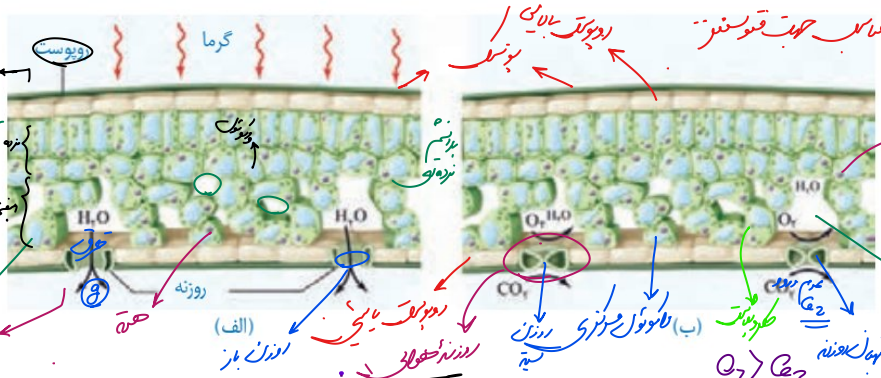
گفتار ۳ فتوسنتز در شرایط دشوار

شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



شکل ۸ـ روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به‌منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که CO_2 برگ کم می‌شود، اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).

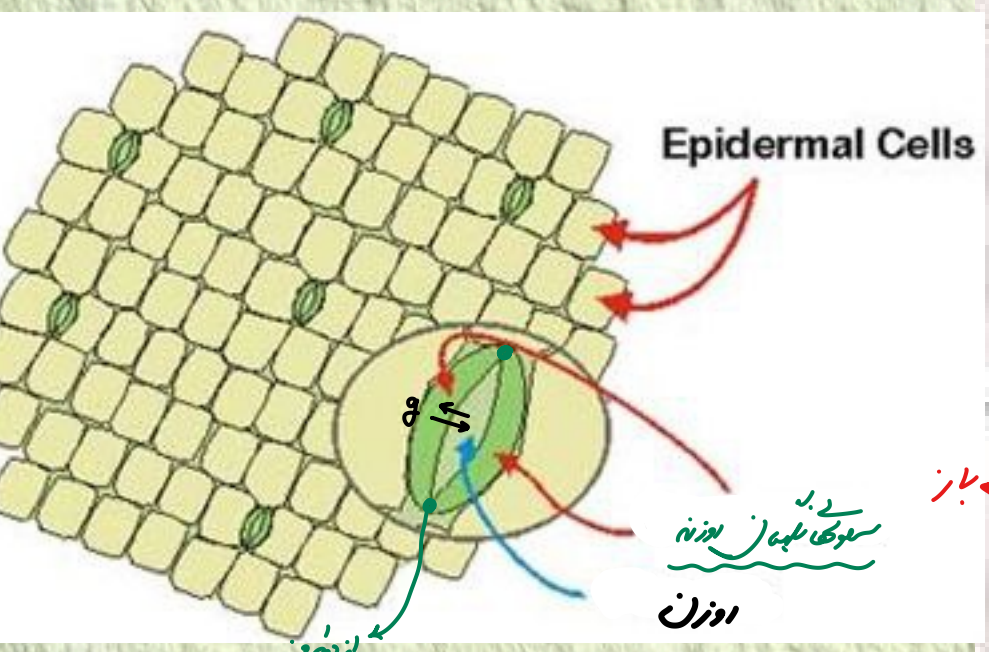


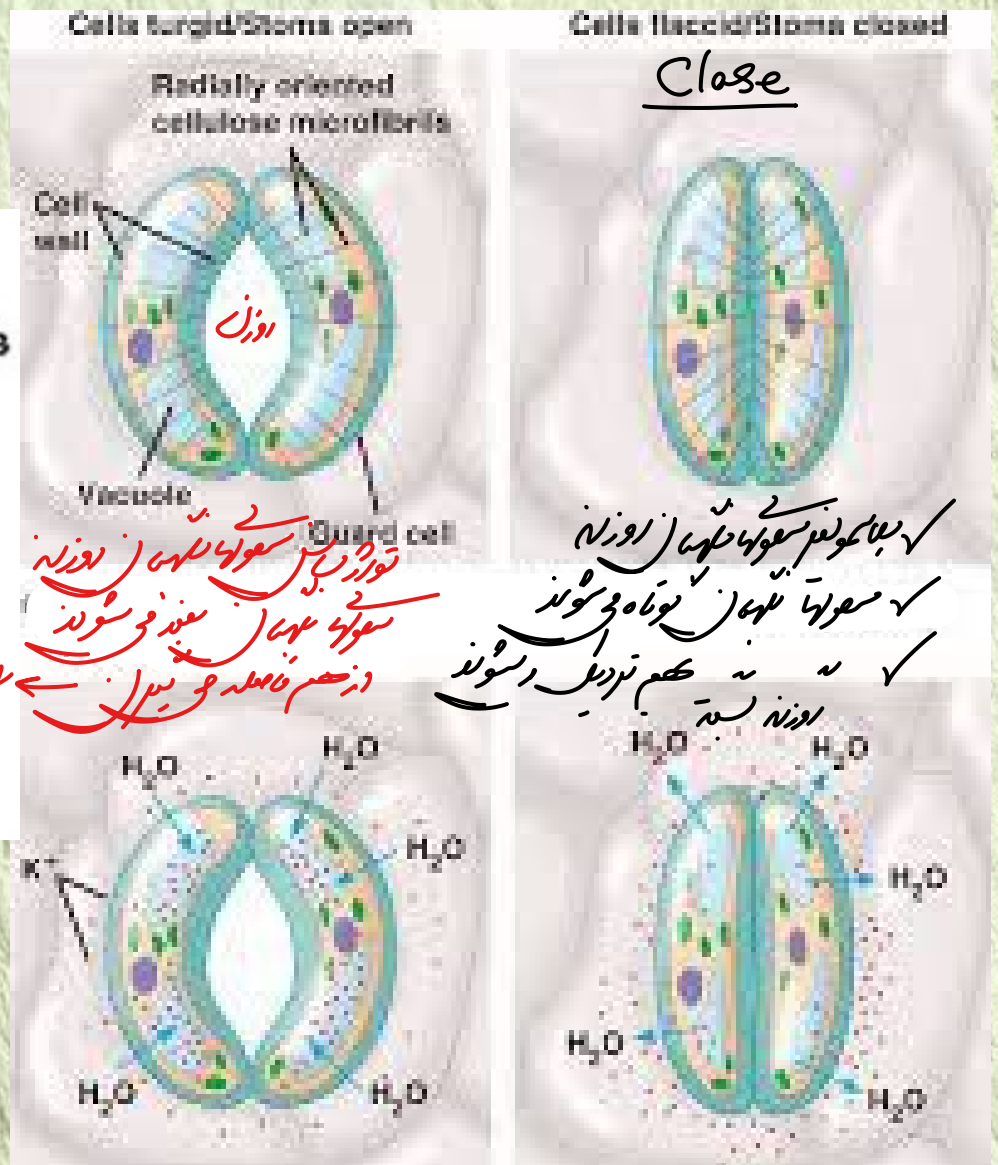
شکل ۹ـ افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.
وقتی روزنه‌ها باز هستند (الف) نسبت CO_2 به O_2 بیشتر از زمانی است که روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته شده‌اند (ب).

در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به نسبت CO_2 و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. (مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می‌رسد.)

مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول CO_2 آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO_2 و همراه با فتوسنتز است، **تنفس نوری** نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، از آن ایجاد ATP





تنفس در گیاهان

* تعرق ← خروج آب بصورت (L) ← از روزنه آبی ← همیشه باز ← در سطح روبرگ
* تعرق ← " ← " (g) ← از روزنه هوایی ← گاهی باز - گاهی بسته

روزنه هوایی ← محوطه تحت تأثیر 2 سلول نگهبان روزنه

عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنه هوایی

تصاویر سلولهای نگهبان روزنه

* آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی
  - دیواره نسبی قطورتر از دیواره پشتی
  - بیضی شکل و متورم شده
  - انعطاف‌پذیری بیشتر نسبت به ابتدا
  - انعطاف‌پذیری کمتر نسبت به انتها
  - طول داشته باشد

تغییر تورژسانس سلول نگهبان روزنه

نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود.

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

فتوسنتز در گیاهان C_4

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C_4 معروف‌اند.

یاخته‌های **غلاف آوندی** در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که در گیاهان C_4، سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰).

تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف آوندی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم.

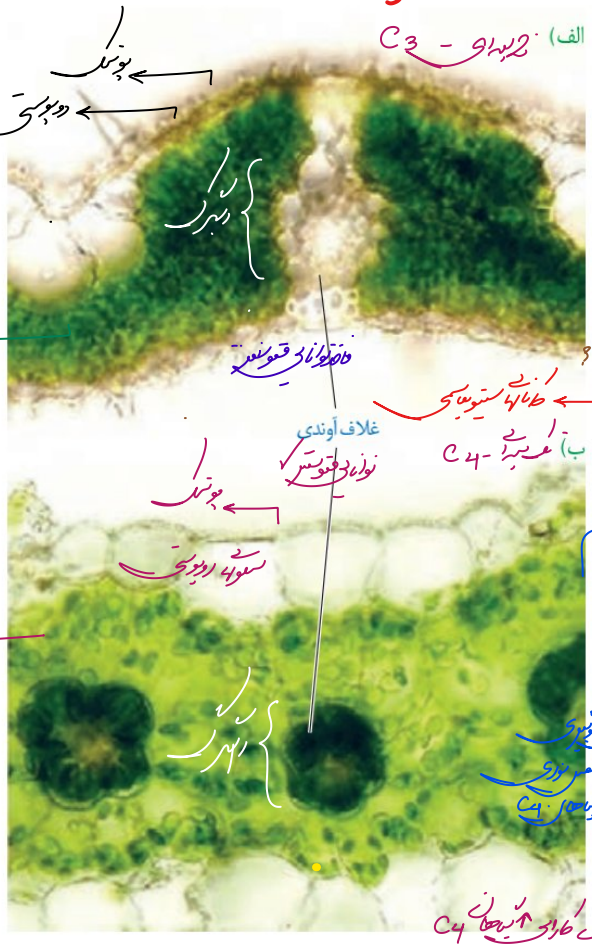
در گیاهان C_4، CO_2 در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت به این گیاهان، گیاهان C_4 می‌گویند؛ زیرا اولین مادهٔ پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.

آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهارکربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به طور اختصاصی با CO_2 عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخهٔ کالوین می‌شود. اسید سه کربنی باقیمانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

در گیاهان C_4 با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارندهٔ تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می‌دهد.

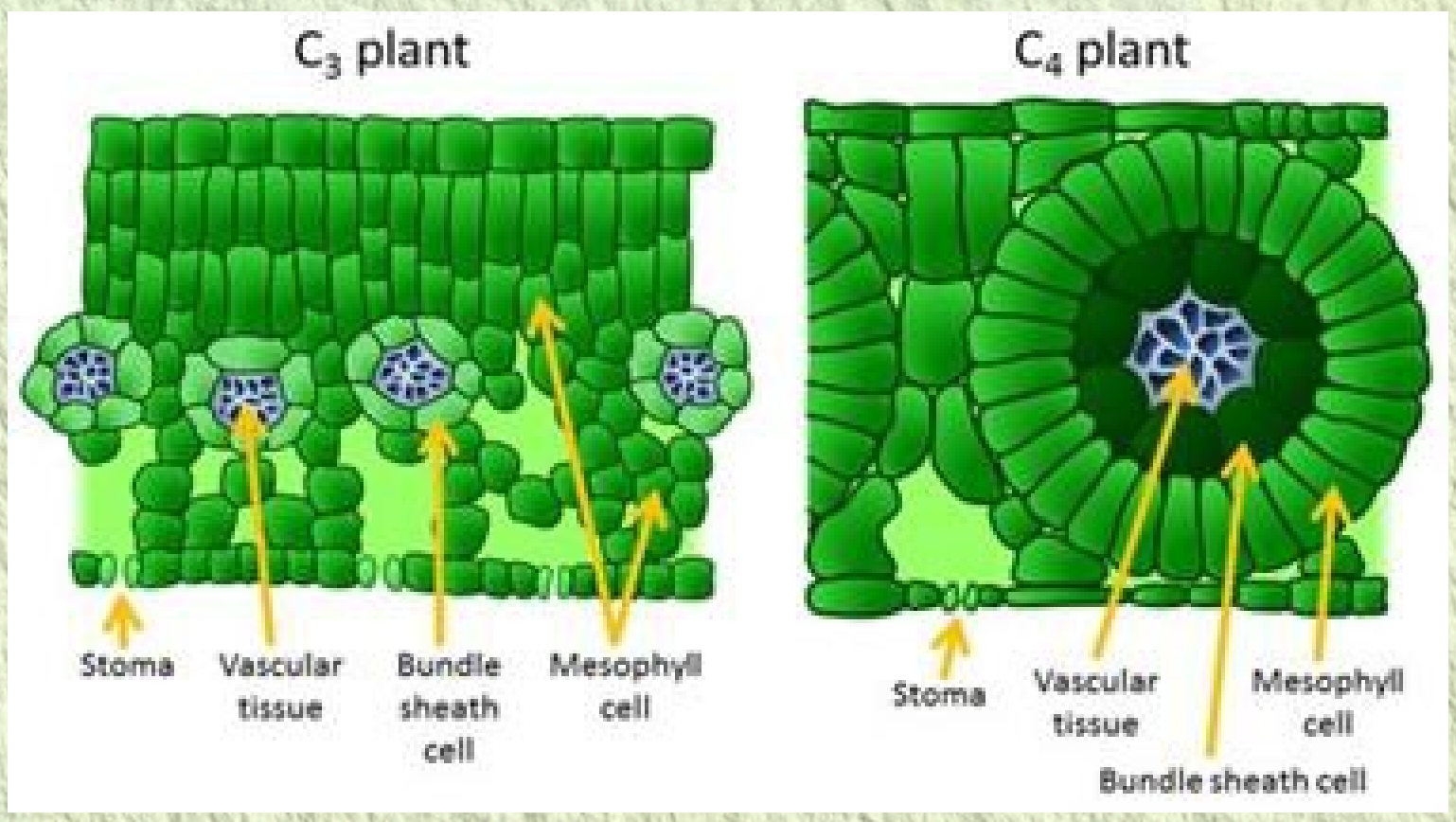
این گیاهان در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، در حالی که روزنه‌ها بسته‌شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند. به همین علت کارایی آنها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C_4 است.

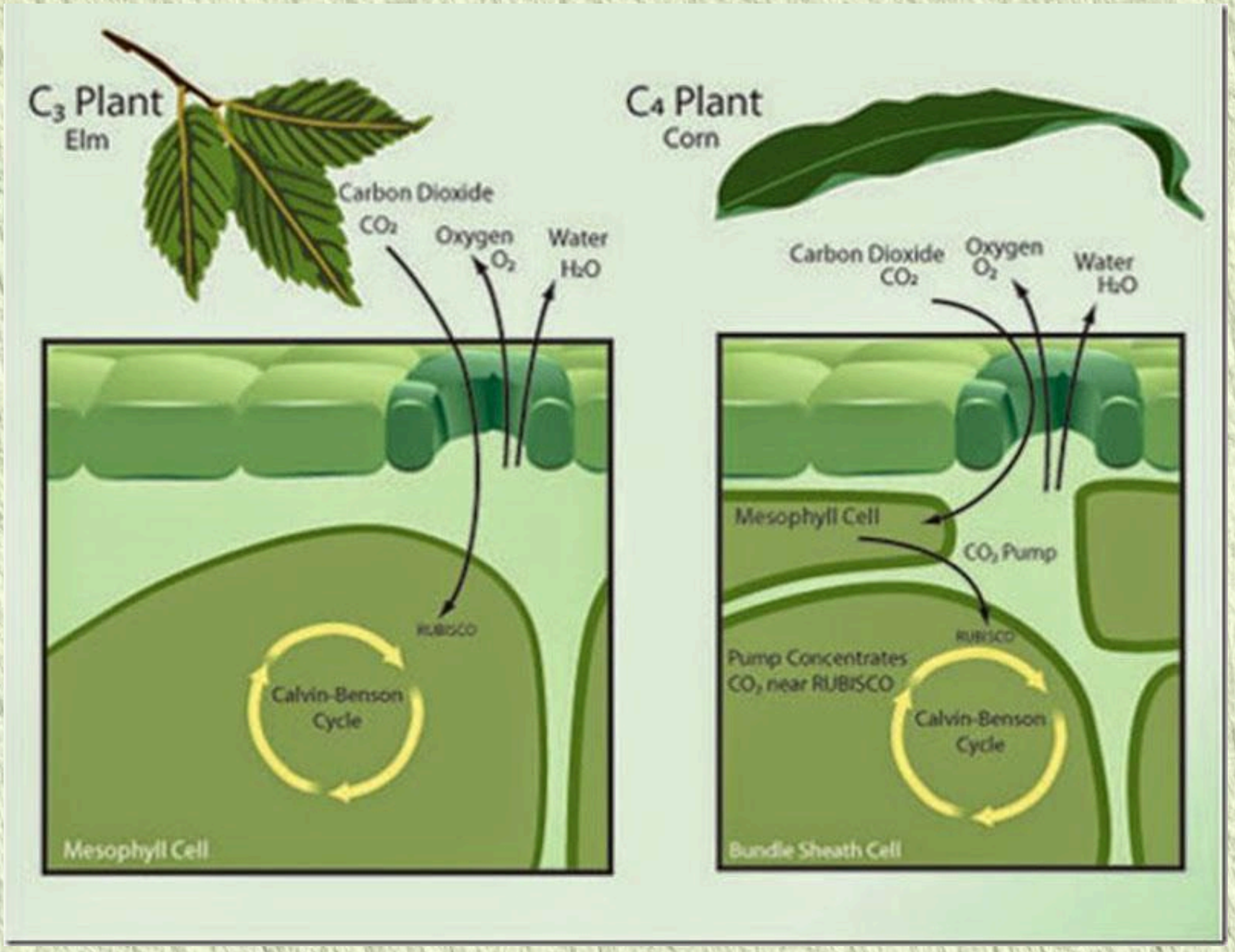


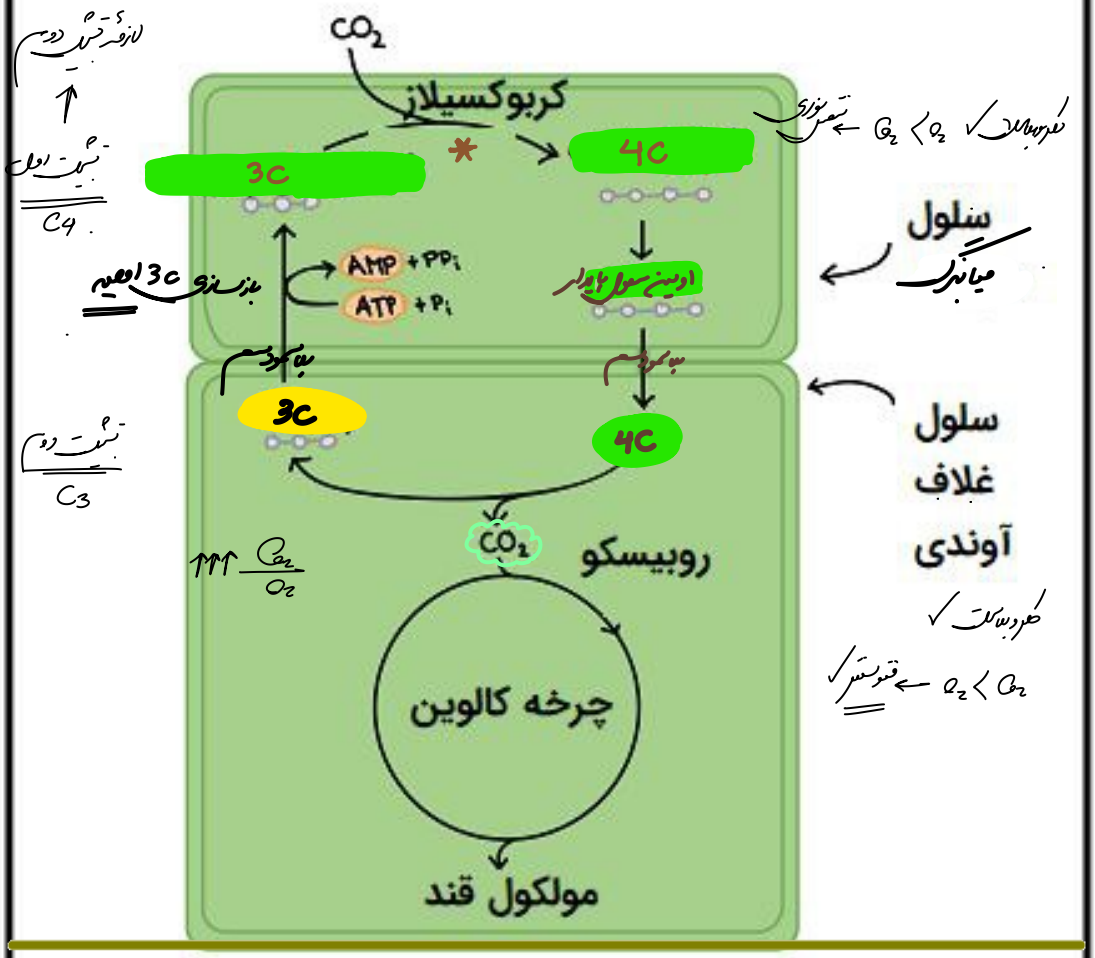
شکل ۱۰ـ الف) برگ گیاه C_4
ب) برگ گیاه C_4

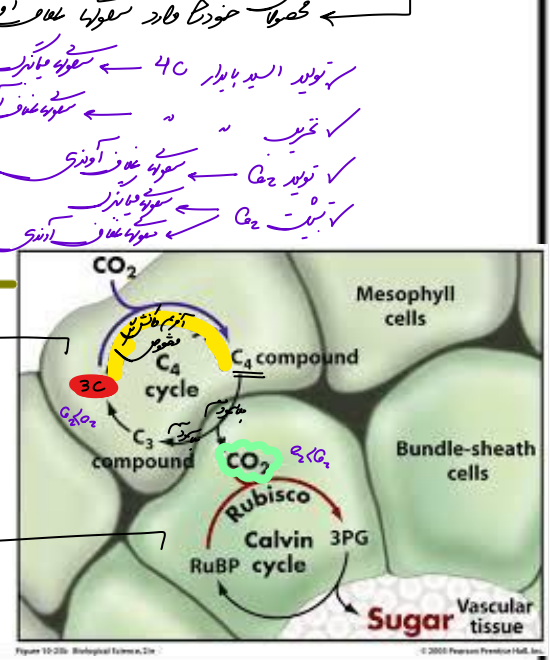
فتوسنتز در گیاهان CAM

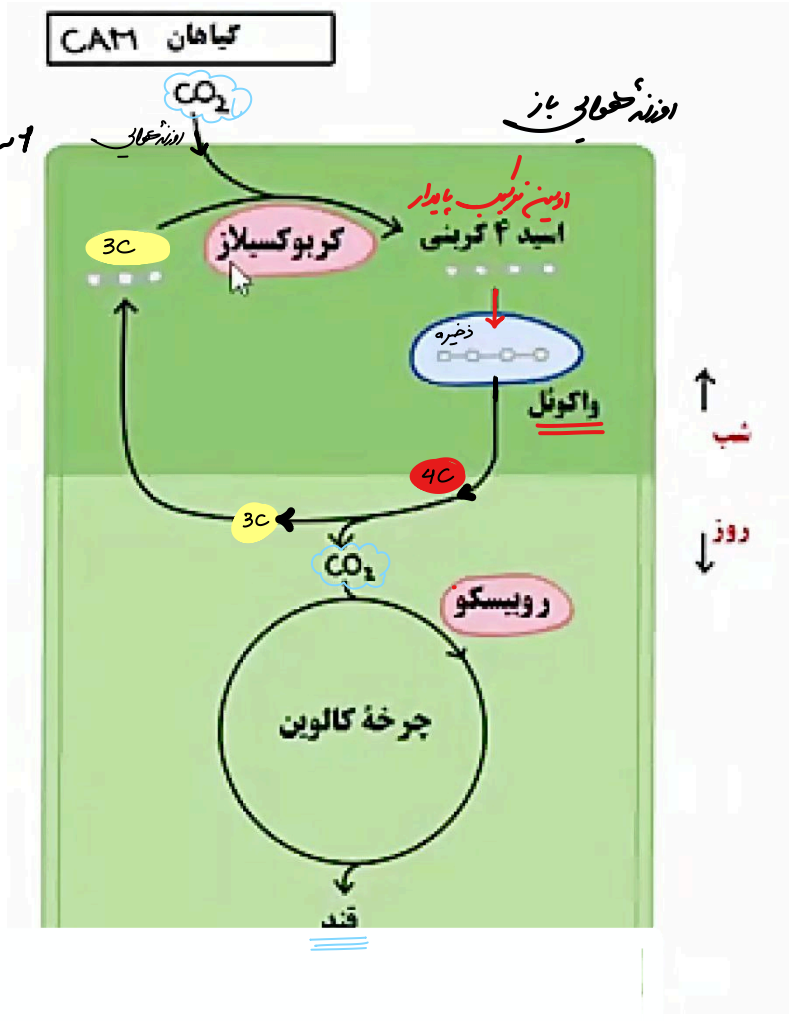
بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ،


C3 plant
C4 plant
Stoma
Vascular tissue
Bundle sheath cell
Mesophyll cell
Stoma
Vascular tissue
Mesophyll cell
Bundle sheath cell


C3 Plant
Elm
Carbon Dioxide
CO2
Oxygen
O2
Water
H2O
RUBISCO
Calvin-Benson Cycle
Mesophyll Cell
C4 Plant
Corn
Carbon Dioxide
CO2
Oxygen
O2
Water
H2O
Mesophyll Cell
CO2 Pump
RUBISCO
Pump Concentrates CO2 near RUBISCO
Calvin-Benson Cycle
Bundle Sheath Cell

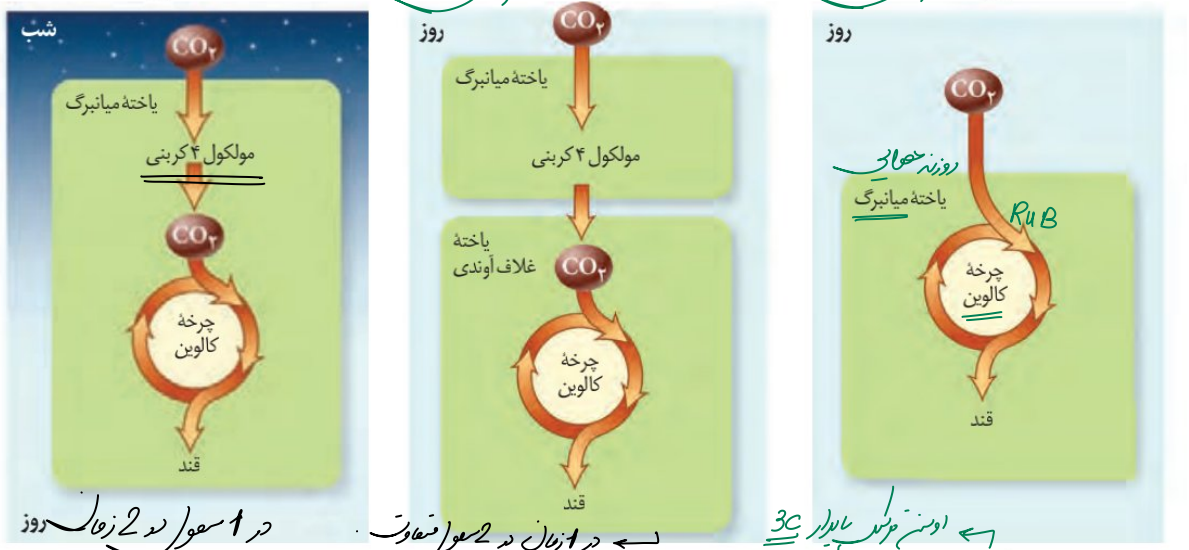

CO_2
کربوکسیلاز
3C
4C
AMP + PP_i
ATP + P_i
3C
4C
CO_2
روبیسکو
چرخه کالوین
مولکول قند
سلول میانبرگ
سلول غلاف آوندی


CO_2
Mesophyll cells
C_4 compound
C_4 cycle
3C
C_3 compound
CO_2
Rubisco
Calvin cycle
RuBP
3PG
Bundle-sheath cells
Sugar
Vascular tissue


گیاهان CAM
CO_2
روزنه‌های هوایی
روزنه‌های هوایی باز
اولین ترکیب پایدار
اسید ۴ کربنی
کربوکسیلاز
3C
ذخیره
واکوئل
شب
روز
4C
3C
CO_2
روبیسکو
چرخهٔ کالوین
قند

ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. این گیاهان در واکوئول‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان C_4 است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آنها در یاخته‌های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تثبیت اولیهٔ کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آناناس از گیاهان CAM[1] (کَم) است.



شکل ۱۱ـ مقایسه فتوسنتز در گیاهان الف) C_3، ب) C_4 و پ) CAM

فعّالیت ۵

گفت‌وگو کنید

سه گیاه الف، ب و پ داریم. با فرض اینکه فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ـ الف) عصارهٔ برگ هر یک از این گیاهان در دو زمان، یکی در آغاز تاریکی (شب) و دیگری در آغاز روشنایی (صبح) استخراج و pH آنها اندازه‌گیری شد. pH عصارهٔ گیاه ب در آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

[1]ـ Crassulacean Acid Metabolism

گیاه	مثال	محیط زیست	وضعیت روزنه ها در روز	وضعیت روزنه ها در شب	زمان جذب CO_2	انواع تثبیت CO_2	زمان تثبیت CO_2	وجود چرخه کالوین	تثبیت CO_2 به شکل قند ۳ کربنه	تثبیت CO_2 به شکل اسید ۴ کربنه	تثبیت CO_2 در کلروپلاست	تثبیت CO_2 در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم
C_3	بیشتر گیاهان	معمولی	باز	بسته	روز	۱ نوع	روز	+	+	−	+	−
C_4	نیشکر و ذرت	گرم و خشک	باز	بسته	روز	۲ نوع	روز	+	+	+	+	+
CAM	کاکتوس و آناناس	بسیار گرم	بسته	باز	شب	۲ نوع	شب و روز	+	+	+	+	+

مقایسهٔ فتوسنتز در انواع گیاهان

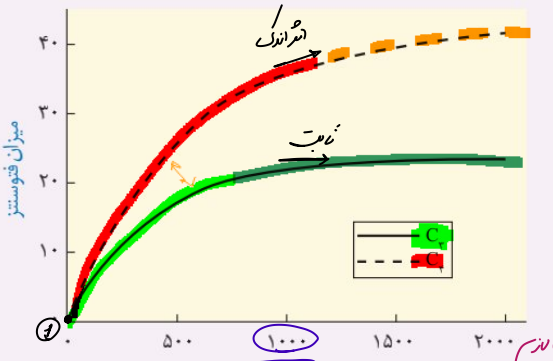
موارد مقایسه	گیاهان C_3	گیاهان C_4	گیاهان CAM
تنفس نوری	دارد	به ندرت	در کتاب درسی مستقیماً عنوان نشده! ولی مسلماً کمتر از گیاهان C_3 است.
سازگاری برای مقابله با تنفس نوری	ندارد	دارد	دارد
تحمل گرما	ندارد	دارد	دارد
ترکیبات نگه‌دارندهٔ آب در واکوئل	در سطح کتاب درسی نیست!	در سطح کتاب درسی نیست!	دارد
داشتن برگ یا ساقهٔ گوشتی و پرآب	خیر	خیر	بله
pH کم‌تر عصارهٔ گیاه در آغاز روشنایی	خیر	خیر	بله
تقسیم مکانی برای تثبیت کربن	ندارد	دارد	ندارد
تثبیت کربن در میانبرگ	دارد	دارد	دارد
تثبیت کربن در غلاف آوندی	ندارد	دارد	ندارد
تقسیم زمانی برای تثبیت کربن	ندارد	ندارد	دارد

	C3	C4	CAM
تثبیت کربن در روز	دارد	دارد	دارد
تثبیت کربن در شب	ندارد	ندارد	دارد
اولین ترکیب حاصل از تثبیت کربن	۶کربنی	۴کربنی	۴کربنی
اولین ترکیب پایدار حاصل از تثبیت کربن	۳کربنی	۴کربنی	۴کربنی
اولین ترکیب پایدار حاصل از تثبیت کربن در چرخهٔ کالوین	۳کربنی	۳کربنی	۳کربنی
تثبیت CO_2 جو در اسید چهار کربنی	خیر	بله	بله
تثبیت CO_2 جوّ در چرخهٔ کالوین	بله	خیر	خیر
تثبیت کربن در چرخهٔ کالوین	بله	بله	بله
آنزیم روبیسکو	دارد	دارد	دارد
انتقال اسید ۴کربنی از طریق پلاسمودسم‌ها	خیر	بله	خیر
محل تثبیت کربن در اسید ۴کربنی	-	میانبرگ	میانبرگ
محل آزاد کردن CO_2 از اسید ۴کربنی	-	غلاف آوندی	میانبرگ
انواع یاختەهای فتوسنتزکنندهٔ برگ	یاختەهای میانبرگ یاختەهای نگهبان روزنه	یاختەهای میانبرگ یاختەهای غلاف آوندی یاختەهای نگهبان روزنه	یاختەهای میانبرگ یاختەهای نگهبان روزنه
شکل			

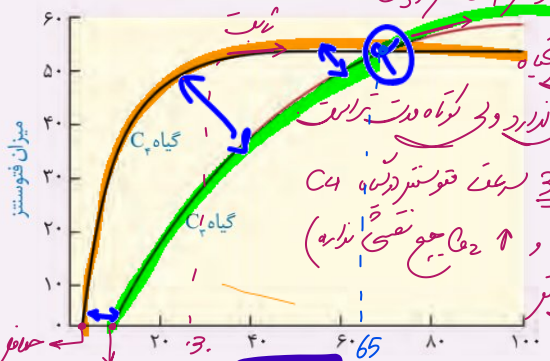
فتوسنتز در گیاهان مختلف	گیاه C_3	گیاه C_4	گیاه CAM
تولید اسید ۴کربنی در فتوسنتز	×	✓ هنگام تثبیت اولیهٔ CO_2	✓ هنگام تثبیت اولیهٔ CO_2
مرحلهٔ دوم تثبیت کربن	×	✓ چرخهٔ کالوین در یاخته‌های غلاف آوندی	✓ چرخهٔ کالوین در یاخته‌های میانبرگ
محل فعالیت روبیسکو در برگ	کلروپلاست یاخته‌های میانبرگ و نگهبان روزنه	کلروپلاست یاخته‌های غلاف آوندی و نگهبان روزنه	کلروپلاست یاخته‌های میانبرگ و نگهبان روزنه
تنفس نوری	✓ (در دمای بالا و شدت زیاد نور)	به ندرت	—
زمان تثبیت کربن	فقط در طول روز	فقط در طول روز	تثبیت اول: در شب تثبیت دوم: در روز
زمان بازبودن روزنه‌های هوایی	روز	روز	شب
توانایی ذخیرهٔ آب	—	—	دارای برگ و ساقهٔ گوشتی و پر آب هستند. واکوئول‌هایی دارند که دارای ترکیبات نگه‌دارندهٔ آب است.

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه الف و پ چه راهی پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟

۲ـ نمودارهای ۱ و ۲ به‌ترتیب اثر کربن دی اکسید جوّ و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C_3 و C_4 نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



نمودار ۲



نمودار ۱

جانداران فتوسنتزکنندهٔ دیگر

بخش عمدهٔ فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند. انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

باکتری‌ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نورند. بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO_2 و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ **اکسیژن‌زا** نامیده می‌شوند.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکنندهٔ **غیراکسیژن‌زا** هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزهٔ فتوسنتزی این باکتری‌ها، **باکتریوکلروفیل** است. این باکتری‌ها کربن‌دی‌اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آنها ترکیبی به غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تامین الکترون H_2S است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیهٔ فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند. هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم‌مرغ گندیده دارد.

واکنش ۴ـ فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی

$$6CO_2 + 12H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$$

عوامل محیطی مؤثر بر سرعت فتوسنتز

۱) شدت نور: هر چه شدت نور بیشتر باشد، تا زمانی که رنگیزه‌های فتوسنتزی از نور اشباع نشده باشند! سرعت فتوسنتز بیشتر می‌شود (رابطه مستقیم).

+ در نهایت به دلیل اشباع شدن همه رنگیزه‌های فتوسنتزی، نمودار به حالت تعادل می‌رسد!

+ ویژگی‌های دیگر نور مانند طول موج و مدت زمان تابش نور نیز بر سرعت فتوسنتز مؤثر هستند.

۲) میزان CO_2: هر چه تراکم کربن دی‌اکسید در محیط رویش گیاه بیشتر باشد، تا زمانی که آنزیم‌ها درگیر نشده باشند! سرعت فتوسنتز بیشتر می‌شود (رابطه مستقیم).

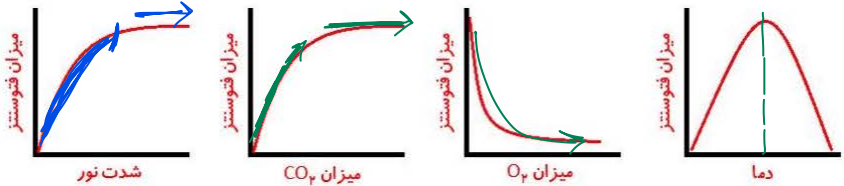
+ در نهایت به دلیل اشباع شدن همه آنزیم‌ها، نمودار به حالت تعادل می‌رسد!

۳) میزان O_2: هر چه تراکم اکسیژن در محیط رویش گیاه بیشتر باشد، به دلیل فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو! سرعت فتوسنتز کمتر می‌شود (رابطه معکوس).

+ در نهایت به به دلیل اشباع شدن همه آنزیم‌های روبیسکو، نمودار به حالت تعادل می‌رسد!

۴) دمای محیط: در دماهای معمولی، هر چه دما در محیط رویش گیاه بیشتر شود، سرعت فتوسنتز بیشتر می‌شود (رابطه مستقیم).

+ در دمای بالا به علت تغییر ساختار سه بعدی آنزیم‌ها، سرعت فتوسنتز به شدت کاهش می‌یابد (رابطه معکوس).



- بخش عمده فتوسنتز در جاندارانی انجام می شود که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی کنند ← این جانداران از باکتری ها و انواعی از آغازیان می باشند.
- انواعی از باکتری ها و آغازیان در محیط های متفاوت خشکی و آب به فتوسنتز می پردازند.
- **گیاهان** — به جز گیاهان انگل (سس وگل جالیز)، سایر گیاهان فتوسنتزکننده اند.
- **باکتری فتوسنتزکننده**
  - همگی با استفاده از CO_2 و نور به تولید ماده آلی می پردازند.
  - همگی دنای حلقوی، رنگیزه جذب کننده نور و قدرت تثبیت کربن دارند.
  - **اکسیژن زا**
    - سبزدیسه و کیلاکوئید ندارند ولی سبزینه دارند.
    - سیانوباکتری ها سبزینه a دارند (همانند گیاهان).
    - برخی سیانوباکتری ها به تثبیت نیتروژن نیز می پردازند ولی همگی قدرت تثبیت کربن دارند.
    - در فرایند فتوسنتز از آب به عنوان منبع الکترون استفاده کرده و O_2 تولید می کنند.
  - **غیراکسیژن زا**
    - سبزدیسه و تیلاکوئید ندارند ولی رنگیزه فتوسنتزی باکتریوکلرفیل دارند.
    - گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه اند.
    - در گوگردی های این گروه به جای آب از H_2S به عنوان منبع الکترون استفاده می شود و گوگرد (S) تولید می کند.
    - از باکتری های گوگردی در تصفیه فاضلاب برای حذف H_2S استفاده می شود.
    - H_2S گازی بی رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.
  - $6CO_2 + 12\ H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12\ S + 6H_2O$ ← در واکنش های فتوسنتزی خود، آب مصرف نمی کند ولی به تولید آب می پردازند.
- **آغازیان**
  - برای فتوسنتز از آب به عنوان منبع الکترون استفاده می کنند و اکسیژن زا هستند.
  - نقش مهمی در تولید ماده آلی از ماده معدنی دارند.
  - جلبک سبز، قرمز، قهوه ای از این دسته اند.
  - **اوگلنا**
    - جانداری تک یاخته یوکاریوتی است.
    - در حضور نور فتوسنتز می کنند.
    - در شرایط فقدان نور، سبزدیسه های خود را از دست می دهند و از مواد آلی تغذیه می کنند.

فتوسنتزکننده

- انرژی مورد نیاز ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش های اکسایش مواد معدنی به دست می آورند.
- انواعی از باکتری ها در معادن، اعماق اقیانوسها و اطراف دهانه آتشفشان های زیر آب وجود دارند که شیمیوسنتز می کنند.
- براساس وضعیت زمین در آغاز شکل گیری حیات، دانشمندان بر این باورند که باکتری های شیمیوسنتزکننده از قدیمی ترین جانداران روی زمین اند.
- باکتری های نیترات ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می کنند، مثالی از شیمیوسنتزکننده ها هستند.
- در واکنش های تولیدکنندگی خود به تثبیت کربن می پردازند.
- از آب به عنوان منبع الکترون استفاده نمی کنند و O_2 تولید نمی کنند.

شیمیوسنتزکننده

جانداران تولیدکننده مواد آلی

آغازیان: آغازیان نقش مهمی در تولید مادهٔ آلی از ماده معدنی دارند. می‌دانید که جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می‌کنند. اوگلنایی که در شکل ۱۲ می‌بینید، جانداری تک‌یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتزکننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.

شکل ۱۲ـ اوگلنا

شیمیوسنتز

آیا ساختن مادهٔ آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می‌کنند؟ آیا تولیدکنندگان در اعماق تاریک وجود ندارند؟

امروزه می‌دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانهٔ آتشفشان‌های زیرآب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی‌اکسید مادهٔ آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل‌گیری حیات، بر این باورند که **باکتری‌های شیمیوسنتزکننده** از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند. چنین باکتری‌هایی، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های اکسایش به دست می‌آورند. به این فرایند **شیمیوسنتز** می‌گویند.

Ex: باکتری‌های نیترات ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده‌اند.

$NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$

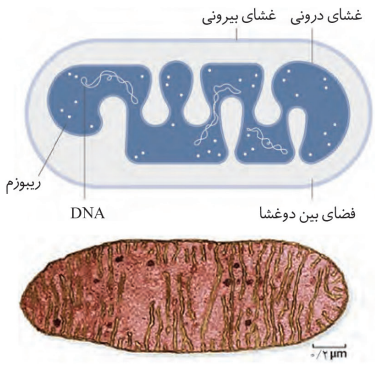
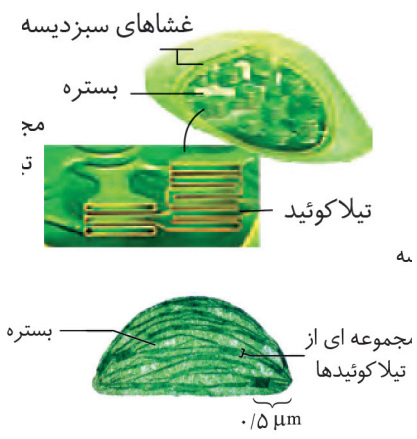
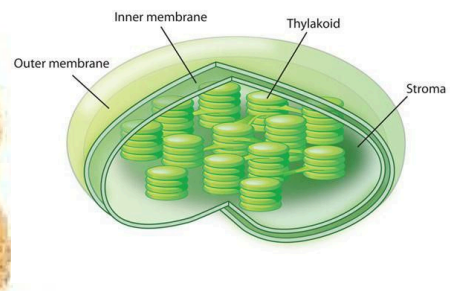
جانداران تولیدکننده	منبع اصلی انرژی واکنش	منبع الکترون	دنای خطی	دنای حلقوی	سبزدیسه و تیلاکوئید	رنگیزه فتوسنتزی	تولید O_2	تثبیت کربن	نکته
گیاهان	نور خورشید	آب	دارند	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	سِس و گل جالیز فتوسنتز ندارند
باکتری‌های اکسیژن‌زا	نور خورشید	آب	ندارند	دارند	ندارند	سبزینه	دارند	دارند	در خشکی و آب زندگی می‌کنند.
سیانوباکتری‌ها	نور خورشید	آب	ندارند	دارند	ندارند	سبزینه a	دارند	دارند	برخی تثبیت N هم دارند
باکتری گوگردی	نور خورشید	H_2S	ندارند	دارند	ندارند	باکتریوکلروفیل	ندارند	دارند	برخی با گیاهان همزیستی می کنند.
جلبک‌ها و اوگلنا	نور خورشید	آب	دارند	دارند	دارند	سبزینه و کاروتنوئید	دارند	دارند	در تصفیه فاضلاب برای حذف H_2S استفاده می‌شوند
شیمیوسنتزکننده‌ها	مواد معدنی	مواد معدنی	ندارند	دارند	ندارند	ندارند	ندارند	دارند	سپیروژیر، سبزدیسه رشته ای دارد. اوگلنا بدون نور، فاقد سبزدیسه می شود. قدرت تثبیت N ندارند. آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند.

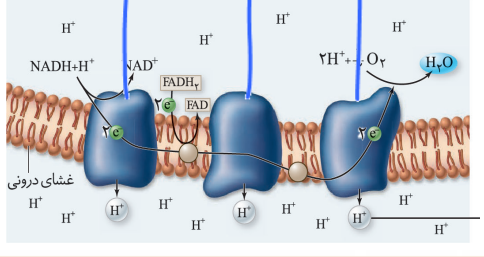
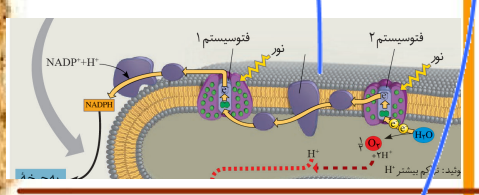
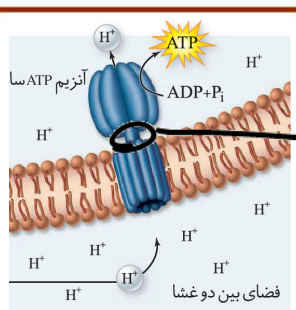
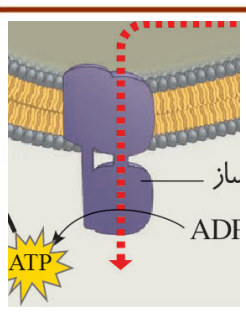
مقایسهٔ باکتری‌های فتوسنتزکننده:

باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا	باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ غیراکسیژن‌زا
مانند سیانوباکتری‌ها	مانند باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز
سبزینه دارند. مثلن سیانوباکتری‌ها، سبزینهٔ a دارند.	باکتریوکلروفیل دارند.
کربن دی‌اکسید در آن‌ها مصرف می‌شود.	کربن دی‌اکسید در آن‌ها مصرف می‌شود.
منبع تأمین الکترون آن‌ها آب است.	منبع تأمین الکترون آن‌ها به جای آب مولکول‌های دیگری است؛ مثلن H_2S در گوگردی‌ها.
اکسیژن تولید می‌کنند و اکسیژن‌زا هستند.	اکسیژن تولید نمی‌کنند و غیراکسیژن‌زا هستند و ترکیبات دیگری مثل گوگرد می‌سازند.

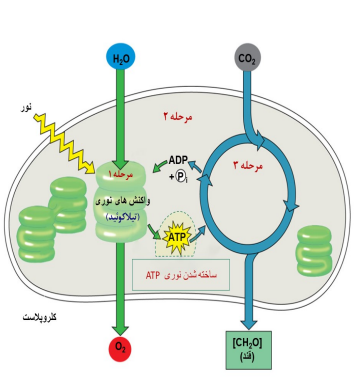
	در هر جاندار فتوسنتزکننده وجود دارد.	فقط در گروهی از جانداران فتوسنتزکننده وجود دارد.
مولکول‌های جذب‌کنندهٔ انرژی نور خورشید	✓	—
دنای حلقوی	✓	—
نوکلئیک اسید خطی	✓	—
آزادکردن گاز اکسیژن	—	✓ (فقط فتوسنتزکنندهٔ اکسیژنزا)
مصرف مولکول‌های آب به عنوان منبع تأمین الکترون	—	✓ (فقط فتوسنتزکنندهٔ اکسیژنزا)
استفاده از پیش‌مادهٔ کربن‌دار آنزیم کربنیک انیدراز	✓ (استفاده از CO_2)	—
استفاده از عوامل رونویسی برای بیان ژن‌ها	—	✓ (فقط یوکاریوت‌ها)
انواعی از آنزیم‌های رونویسی‌کننده (رنابسپاراز)	—	✓ (فقط یوکاریوت‌ها)
تولید نوری ATP	✓	—
وجود دیسه (پلاست)	—	✓ (فقط یوکاریوتها)
تولید مولکول آب	✓	—
وجود سبزینهٔ a	✓	✓ (باکتری‌های گوگردی، سبزینهٔ a ندارند.)
امکان اندازه‌گیری میزان فتوسنتز براساس CO_2 مصرف‌شده	✓	—
سامانهٔ تبدیل‌کنندهٔ انرژی نوری به انرژی شیمیایی	✓	—
امکان اندازه‌گیری میزان فتوسنتز براساس O_2 تولیدشده	—	✓ (فقط فتوسنتزکنندهٔ اکسیژنزا)
استفاده از محصولات فتوسنتزی یک جاندار دیگر	—	✓ (مثلن سیانوباکتری‌های همزیست با گیاهان فتوسنتزکننده)
توانایی تثبیت نیتروژن	—	✓ (مثلن گروهی از سیانوباکتریها)
زندگی در محیط خشکی	—	✓
وجود رنگیزهٔ فتوسنتزی در غشای یاخته	—	✓ (فقط پروکاریوت‌ها)
توانایی تولید NADH	✓ (انجام قندکافت در همهٔ یاخته‌های زنده)	

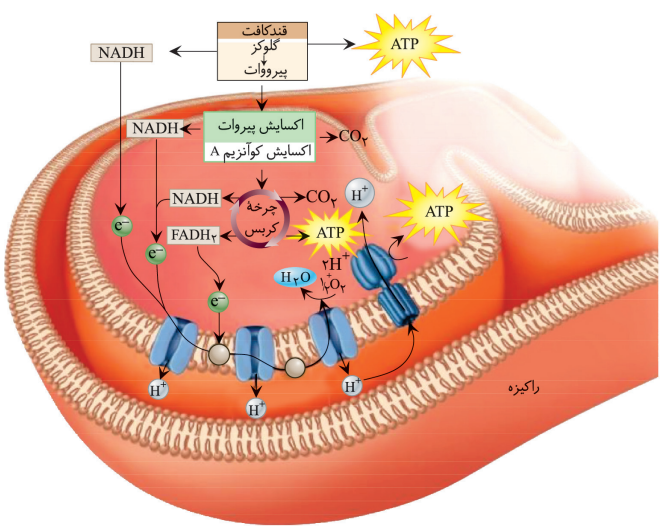
مقایسه کنیم:
تنفس سلولی - فتوسنتز

	تنفس سلولی	فتوسنتز
1- اندامک مربوطه	میتوکندری	کلروپلاست
2- شعار	از ماده به انرژی	از انرژی به ماده
3- فرمول کلی	$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow ATP + CO_2 + H_2O$	$CO_2 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$
4- شکل اندامک	 الف) راکیزه و ترسیمی از آن	 
5- غشاء اندامک	2×6 خارجی / داخلی	2×6 (سامانه غشایی) خارجی / داخلی
6- تعداد اندامک	2 تا	3 تا
7- انواع		۱
8- جاندارانی که اندامک مورد نظر را دارند		
10- محل وقوع		

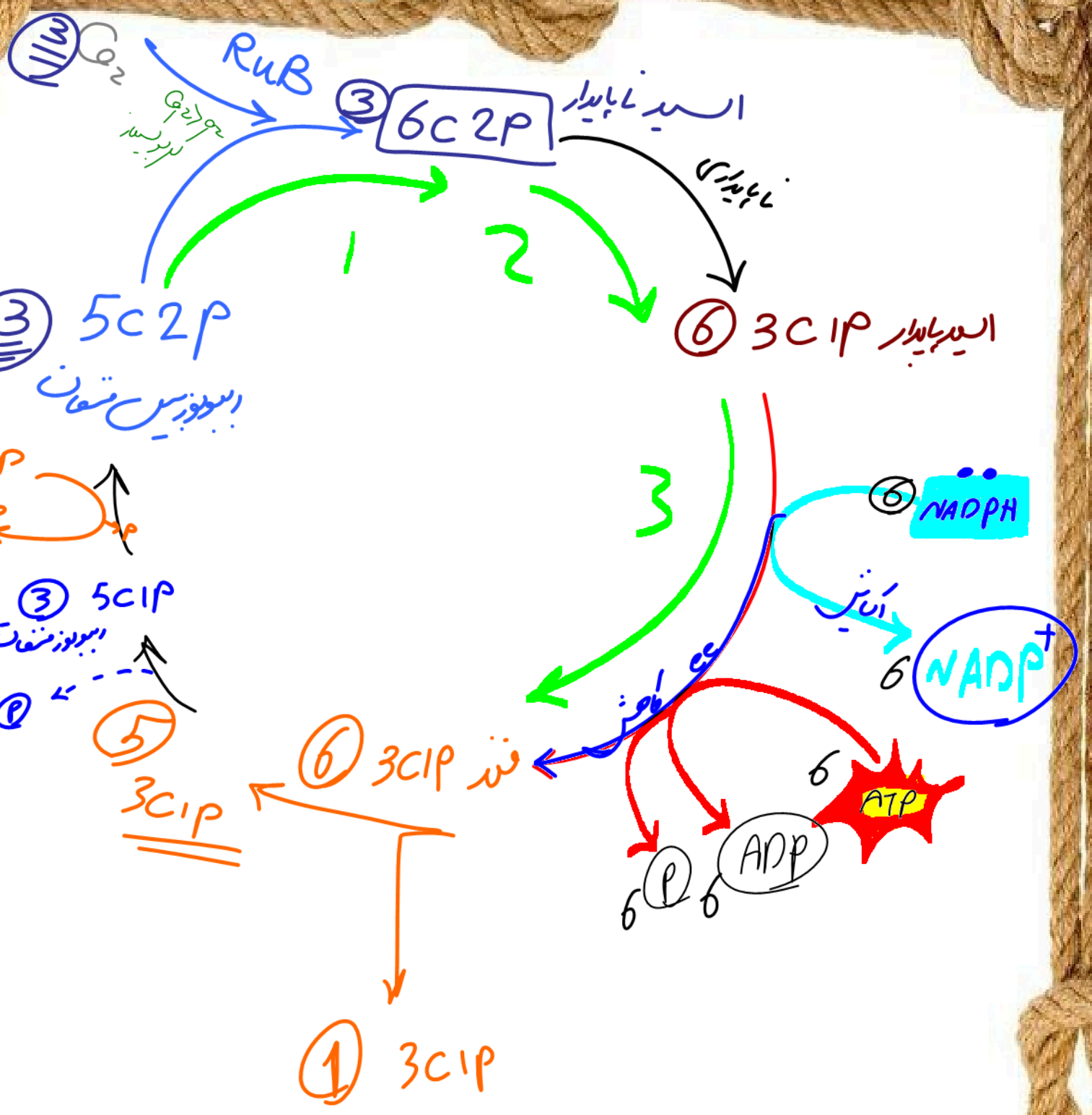
	تنفس سلولی	فتوسنتز
11- اثر در غلظت گازها در محیط	O_2 ↓ ، CO_2 ↑	O_2 ↑ ، CO_2 ↓
12- اکسایش و کاهش	اکسایش قند ← CO_2 ، ازدست دادن e	قند ← CO_2 (کاهش)
13- انرژی خروجی/ورودی		
14- تولید گرما		
15- محل تراکم H^+	فضای بین دو غشا	داخل تیلاکوئید
16- محل زنجیره انتقال e	در غشاء داخلی میتوکندری	در غشاء تیلاکوئید
17- انواع و شکل زنجیره انتقال الکترون	① 	② 
18- محل مجموعه آنزیمی ATP ساز		
19- نحوه مجموعه آنزیمی ATP ساز		
20- عملکرد مجموعه آنزیمی ATP ساز	تولید اکسایشی ATP	تولید نوری ATP
21- نوع تولید ATP		

	تنفس سلولی	فتوسنتز
22 - محل تولید ATP	سیتوزول	سیتوزول
23 - ترتیب مراحل	1- گلیکولیز 2- آب‌کش پیروات 3- چرخهٔ کربس 4- زنجیرهٔ انتقال الکترون 5- مجموعهٔ ATP ساز	1- آب‌کش P_{680} / P_{680} 2- عملکرد زنجیرهٔ انتقال الکترون ← تولید $NADPH + H^+$ 3- تولید ATP توسط مجتمع ATP ساز 4- کالوین
24 - حامل‌های الکترون	$FADH_2$ / NADH	$NADPH_2$
25 - جایگاه انجام واکنش‌ها	کالوین: 5C 2P کربس: 4C	
26 - چرخه		





فتوسنتز	تنفس سلولی


RuB
6C 2P
اسید ناپایدار
ناپایدار
1
2
3
5C 2P
ایزومریز شدن
6 3C 1P اسید پایدار
3ATP
3ADP
3
6 NADPH
5C 1P
ایزومریز شدن
آنزیم
6 NADP+
6 3C 1P قند
3C 1P
6
ATP
6
ADP
6
1
3C 1P

زیست ۳

«از اندیشه به ماده»

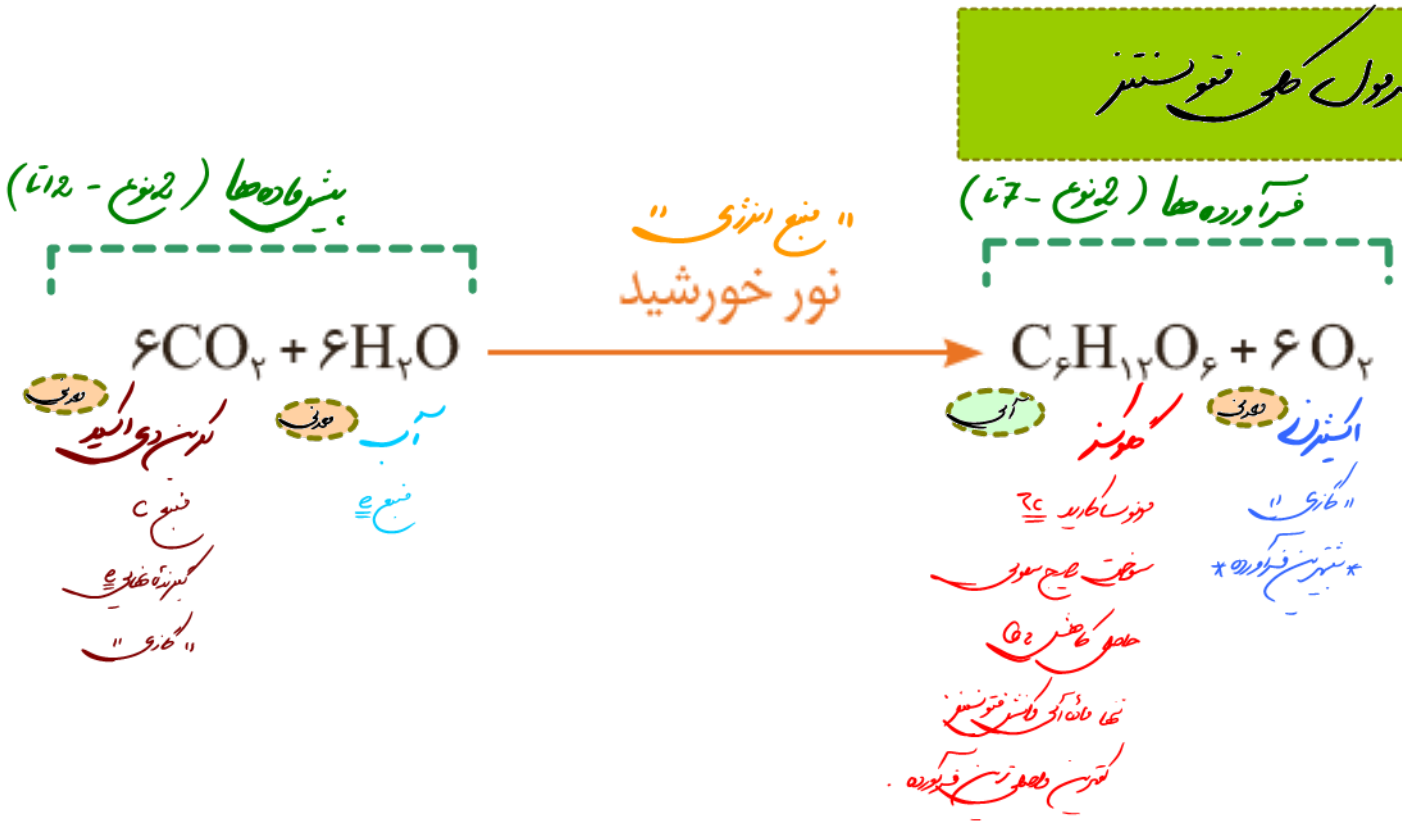
فصل ۶

دکتر زهرا همایونی

BIOGALLERY

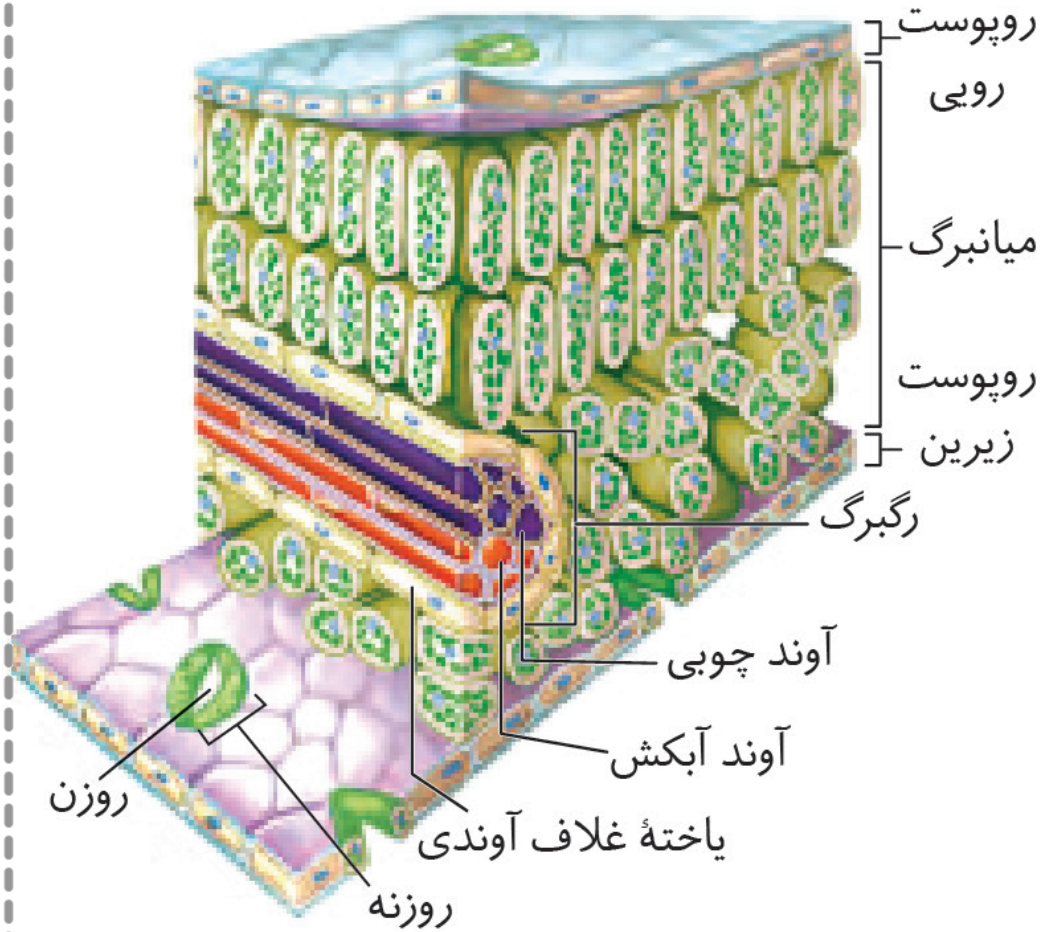
فتوسنتز

فرمول کلی فتوسنتز

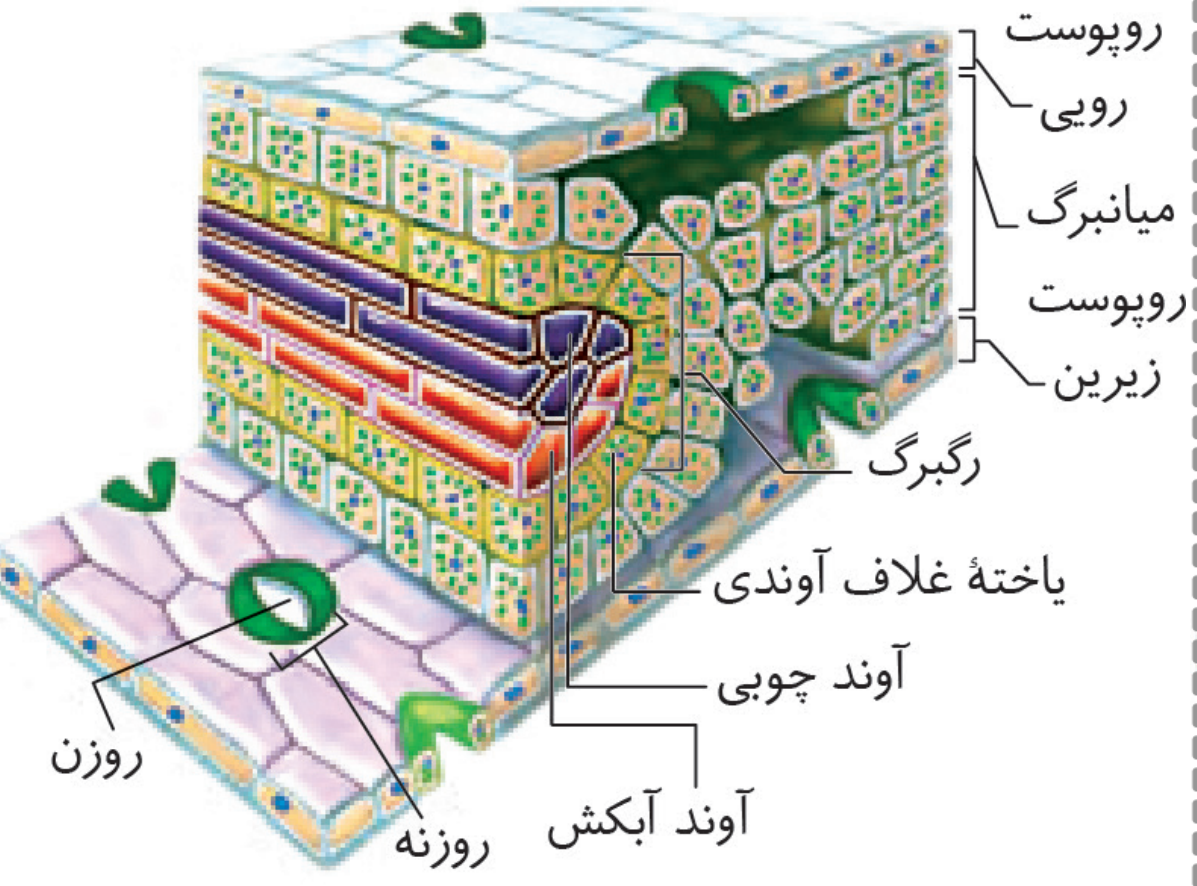


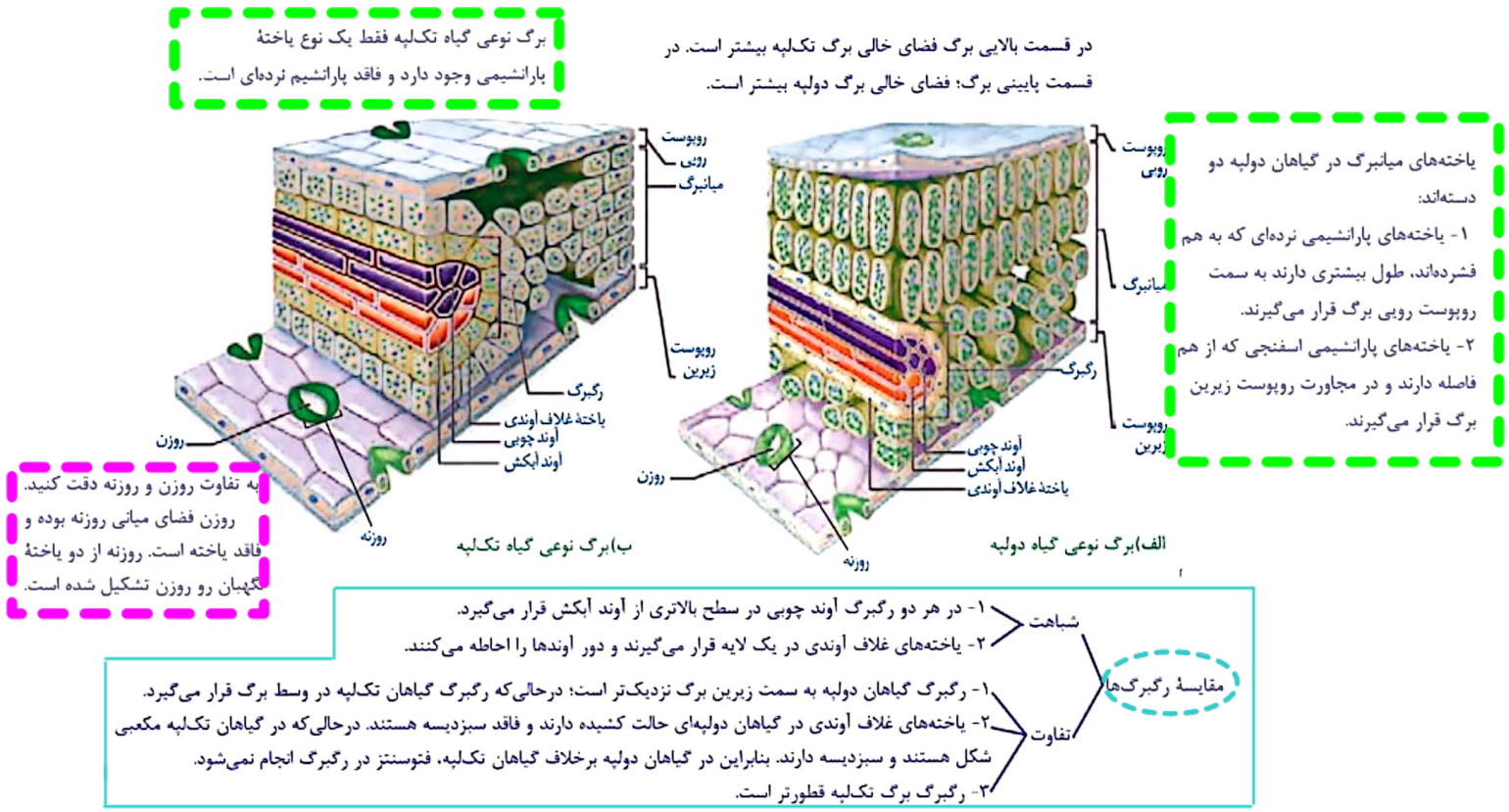
شکل تزیینی از بافت روپوست برگ

گیاه دولپه



گیاه تک‌لپه





الف) برگ نوعی گیاه دولپه

۱ یاخته‌های پارانشیم نرده‌ای در بیش از یک لایه قرار می‌گیرند. دقت کنید که فقط یاخته‌های لایهٔ بالایی با یاخته‌های روپوستی تماس دارند. یاخته‌های لایهٔ پایینی در تماس با یاخته‌های پارانشیم اسفنجی و یاخته‌های رگبرگ قرار می‌گیرند.

۲ غلاف آوندی در سطح پایینی خود با یاخته‌های پارانشیم اسفنجی و در سطح بالایی خود با یاخته‌های پارانشیم نرده‌ای تماس دارد.

۳ موقعیت اجزا در رگبرگ به این صورت است که آوند چوبی بالاتر از آوند آب‌کش قرار می‌گیرد و غلاف آوندی دور آوندها را احاطه می‌کند.

۴ در برگ گیاه دولپه به دو دلیل روپوست زیرین برگ نقش بیشتری در تبادل گازها دارد:

۱- تعداد روزنه‌ها در سطح زیرین برگ بیشتر است ۲- در قسمت پایینی برگ پارانشیم اسفنجی وجود دارد که فضای خالی زیادی دارد: درحالی که در قسمت بالایی برگ، یاخته‌های پارانشیم نرده‌ای به صورت فشرده قرار گرفته‌اند و فضای بین آن‌ها کم است.

۵ در برگ گیاه دولپه دو بخش قادر به فتوسنتز هستند:

۱- میانبرگ ۲- روپوست با داشتن یاخته‌های نگهبان روزنه

ب) برگ نوعی گیاه تک‌لپه

۶ یاخته‌های غلاف آوندی در برگ گیاهان تک‌لپه شکلی مشابه با یاخته‌های میانبرگ دارند.

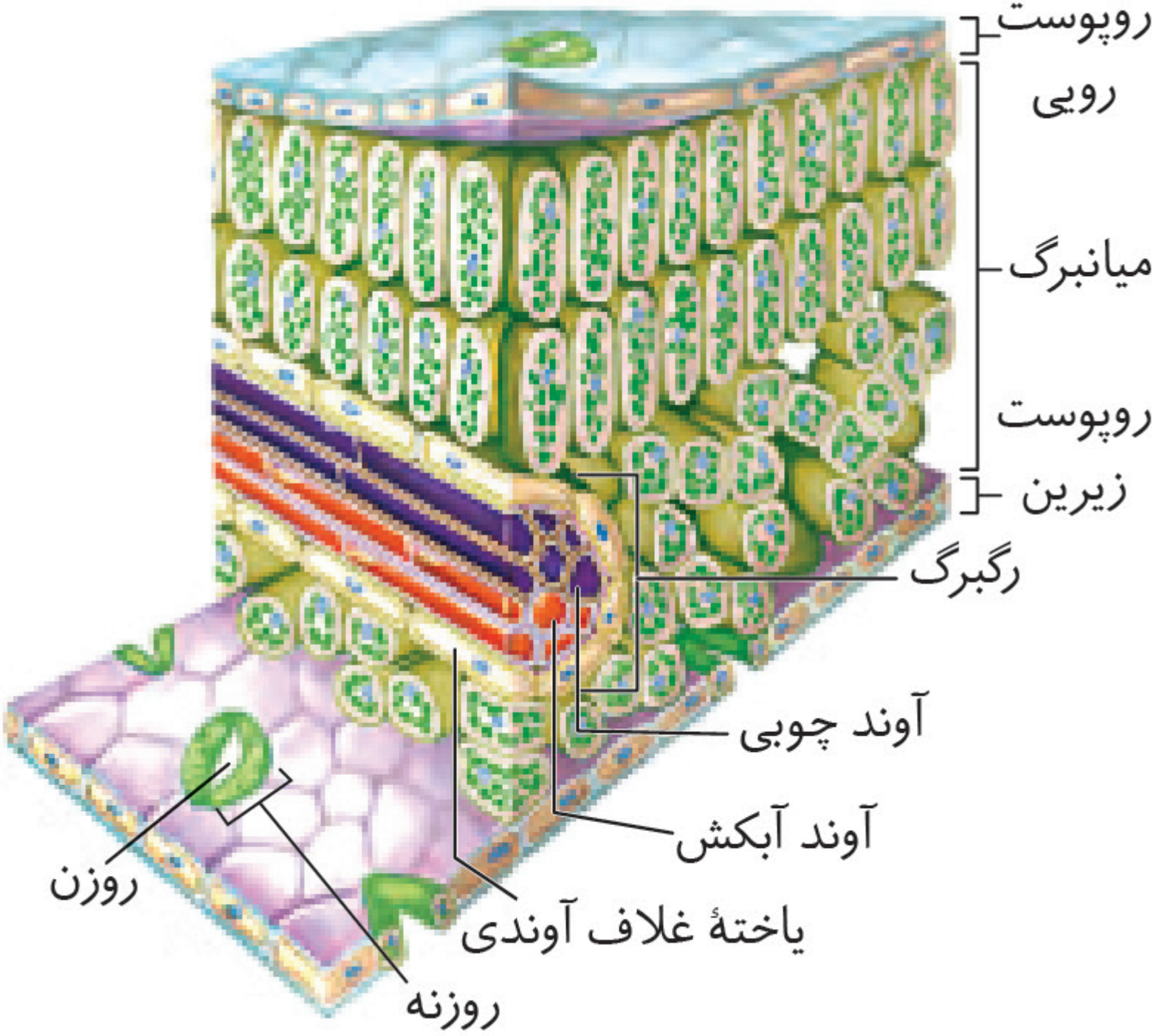
۷ در برگ گیاهان تک‌لپه، یاخته‌های میانبرگ در مجاورت روزنه‌های بالایی و پایینی برگ، تراکم کمی دارند.

۸ در برگ گیاهان تک‌لپه، سه بخش توانایی فتوسنتز دارند: ۱- میانبرگ ۲- روپوست با داشتن یاخته‌های نگبهان روزنه ۳- غلاف آوندی

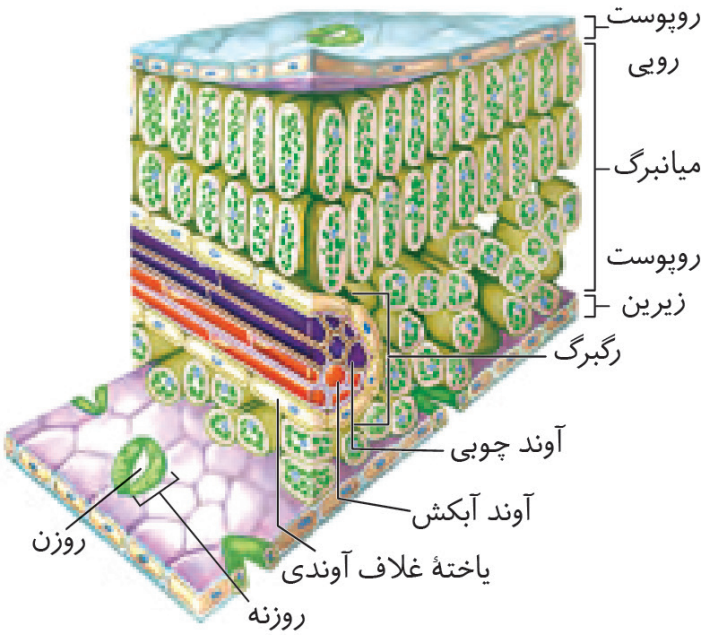
۹ شباهت‌های کلی هر دو برگ: ۱- برگ هر دو گیاه از روپوست، میانبرگ و رگبرگ تشکیل شده است. ۲- یاخته‌های روپوستی یاخته‌های پهن، کشیده و تک‌هسته‌ای می‌باشند. ۳- بیشتر یاخته‌های روپوستی سبزدیسه ندارند و فتوسنتز نمی‌کنند. ۴- در سطح رویی برگ روزنه کمتری نسبت به سطح زیرین آن وجود دارد. به همین دلیل هم فتوسنتز و تبادل گازها در روپوست زیرین بیشتر انجام می‌شود.

۱۰ تفاوت‌های کلی دو برگ: ۱- برگ دولپه برخلاف تک‌لپه دمبرگ دارد. ۲- در برگ تک‌لپه رگبرگ‌ها موازی و در برگ دولپه، رگبرگ‌ها منشعب‌اند.

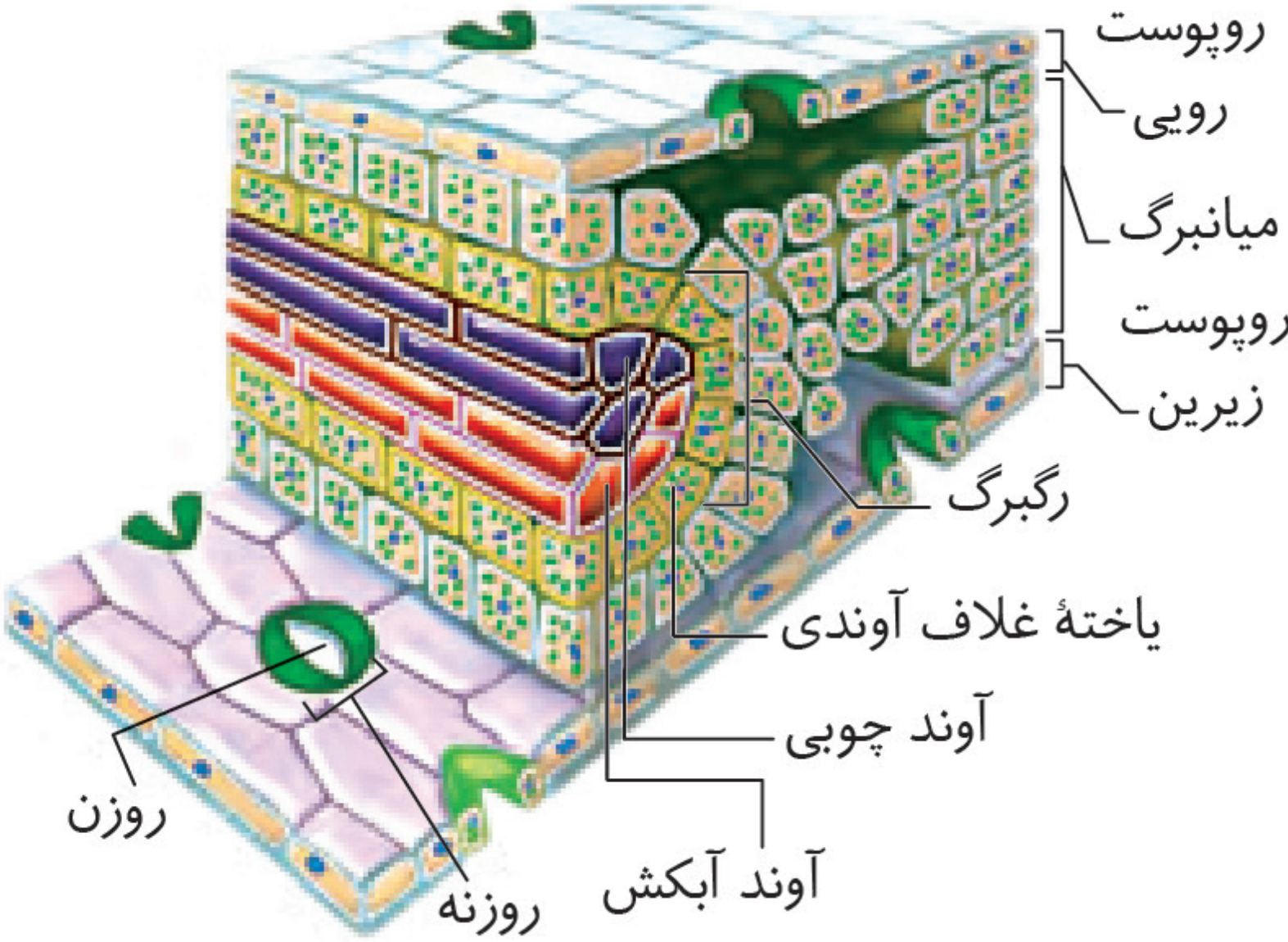
برگ گیاه دولپه‌ای



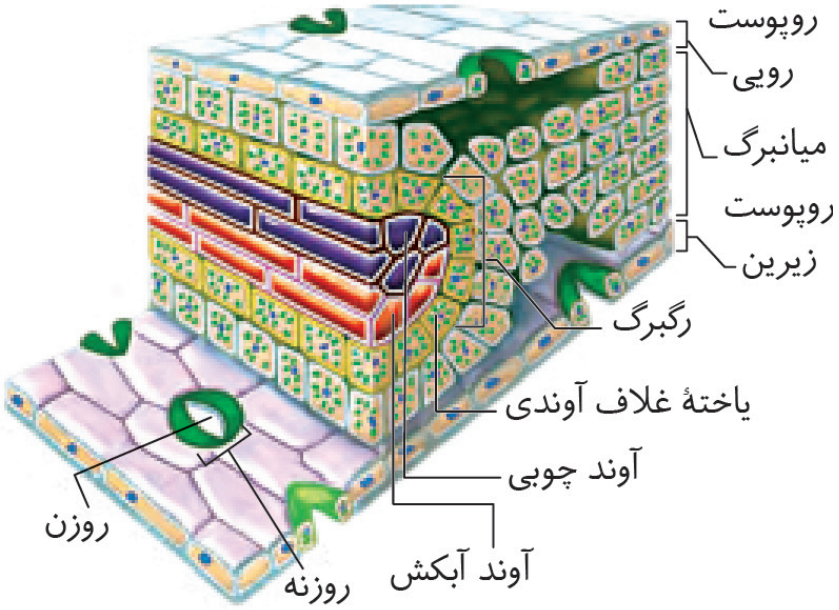
تبدیل گیاه دوسیه



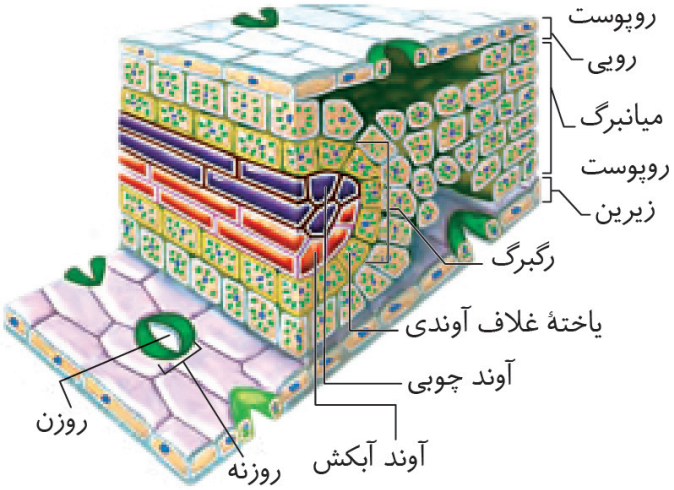
برگ نگاه تک سبه



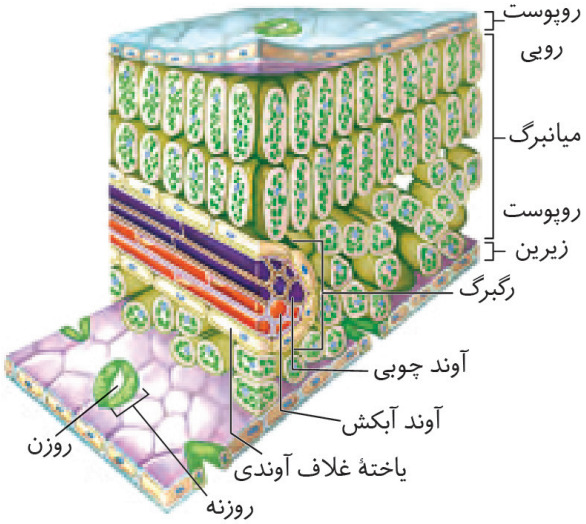
برگ گیاه تک لپه



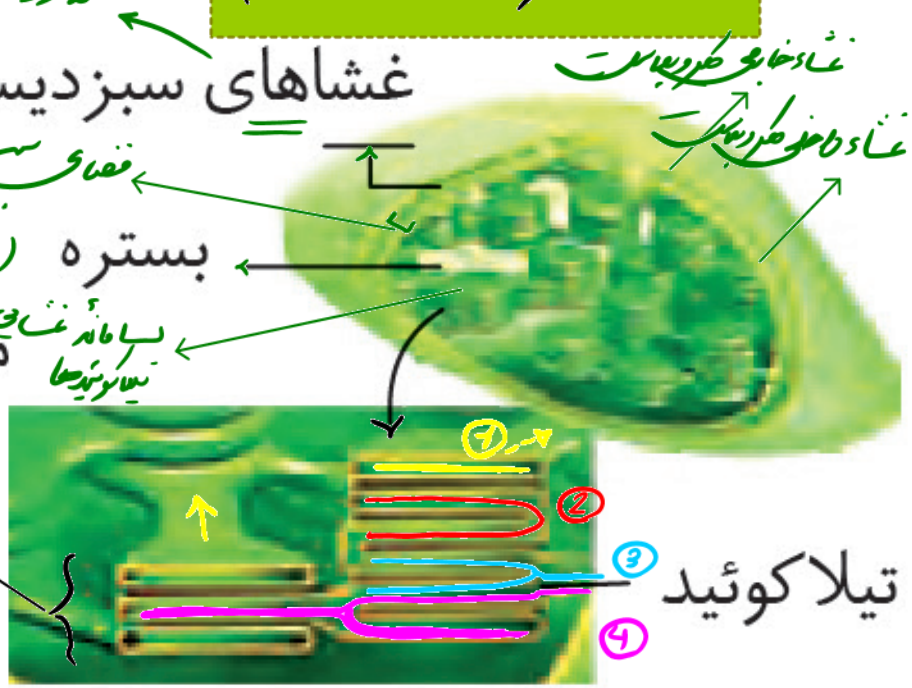
تک‌لپه


روپوست
رویی
میانبرگ
روپوست
زیرین
رگبرگ
یاختهٔ غلاف آوندی
آوند چوبی
آوند آبکش
روزن
روزنه

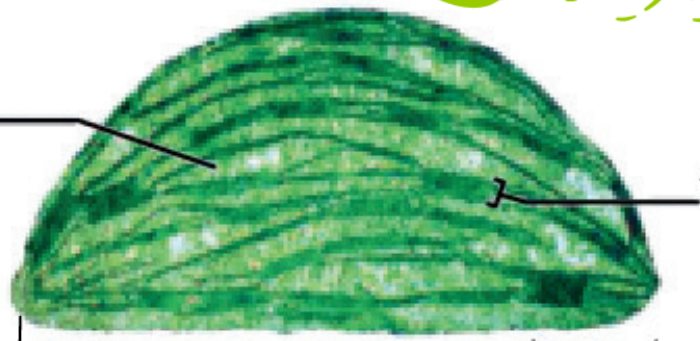
دولپه


روپوست
رویی
میانبرگ
روپوست
زیرین
رگبرگ
آوند چوبی
آوند آبکش
یاختهٔ غلاف آوندی
روزن
روزنه

ساختار کلروپلاست (ترسیمی)



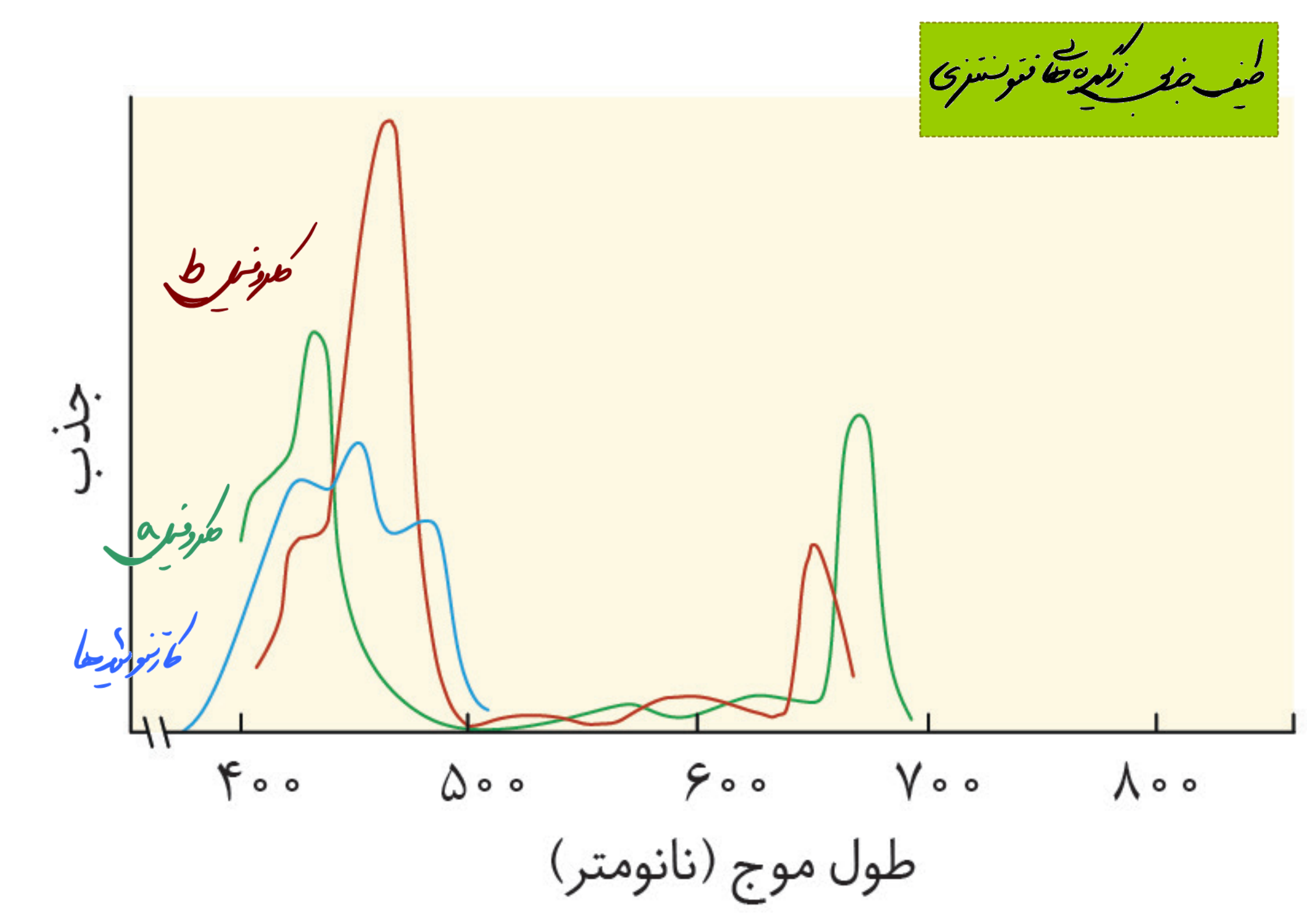
تصویر کلروپلاست با میکروسکوپ نوری

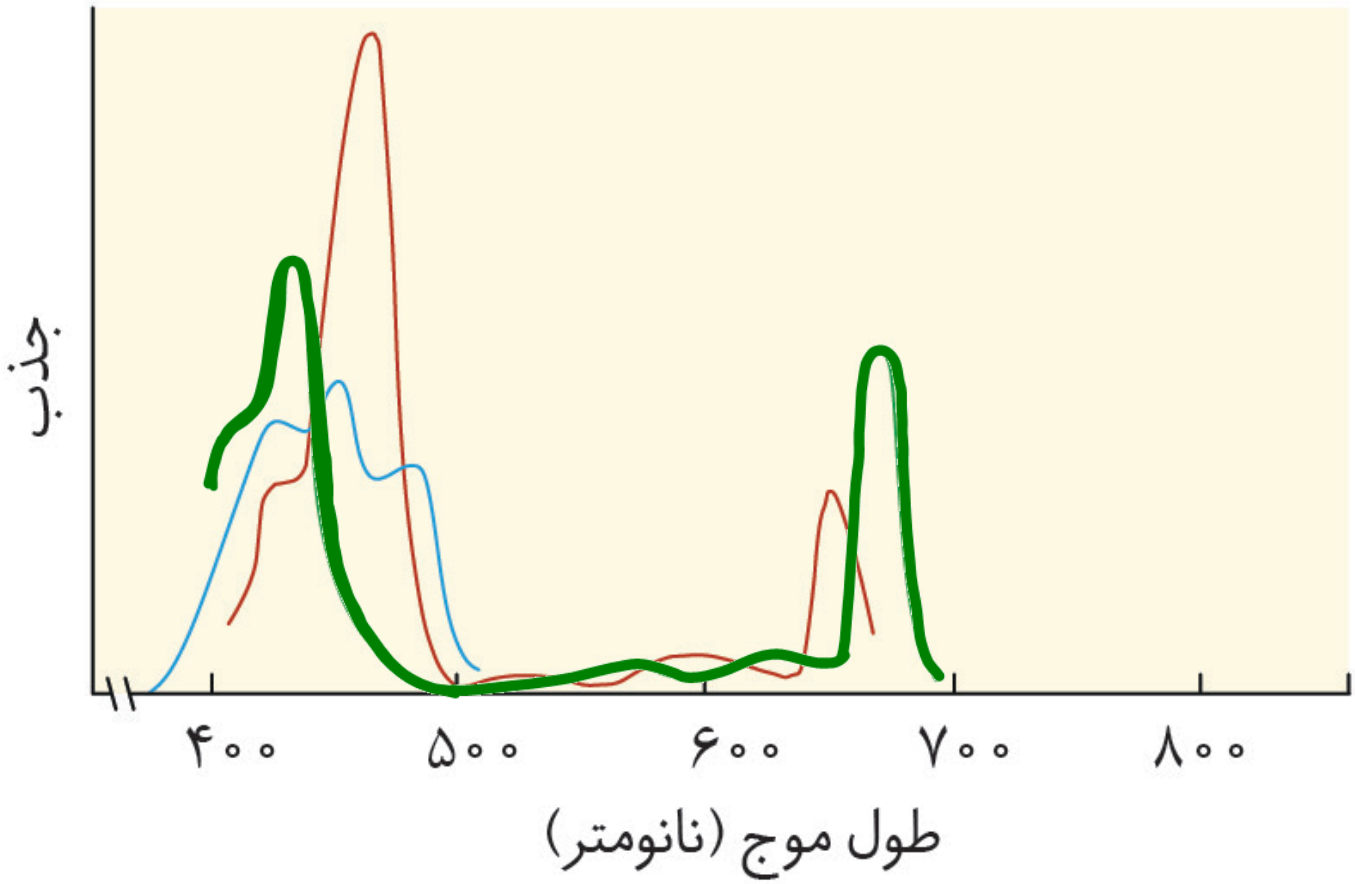


تیلاکوئید دیده نمی‌شود.

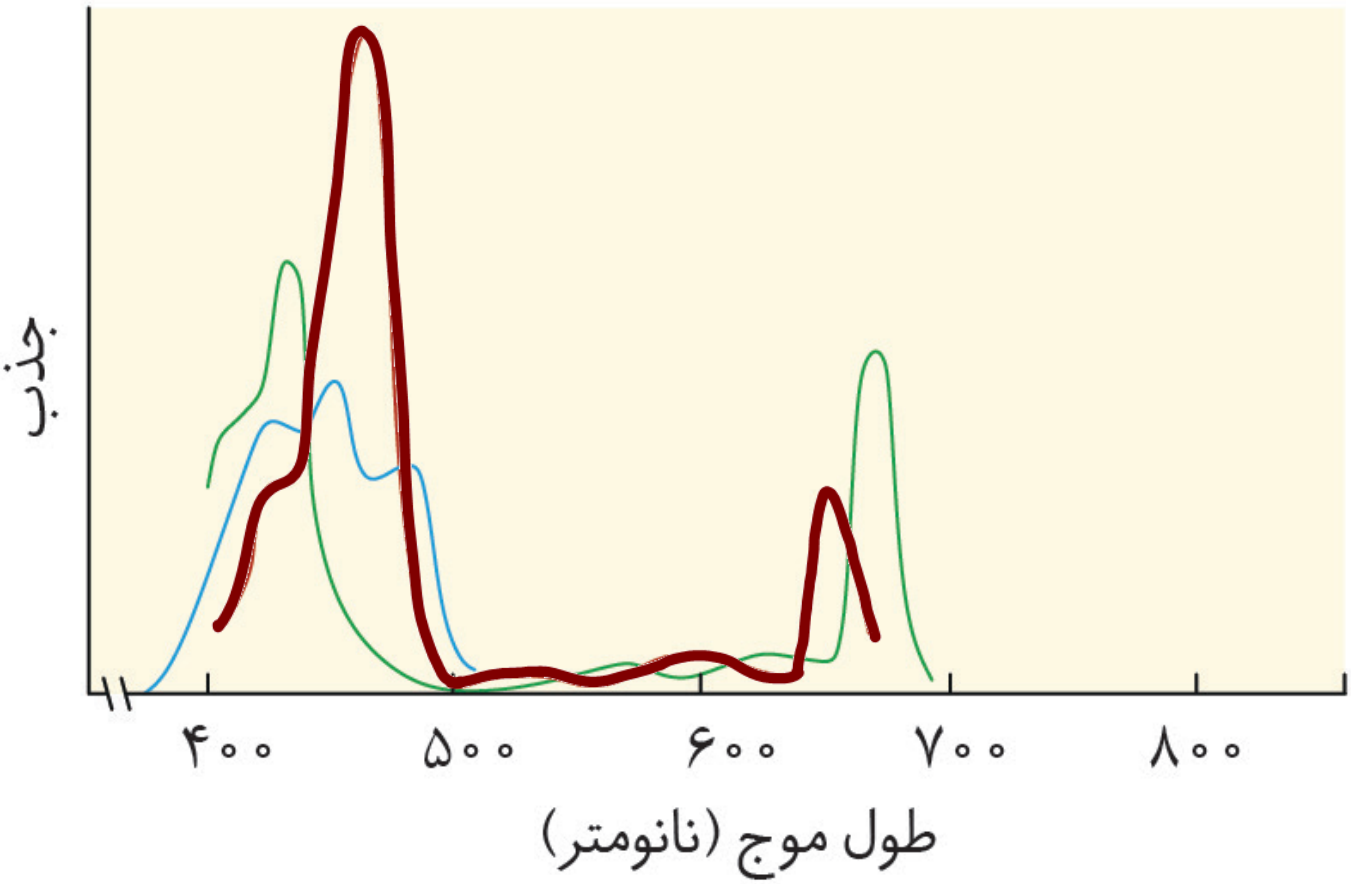
غشاء بیرونی

غشاء داخلی و فضای بین دو غشاء ← دیده نمی‌شود.

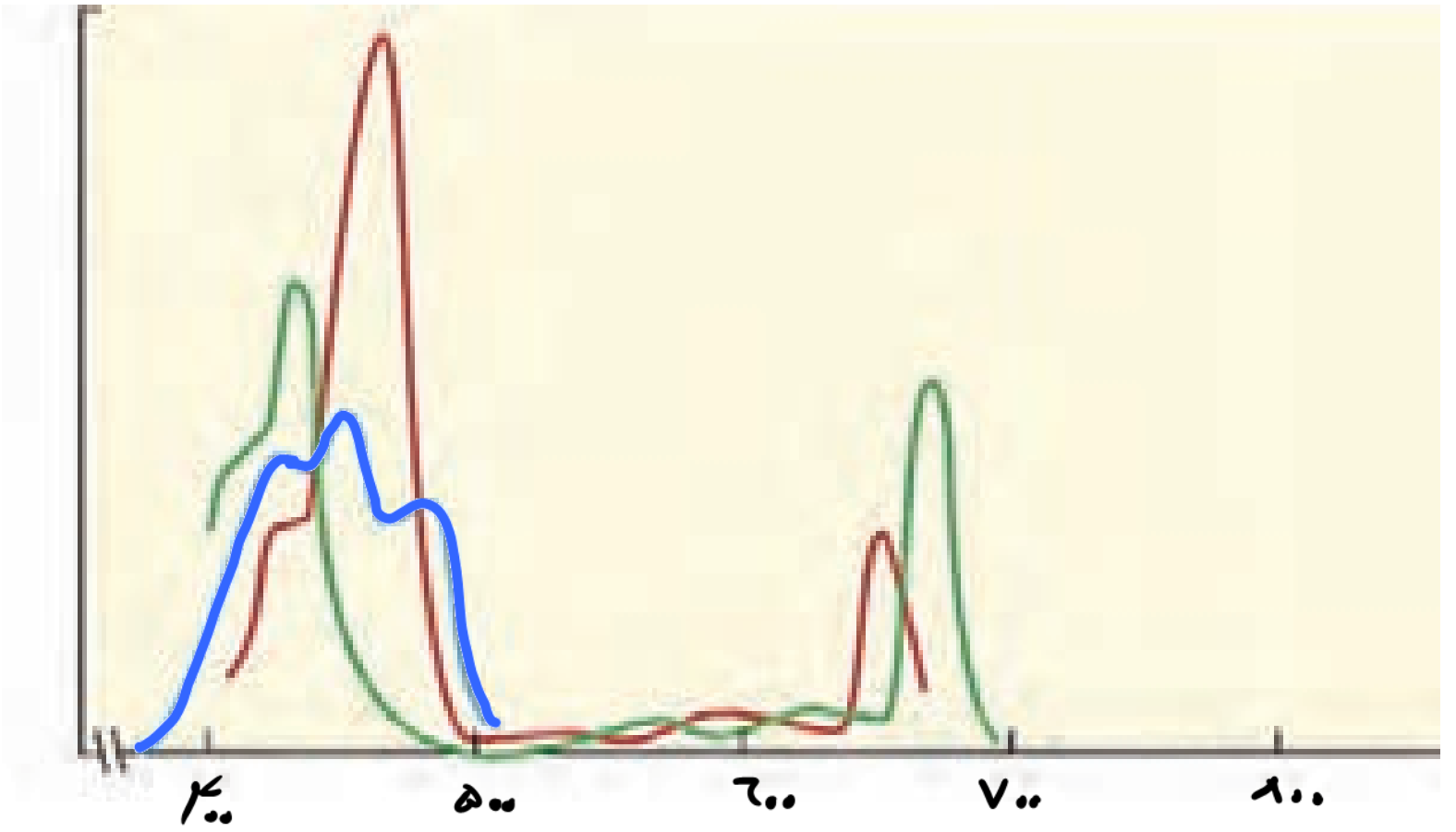

طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی
کلروفیل b
کلروفیل a
کاروتنوئیدها
جذب
۴۰۰
۵۰۰
۶۰۰
۷۰۰
۸۰۰
طول موج (نانومتر)

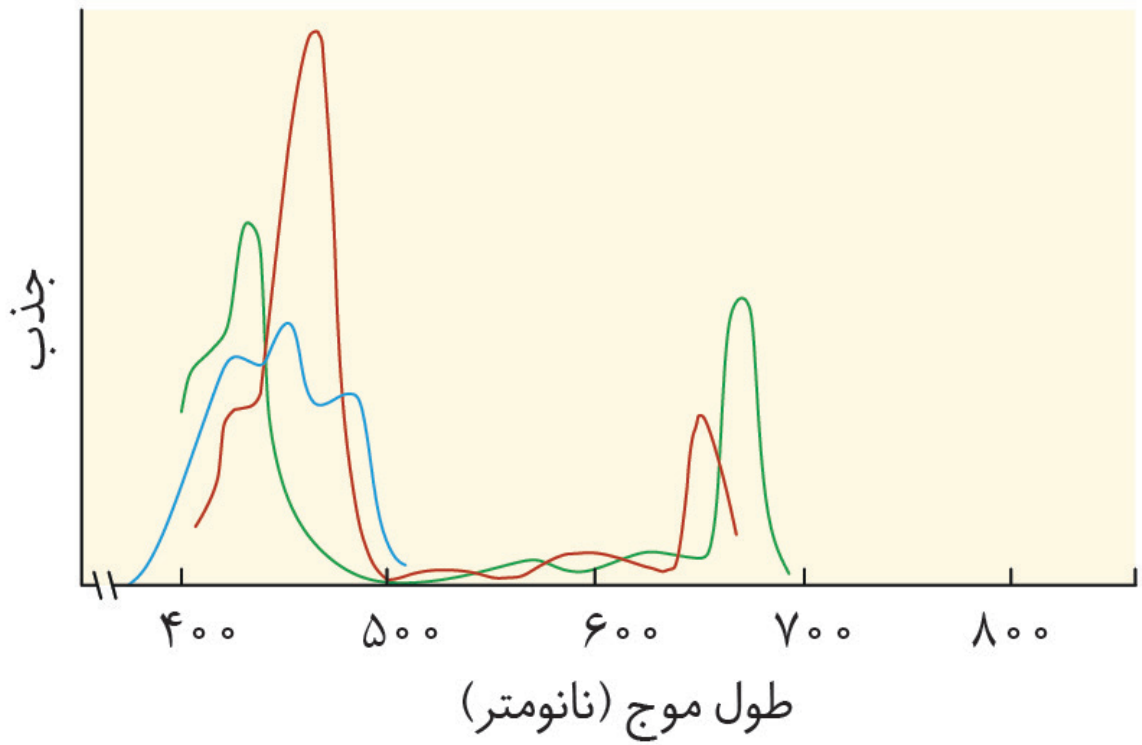

جذب
۴۰۰
۵۰۰
۶۰۰
۷۰۰
۸۰۰
طول موج (نانومتر)

کلروفیل b



کارتنوئیدها

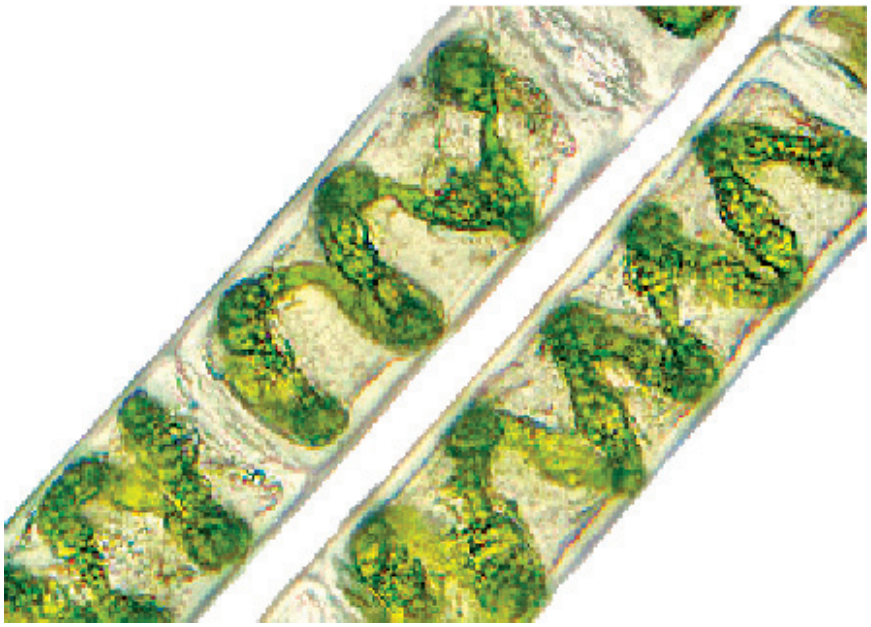



جذب
۴۰۰
۵۰۰
۶۰۰
۷۰۰
۸۰۰
طول موج (نانومتر)

تدریسی از تیم آموزش

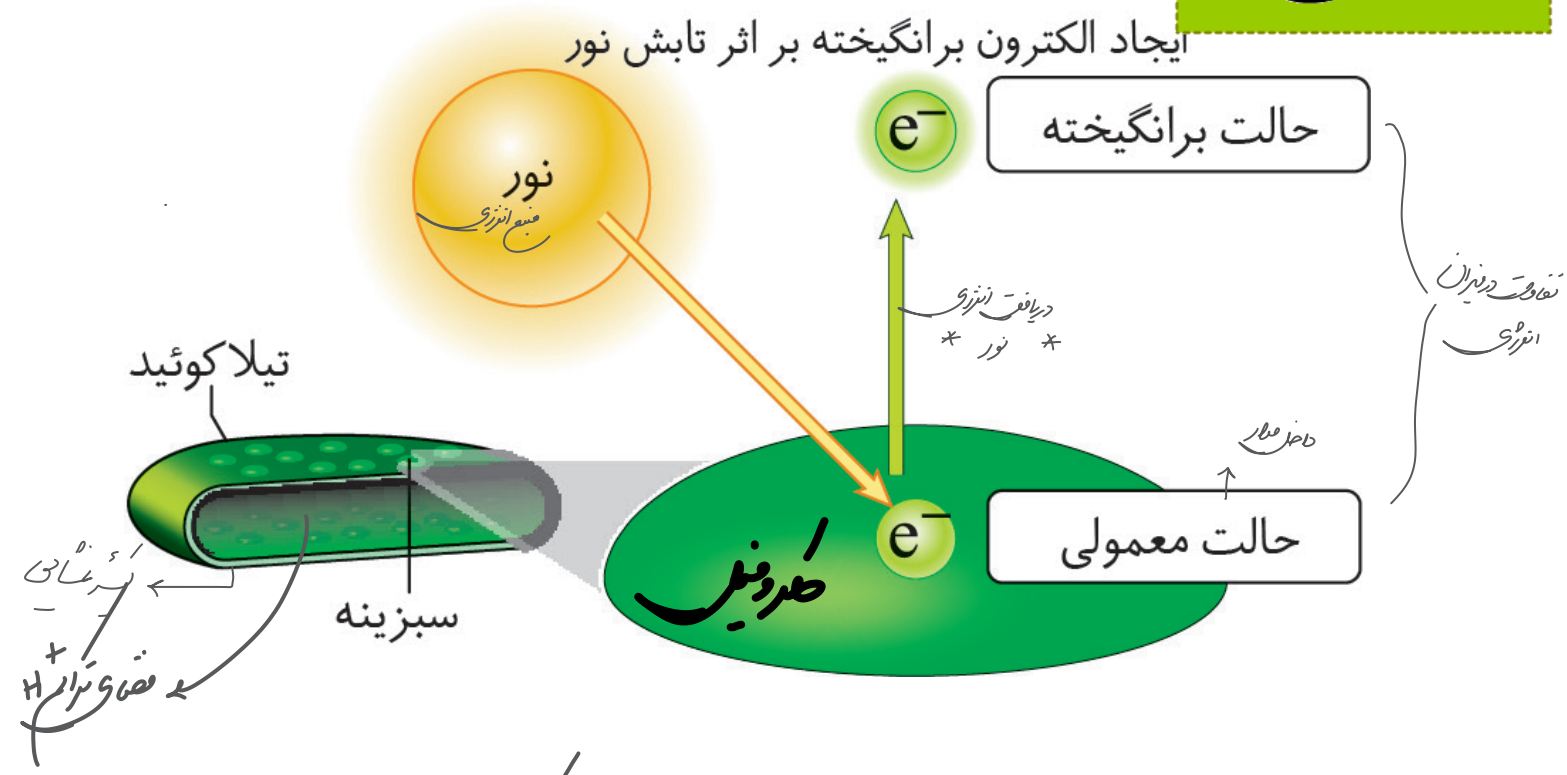
← فیزان تأثیر طول موج‌های نور مرئی روی فتوسنتز؟

اسپیروژیر

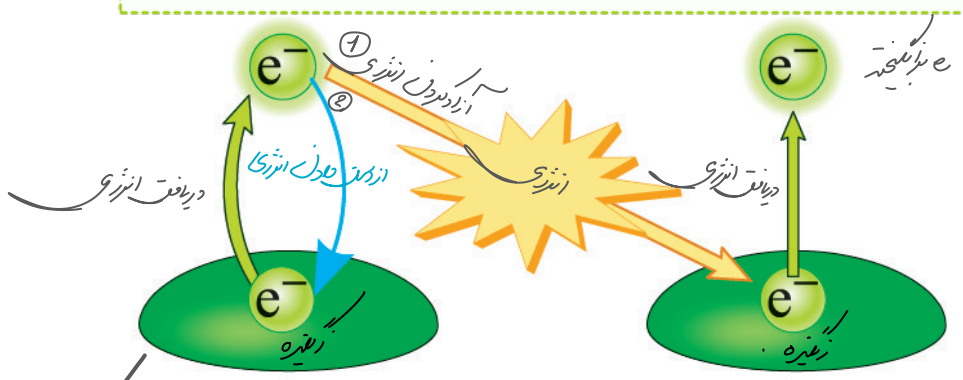


اثر انرژی نور خورشید

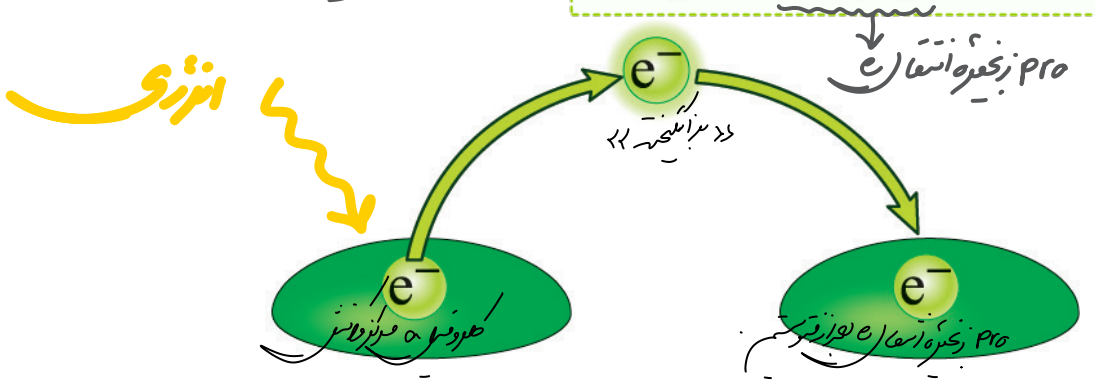
ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور



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

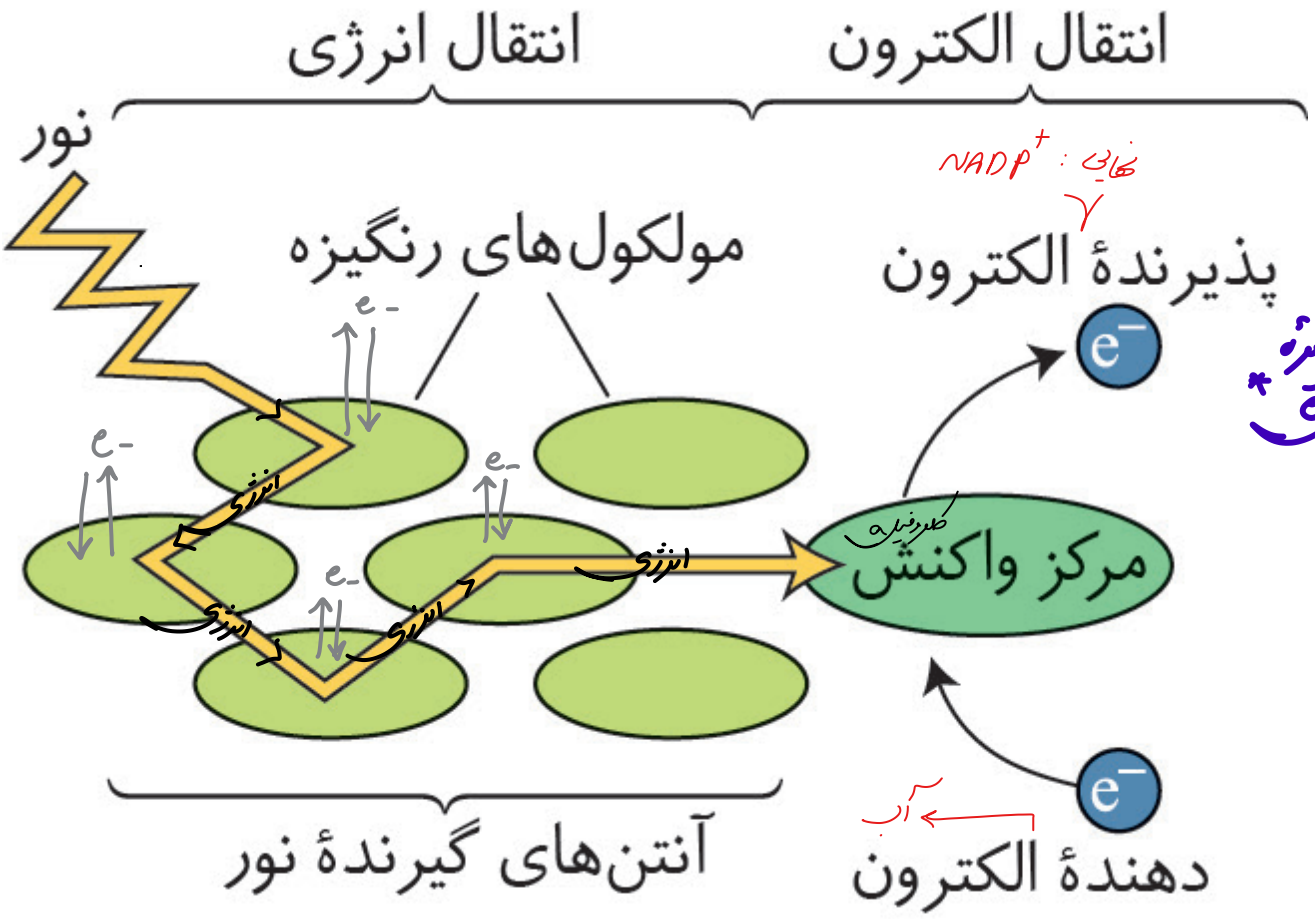


ب) یا به مولکول مجاور می‌رود.



انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

← واسطه‌ی انرژی بین همه‌ی رنگیزه‌های آنتن می‌باشد.

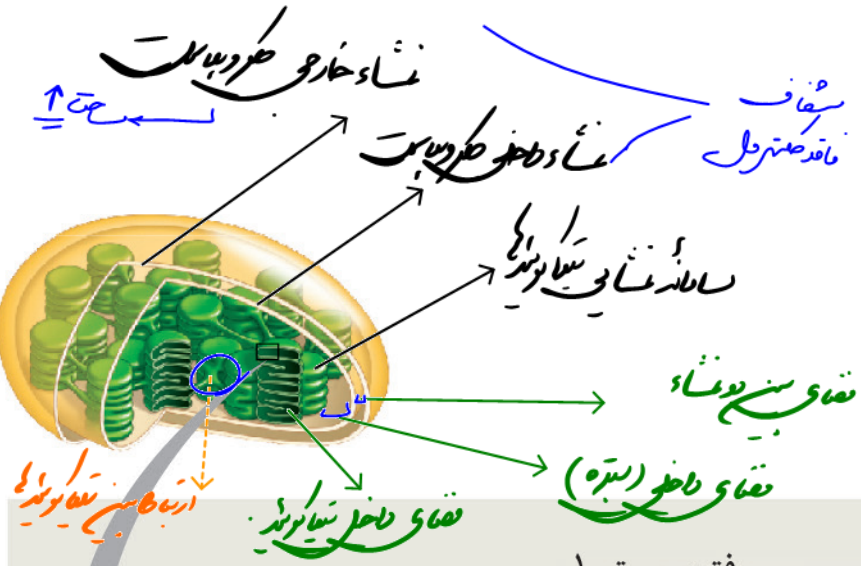


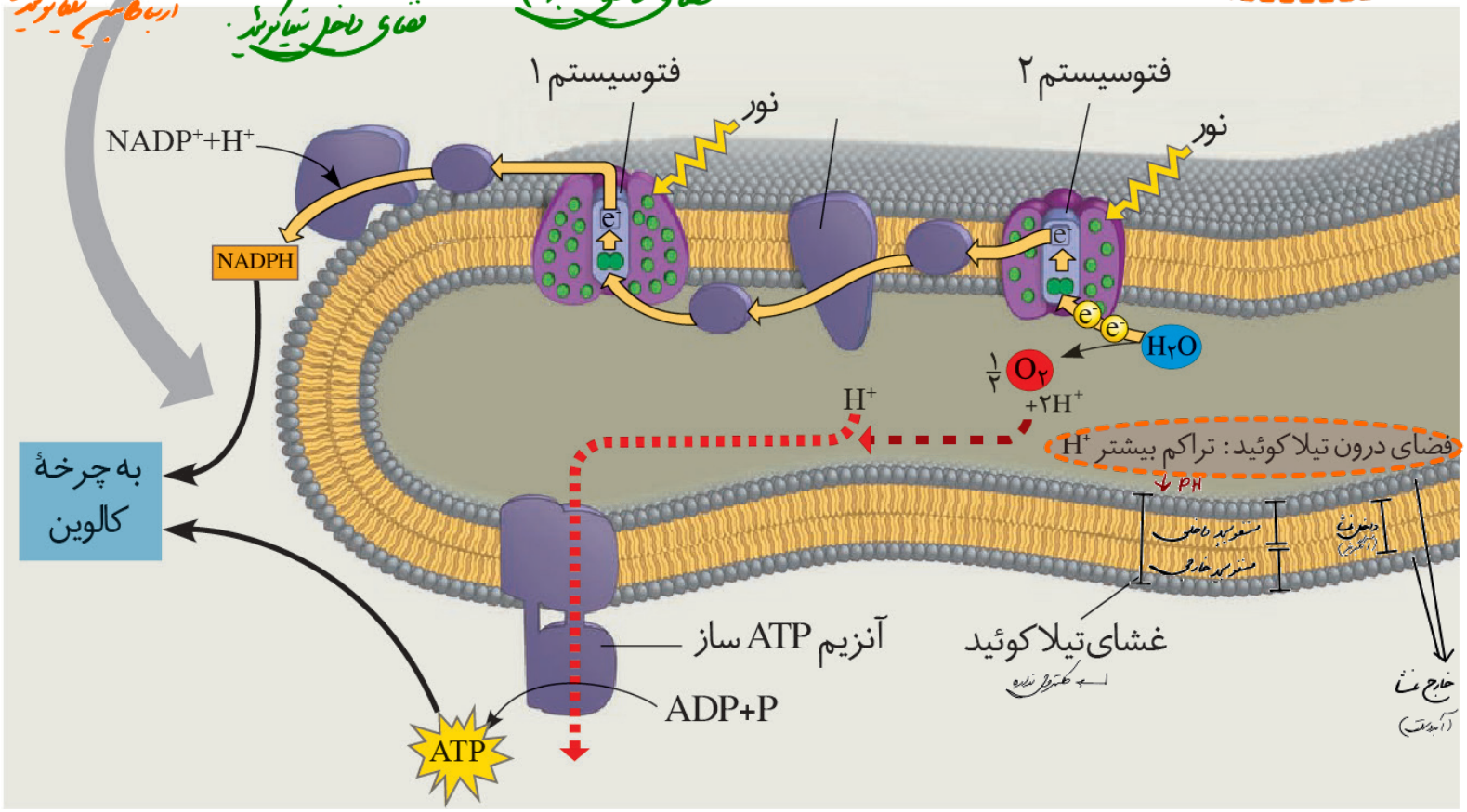
زنجیرهٔ PRO اتصالات*

← در فتوسنتز I : از e فتوسیستم II

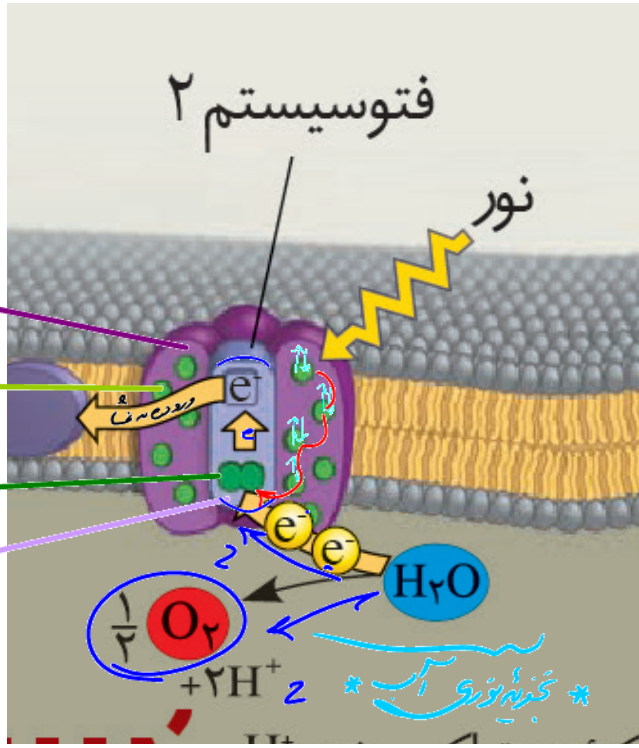
در فتوسنتز II : از آب.

طرحی از فتوسیستم ها و انتقال الکترون در واکنش های نوری

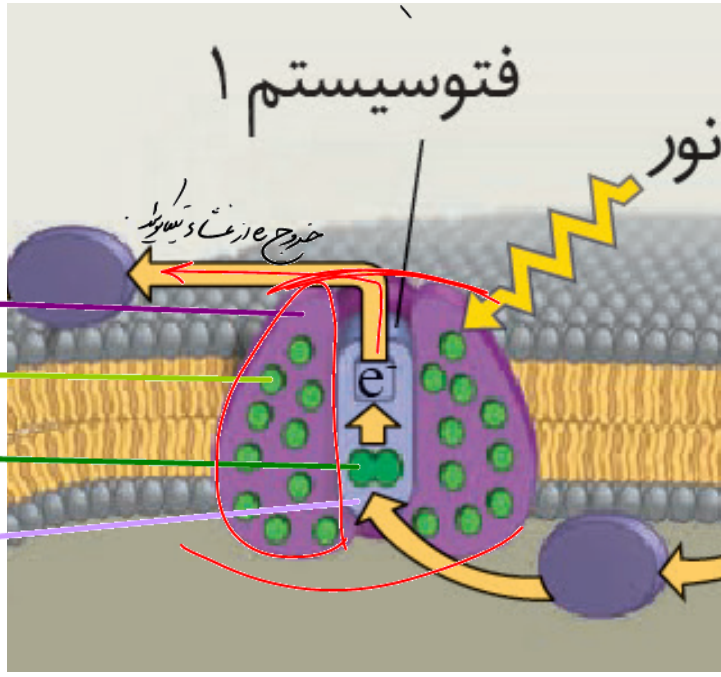




فتوسیستم II



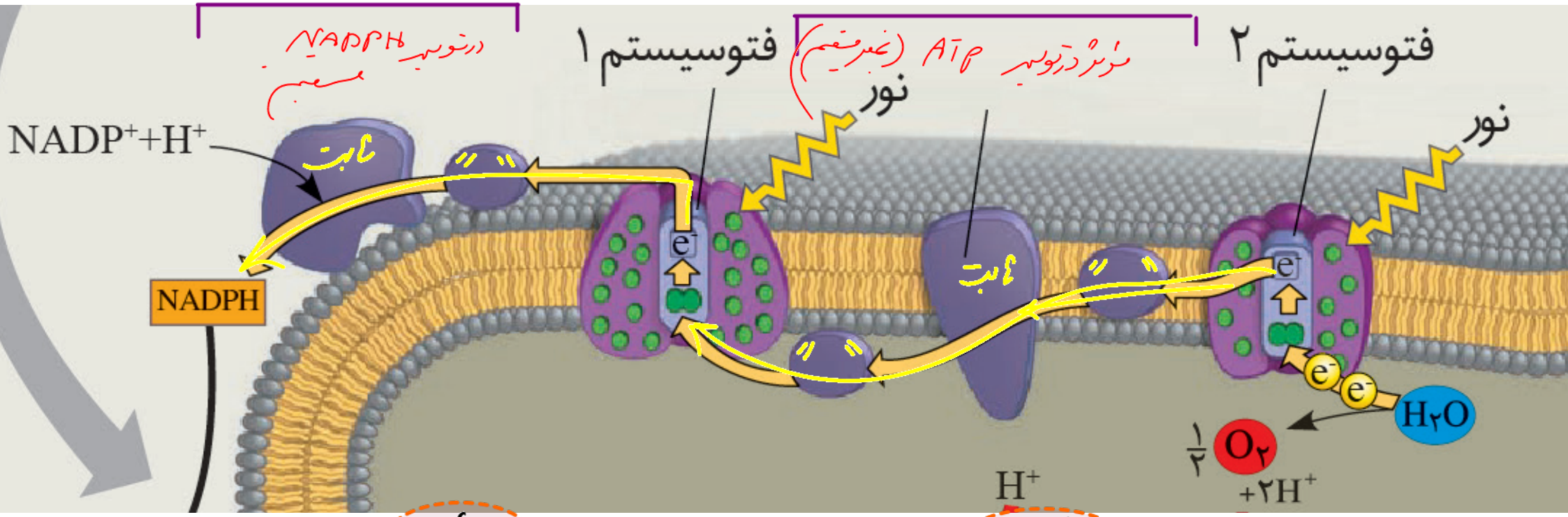
فتوسیستم I



زنجیره‌های انتقال الکترون

P680 نشاء گرفته از ← زنجیره ۱ ← بین ۲ فتوسیستم

P700 نشاء گرفته از ← زنجیره ۲ ← بعد از فتوسیستم I است



زنجیره ۲ ← زنجیره ۱

جابه‌جایی در زنجیره‌ها

$NADP^+$ ← e ← P_{700}

عبور e از خارج غشاء تیلاکوئید

در استروما

* تأثیر نقش در تولید ATP *

P_{700} ← e ← P680

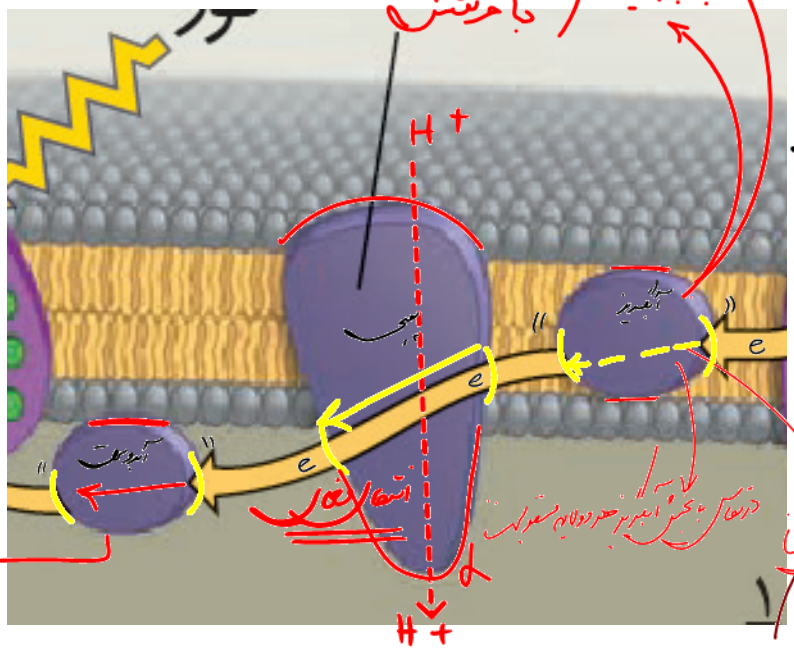
عبور از غشاء تیلاکوئید

و ورود e به داخل تیلاکوئید

* استفاده از انرژی عبور e *

* نقش غیر مستقیم در تولید ATP *

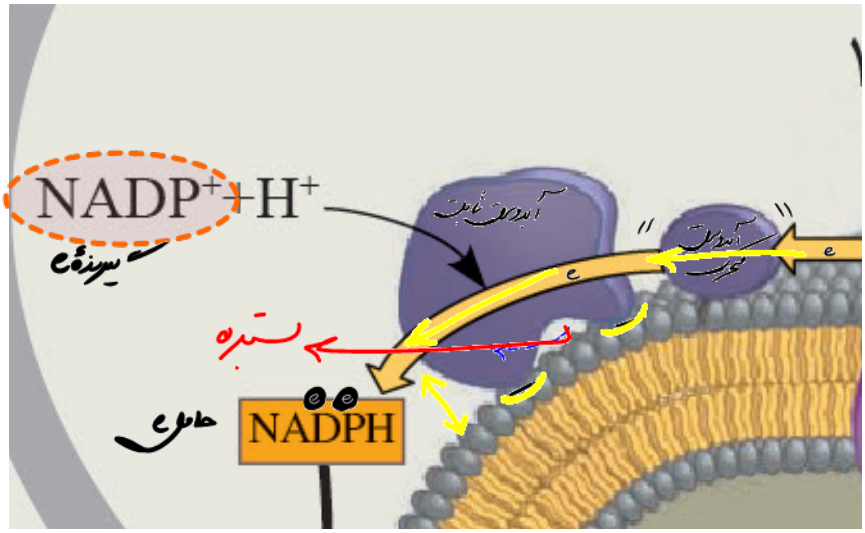
زنجیره اول انتقال e



- شامل 3 Pro ناقل e غشایی
- 2 Pro کوچک متحرک
- 1 Pro بزرگ (وسط)

Pro متحرک آبدوست
Pro بزرگ (ثابت)
Pro متحرک آبدوست

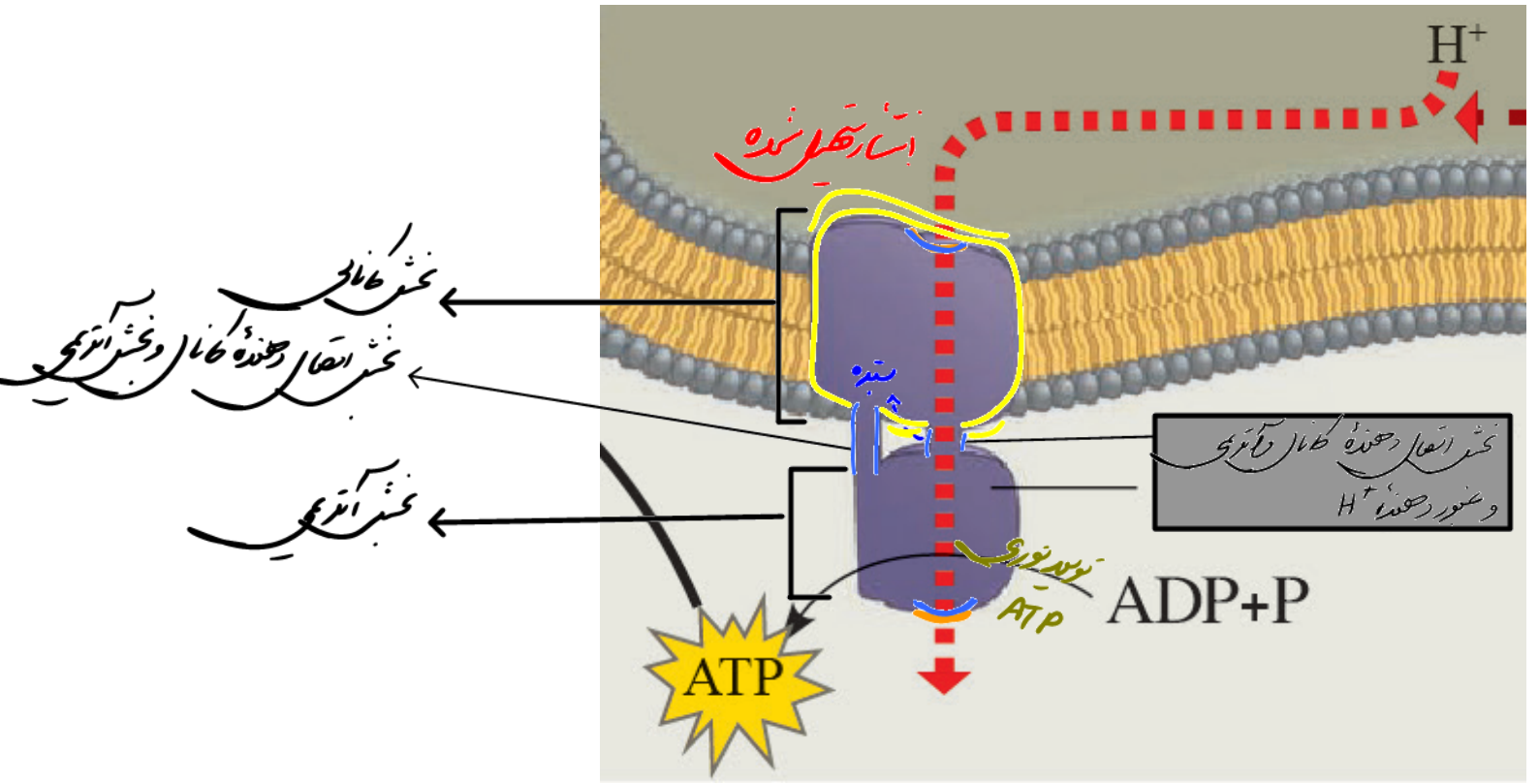
زنجیره دوم انتقال e

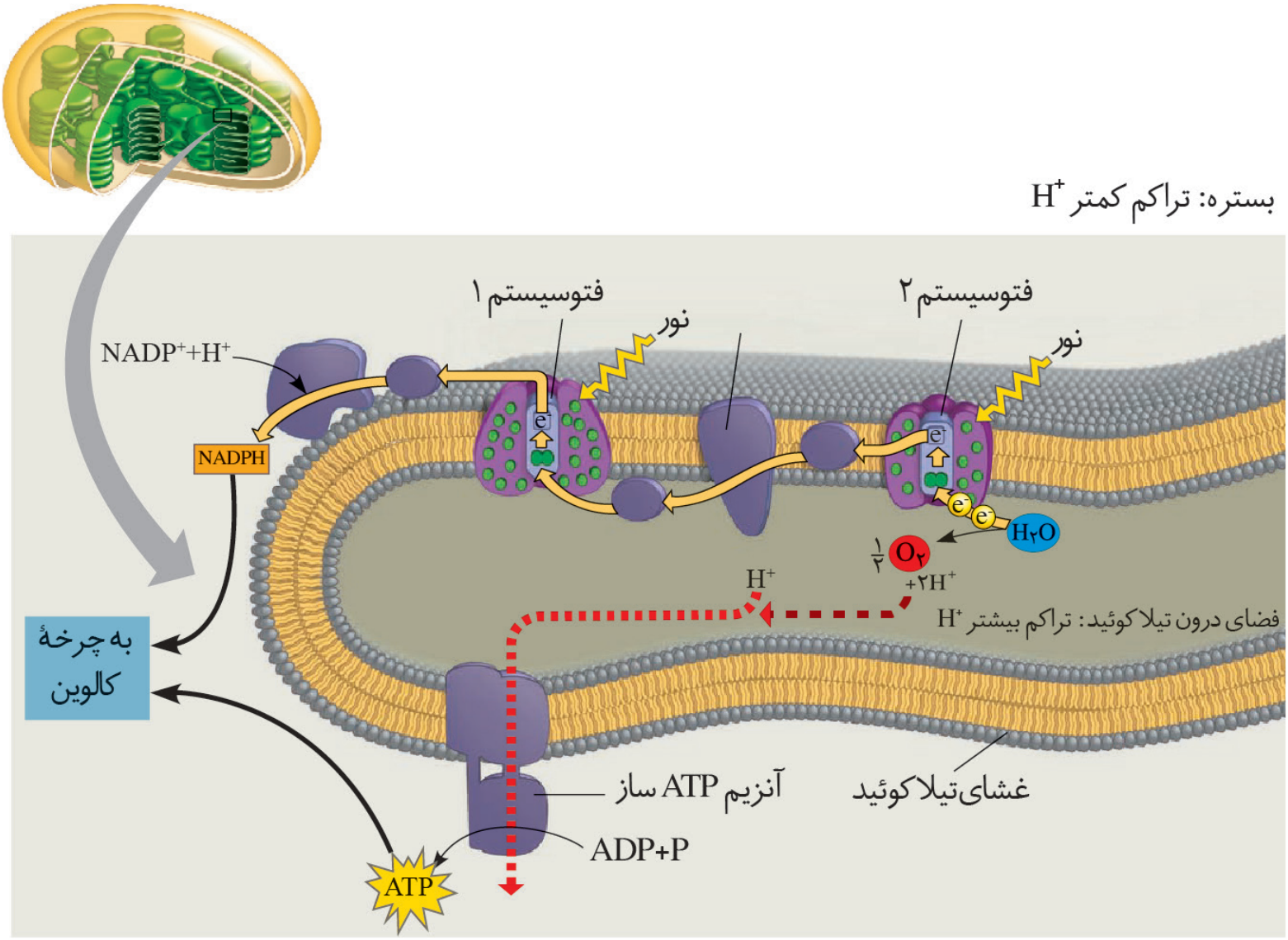


- شامل 2 Pro آبدوست
- در تماس با بستره و سطح خارجی غشاء تیلاکوئید.

* Pro متحرک آبدوست
* Pro بزرگ ثابت آبدوست

مجموعه آنزیمی ATP ساز




بستره: تراکم کمتر H^+
فتوسیستم ۱
فتوسیستم ۲
نور
نور
$NADP^+ + H^+$
NADPH
e^-
e^-
e^-
e^-
H_2O
$\frac{1}{2} O_2$
$+2H^+$
H^+
فضای درون تیلاکوئید: تراکم بیشتر H^+
به چرخهٔ کالوین
آنزیم ATP ساز
غشای تیلاکوئید
ADP+P
ATP

چرخهٔ کالوین 8

۱) در یوکاریوت‌های فتوسنتزکننده، چرخهٔ کالوین در بسترهٔ کلروپلاست رخ می‌دهد و مستقیمن به انرژی نور خورشید نیاز ندارد، ولی به محصولات واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز (ATP و NADPH) نیاز دارد.

۲) این چرخه مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی است که طی آن، در نهایت مولکول اولیهٔ چرخ، دو بار تولید می‌شود. طی واکنش‌های آن، CO_2 ورودی به چرخه به مولکول‌های قند تبدیل می‌شود.

۳) مرحلهٔ اول:

- مواد مصرفی ← مولکول‌های CO_2 + مولکول‌های ریبولوز بیس‌فسفات
- مواد تولیدی ← مولکول‌های اسیدی ۶کربنهٔ دوفسفاتهٔ ناپایدار که به مولکول‌های اسید سه‌کربنی تبدیل می‌شوند.

۴) مرحلهٔ دوم:

- مواد مصرفی ← مولکول‌های اسیدی ۳کربنه و تک‌فسفاتهٔ پایدار + مولکول‌های ATP + مولکول‌های NADPH
- مواد تولیدی ← مولکول‌های قند ۳کربنی و تک‌فسفاتی + مولکول‌های ADP + فسفات آزاد + مولکول‌های $NADP^+$
- اتفاقات: اسید ۳کربنهٔ تک‌فسفاته ← دریافت فسفات از مولکول ATP ← دوفسفاته‌شدن ← دریافت الکترون و پروتون از مولکول NADPH ← جداشدن فسفاتی که از ATP آمده است ← ایجاد قند ۳کربنه.

۵) مرحلهٔ سوم:

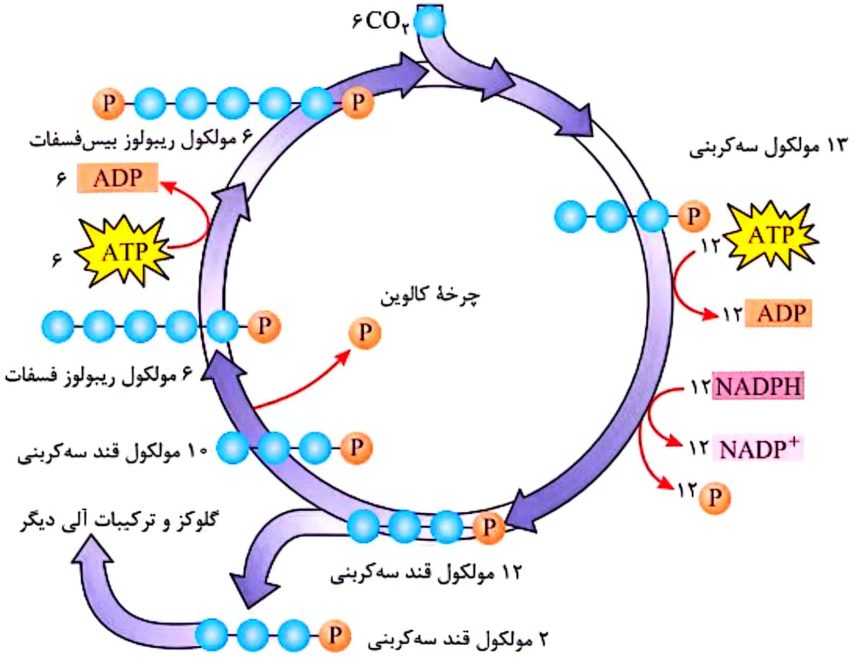
- در این مرحله از ۱۲ مولکول قند ۳کربنی تک‌فسفاتهٔ ایجادشده در مرحلهٔ قبل، ۲ مولکول خارج می‌شود که از آن برای تولید گلوکز و ترکیبات آلی دیگر استفاده می‌شود.

۶) مرحلهٔ چهارم:

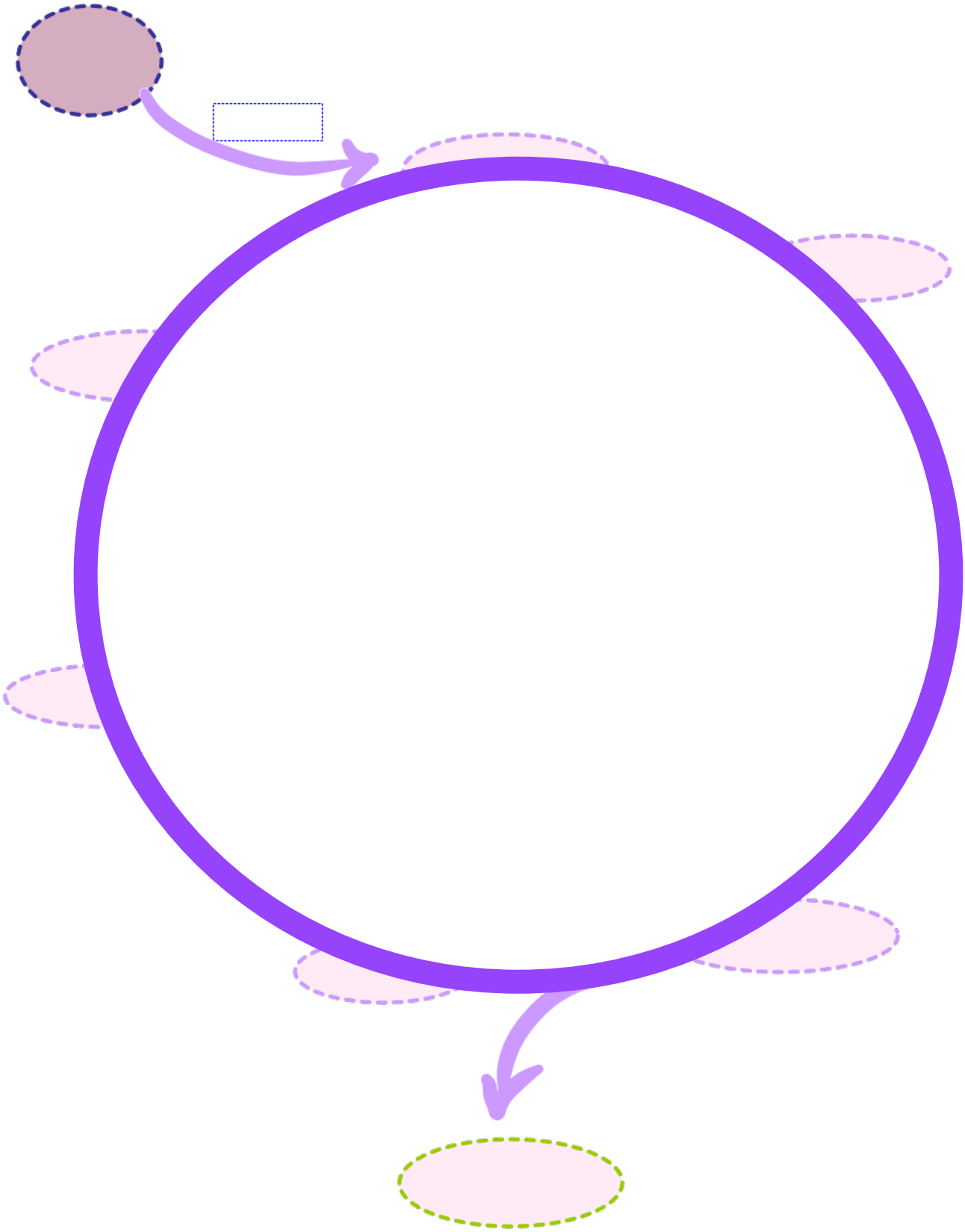
- مواد مصرفی ← مولکول‌های قند ۳کربنی و تک‌فسفاته
- مواد تولیدی ← مولکول‌های قند ۵کربنی و تک‌فسفاته (ریبولوز فسفات) + آزادشدن تعدادی فسفات

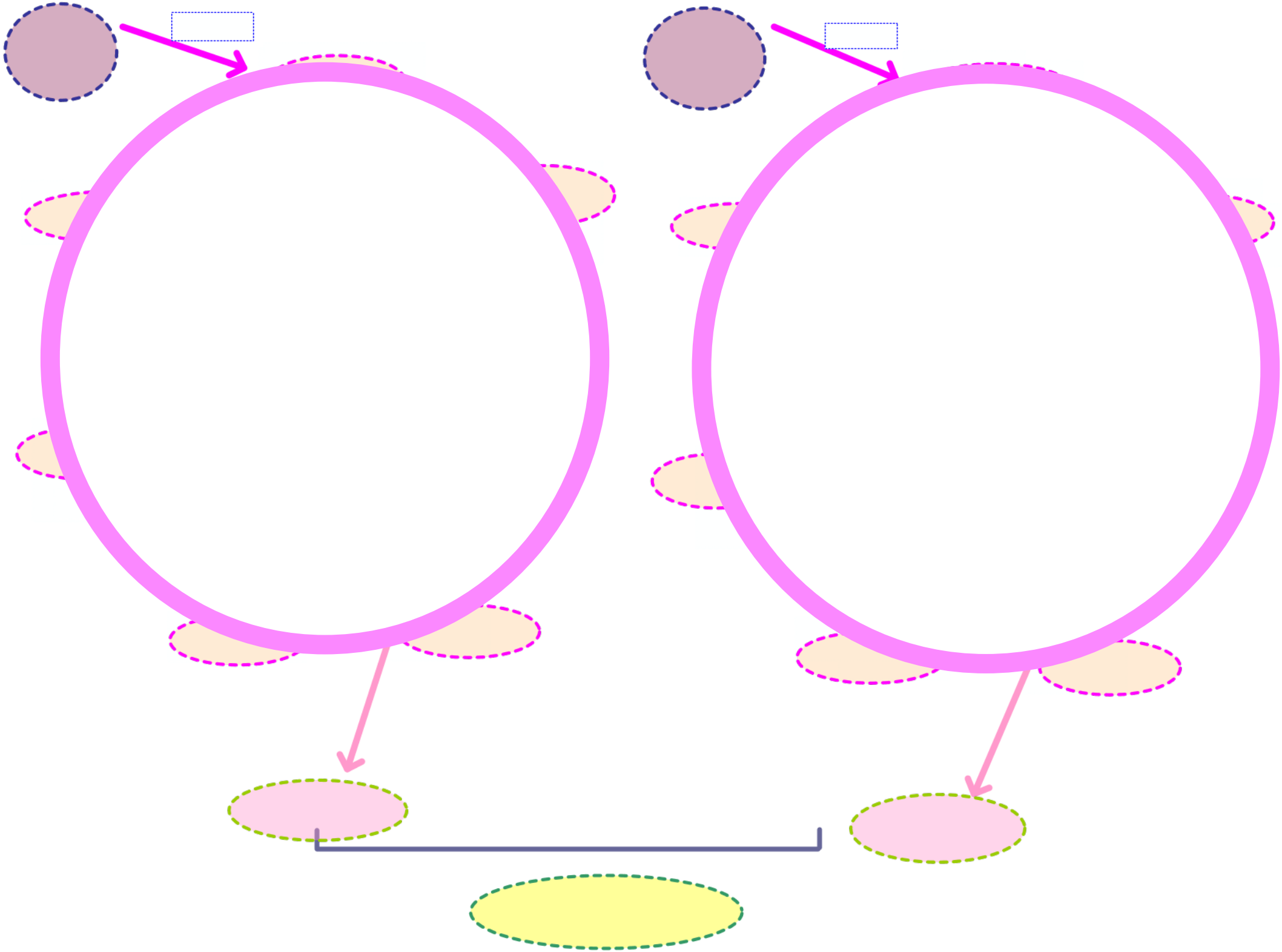
۷) مرحلهٔ پنجم:

- مواد مصرفی ← مولکول‌های قند ۵کربنی و تک‌فسفاته (ریبولوز فسفات) + مولکول‌های ATP
- مواد تولیدی ← مولکول‌های قند ۵کربنی و دوفسفاته (ریبولوز بیس‌فسفات) + مولکول‌های ADP

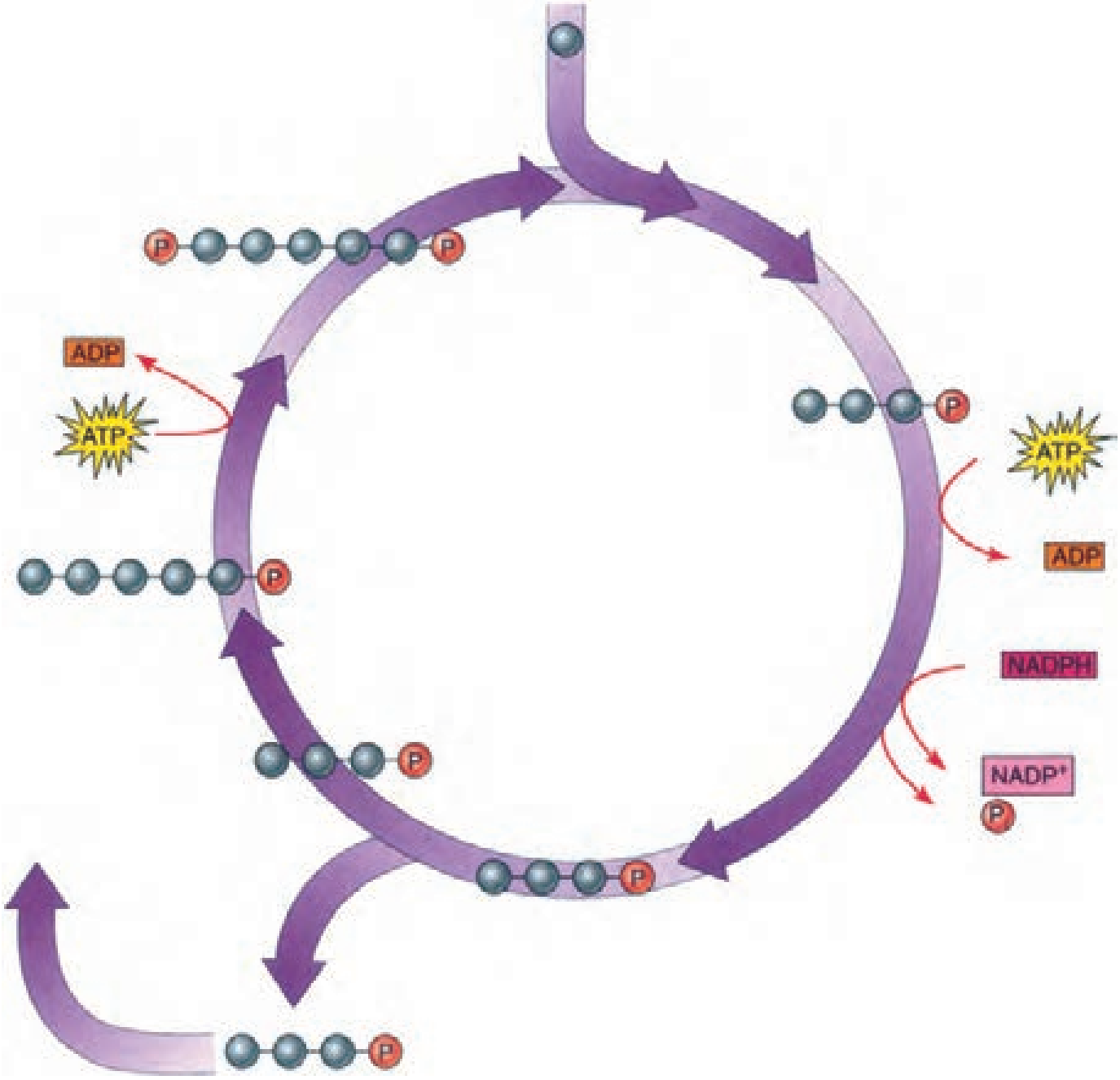


أجزاء الخلية

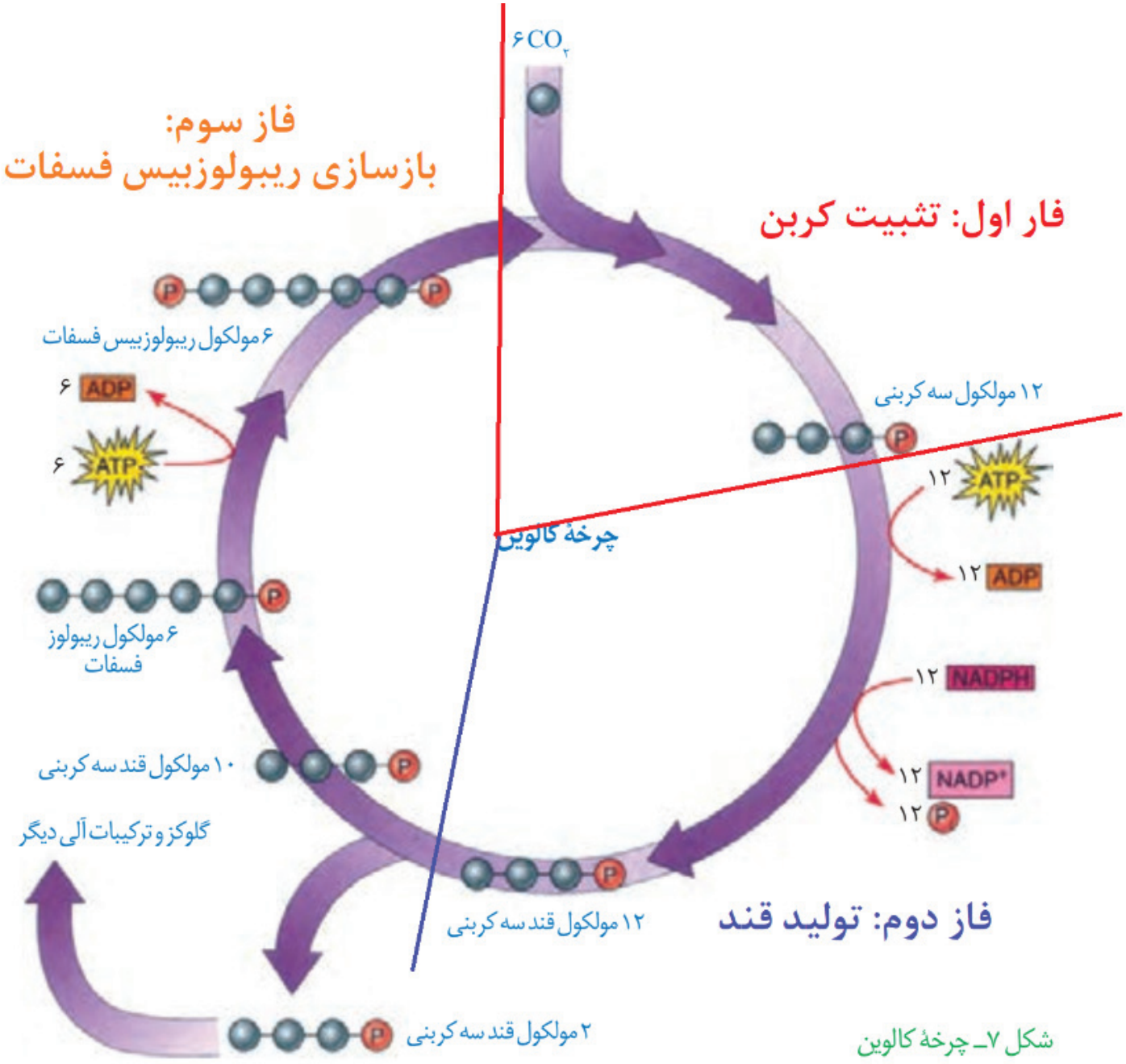




جزوه طراحی

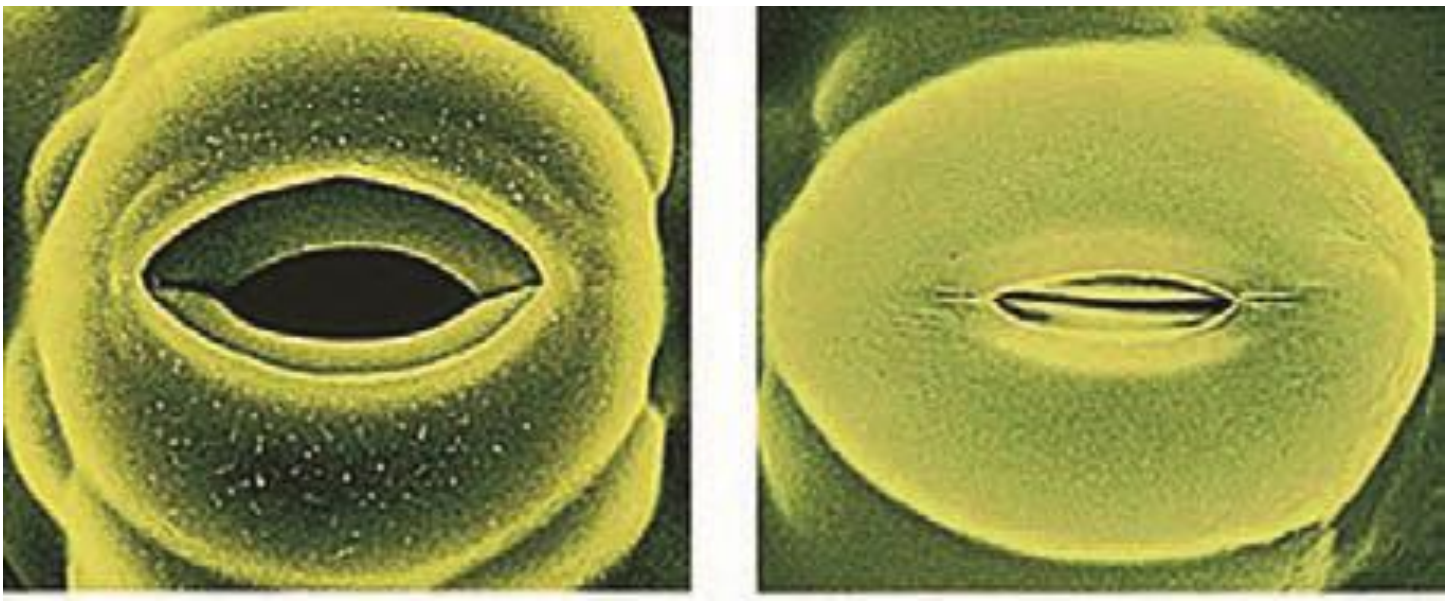


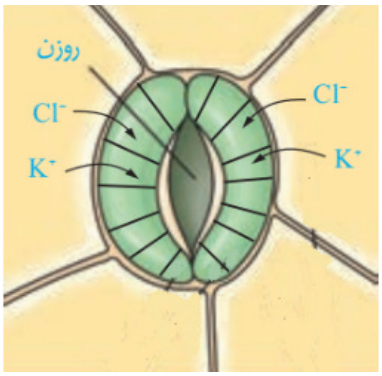
فازهای چرخهٔ کالوین

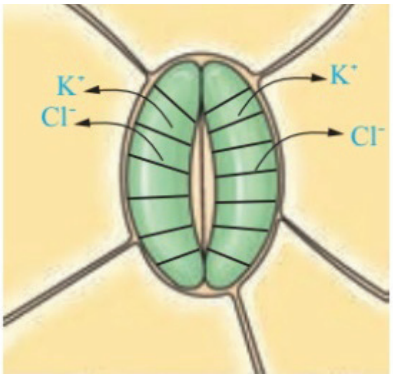


شکل ۷ـ چرخهٔ کالوین

رفتار روزنه‌ای ← روزنه‌هایی که خفه‌گاه آب گیاه محسوب می‌شوند

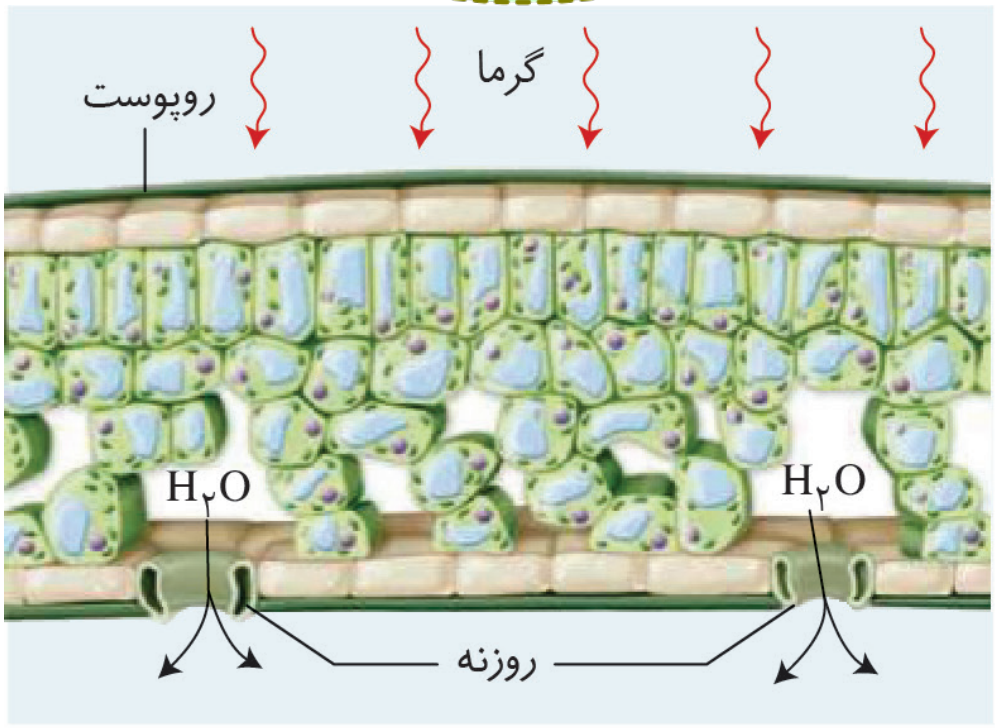






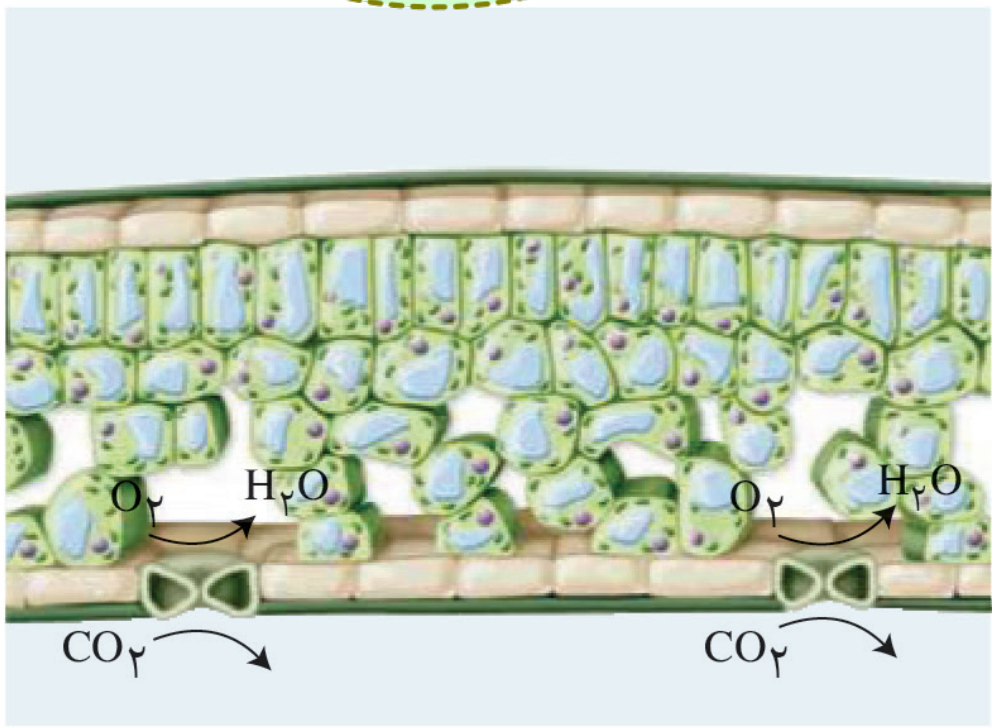
اثر غلظت گازها و فشار روزنه‌ای بر یاخته‌ها

روزنه‌ها باز هستند



الف)

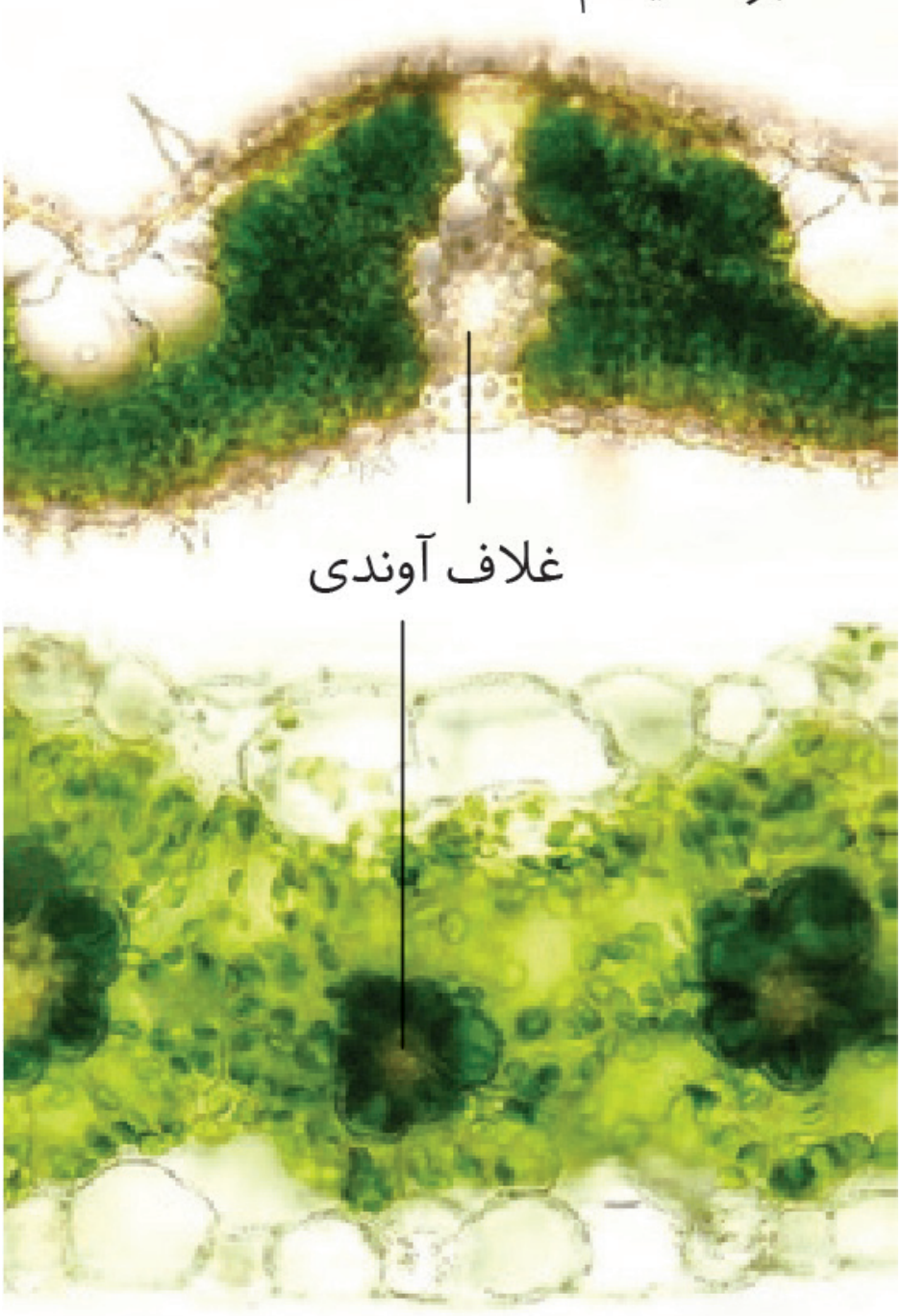
روزنه‌ها بسته هستند



ب)

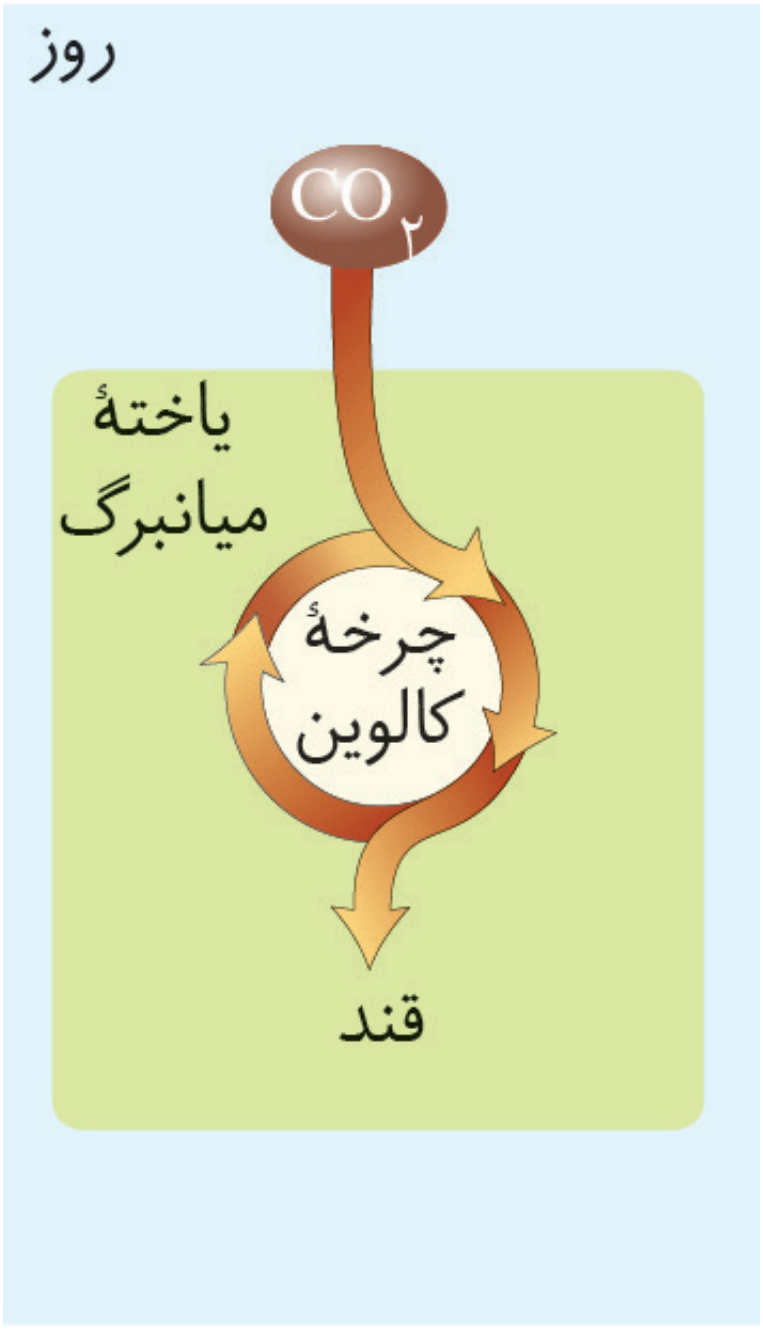
تفاوت برگ گیاه C_3 و C_4

الف) برگ گیاه C_3



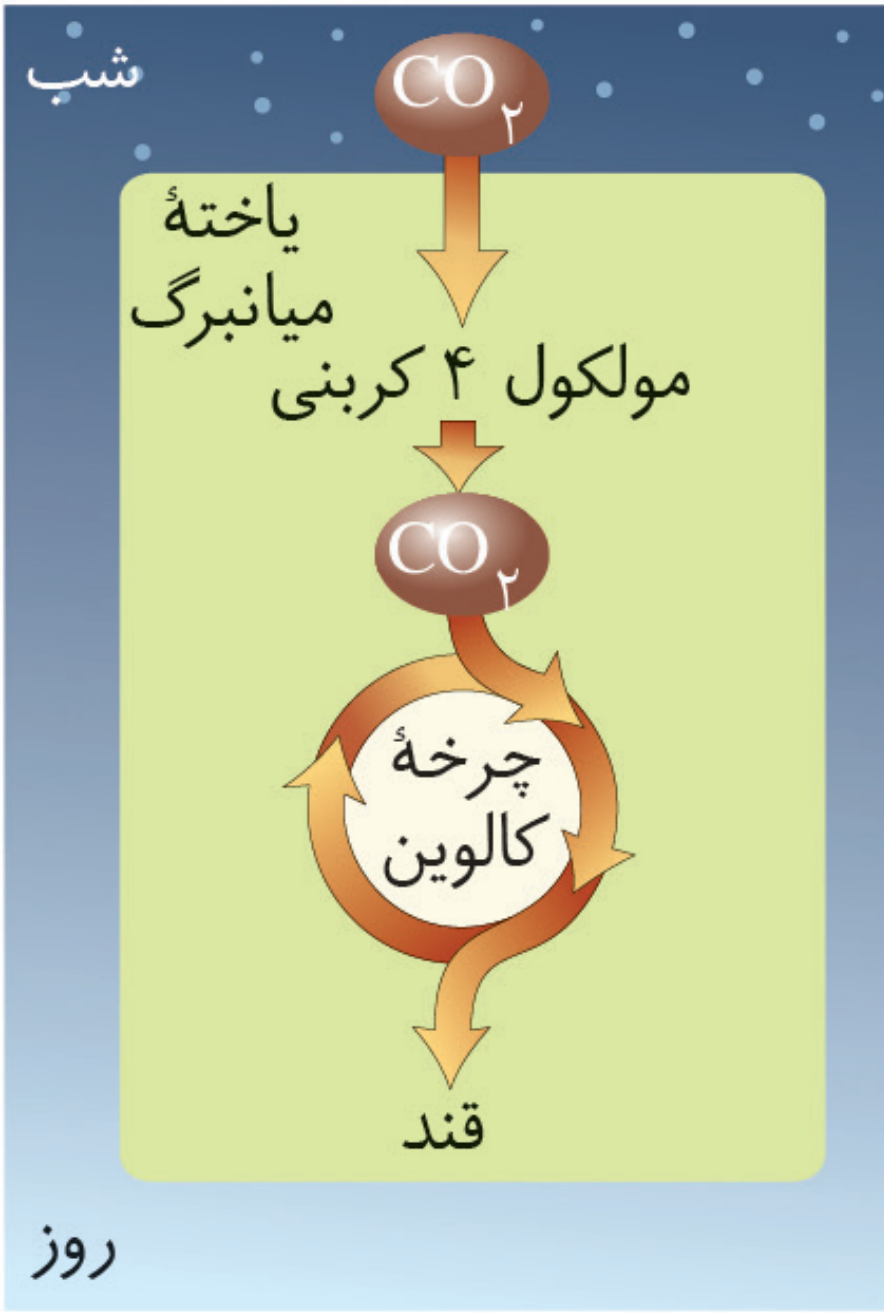
ب) برگ گیاه C_4

فتوسنتز در گیاه C_3

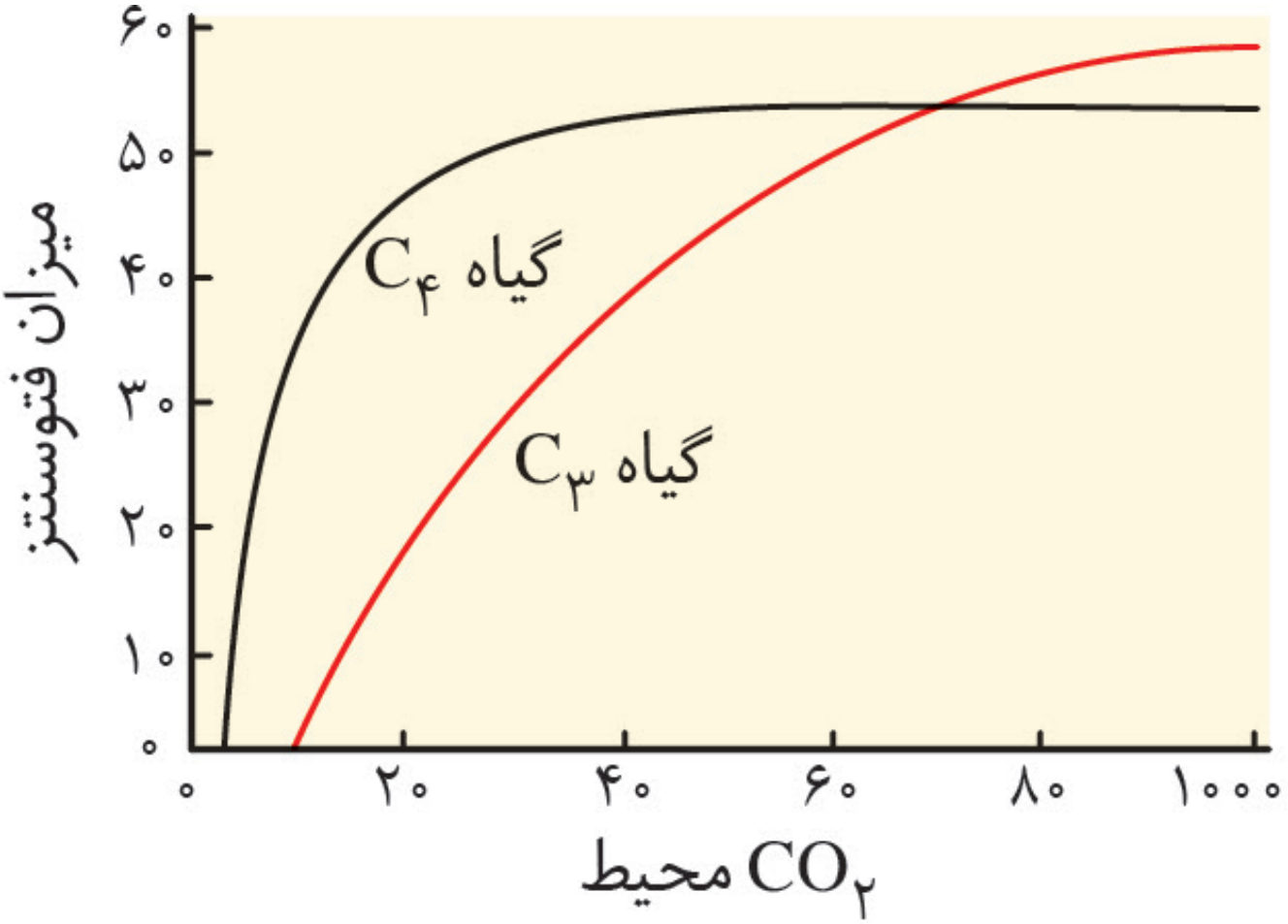


فتوسنتز در گیاه C4

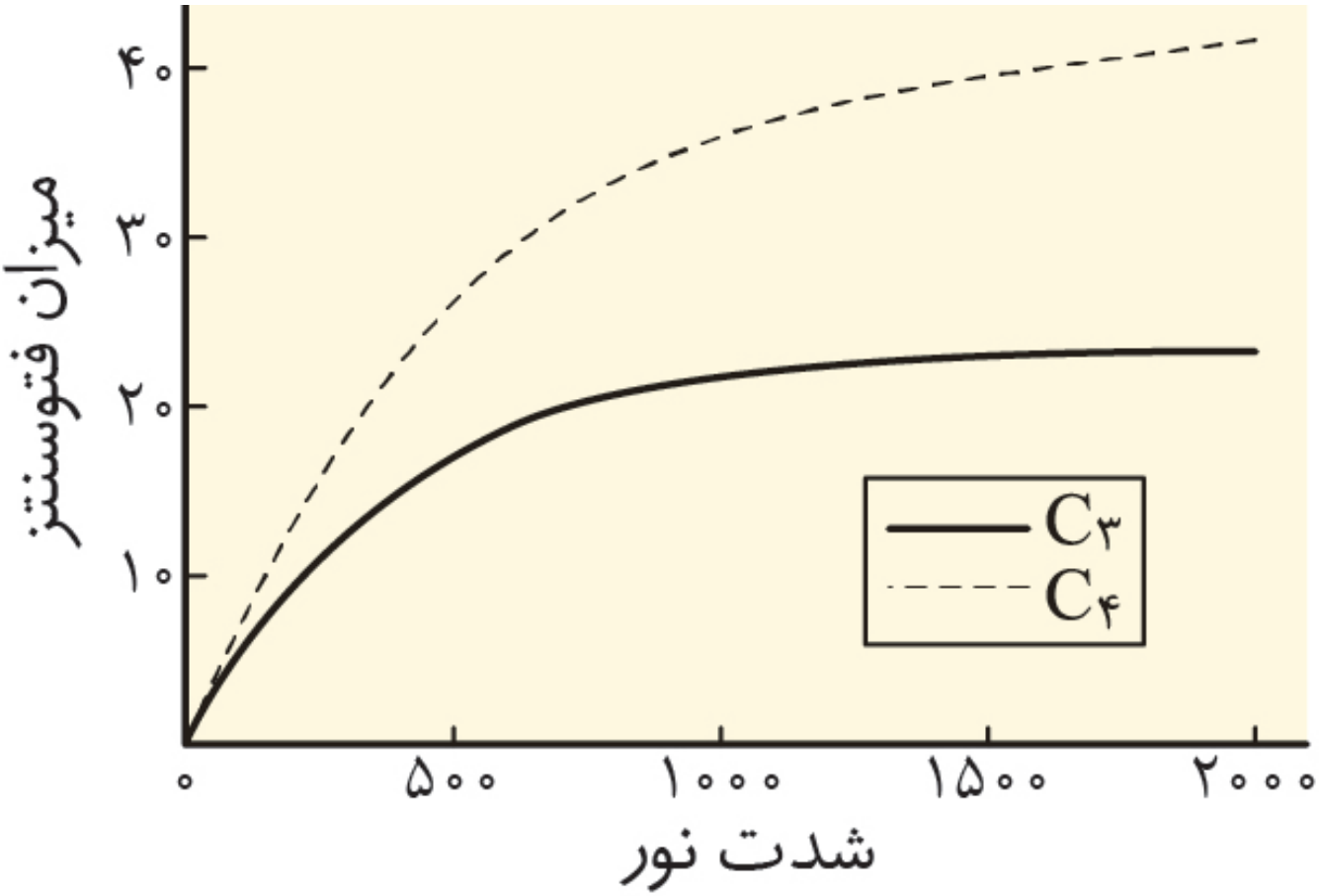
فتوسنتز در گیاه CAM



اثر CO_2 بر میزان فتوسنتز گیاهان C_4 و C_3



اثر شدت نور بر میزان فتوسنتز در گیاهان C_3 و C_4



اوگنه

باکتری‌های مؤثر در تولید مواد نیتروژن‌دار مورد استفادهٔ گیاهان

نوع باکتری	تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن	آمونیاک‌ساز	نیترات‌ساز
مادهٔ نیتروژن‌دار مصرفی	شکل مولکولی نیتروژن جو (N_2)	مواد آلی نیتروژن‌دار (نظیر آمینواسیدها و نوکلئوتیدها)	یون آمونیوم (NH_4^+)
یون نیتروژن‌دار تولیدی	یون آمونیوم (NH_4^+)	یون آمونیوم (NH_4^+)	یون نیترات (NO_3^-)
توانایی تثبیت نیتروژن	✓	✗	✗
استفاده از مواد نیتروژن‌دار خاک	✗	✓	✓
استفاده از نیتروژن غیرآلی	✓	✗	✓
تولید یون آمونیوم	✓	✓	✗
تولید یون نیترات	✗	✗	✓

CamScanner

آنزیم‌های مورد استفاده در صنایع مختلف			
آنزیم	سلولاز	مایه‌پنیر	آمیلاز
کاربرد در صنایع	کاغذسازی + تولید سوخت زیستی	تولید پنیر	افزایش قدرت شویندگی + صنایع غذایی و نساجی
عملکرد	تجزیهٔ سلولز به گلوکز	از طریق دلمه کردن پروتئین شیر	تجزیهٔ نشاسته به مولکول‌های کوچک
منبع	میکروارگانیسم‌ها	سنتی: معدهٔ نوزادان (شیرخواران) جانورانی مثل گاو و گوسفند امروزی: گیاهان و میکروارگانیسم‌ها	میکروارگانیسم‌ها
قابلیت تولید توسط انسان	✘	—	✓

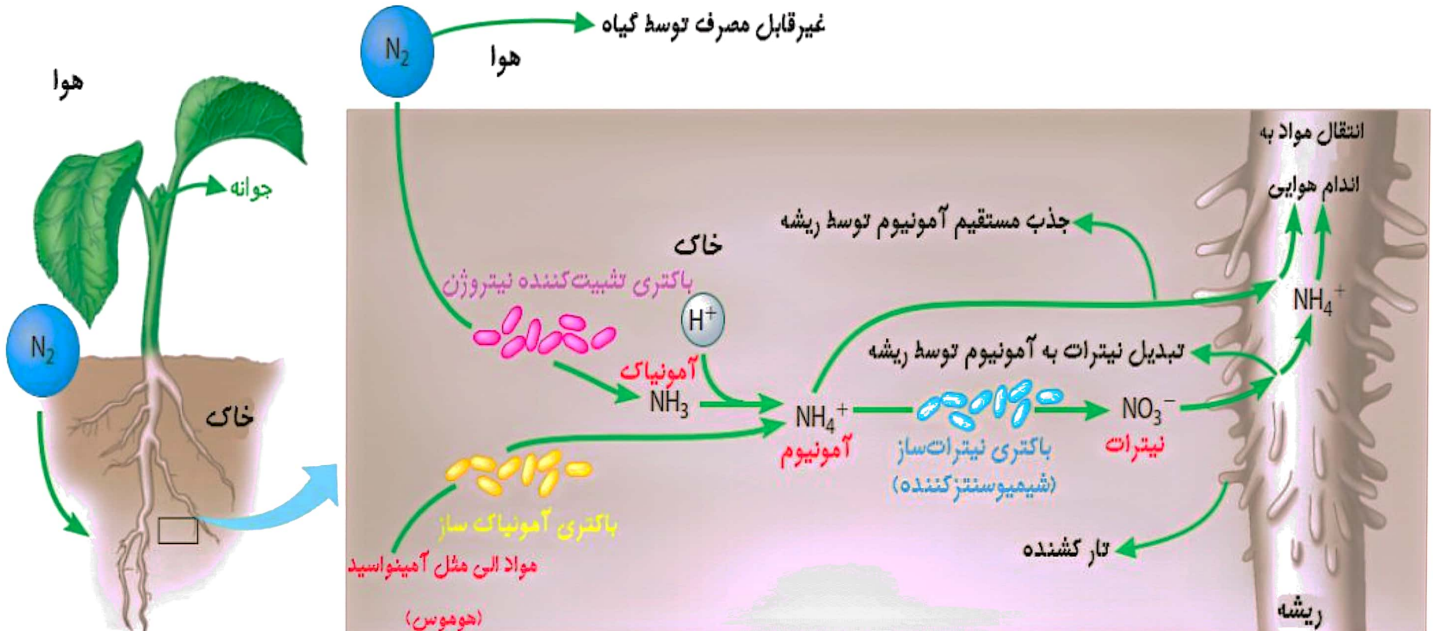
سازش گیاهان با محیط			
نوع گیاه	سازش	عملکرد	نتیجه
خرزهره	وجود پوستک ضخیم در سطح روپوست برگ‌ها	کاهش خروج بخار آب از سطح برگ‌ها	جلوگیری از خروج بیش از حد آب گیاه و کاهش تعرق
	قرار گرفتن روزنه‌های برگ در فرورفتگی‌های غارمانند دارای کرک‌های فراوان	به دام انداختن رطوبت هوا و ایجاد اتمسفر مرطوب در اطراف روزنه‌ها	
بعضی گیاهان ساکن مناطق خشک	وجود ترکیبات پلی‌ساکاریدی در واکوئول‌ها	افزایش فشار اسمزی درون واکوئول‌ها و تحریک ذخیرهٔ آب فراوان در آن‌ها	استفاده گیاه از ذخیرهٔ آب واکوئول‌ها در دوره‌های کم‌آبی
درختان جنگل حرا	وجود شش‌ریشه	بیرون زدن ریشه‌ها از سطح آب برای جذب اکسیژن	تأمین اکسیژن برای ریشه‌های موجود در آب و گل و جلوگیری از مرگ آن‌ها
گیاهان آبزی	وجود نرم‌آکنهٔ هوادار با فاصلهٔ زیاد بین یاخته‌ها در سامانهٔ بافت زمینه‌ای ریشه، ساقه و برگ	ذخیره کردن هوا در فاصلهٔ بین یاخته‌های پارانشیمی	۱ـ تأمین اکسیژن برای اندام‌های گیاهی ۲ـ سبک شدن و کاهش مقاومت اندام‌ها در برابر جریان آب

CamScanner

انواع کودهای مهم			
نوع کود	آلی	شیمیایی	زیستی (بیولوژیک)
اجزا	بقایای در حال تجزیهٔ جانداران	مواد معدنی که به‌راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند.	باکتری‌هایی که برای خاک مفید هستند.
داشتن ترکیبات آلی	✓	✗	✓
داشتن ترکیبات معدنی	✓	✓	✓
آزادسازی مواد معدنی	به‌آهستگی	به‌سرعت	در پی فعالیت و تکثیر باکتری‌ها
شباهت به نیازهای جانداران	بیشترین شباهت	کمترین شباهت	——
عوارض مصرف بیش از حد	آسیب کم به گیاهان	آسیب زیاد به خاک و محیط زیست و تخریب بافت خاک	——
معایب	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا	مرگ و میر جانوران آبزی به‌علت ورود این کودها به آب و تسریع رشد باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی که باعث کاهش نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود.	✗
روش مصرف	——	——	معمولاً همراه کودهای شیمیایی

CamScanner

بررسی همهٔ موارد:



CamScanner

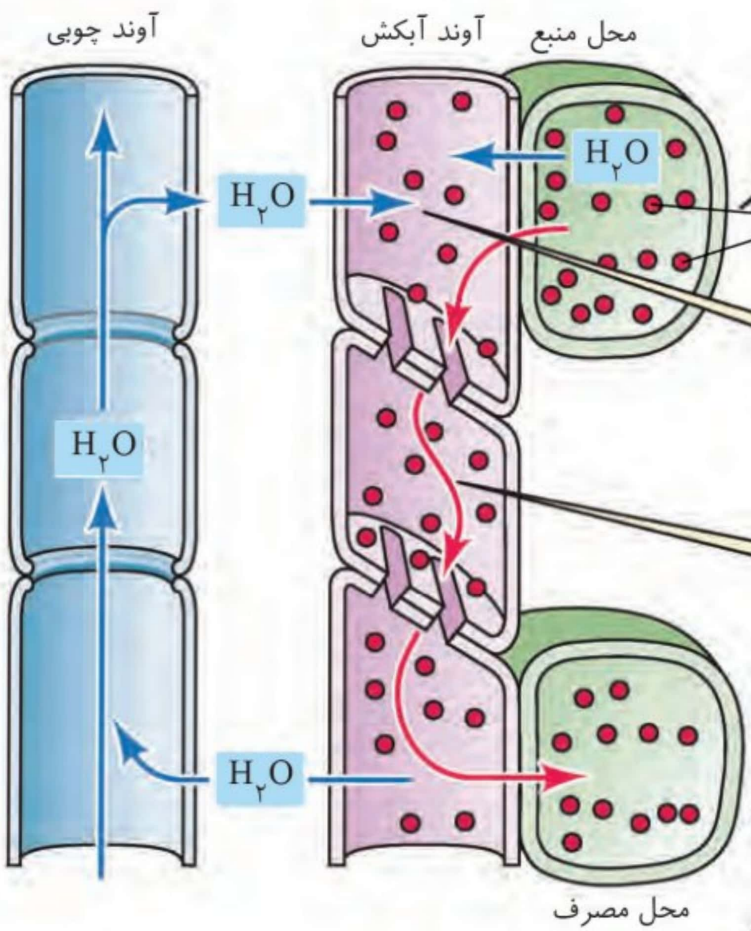
سیانوباکتری‌ها

نوعی باکتری فتوسنتز کننده (تثبیت‌کنندهٔ کربن) که برخی از آن‌ها، تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن نیز هستند.

	آزولا	گونرا
محل زندگی	تالاب‌های شمال و مزارع برنج	نواحی فقیر از نیتروژن
محل باکتری تثبیت‌کننده	در کتاب اشاره‌ای نشده	حفره‌های کوچک شاخه و دمبرگ
اندازهٔ گیاه	کوچک	بزرگ
توضیح	سرخسی آبزی و کوچک که به فراوانی در تالاب‌های شمال و مزارع برنج کشور وجود دارد. گیاه آزولا، بومی ایران نیست و برای تقویت مزارع برنج و تالاب‌های شمال به ایران آورده شده است؛ ولی در حال حاضر یک معضل برای آن بوم‌سازگان است. رشد سریع این گیاه، منابع (اکسیژن) را برای آبزیان محدود کرده است.	گیاهی که در نواحی فقیر از نیتروژن، رشد شگفت‌انگیزی دارد؛ زیرا هم‌زیست با سیانوباکتری است. سیانوباکتری در دمبرگ گیاه گونرا زندگی می‌کند گونرا، دولپه است و سیانوباکتری در قسمت‌های هوایی گیاه زندگی می‌کند.

قسمتی از مواد آلی سیانوباکتری، از گیاه میزبان تأمین می‌شود و سیانوباکتری برای گیاه، نیتروژن را تأمین می‌کند.

CamScanner



۱ مرحلهٔ ۱: قند و مواد آلی در محل منبع به روش انتقال فعال، وارد یاخته‌های آبکش می‌شوند. به این عمل، بارگیری آبکشی می‌گویند.

مواد آلی

۲ مرحلهٔ ۲: با افزایش مقدار مواد آلی و به ویژه ساکارز، فشار اسمزی یاخته‌های آبکشی افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه، آب از یاخته‌های مجاور آوندهای چوبی به آوند آبکش وارد می‌شود.

۳ مرحلهٔ ۳: در یاخته‌های آبکشی، فشار افزایش یافته و در نتیجه محتویات شیرهٔ پرورده به صورت توده‌ای از مواد به سوی محل دارای فشار کمتر (محل مصرف) به حرکت در می‌آید.

۴ مرحلهٔ ۴: در محل مصرف، موادآلی شیرهٔ پرورده، با انتقال فعال، باربرداری (باربرداری آبکشی) وآنجا مصرف یا ذخیره می‌شوند.

CamScanner

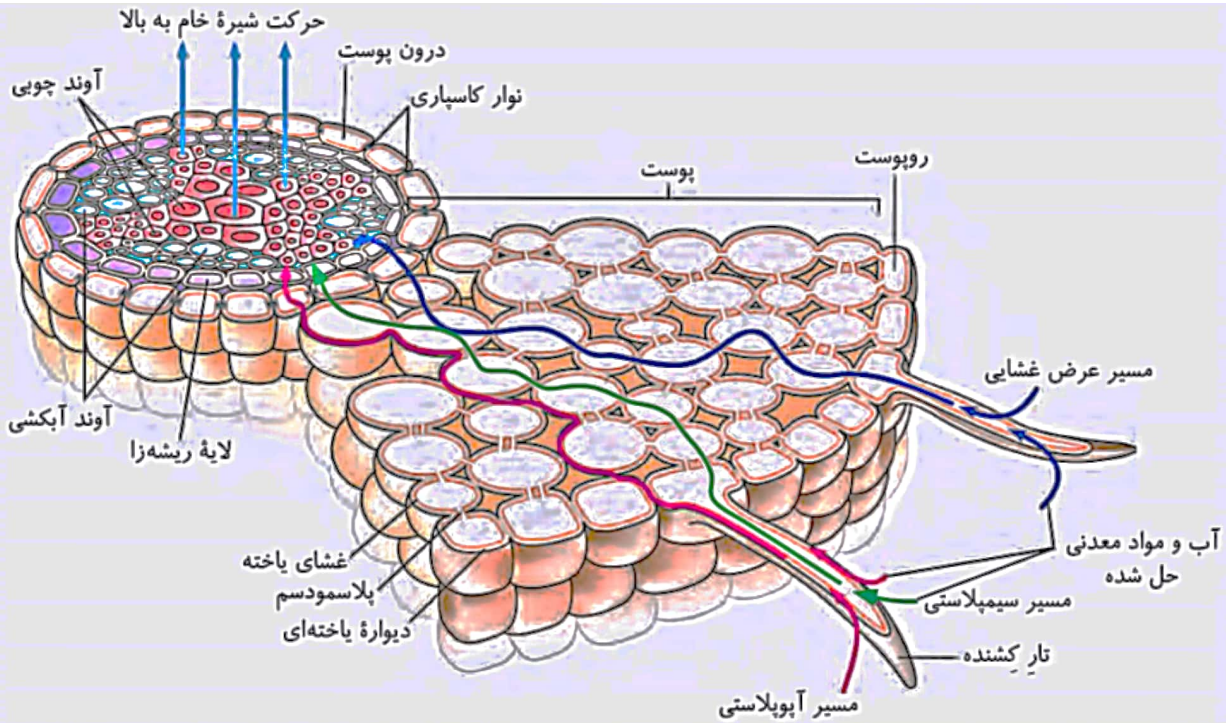
بخش آلی خاک (گیاخاک)	بخش غیر آلی خاک	ریز جانداران
جزء بخش غیرزندهٔ خاک است.		زنده
به طور عمده از بقایای جانداران است.	بقایای تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها	جانداران زندهٔ درون خاک
منشأ گیاهی می‌تواند داشته باشد.	فاقد منشأ گیاهی است.	
در اسفنجی شدن خاک و نفوذ آسان ریشه نقش دارد.	فاقد نقش در اسفنجی شدن خاک	فاقد نقش در اسفنجی شدن خاک

CamScanner

در هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها نقش دارد.	نتیجهٔ هوازدگی است!	در هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها نقش دارد.
۱- گیاخاک شامل مولکول‌های اسیدی با بار منفی بوده که می‌تواند یون‌های مثبت را در سطح خود نگه دارد و از شسته شدن آن‌ها جلوگیری کند. ۲- لایهٔ سطحی خاک است و به طور عمده از بقایای جانداران و به‌ویژه اجزای در حال تجزیهٔ (نه تجزیه شده!) آن‌ها تشکیل شده است. ۳- گیاخاک، با داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت مثل آمونیوم و آلومینیوم را در سطح خود نگه می‌دارد و درنتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شود.	۱- هوازدگی فیزیکی: گرم و سرد شدن سنگ‌بر اثر نور خورشید، تغییرات متناوب یخ زدن و ذوب شدن که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است. ۲- هوازدگی شیمیایی: تخریب در اثر ترشحات اسیدی میکروارگانیسم‌ها و ریشهٔ گیاهان. ۳-رس،شن وماسه همگی جزئی از بخش کانی خاک هستند. ۴- اسیدهای تولیدشده توسط جانداران؛ مثلاً میکرو ارگانیسم‌ها و نیز ریشهٔ گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند.	۱- مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و آغازیان. ۲- در هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها نقش دارد.

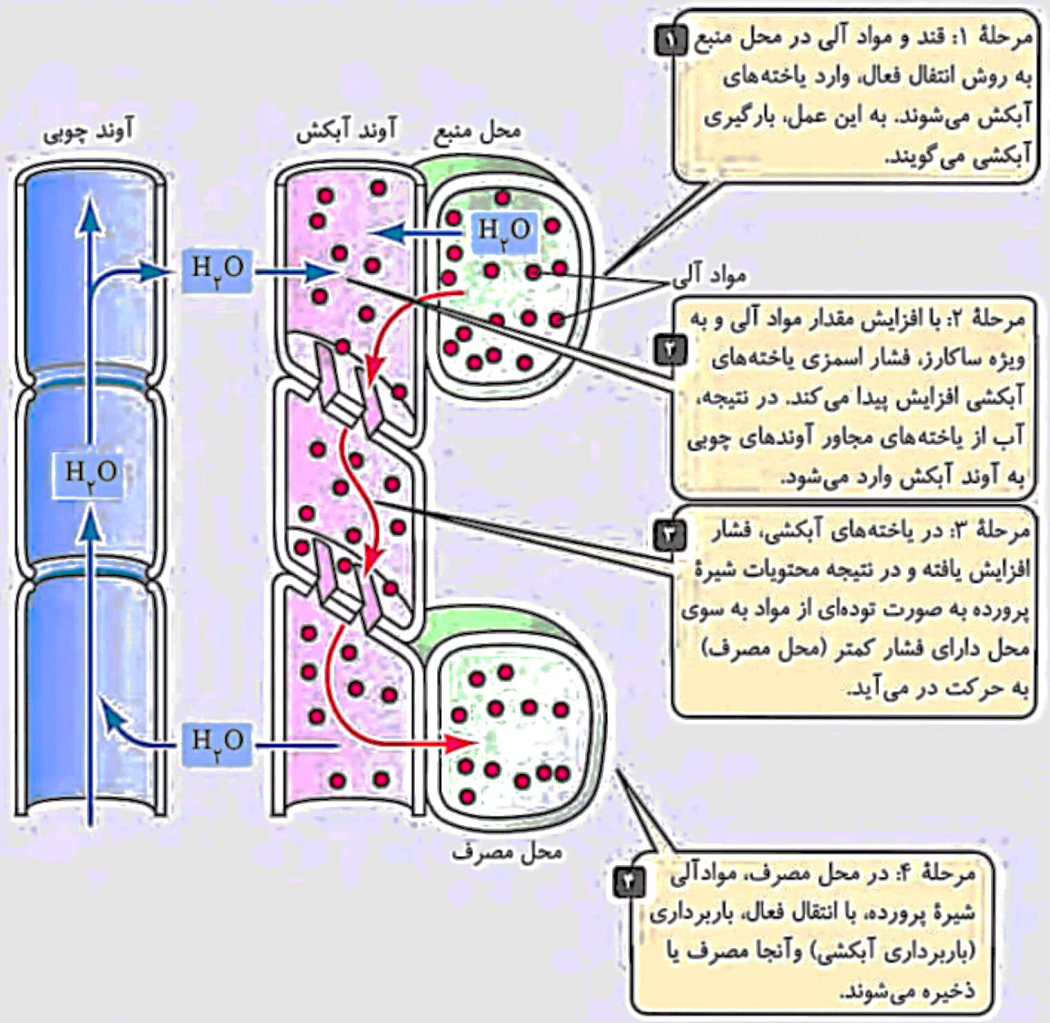
	نفوذپذیری	تهویهٔ هوا	مواد مغذی
رسی	کم	کم	زیاد
شنی	زیاد	زیاد	کم

CamScanner



		سیمپلاستی	عرض غشایی	آپوپلاستی
امکان عبور آب و مواد محلول در آن از پروتوپلاست وجود ندارد.		✗	✗	✓
مسیری که طی آن ممکن است	مواد از سیتوپلاسم و واکوئول بگذرند.	✓	✓	✗
	مواد از دیواره بگذرند.	✗	✓	✓
	مواد از پلاسمودسم بگذرند.	✓	✗	✗
	مواد از عرض غشای یاخته بگذرند.	✗	✓	✗
در پوست ریشه، آب از غشای یاخته‌ها عبور نمی‌کند.		✓	✗	✓
آب و مواد محلول در آن، از فضای بین یاخته‌ها عبور می‌کنند.		✗	✓	✓
در پوست ریشه، آب می‌تواند از غشای فسفولیپیدی عبور کند.		✓	✓	✗
توانایی عبور از یاخته‌های معبر را دارد.		✗	✗	✗
توانایی عبور از بیشتر یاخته‌های آندودرمی گیاهان تک‌لپه را دارد.		✗	✗	✗
جابه‌جایی مواد از این مسیرها از طریق کانال‌های سیتوپلاسمی صورت می‌گیرد.		✓	✗	✗
سرعت جابه‌جایی مواد در آن کمتر است.		✓	✗	✗
عبور مواد از پروتئین تسهیل‌کنندهٔ عبور آب از غشا در این روش صورت می‌گیرد.		✗	✓	✗
حرکت آب و مواد	از تار کشنده تا آندودرم	✓	✓	✓
	در یاخته‌های آندودرمی	✓	-	✗
	از یاخته‌های استوانهٔ آوندی تا آوند چوبی	✓	✓	✓

CamScanner



مراحل الگوی جریان فشاری (ارائه شده توسط ارنست مونش) شمارهٔ مراحل را به خاطر بسپارید!

آوندهای چوبی مؤثر در جریان فشاری، از نوع عناصر آوندی هستند.

حرکت شیرهٔ پرورده از حرکت شیرهٔ خام، بسیار کندتر و پیچیده تر است!

بارگیری آبکشی (مرحلهٔ ۱)	
ویژگی	انتقال مواد آلی از محل منبع (برگ) به آوند آبکش
نوع فرایند	با صرف انرژی (انتقال فعال) و فعالیت پروتئین های غشایی یاخته های همراه، به انجام فرایند بارگیری آبکشی کمک می کنند.
جابه جایی آب	در این مرحله پس از بارگیری آبکشی، آب با اسمز از محل منبع به آوند آبکش وارد می شود
فشار اسمزی یاختهٔ آبکشی	افزایش می یابد.
آب گیری آبکشی (مرحلهٔ ۲)	
ویژگی	انتقال آب از یاخته های مجاور به آوند آبکش مجاور (به علت افزایش مقدار مواد آلی مانند ساکارز، فشار اسمزی سیتوپلاسم یاخته های آبکشی افزایش یافته است.) از آن جا که ساکارز انحلال پذیری خوبی در آب دارد، نقش مهمی در افزایش فشار اسمزی دارد.
نوع فرایند	بدون صرف انرژی

CamScanner

جابه جایی آب	از یاختهٔ منبع (مقدار اندکی) و یاخته های آوند چوبی به آوند آبکش در این مرحله، تراکم مولکول های آب در آوندهای چوبی بیشتر از آوندهای آبکشی است و به همین دلیل، آب از آوندهای چوبی به آوند آبکشی وارد می شود. ورود آب به آوند آبکش از طریق اسمز و بدون صرف انرژی است.
فشار اسمزی یاختهٔ آبکشی	کاهش می یابد.
جریان توده ای (مرحلهٔ ۳)	
ویژگی	جابه جایی شیرهٔ پرورده (اختلاف فشار، عامل اصلی حرکت شیرهٔ پرورده است) و عبور از صفحات آبکش آوندهای آبکشی شیرهٔ پرورده در محل صفحهٔ غربالی، از کانال های پلاسمودسم عبور می کند.
نوع فرایند	بدون صرف انرژی
جابه جایی آب	همراه با مواد آلی به صورت جریان توده ای در آوند آبکش
فشار اسمزی یاختهٔ آبکشی	تقریباً ثابت
باربرداری آبکشی (مرحلهٔ ۴)	
ویژگی	انتقال مواد آلی از آوند آبکش به محل مصرف
نوع فرایند	با صرف انرژی (انتقال فعال) و فعالیت پروتئین های غشایی یاخته های همراه، به انجام فرایند باربرداری آبکشی کمک می کنند.
جابه جایی آب	خروج از یاختهٔ آبکشی و ورود آن به آوند چوبی در پایان این مرحله به دلیل کاهش فشار اسمزی در یاخته های آوند آبکش، آب از آوند آبکش به آوند چوبی وارد می شود.
فشار اسمزی یاختهٔ آبکشی	ابتدا کاهش و سپس افزایش می یابد.

CamScanner

- اجزای خاک -

بخش آلی خاک (گیاخاک)	بخش غیر آلی خاک	ریزجانداران
جزء بخش غیرزندهٔ خاک است.		بخش زندهٔ خاک است.
به طور عمده از بقایای جانداران است.	بقایای تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها	جانداران زندهٔ درون خاک مانند باکتری‌ها
منشأ گیاهی می‌تواند داشته باشد.	فاقد منشأ گیاهی است.	
در اسفنجی‌شدن خاک و نفوذ آسان ریشه نقش دارد.	فاقد نقش در اسفنجی‌شدن خاک	
در هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها نقش دارد.	نتیجهٔ هوازگی است!	در هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها نقش دارد.

CamScanner

– انواع کودها –

نوع کود	آلی	شیمیایی	زیستی
شامل	بقایای در حال تجزیهٔ جانداران	مواد معدنی	باکتری‌های برای خاک مفید
ترکیب آلی دارد	✓	✗	✓
ترکیب معدنی دارد	✓	✓	✓
نحوهٔ آزادی‌سازی مواد معدنی	به آهستگی	به سرعت	در پی فعالیت و تکثیر باکتری‌ها
میزان شباهت به نیازهای جانداران	بیشترین	کم‌ترین	—
معایب	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا	مرگ و میر جانوران آبزی به علت ورود این کودها به آب و تسریع رشد باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی که باعث کاهش نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود.	—
روش مصرف	—	—	معمولن همراه کودهای شیمیایی

CamScanner

جمع‌بندی باکتری‌های مؤثر در تغذیهٔ گیاهان

	ریزوبیوم	سیانوباکتری	آمونیاک‌ساز	نیترات‌ساز
توانایی تثبیت نیتروژن را دارد.	✓	✓ (برخی)	×	×
از شکل مولکولی نیتروژن استفاده می‌کنند.	✓	✓ (برخی)	×	×
می‌تواند آمونیوم را از مواد آلی تولید کند.	×	×	✓	×
آمونیوم را مصرف می‌کند.	×	×	×	✓
انرژی لازم برای تولید مواد آلی از مواد معدنی، از واکنش‌های اکسایش تأمین می‌کند.	×	×	×	✓
با گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران همزیستی دارد.	✓	×	×	×
با گونرا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
با گیاه آبزی آزولا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
توانایی انجام فتوسنتز را دارد.	×	✓	×	×
مواد آلی مورد نیاز را از یک جاندار دیگر می‌گیرد.	✓	✓	—	—

CamScanner

در سطح یاخته‌ای

- جابه‌جایی مواد در حد یک یاخته و از طریق فرایندهای فعال و غیرفعال (انتشار)
- انتشار ساده (اسمز) ← جابه‌جایی آب از جای رقیق به غلیظ از بین مولکول‌های فسفولیپیدی غشا
- انتشار تسهیل‌شده ← جابه‌جایی آب از طریق پروتئین‌های موجود در غشای بعضی از یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول بعضی از یاخته‌های گیاهی
  افزایش سرعت جریان آب توسط این پروتئین‌ها و افزایش تولید آن‌ها در زمان کم‌آبی

در عرض ریشه

عرض غشایی

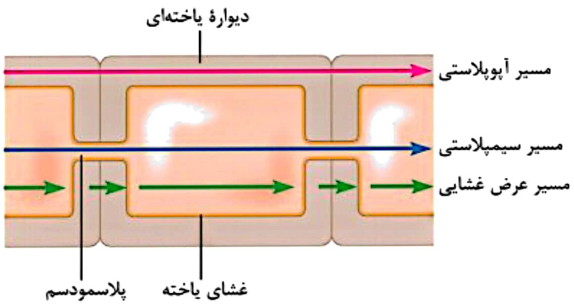
مواد پس از عبور از سیتوپلاسم از عرض غشا عبور و وارد دیواره می‌شوند و برای واردشدن به یاختهٔ بعدی دوباره از دیواره و غشا عبور می‌کنند.

انتقال سیمپلاستی

پروتوپلاست + پلاسمودسم = سیمپلاست

حرکت مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاختهٔ مجاور از راه پلاسمودسم‌ها

منافذ پلاسمودسم آن‌قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی می‌توانند از آن عبور کنند.



انتقال آپوپلاستی

حرکت آب و مواد محلول در آن از فضای بین یاخته‌ای و دیوارهٔ یاخته‌ای

عدم ورود مواد به سیتوپلاسم یاخته‌ها

عدم نقش اسمز در حرکت آب در بین یاخته‌ها

CamScanner

جمع‌بندی از انواع مسیرهای کوتاه در عرض ریشه ... .

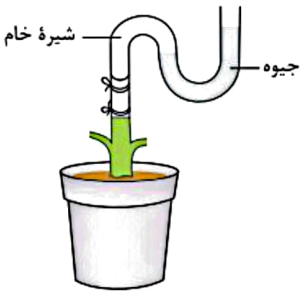
	مسیر سیمپلاستی	مسیر عرض غشایی	مسیر آپوپلاستی
امکان عبور آب و مواد محلول در آن از پروتوپلاست وجود ندارد.	×	×	✓
آب و مواد محلول در آن از فضای بین یاخته‌ها عبور می‌کند.	×	×	✓
در پوست ریشه، آب از غشای یاخته‌ها عبور نمی‌کند.	✓	×	✓
در پوست ریشه، آب می‌تواند از غشای فسفولیپیدی عبور کند.	×	✓	×
از آندودرم عبور می‌کند.	✓	✓	×[1]
توانایی عبور از یاخته‌های معبر را دارد.	✓	✓	✓
توانایی عبور از بیشتر یاخته‌های آندودرمی گیاهان تک‌لپه را دارد.	×	×	×
جابه‌جایی مواد از این مسیرها از طریق کانال‌های سیتوپلاسمی صورت می‌گیرد.	✓	×	×
عبور مواد از پروتئین تسهیل‌کنندهٔ عبور آب از غشا در این روش صورت می‌گیرد.	✓	✓	×

– انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند –

- جابه‌جایی مواد در مسیرهای بلند از طریق جریان توده‌ای انجام می‌شود چون در این حالت انتشار کارآمد نیست!
- سرعت انتشار آب و مواد در گیاه، چند میلی‌متر در روز است ولی در جریان توده‌ای، این سرعت به چندین متر در روز می‌رسد.
- جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت تأثیر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژهٔ آب انجام می‌شود.

فشار ریشه‌ای

- انتقال **فعال** یون‌های معدنی از یاخته‌های درون‌پوست و یاخته‌های زندهٔ اطراف آوندهای ریشه به درون آوند چوبی
- افزایش تعداد یون‌ها در آوند چوبی ← افزایش فشار اسمزی درون آن ← ورود آب به درون آوند چوبی
- در اثر تجمع آب و یون‌ها، فشار در آوندهای چوبی ریشه زیاد می‌شود (ایجاد فشار ریشه‌ای) ← هُل‌دادن شیرهٔ خام به سمت اندام هوایی
- در بیشتر گیاهان فشار ریشه‌ای در صعود شیرهٔ خام نقش کمی دارد و در بهترین حالت می‌تواند آن را چند متر به بالا بفرستد.



CamScanner

عوامل مؤثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها

نوع عامل	نحوهٔ تأثیر	دقت کنید که:
نور	افزایش نور باعث بازشدن روزنه‌ها	افزایش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
دما	افزایش دما باعث بازشدن روزنه‌ها	افزایش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
کربن دی‌اکسید	کاهش CO_2 باعث بازشدن روزنه‌ها	کاهش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
رطوبت	کاهش رطوبت محیط باعث بازشدن روزنه‌ها	کاهش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
هورمون آبسیزیک اسید	افزایش این هورمون باعث بسته‌شدن روزنه‌ها	افزایش مقاومت گیاه در شرایط خشکی

بعضی از سازگاری‌های کاهش تعرق در نواحی خشک

- کاهش تعداد روزنه‌ها
- روزنه‌های فرورفته (غارمانند)
- پوشیده‌شدن برگ و روزنه‌های فرورفته از کرک
- کاهش تعداد یا سطح برگ
- بسته‌بودن روزنه در طول روز و بازشدن در شب در بعضی از کاکتوس‌ها

CamScanner

	ریزوبیوم	سیانوباکتری	آمونیاک‌ساز	نیترات‌ساز
توانایی تثبیت نیتروژن را دارد.	✓	✓ (برخی)	×	×
از شکل مولکولی نیتروژن استفاده می‌کنند.	✓	✓ (برخی)	×	×
انرژی لازم برای تولید مواد آلی از مواد معدنی را، از واکنش‌های اکسایش تأمین می‌کند.	×	×	×	✓
با گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران همزیستی دارد.	✓	×	×	×
با گونرا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
با گیاه آبزی آزولا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
توانایی انجام فتوسنتز را دارد.	×	✓	×	×

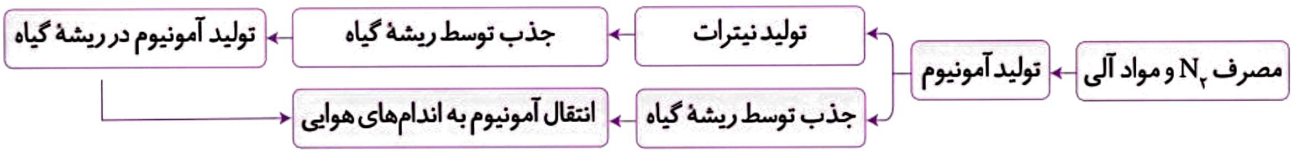
CamScanner

نوع کود	آلی	شیمیایی	زیستی
از چه چیزی تشکیل شده است؟	بقایای در حال تجزیهٔ جانداران	مواد معدنی	باکتری‌های مفید برای خاک
ترکیب آلی دارد	✓	x	✓
ترکیب معدنی دارد	✓ (در بدن جانداران مواد معدنی هم دیده می‌شود)	✓	✓ (مواد معدنی درون پیکر جانداران)
نحوهٔ آزادسازی مواد معدنی	به آهستگی	به سرعت	در پی فعالیت و تکثیر باکتری‌ها
میزان شباهت به نیازهای جانداران در مقایسه با دیگر کودها	بیشترین	کم‌ترین	—
معایب	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا	مرگ‌ومیر جانوران آبزی به علت ورود این کودها به آب و تسریع رشد باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی که باعث کاهش نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود.	معایب دو نوع کود دیگر را ندارد.
روش مصرف	—	—	معمولن همراه کودهای شیمیایی

CamScanner

	مسیر سیمپلاستی	مسیر عرض غشایی	مسیر آپوپلاستی
امکان عبور آب و مواد محلول در آن از پروتوپلاست وجود ندارد.	x	x	✓
آب و مواد محلول در آن از فضای بین یاخته‌ها عبور می‌کند.	x	✓	✓
در پوست ریشه، آب از غشای یاخته‌ها عبور نمی‌کند.	✓	x	✓
در پوست ریشه، آب می‌تواند از غشای فسفولیپیدی عبور کند.	✓[1]	✓	x
در جابه‌جایی آب از آندودرم نقش دارد.	✓	✓	–[2]
در جابه‌جایی آب از یاخته‌های معبر نقش دارد.	✓	✓	✓
جابه‌جایی مواد از این مسیر از طریق کانال‌های سیتوپلاسمی صورت می‌گیرد.	✓	x	x
سرعت جابه‌جایی مواد در آن کم‌تر از بقیه است.	x	✓	x

CamScanner



واکنش‌های درون خاک	جاندار انجام دهنده	واکنش دهنده	فراورده	نوع واکنش دهنده	نوع فراورده	خاصیت تثبیت نیتروژن	ساخت آمونیوم	استفاده از آمونیوم	ساخت نیترات	استفاده از نیترات
تثبیت نیتروژن	باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن	N_2	NH_4^+	معدنی	معدنی	دارد	دارد	ندارد	ندارد	ندارد
تبدیل مواد آلی به آمونیوم	باکتری آمونیاک‌ساز	مواد آلی	NH_4^+	آلی	معدنی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	ندارد
تبدیل آمونیوم به نیترات	باکتری نیترات ساز	NH_4^+	NO_3^-	معدنی	معدنی	ندارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد
تبدیل نیترات به آمونیوم	ریشهٔ گیاه	NO_3^-	NH_4^+	معدنی	معدنی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	دارد

CamScanner

ذرات بخش غیرآلی خاک	اندازهٔ ذرات	نفوذپذیری خاک	زه‌کشی خاک	تهویه گازها در خاک	موادغذایی خاک
شن و ماسه	درشت	افزایش می‌یابد	افزایش می‌یابد	افزایش می‌یابد	کاهش می‌یابد
رس	بسیار ریز	کاهش می‌یابد	کاهش می‌یابد	کاهش می‌یابد	افزایش می‌یابد

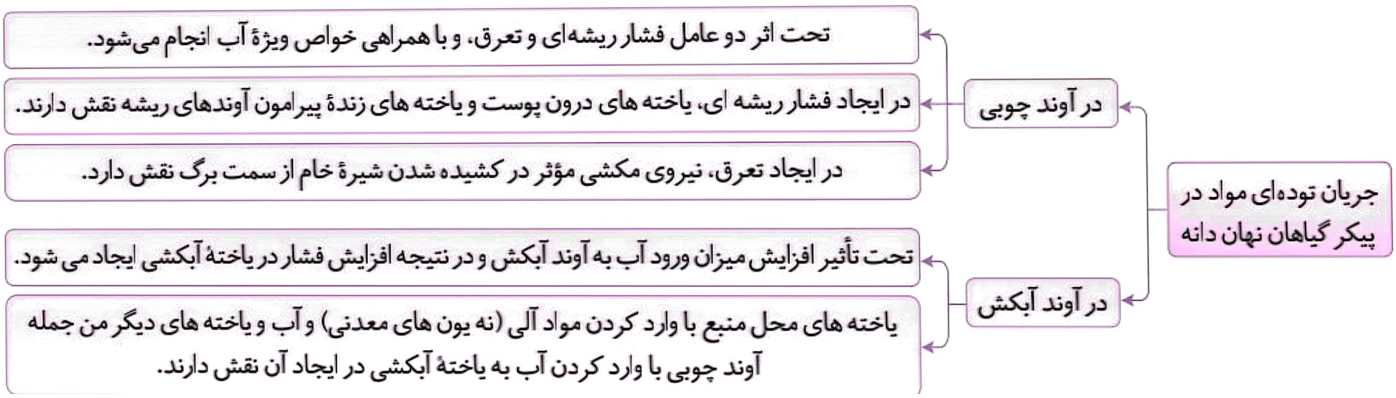
CamScanner

وجه مقایسه	ریزوبیوم	سیانوباکتری	نیترات‌ساز	آمونیاک‌ساز
مصرف‌کننده	✓	✓	✓	✓
تولیدکننده	✗	✓ (فتوسنتزکننده)	✓ (شیمیوسنتزکننده)	✗
توانایی تثبیت کربن	✗	✓	✓	✗
توانایی تثبیت نیتروژن	✓	✓ (بعضی)	✗	✗
محل زندگی	درون ریشهٔ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران	در ساقه و دمبرگ گونرا	در خاک	در خاک
عملکرد	تبدیل نیتروژن مولکولی به یون آمونیوم	تبدیل نیتروژن مولکولی به آمونیوم	تبدیل یون آمونیوم به یون نیترات	تولید یون آمونیوم از مواد آلی
توانایی تولید اکسیژن	✗	✓	✗	✗
گیاه همزیست	گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران	گیاه گونرا	-	-

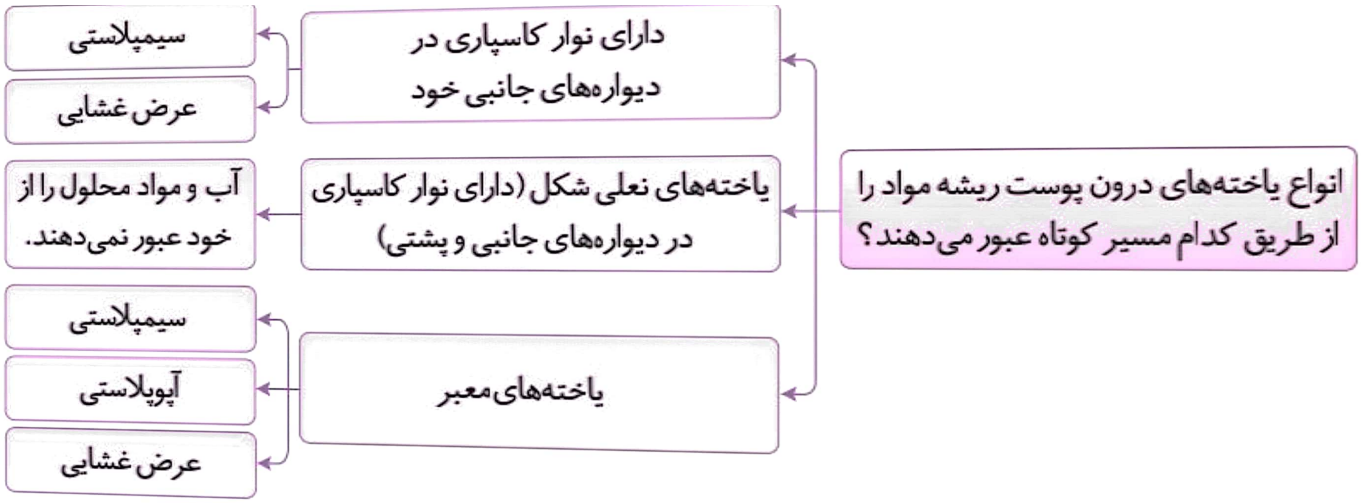
CamScanner

مورد مقایسه	شیرهٔ خام	شیرهٔ پرورده
دارای مواد آلی	✗	✓
دارای مواد معدنی	✓	✓
محل بارگیری	ریشه	برگ - ساقه - ریشه و ... (مجاور یاخته‌های فتوسنتز کننده یا ذخیره کننده)
محل باربرداری	در مجاورت یاخته‌های فتوسنتز کننده در اندام‌های هوایی گیاه	مجاورت محل‌های مصرف گیاه مثل ریشه، گل، میوه و ...
جهت انتقال در آوندها	به سمت بالا	در جهات مختلف
نوع آوندهای انتقال دهندهٔ آن	آوندهای چوبی	آوندهای آبکشی
سرعت انتقال آن در گیاه	سریعتر و ساده‌تر	کندتر و دارای پیچیدگی بیشتر

CamScanner


جریان توده‌ای مواد در پیکر گیاهان نهان دانه
در آوند چوبی
تحت اثر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژهٔ آب انجام می‌شود.
در ایجاد فشار ریشه ای، یاخته های درون پوست و یاخته های زندهٔ پیرامون آوندهای ریشه نقش دارند.
در ایجاد تعرق، نیروی مکشی مؤثر در کشیده شدن شیرهٔ خام از سمت برگ نقش دارد.
در آوند آبکش
تحت تأثیر افزایش میزان ورود آب به آوند آبکش و در نتیجه افزایش فشار در یاختهٔ آبکشی ایجاد می شود.
یاخته های محل منبع با وارد کردن مواد آلی (نه یون های معدنی) و آب و یاخته های دیگر من جمله آوند چوبی با وارد کردن آب به یاختهٔ آبکشی در ایجاد آن نقش دارند.

CamScanner


انواع یاخته‌های درون پوست ریشه مواد را از طریق کدام مسیر کوتاه عبور می‌دهند؟
دارای نوار کاسپاری در دیواره‌های جانبی خود
سیمپلاستی
عرض غشایی
یاخته‌های نعلی شکل (دارای نوار کاسپاری در دیواره‌های جانبی و پشتی)
آب و مواد محلول را از خود عبور نمی‌دهند.
یاخته‌های معبر
سیمپلاستی
آپوپلاستی
عرض غشایی

CamScanner

مسیرهای وارد کنندهٔ آب و مواد محلول به آن	عرض غشایی و سیمپلاستی	عرض غشایی و سیمپلاستی و آپوپلاستی
مسیرهای خارج شوندهٔ آب و مواد محلول از آنها و ورود به استوانهٔ اوندی	هیچکدام	عرض غشایی و سیمپلاستی و آپوپلاستی
چوب پنبه در دیواره	✓ (در دیواره‌های جانبی و پشتی)	✗
مجاورت با یاخته‌های لایهٔ ریشه‌زا	✓	✓
مجاورت با یاخته‌های پوست ریشه	✓	✓
مجاورت با آوندهای چوبی و آبکشی	✗	✗

CamScanner

یاخته های گیاهی با دیواره‌های خاص!			
دیواره چوب پنبه ای (سوبرین دار)	زنده	یاخته‌های آندودرم (به جز یاخته‌های معبر که فاقد نوار کاسپاری هستند)	
	مرده	بافت چوب پنبه‌ای در پیراپوست (که مخصوص گیاهان دولپه ای و مسن است)	
دیواره چوبی (لیگنین دار)	همگی مرده اند.	یاخته‌های آوند چوبی	تراکئید عنصر آوندی
		یاخته‌های اسکلرانشیمی	فیبر اسکلرئید
همه یاخته های مذکور! دارای لان در دیواره خود هستند.			

CamScanner

۱) مسیر عرض غشایی:

وارد شدن مواد به تارکشنده ← طی مسیر در سیتوپلاسم یاخته‌های سامانهٔ بافت زمینه‌ای بخش پوست و عبور از عرض غشا و دیوارهٔ یاخته‌ای ← رسیدن مواد به یاخته‌های درون پوست و ورود آن‌ها به این یاخته‌ها ← خروج مواد از یاخته‌های درون پوست پس از عبور آن‌ها از غشا و دیوارهٔ یاخته‌ای ← ورود مواد به یاخته‌های لایهٔ ریشه‌زا و ادامهٔ مسیر تا رسیدن مواد به آوندهای چوبی

۲) مسیر سیمپلاستی:

وارد شدن مواد به سیتوپلاسم تارکشنده ← طی مسیر در سیمپلاست یاخته های سامانهٔ بافت زمینه ای بخش پوست ← ورود به یاخته‌های درون پوست از طریق پلاسمودسم ← خروج مواد از یاخته‌های درون پوست از طریق پلاسمودسم ← ورود مواد به یاخته‌های لایهٔ ریشه‌زا و ادامهٔ مسیر تا رسیدن مواد به آوندهای چوبی

۳) مسیر آپوپلاستی:

وارد شدن مواد به دیوارهٔ تارکشنده ← طی مسیر در دیواره و فضای بین یاخته‌ای یاخته‌های سامانهٔ بافت زمینه‌ای بخش پوست ← توقف مسیر در محل یاخته‌های درون پوست ← ادامه بعد از یاخته‌های درون پوست ← خروج مواد از یاخته‌های لایهٔ ریشه زا و و ادامهٔ مسیر تا رسیدن مواد به آوندهای چوبی

CamScanner

تفکر طراح هر کودی که .....

۱ مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کند ← آلی

۲ به سرعت کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کند ← شیمیایی

۳ شامل باکتری‌های مفید بوده و باعث افزایش مواد معدنی خاک می‌شود ← زیستی

۴ باعث افزایش مواد معدنی می شوند ← آلی، زیستی و شیمیایی

۵ شامل بقایای در حال تجزیه جانداران است ← آلی

۶ به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند ← آلی

۷ استفاده بیش از حد از آن می‌تواند آسیب‌های زیادی به خاک و محیط زیست وارد و بافت خاک را تخریب کند ← شیمیایی

۸ آسیب‌های زیادی را برای گیاه دارد ← شیمیایی

۹ کمترین آسیب را برای گیاه دارد ← زیستی

۱۰ از معایب آن، احتمال آلودگی به عوامل بیماری زاست ← آلی

۱۱ در نهایت می‌تواند باعث مرگ و میر جانوران آبزی شود ← شیمیایی

۱۲ به راحتی در اختیار گیاه قرار می گیرد ← شیمیایی

۱۳ استفاده از آن بسیار ساده و کم هزینه است ← زیستی

۱۴ معمولا به همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شود ← زیستی

۱۵ معایب دو نوع کود دیگر را ندارد ← زیستی

CamScanner

نام عنصر	توضیح	شکل غیریونی	شکل یونی
نیتروژن	شرکت در ساختار پروتئین‌ها و نوکلئیک‌اسیدها، غشاها (پروتئین‌های غشایی) و ATP	$N_2 - N - NH_3$	$NH_4^+ - NO_3^-$
فسفر	شرکت در ساختار نوکلئیک‌اسیدها، غشاها (فسفولیپیدها) و ATP	P	PO_4^{3-}
پتاسیم و کلر	دخالت در تنظیم مقدار آب یاخته	-	$K^+ - Cl^-$
کربن، اکسیژن و هیدروژن	شرکت در ساختار مواد آلی	$O_2 - H_2O - H - CO_2 - C$	$HCO_3^- - O^{2-} - H^+$

CamScanner

وضعیت روزنه	اندازهٔ روزنه	یاختهٔ نگهبان		یاختهٔ روپوستی مجاور یاختهٔ نگهبان	
		تغییر نهایی طول دیواره	تغییر نهایی تراکم آب	تغییر نهایی طول دیواره	تغییر نهایی تراکم آب
باز	زیاد	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش
بسته	کم	کاهش	کاهش	افزایش	افزایش

وضعیت روزنه	یاختهٔ نگهبان		یاختهٔ روپوستی مجاور یاختهٔ نگهبان	
	تغییر اولیهٔ غلظت ساکارز و یون کلر و پتاسیم	تأثیر بر حجم آب یاخته	تغییر اولیهٔ غلظت ساکارز و یون کلر و پتاسیم	تأثیر بر حجم آب یاخته
باز	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش
بسته	کاهش	کاهش	افزایش	افزایش

CamScanner

باکتری‌های مؤثر در تولید مواد نیتروژن‌دار مورد استفادهٔ گیاهان			
نوع باکتری	تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن	آمونیاک‌ساز	نیترات‌ساز
مادهٔ نیتروژن‌دار مصرفی	شکل مولکولی نیتروژن جوّ (N_2)	مواد آلی نیتروژن‌دار (نظیر آمینواسیدها و نوکلئوتیدها)	یون آمونیوم (NH_4^+)
یون نیتروژن‌دار تولیدی	یون آمونیوم (NH_4^+)	یون آمونیوم (NH_4^+)	یون نیترات (NO_3^-)
توانایی تثبیت نیتروژن	✓	✗	✗
استفاده از مواد نیتروژن‌دار خاک	✗	✓	✗
استفاده از نیتروژن غیرآلی	✓	✗	✓
تولید یون آمونیوم	✓	✓	✗
تولید یون نیترات	✗	✗	✓

CamScanner

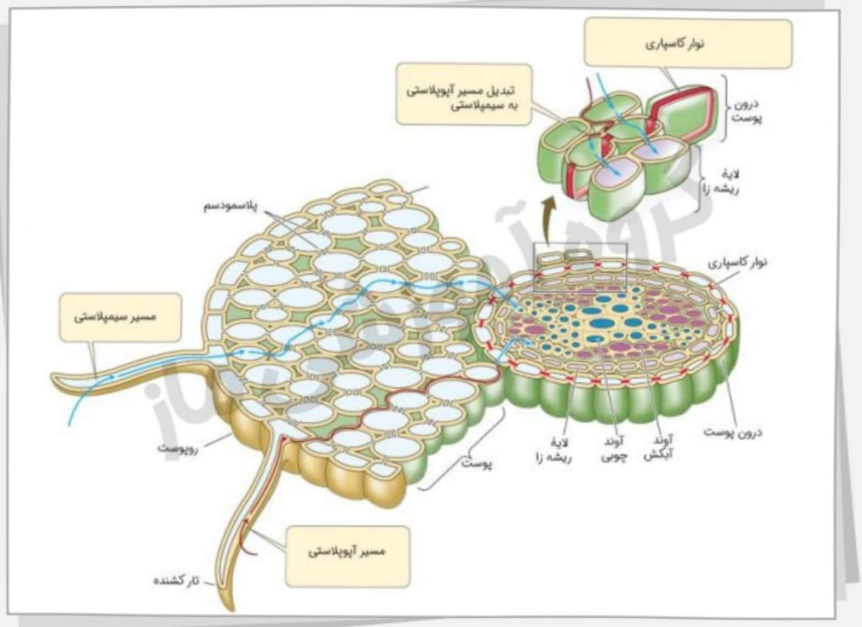
وضعیت روزنه	یاختهٔ نگهبان			یاختهٔ روپوستی مجاور یاختهٔ نگهبان		
	حالت یاخته	تغییر فشار تورژسانسی	فاصلهٔ پروتوپلاست و دیواره	حالت یاخته	تغییر فشار تورژسانسی	فاصلهٔ پروتوپلاست و دیواره
باز	تورژسانس	افزایش	کاهش	پلاسمولیز	کاهش	افزایش
بسته	پلاسمولیز	کاهش	افزایش	تورژسانس	افزایش	کاهش

CamScanner

روش‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه هر روشی که	
تعبیر	جواب تعبیر
در انتقال مواد از پروتوپلاست یاخته‌های گیاهی مؤثر است	عرض غشایی ـ سیمپلاستی
یاخته‌های درون پوست با استفاده از آن می‌توانند مواد را به خارجی‌ترین یاخته‌های استوانهٔ آوندی انتقال دهند	هر سه مسیر
به صورت پیوسته تا قطورترین آوندهای موجود در استوانهٔ آوندی ادامه دارد	سیمپلاستی
می‌تواند مواد را از کانال‌های میان‌یاخته‌ای (پلاسمودسم) عبور دهد	سیمپلاستی
در انتقال و عبور مواد از دیوارهٔ یاخته‌های گیاهی نقش دارد	آپوپلاستی ـ عرض غشایی

CamScanner

نگارخانه:



مقایسهٔ فرایندهای تعرق و تعریق		
نام فرایند	تعرق	تعریق
شکل خروج آب	بخار آب (گاز)	مایع
محل خروج آب	روزنه‌های هوایی ، پوستک و عدسک	روزنه‌های آبی
محل قرارگیری روزنه‌ها	روپوست برگ و ساقه	انتها یا لبهٔ برگ
تنظیم باز و بسته‌شدن روزنه‌ها	✓ توسط یاخته‌های نگهبان روزنه	✗ همیشه باز هستند
عوامل مؤثر در افزایش	افزایش نور و دما، کاهش رطوبت و کربن دی‌اکسید و ...	افزایش فشار ریشه و کاهش تعرق
انواع گیاهان	همهٔ گیاهان علفی و چوبی	بعضی از گیاهان علفی

CamScanner

مقایسهٔ بارگیری و باربرداری آبکشی		
نوع فرایند	بارگیری آبکشی	باربرداری آبکشی
زمان انجام در الگوی جریان فشاری	مرحلهٔ «۱»	مرحلهٔ «۴»
مواد جابه‌جاشده	مواد آلی نظیر ساکارز	مواد آلی نظیر ساکارز
جهت حرکت مواد	از محل منبع به آوند آبکشی	از آوند آبکشی به محل مصرف
روش انتقال مواد	انتقال فعال	انتقال فعال
مصرف انرژی ATP	✓	✓
کمک یاخته‌های همراه	✓	✓

CamScanner

عوامل مؤثر بر باز و بسته‌شدن روزنه‌های هوایی			
نوع عامل	تأثیر افزایش	تأثیر کاهش	توضیحات
نور	باز شدن روزنه‌ها	بسته‌شدن روزنه‌ها	افزایش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
دما	باز شدن روزنه‌ها	بسته‌شدن روزنه‌ها	افزایش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
کربن دی‌اکسید	بسته‌شدن روزنه‌ها	باز شدن روزنه‌ها	کاهش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
رطوبت	بسته‌شدن روزنه‌ها	باز شدن روزنه‌ها	کاهش شدید ← بسته‌شدن روزنه‌ها
آب	باز شدن روزنه‌ها	بسته‌شدن روزنه‌ها	——
هورمون آبسیزیک‌اسید	بسته‌شدن روزنه‌ها	باز شدن روزنه‌ها	افزایش مقاومت گیاه در شرایط خشکی
روشنایی در بعضی کاکتوس‌ها	بسته‌شدن روزنه‌ها	باز شدن روزنه‌ها	روزنه‌ها در روز بسته و در شب باز هستند.

مقایسهٔ فرایندهای تعرق و تعریق		
نام فرایند	تعرق	تعریق
شکل خروج آب	بخار آب (گاز)	مایع
محل خروج آب	روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک	روزنه‌های آبی
محل قرارگیری روزنه‌ها	روپوست برگ و ساقه	انتها یا لبهٔ برگ
تنظیم باز و بسته‌شدن روزنه‌ها	✓ توسط یاخته‌های نگهبان روزنه	✗ همیشه باز هستند
عوامل مؤثر در افزایش	افزایش نور و دما، کاهش رطوبت و کربن دی‌اکسید و ...	افزایش فشار ریشه‌ای و کاهش تعرق
انواع گیاهان	گیاهان علفی و چوبی	بعضی از گیاهان علفی

CamScanner

وضعیت روزنه	اندازهٔ روزنه	یاختهٔ نگهبان		یاختهٔ روپوستی مجاور یاختهٔ نگهبان	
		تغییر نهایی طول دیواره	تغییر نهایی تراکم آب	تغییر نهایی طول دیواره	تغییر نهایی تراکم آب
باز	زیاد	افزایش	افزایش	کاهش	کاهش
بسته	کم	کاهش	کاهش	افزایش	افزایش

CamScanner

	تک لپه	دولپه
آرایش دسته های آوندی ساقه	نامنظم (روی چند دایره متحدالمرکز) در سمت خارج تعداد دستجات آوندی بیشتر(نزدیک روپوست) ولی اندازه ان ها کوچک تر است(از بیرون به داخل از تراکم آن ها کم می شود) تعداد استوانه های آوندی در ساقه تک لپه چند برابر دو لپه ای ها است.	منظم و بر روی یک حلقه (در اطراف مغز ساقه) در هر دسته آوندی آوند چوبی به سمت داخل و آوند آبکشی به سمت خارج ساقه قرار دارد. دسته های آوندی در ساقه دولپه بزرگ تر از تک لپه است.(آوند های چوبی در دسته آونی دولپه ای ها داخلی تر هستند)
ساختارهای موجود در برش عرضی ساقه	روپوست پوست نامشخص حاوی دسته ها آوندی + بافت زمینه ای	روپوست پوست نازک استوانه آوندی حاوی دسته های آوندی + مغز ساقه
آرایش دسته های اوندی در ریشه (بهتر است برای ریشه از لفظ دسته آوندی استفاده نکنیم!)	آوند ها چوبی و آبکش درون یک حلقه هر دسته آوندی حاوی آوند چوبی و آوند آبکش است(دایره آوندهای چوبی از دایره آوندهای آبکش داخلی تر است)(به صورت منظم در اطراف مغز)	آوند چوبی به شکل ستاره در مرکز ریشه و اوندهای آبکش در اطراف آوند چوبی (بین بازوهای آن)
ساختارهای موجود در برش عرضی ریشه	روپوست پوست ضخیم استوانه آوندی حاوی لایه ریشه زا + دسته های آوندی+مغز ریشه	روپوست – پوست خیلی ضخیم(بیشتر حجم ریشه) استوانه آوندی حاوی لایه ریشه زا + دسته های آوندی
وجود پوست در ساقه	×(وجود ندارد یا نامشخص است)	✓(ضخامت پوست نازک) پوست ساقه از پوست ریشه نازک تر است
وجود پیراپوست در ساقه	×وجود ندارد	×در علفی وجود ندارد. ✓در درختی وجود دارد.
ترتیب آوند ها	آوند چوبی بالاتر	آوند چوبی بالاتر
وجود مغز ساقه(پارانشیمی و بخشی از بافت زمینه ای)	×	✓
شکل ریشه	افشان	مستقیم
تعداد گلبرگ ها	معمولا ۳ یا مضربی از ۳	معمولا۴ یا ۵ یامضربی از ۴ یا ۵
وجود غلاف آوندی فتوسنتز کننده	✓	×
وجود دم برگ	×	✓
شکل رگ برگ	موازی	منشعب
ظاهر برگ	باریک و کشیده(نواری شکل) – دارای پهنک فاقد میانبرگ نرده ای و دارای میانبرگ اسفنجی	پهن و منشعب – دارای پهنک و دمبرگ دارای میانبرگ نرده ای و اسفنجی
داشتن حفره هوادار در برگ	✓	✓
تعدا روزنه های هوایی	زیاد	کم
محل خروج ریشه و ساقه رویان	متفاوت	یکسان
وجود مغز ریشه(پارانشیمی و بخشی از بافت زمینه ای)	✓(در وسط استوانه آوندی ریشه اما جزئی از سامانه بافت اوندی گیاه محسوب نمی شود)	×
ضخامت پوست ریشه	ضخیم(نسبت به دولپ ای ها ضخامت کمتری دارد)	ضخیم تر(نسبت به تک لپه ای ها ضخامت بیشتری و حجم بیشتری دارد)
دانه	دارای یک لپه دارای آندوسپرم بالغ دارای ساقه و ریشه رویانی	دارای دو لپه بدون آندوسپرم در دانه بالغ دری ساقه و ریشه رویانی

CamScanner

مقایسه روش های حرکت مواد در عرض ریشه (در ساقه و برگ دیده نمی شود!)

		آپوپلاستی (عبور از دیواره سلولی و فضای بین سلولی)	سیمپلاستی (از طریق پلاسمودسم) بیترین نقش در انتقال آب و مواد محلول	عرض غشایی (از عرض غشای سلول)
حرکت شیره خام از پلاسمودسم		×	✓	×
حرکت شیره خام از پروتوپلاست		×	✓	✓
حرکت شیره خام از فضای بین یاخته ای		✓	×	✓
حرکت شیره خام در یاخته های غیر زنده		✓	×	×
حرکت شیره خام از غشا		×	✓ (فقط در ابتدای مسیر)	✓(زیاد)
عبور از دیواره یاخته ای	دارد یا ندارد؟	✓	✓ (در ابتدای مسیر)	✓
	چند مرتبه؟	زیاد	یک مرتبه (در زمان ورد با تارکشنده)	زیاد
روش ها موثر در حرکت شیره خام	اسمز	×	✓	✓
	خواص ویژه آب	✓	✓	✓
	کانال آکواپورین (اختصاصی آب)	×	×	✓
کنترل عبورمواد	اولین محل	نوار کاسپاری آندوردرم	غشار تارکشنده	غشار تارکشنده
	آخرین محل	غشای آندودرم	غشای لایه ریشه زا	غشای لایه ریشه زا
حرکت شیره خام در	تارکشنده	هر سه مسیر از تار کشنده آغاز می شوند		
	پوست به جز آندودرم	✓	✓	✓
	آندودرم معمولی	×	✓	✓
	یاخته های لاشکل	×	×	×
	معبر	✓	✓	✓
	از یاخته های استوانه آوندی تا آوند چوبی (بخش های زنده)	✓	✓	✓
امکان عبور مولکول ها درشت		×	✓	×
قطع شدن موقت حرکت مواد در آندودرم		✓	×	×

CamScanner

کود	شیمیایی	آلی	زیستی
ساخته شده از	عناصر معدنی	بقایای در حال تجزیهٔ جانداران	باکتری‌های مفید
زمان آزادسازی مواد معدنی	به‌سرعت	به‌آهستگی	تکثیر و فعالیت باکتری، مواد معدنی موردنیاز را در اختیار گیاه می‌گذارد.
معایب	مصرف بیش از حد آنها آسیب‌های زیادی به خاک و محیطزیست وارد می‌کند و موجب تخریب بافت گیاه می‌شود. مصرف بیش از حد آنها موجب رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی، مانع نفوذ نور و اکسیژن به آب و در نتیجه افزایش مرگ‌ومیر جانوران آبزی می‌گردد.	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا	معایب دو نوع کود دیگر را ندارد.
مزایا	جبران سریع کمبود مواد مغذی خاک	آسیب کمتری به محیطزیست و گیاهان وارد می‌کند.	استفاده راحت و کم‌هزینه

CamScanner

گونرا	گیاه گونرا اندازه بسیار بزرگی دارد (علت بزرگ بودن این گیاه در منطقه غیر حاصل خیز همزیست با باکتری ها است)
	گونرا به علت داشت پهنک و رگبرگ منشعب گیاهی دو لپه محسوب می شود
	در دمبرگ و ساقه(نه پهنک) گیاه گونرا سیانو باکتری هایی وجود دارد که وظیفه تثبیت نیتروژن را بر عهده دارند(این گیاه نیتروزن خود را از بخش هوایی جذب می کند)

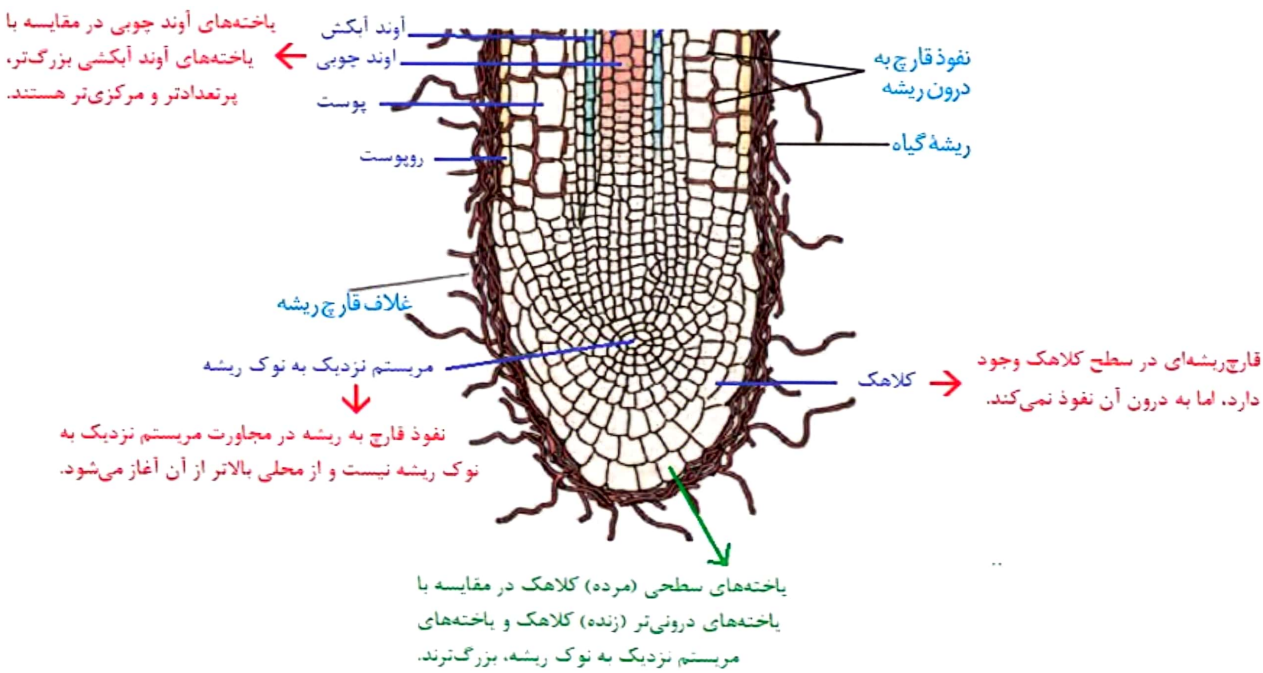
توبره واش	گیاه توبره واش توانایی فتو سنتز در برگ های دیگر خود را دارد
	توبره واش دارای آنریم ها لازم جهت تجزیه بافت های جانوری است
	توبره واش دارای کوزه است که پس از ورود حشره به درون بخش کوزه مانند قسمتی سر مانند بر روی کوزه قرار می گیرد
	رنگ تله کوزه مانند توبره واش روشن تر از ساقه گیاه است
	توبروه واش گیاهی بومی ایران است که در تالاب های شمال کشور یافت می شود.
	گیاهی مانند توبره واش تنها مواد مورد نیاز خود را از طریق شکار به دست می آورد نه انرژی خود را!!!

CamScanner

«نوعی کود که .....»

- ✓ شامل بقایای در حال تجزیهٔ جانداران است: کود آلی
- ✓ مواد معدنی را به‌آهستگی آزاد می‌کند: کود آلی
- ✓ از معایب آن، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا است: کود آلی
- ✓ به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارد: کود آلی
- ✓ استفادهٔ بیش از حد آن، آسیب کمتری به گیاه می‌زند: کود آلی
- ✓ شامل مواد معدنی است که به‌راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد: کود شیمیایی
- ✓ به‌سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کند: کود شیمیایی
- ✓ می‌تواند باعث مرگ‌ومیر جانوران آبزی شود: کود شیمیایی
- ✓ خاک را تخریب کرده و آسیب به خاک و محیط‌زیست می‌رساند: کود شیمیایی
- ✓ شامل باکتری‌های افزایندهٔ مواد معدنی به خاک است: کود زیستی
- ✓ معمولاً به همراه کود شیمیایی به خاک اضافه می‌شود: کود زیستی
- ✓ استفاده از آن برای خاک معایبی ندارد: هیچ‌کدام
- ✓ استفاده از آن، ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است: کود زیستی

CamScanner


آوند آبکش
آوند چوبی
پوست
روپوست
غلاف قارچ ریشه
مریستم نزدیک به نوک ریشه
نفوذ قارچ به درون ریشه
ریشهٔ گیاه
کلاهک
یاخته‌های آوند چوبی در مقایسه با یاخته‌های آوند آبکشی بزرگ‌تر، پرتعدادتر و مرکزی‌تر هستند.
قارچ‌ریشه‌ای در سطح کلاهک وجود دارد، اما به درون آن نفوذ نمی‌کند.
نفوذ قارچ به ریشه در مجاورت مریستم نزدیک به نوک ریشه نیست و از محلی بالاتر از آن آغاز می‌شود.
یاخته‌های سطحی (مرده) کلاهک در مقایسه با یاخته‌های درونی‌تر (زنده) کلاهک و یاخته‌های مریستم نزدیک به نوک ریشه، بزرگ‌ترند.

CamScanner

✓ عوامل مؤثر در افزایش تعرق ← تحریک انباشت دی‌ساکارید حاوی فروکتوز در پروتوپلاست نگهبان روزنه + دما و نور زیاد + کربن‌دی‌اکسید و رطوبت کم + تعداد برگ و روزنه، افزایش تراکم آب در یاخته‌های نگهبان روزنه + افزایش فشار ریشه‌ای

✓ عوامل مؤثر در کاهش تعرق ← کاهش دما و نور محیط + کاهش شدید رطوبت هوا + افزایش رطوبت هوا + هورمون آبسیزیک اسید + کرک + پوستک + اختلال در بروز ویژگی دگرچسبی و هم چسبی مولکول‌های آب

✓ عوامل مؤثر در افزایش تعریق ← کاهش تعرق + افزایش فشار ریشه‌ای + کاهش نور (شب) + افزایش شدید رطوبت محیط

✓ عوامل مؤثر در کاهش تعریق ← اختلال در بروز ویژگی دگرچسبی و هم چسبی مولکول‌های آب + کاهش فشار ریشه‌ای + هورمون آبسیزیک اسید

	تعرق	تعریق
حالت مولکولی آب خروجی از گیاه	گاز (بخار آب)	مایع (قطرهٔ آب)
محل‌های خروج مولکول آب از گیاه	روزنه هوایی، پوستک و عدسک	روزنه آبی
ویژگی روزنه	در اثر مقدار نور، دما، رطوبت و کربن‌دی‌اکسید، آب و هورمون‌های گیاهی باز و بسته می‌شوند.	همواره باز است (لفظ "باز و بسته‌شدن روزنهٔ آبی" غلط!!)
محل روزنه	اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) همهٔ گیاهان	لبه یا انتهای برگ
در چه گیاهانی ممکن است دیده شود	علفی - چوبی	بعضی گیاهان علفی

CamScanner

«نوعی کود که .....»

- ✓ شامل بقایای در حال تجزیهٔ جانداران است ← کود آلی
- ✓ مواد معدنی را به‌آهستگی آزاد می‌کند ← کود آلی
- ✓ از معایب آن، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا است ← کود آلی
- ✓ به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارد ← کود آلی
- ✓ استفادهٔ بیش از حد آن، آسیب کمتری به گیاه می‌زند ← کود آلی
- ✓ شامل مواد معدنی است که به‌راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد ← کود شیمیایی
- ✓ به‌سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کند ← کود شیمیایی
- ✓ می‌تواند باعث مرگ‌ومیر جانوران آبزی شود ← کود شیمیایی
- ✓ خاک را تخریب کرده و آسیب به خاک و محیط‌زیست می‌رساند ← کود شیمیایی
- ✓ شامل باکتری‌های افزایندهٔ مواد معدنی به خاک است ← کود زیستی
- ✓ معمولاً به همراه کود شیمیایی به خاک اضافه می‌شود ← کود زیستی
- ✓ استفاده از آن، ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است ← کود زیستی

CamScanner

	ریزوبیوم	سیانوباکتری	آمونیاک‌ساز	نیترات‌ساز
توانایی تثبیت نیتروژن را دارد.	✓	✓ (برخی)	×	×
از شکل مولکولی نیتروژن استفاده می‌کنند.	✓	✓ (برخی)	×	×
می‌تواند آمونیوم را از مواد آلی تولید کند.	×	×	✓	×
آمونیوم را مصرف می‌کند.	✓	✓	✓	✓[1]
انرژی لازم برای تولید مواد آلی از مواد معدنی را، از واکنش‌های اکسایش تأمین می‌کند.	×	×	×	✓
با گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران همزیستی دارد.	✓	×	×	×
با گونرا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
با گیاه آبزی آزولا همزیستی دارد.	×	✓	×	×
توانایی انجام فتوسنتز را دارد.	×	✓	×	×
مواد آلی مورد نیاز را از یک جاندار دیگر می‌گیرد.	✓	✓	—	—

CamScanner

طراح شو «نوعی کود که .....»

- ✓ شامل بقایای در حال تجزیهٔ جانداران است ← کود آلی
- ✓ مواد معدنی را به‌آهستگی آزاد می‌کند ← کود آلی
- ✓ از معایب آن، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا است ← کود آلی
- ✓ به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارد ← کود آلی
- ✓ استفادهٔ بیش از حد آن، آسیب کمتری به گیاه می‌زند ← کود آلی
- ✓ شامل مواد معدنی است که به‌راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد ← کود شیمیایی
- ✓ به‌سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کند ← کود شیمیایی
- ✓ می‌تواند باعث مرگ‌ومیر جانوران آبزی شود ← کود شیمیایی
- ✓ خاک را تخریب کرده و آسیب به خاک و محیط‌زیست می‌رساند ← کود شیمیایی

CamScanner

- ✓ شامل باکتری‌های افزایندهٔ مواد معدنی به خاک است ← کود زیستی
- ✓ معمولاً به همراه کود شیمیایی به خاک اضافه می‌شود ← کود زیستی
- ✓ استفاده از آن برای خاک معایبی ندارد ← هیچ‌کدام
- ✓ استفاده از آن، ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است ← کود زیستی

	کود شیمیایی	کود آلی	کود زیستی
ساخته‌شده از	عناصر معدنی	بقایای در حال تجزیهٔ جانداران	باکتری‌های مفید
زمان آزادسازی مواد معدنی	به‌سرعت	به‌آهستگی	تکثیر و فعالیت باکتری، مواد معدنی موردنیاز را در اختیار گیاه می‌گذارد.
معایب	مصرف بیش از حد آنها، آسیب‌های زیادی به خاک و محیط‌زیست وارد می‌کند و موجب تخریب بافت گیاه می‌شود. مصرف بیش از حد آنها موجب رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی، مانع نفوذ نور و اکسیژن به آب و در نتیجه افزایش مرگ‌ومیر جانوران آبزی می‌گردد.	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا	معایب دو نوع کود دیگر را ندارد.
مزایا	جبران سریع کمبود مواد مغذی خاک	آسیب کمتری به محیط‌زیست و گیاهان وارد می‌کند.	استفادهٔ راحت و کم‌هزینه

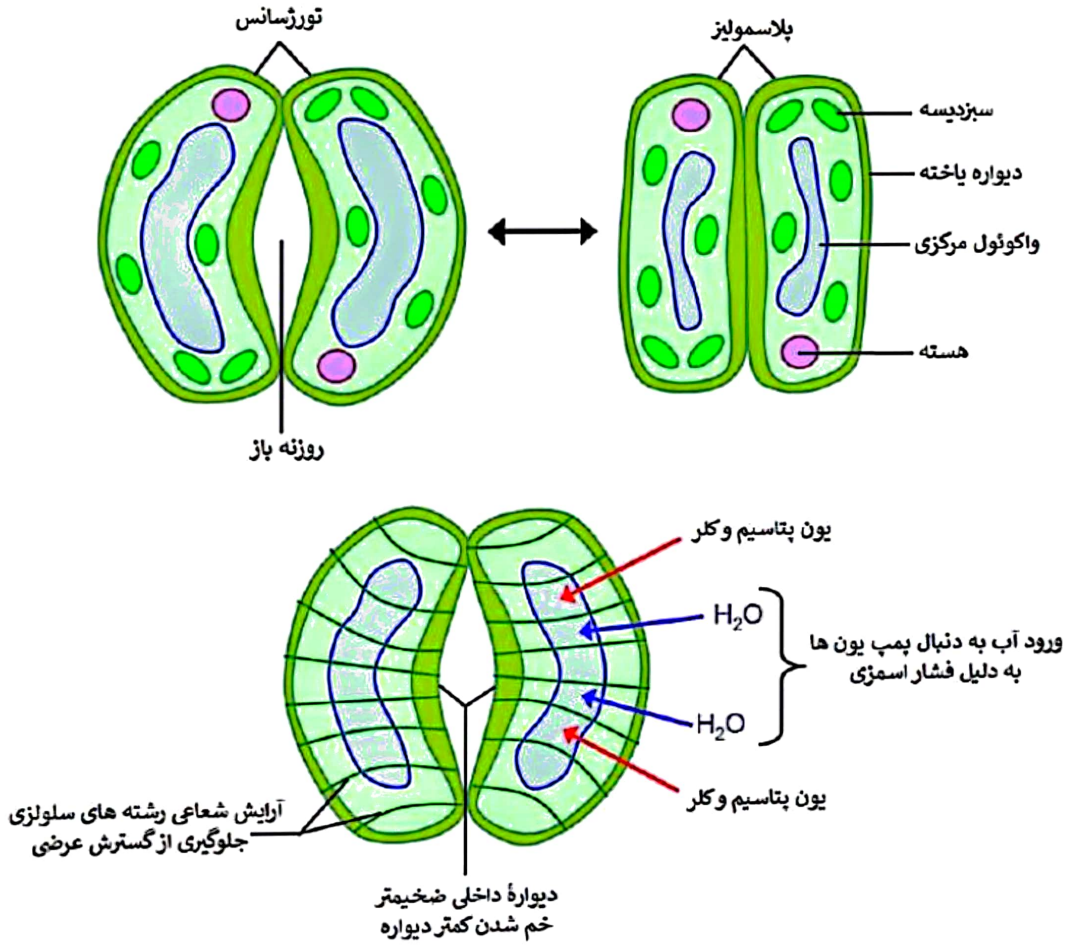
CamScanner

خاک
بخش آلی (هوموس یا گیاخاک)
لایهٔ سطحی خاک است.
اغلب از بقایای جانداران و اجزای در حال تجزیه تشکیل شده است.
در اسفنجی شدن حالت خاک نقش دارد.
بخش غیرآلی یا معدنی
شامل ذرات بسیار ریز مثل رس تا ذرات درشت مثل شن و ماسه
هوازدگی فیزیکی
تغییرات متناوب یخ زدن و ذوب شدن موجب خرد شدن سنگ‌ها می‌شود.
هوازدگی شیمیایی
اسیدهای تولیدی توسط جانداران
ریزجانداران یا میکروارگانیسم‌ها
شامل باکتری‌ها (باکتری‌های تثبیت کنندهٔ نیتروژن، آمونیاک‌ساز، نیترات‌ساز و ...) و سایر جانداران ریز
با مرگ این جانداران بر اجزای بخش آلی خاک افزوده می‌شود.
در افزایش میزان مواد مغذی خاک و ... نقش دارند. همچنین می‌توانند در محافظت از گیاه و یا ایجاد بیماری در گیاه مؤثر باشند.

CamScanner

وجه مقایسه	ریزوبیوم	سیانوباکتری	نیتراتساز	آمونیاکساز
مصرفکننده	✓	✗	✗	✓
تولیدکننده	✗	✓ (فتوسنتزکننده)	✓ (شیمیوسنتزکننده)	✗
تثبیت کربن (فتوسنتز)	✗	✓	✓	✗
تثبیت نیتروژن	✓	✓ (بعضی)	✗	✗
محل زندگی	درون ریشهٔ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران	در ساقه و دمبرگ گونرا	در خاک	در خاک
عملکرد	تبدیل نیتروژن مولکولی به یون آمونیوم	تبدیل نیتروژن مولکولی به آمونیوم	تبدیل یون آمونیوم به یون نیترات	تولید یون آمونیوم از مواد آلی
تولید اکسیژن	✗	✓	✗	✗
گیاه همزیست	گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران	گیاه گونرا و آزولا	-	-

CamScanner


تورژسانس
پلاسمولیز
سبزدیسه
دیواره یاخته
واکوئول مرکزی
هسته
روزنه باز
یون پتاسیم و کلر
H_2O
H_2O
ورود آب به دنبال پمپ یون ها
به دلیل فشار اسمزی
یون پتاسیم و کلر
آرایش شعاعی رشته های سلولزی
جلوگیری از گسترش عرضی
دیوارهٔ داخلی ضخیمتر
خم شدن کمتر دیواره

فصل ۷

جذب و انتقال مواد در گیاهان

گرچه بیشتر گیاهان می‌توانند به وسیلهٔ فتوسنتز، بخشی از مواد موردنیاز خود مانند کربوهیدرات و در پی آن پروتئین و لیپید را تولید کنند؛ اما همچنان به مواد مغذّی مانند آب و مواد معدنی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه ریشه‌ها جذب می‌کنند. گیاهان چه سازوکارهایی برای جذب مواد مورد نیاز و نیز انتقال آنها به اندام‌های خود دارند؟ مواد حاصل از فرایند فتوسنتز چگونه به سراسر گیاه منتقل می‌شوند؟ در این فصل به فرایندهای مربوط به تغذیه، جذب و انتقال گیاهان می‌پردازیم.

گفتار ۱ تغذیهٔ گیاهی

گیاهان، مواد مورد نیاز را از هوا، آب یا خاک اطراف خود جذب می‌کنند. کربن‌دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین موادی است که گیاهان از هوا جذب می‌کنند. کربن، اساس مادهٔ آلی و بنابراین یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است. (کربن‌دی‌اکسید به همراه سایر گازها از طریق روزنه‌ها وارد فضاهای بین‌یاخته‌ای گیاه می‌شود.) مقداری از کربن دی‌اکسید هم با حل شدن در آب، به صورت یون‌های بی‌کربنات درمی‌آید که می‌تواند توسط گیاه جذب شود. سایر مواد مغذی هم بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند.

خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

خاک، ترکیبی از مواد آلی، غیرآلی و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) است. خاک‌های مناطق مختلف به علت تفاوت در این ترکیبات، توانایی متفاوتی در نگهداری آب، مقدار هوای خاک، pH و مواد معدنی دارند.

گیاخاک (هوموس)، لایه سطحی خاک است و به‌طور عمده از بقایای جانداران و به‌ویژه اجزای در حال تجزیهٔ آن‌ها تشکیل شده است. گیاخاک، با داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند و در نتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شوند. گیاخاک همچنین باعث اسفنجی شدن حالت خاک می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است.

ذرات غیرآلی خاک از تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها در فرایندی به نام هوازدگی ایجاد می‌شوند. این ذرات از اندازهٔ بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه را شامل می‌شوند. تغییرات متناوب یخ‌زدن و ذوب شدن، که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است. اسیدهای تولید شده توسط جانداران و نیز ریشهٔ گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند.

فعالیت ۱

خاک‌های مختلف، ذراتی با اندازه‌های مختلف دارند. تحقیق کنید که رشد ریشهٔ گیاهان در خاک‌های رسی و ماسه‌ای با چه چالش‌ها و فرصت‌هایی روبه‌روست؟

جذب مواد معدنی خاک

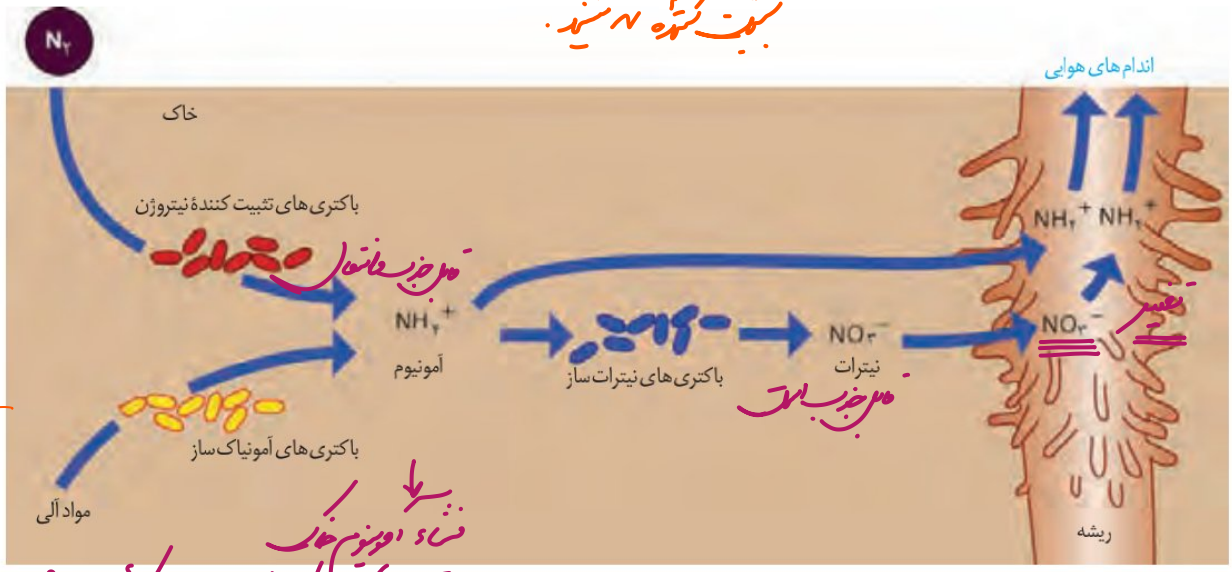
نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، ترکیبات این دو عنصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند.

جذب نیتروژن

با اینکه جوّ زمین دارای ۷۸ درصد نیتروژن (N_2) است، گیاهان نمی‌توانند شکل مولکولی نیتروژن را جذب کنند. بیشتر نیتروژنِ مورد استفادهٔ گیاهان به صورت یون آمونیوم (NH_4^+) یا نیترات (NO_3^-) است. این ترکیبات در خاک و توسط ریزجانداران تشکیل می‌شوند. خلاصه‌ای از این فرایندها در شکل ۱ نشان داده شده‌است. به تبدیل نیتروژن جو به نیتروژن قابل استفادهٔ گیاهان **تثبیت نیتروژن** گفته می‌شود. بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری‌هاست. باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، به صورت آزاد در خاک یا همزیست با گیاهان زندگی می‌کنند. نیتروژن تثبیت شده در این باکتری‌ها به مقدار قابل توجهی دفع، و یا پس از مرگ آنها برای گیاهان قابل دسترس می‌شود. مهم‌ترین انواع تثبیت نیتروژن، در ادامهٔ این فصل توضیح داده خواهد شد.

امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن موردنیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

در شکل ۱ انواع دیگری از باکتری‌های خاک دیده می‌شوند. نقش هر یک از آنها در تغییر و تبدیل مواد نیتروژن‌دار چیست؟



شکل ۱ـ تغییرات مواد نیتروژن‌دار و چگونگی جذب آنها از خاک

جذب فسفر

فسفر (P) از دیگر عناصر معدنی است که کمبود آن، رشد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان، فسفر مورد نیاز خود را به‌صورت یون‌های فسفات (PO_4^{3-}) از خاک به دست می‌آورند. گرچه فسفات در خاک فراوان است، اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس است. یکی از دلایل، این است که فسفات به بعضی ترکیبات معدنی خاک به‌طور محکمی متصل می‌شود. برخی گیاهان برای جبران، شبکهٔ گسترده‌تری از ریشه‌ها و یا ریشه‌های دارای تار کشندهٔ بیشتر ایجاد می‌کنند که جذب را افزایش می‌دهد.

بیشتر بدانید

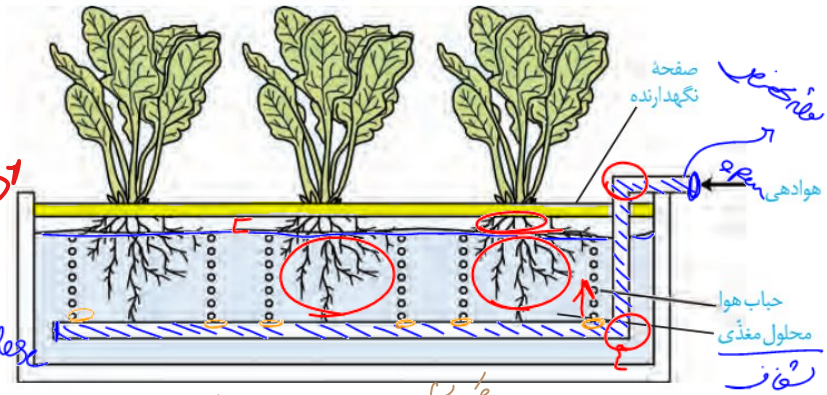
به‌دلیل اینکه بیشتر کشور ما دارای اقلیم خشک و یا شور است، عناصری

بهبود خاک

خاکِ مناطق مختلف ممکن است دچار کمبود برخی مواد یا فزونی مواد دیگر باشد. اصلاح این خاک‌ها می‌تواند آنها را برای گیاهان قابل کشت کند. اگر این خاک‌ها دچار کمبود باشند، با افزودن کود می‌توان حاصلخیزی آنها را افزایش داد. زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان، آنها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند (شکل ۲). این محلول‌ها، آب و عناصر مغذی محلول به مقدار معین دارند. از این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود.

مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در اغلب خاک‌ها محدود است، به همین دلیل در بیشتر کودها این عناصر وجود دارند. کودهای مهم در انواع آلی، شیمیایی و زیستی (بیولوژیک) وجود دارند. کودهای آلی، شامل بقایای درحال تجزیه جانداران‌اند. این کودها مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کنند و چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند، استفادهٔ بیش از حدّ آنها به گیاهان آسیب کمتری می‌زند. از معایب این کودها، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زاست.

کودهای شیمیایی شامل مواد معدنی هستند که به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند؛ بنابراین می‌توانند به سرعت، کمبود مواد مغذّی خاک را جبران کنند. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی می‌تواند آسیب‌های زیادی به خاک و محیط‌زیست وارد و بافت خاک را تخریب کند. از طرفی، با شسته شدن توسط بارش‌ها، این مواد به آب‌ها وارد می‌شوند. حضور این مواد باعث رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی می‌شود. افزایش این عوامل مانع نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود و می‌تواند باعث مرگ و میر جانوران آبزی شود.



شکل ۲ـ دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذّی

کودهای زیستی شامل باکتری‌هایی هستند که برای خاک مفید و با فعّالیت و تکثیر خود، مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند. استفاده از این کودها بسیار ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است. این کودها معمولاً به همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شوند و معایب دو نوع کود دیگر را ندارند.

همان‌طور که کاهش عناصر مغذی در خاک برای گیاهان زیان‌بار است، افزایش بیش از حدّ بعضی مواد در خاک می‌تواند مسمومیت ایجاد کند و مانع رشد گیاهان شود. بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از این مواد را درون خود به‌صورت ایمن نگهداری کنند؛ مثلاً نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمّی برای گیاه است، در خود جمع کند. بعضی گیاهان می‌توانند آلومینیم را نیز در بافت‌ها ذخیره کنند. مثلاً گیاه گل ادریسی که در خاک‌های خنثی و قلیایی صورتی رنگ هستند در خاک‌های اسیدی آبی رنگ می‌شوند. این تغییر رنگ به علت تجمع آلومینیوم در گیاه

است (شکل ۳). بعضی گیاهان نیز با جذب و ذخیرهٔ نمک‌ها موجب کاهش شوری خاک می‌شوند. با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی‌درپی می‌توان باعث کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن شد.

الف) ب)

شکل ۳ـ الف) رنگ گل گیاه ادریسی در خاک‌های اسیدی، ب) قلیایی و خنثی

فعالیت ۲

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان تأثیر کاهش یا افزایش مواد معدنی را در رشد و نمو گیاهان تعیین کرد.

بیشتر بدانید

کبوترخانه: سازگار با طبیعت

کشاورزی به‌عنوان راهی برای تأمین غذای انسان همواره مورد توجه بوده است. پیشینیان می‌دانستند که کشت‌وکار مداوم باعث کاهش مواد مورد نیاز رشد گیاهان می‌شود. به همین منظور از مدفوع جانوران برای تقویت خاک‌های کشاورزی استفاده می‌کردند. آنها می‌دانستند که مدفوع کبوتر، کودی مناسب برای حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی است. در پرندگان محل خروج ادرار و مواد دفعی از دستگاه گوارش یکی است و چون مدفوع شامل ادرار نیز می‌شود کودی غنی به حساب می‌آید. همچنین در مقایسه با مدفوع جانوران دیگر، مشکلات کمتری دارد. در ایران برای استفاده حداکثر از مدفوع پرندگان برج‌های گلی، معروف به کبوترخانه برای پرورش کبوترها و جمع‌آوری مدفوع آنها با مهندسی دقیق و در نظرگرفتن امنیت کبوترها ساخته شدند که بعضی همچنان پابرجا هستند. معماری این برج‌ها به گونه‌ای بود که امکان ورود پرندگان شکاری به کبوترخانه وجود نداشت و کبوترها می‌توانستند در امنیت و آسایش در آشیانه‌های ساخته شده در فضای درونی کبوترخانه، به زندگی و پرورش زاده‌ها بپردازند. استفاده از مدفوع پرنده برای حاصل‌خیزی زمین که با محیط‌زیست سازگار بود، نشانه‌ای از شناخت طبیعت و بهره‌برداری مناسب از آن است.

CamScanner

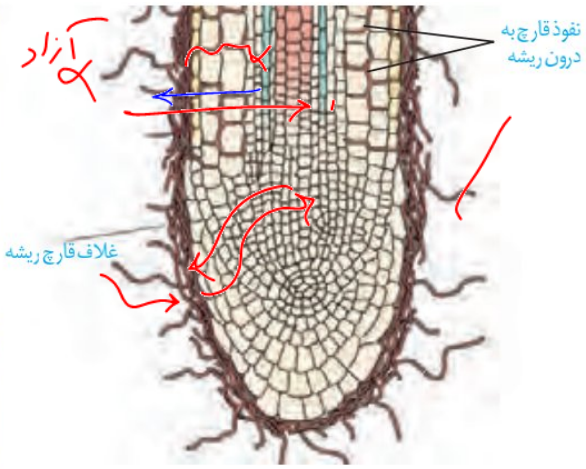
گفتار ۲ جانداران مؤثر در تغذیهٔ گیاهی

گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، **قارچ‌ریشه‌ای‌ها (میکوریزا)** و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن هستند.

۱ قارچ ریشه‌ای

یکی از معمول‌ترین سازگاری‌ها برای جذب آب و مواد مغذّی، همزیستی ریشهٔ گیاهان با انواعی از قارچ‌ها است که به آن قارچ‌ریشه‌ای گفته می‌شود (شکل ۴). حدود ۹۰ درصد گیاهان دانه‌دار با قارچ‌ها همزیستی دارند. این قارچ‌ها در سطح ریشه زندگی می‌کنند. رشته‌های ظریفی به درون ریشه می‌فرستند که تبادل مواد را با آن انجام می‌دهند. (در قارچ‌ریشه‌ای، قارچ، مواد آلی را از ریشهٔ گیاه می‌گیرد و برای گیاه، مواد معدنی و به خصوص فسفات فراهم می‌کند.) (پیکر رشته‌ای و بسیار ظریف قارچ‌ها، نسبت به ریشهٔ گیاه با سطح بیشتری از خاک در تماس است و می‌تواند مواد معدنی بیشتری را جذب کند.)

ب)



الف)

شکل ۴ــ همزیستی ریشهٔ گیاه با قارچ و نتایج آن. الف) طرح سادهٔ نوعی قارچ ریشه‌ای که غلافی را روی ریشهٔ گیاه تشکیل می‌دهد. بخش کوچکی از قارچ به درون ریشه نفوذ و در تبادل مواد شرکت می‌کند.
ب) مقایسهٔ دو گیاه که یکی با کمک قارچ ریشه‌ای (چپ) و دیگری بدون آن (راست) و در وضعیت برابر محیطی رشد کرده است.

همزیستی گیاه با تثبیت کننده‌های نیتروژن

برخی گیاهان با انواعی از باکتری‌ها همزیستی دارند که این همزیستی برای به دست آوردن نیتروژن بیشتر است. دو گروه مهم این باکتری‌ها عبارت‌اند از:

1 ریزوبیوم‌ها و 2 سیانوباکتری‌ها.

ریزوبیوم: از گذشته برای تقویت خاک، تناوب کشت انجام می‌شد که در آن گیاهان زراعی مختلف به صورت پی‌در پی کشت می‌شد. یکی از انواع گیاهانی که در تناوب کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران است (دلیل این نام‌گذاری، شباهت گل‌های آنها به پروانه است). سویا، نخود و یونجه از گیاهان مهم زراعی این تیره هستند. در ریشهٔ این گیاهان و در محل برجستگی‌هایی به نام **گرهک**، نوعی باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن به نام ریزوبیوم زندگی می‌کند (شکل ۵). هنگامی که این گیاهان می‌میرند یا بخش‌های هوایی آنها برداشت می‌شود، گرهک‌های آنها در خاک باقی می‌ماند و گیاخاک غنی از نیتروژن ایجاد می‌کنند. ریزوبیوم‌ها با تثبیت نیتروژن، نیاز گیاه را به این عنصر برطرف می‌کنند و گیاه نیز مواد آلی مورد نیاز باکتری را برای آن فراهم می‌کند.

شکل ۵ـ گرهک‌های ریشهٔ گیاهان تیره پروانه‌واران

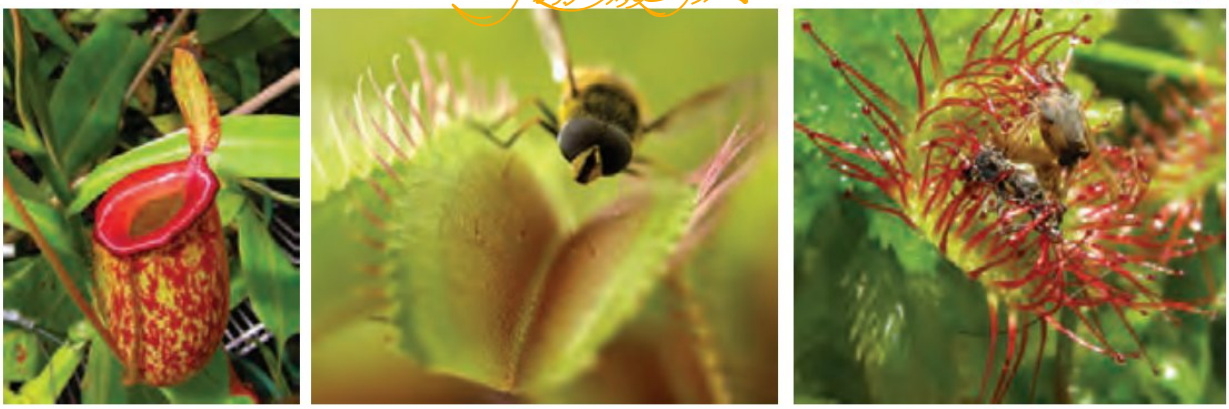
همزیستی با سیانوباکتری‌ها. سیانوباکتری‌ها نوعی از باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که بعضی از آنها می‌توانند علاوه بر فتوسنتز، تثبیت نیتروژن هم انجام دهند. آزولا گیاهی کوچک است که در تالاب‌های شمال و مزارع برنج کشور به فراوانی وجود دارد. گیاه آزولا با سیانوباکتری‌ها همزیستی دارد و نیتروژن تثبیت‌شدهٔ آن را دریافت می‌کند (شکل ۶ـ الف). گیاه **گونرا** نیز در نواحی فقیر از نیتروژن رشد شگفت‌انگیزی دارد. چگونه این گیاه با وجود کمبود نیتروژن چنین رشدی دارد؟ سیانوباکتری‌های همزیست درون ساقه و دمبرگ این گیاه، تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند و از محصولات فتوسنتزی گیاه استفاده می‌کنند (شکل ۶ـ ب).

شکل ۶ـ الف) گیاه آبزی آزولا، ب) گیاه گونرا

روش‌های دیگر به دست آوردن مواد غذایی در گیاهان

گیاهان حشره‌خوار: این گیاهان فتوسنتزکننده‌اند، ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی برگ‌ها برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، تغییر کرده‌است. گیاه **توبره‌واش** که از گیاهان حشره‌خوار است در تالاب‌های شمال کشور می‌روید. این گیاه حشرات و لارو آن‌ها را به سرعت به درون بخش کوزه مانند خود می‌کشد و سپس گوارش می‌دهد. در شکل ۸، انواع دیگری از گیاهان حشره‌خوار نشان داده شده است.

شکل ۷ـ توبره واش



شکل ۸ـ چند نوع گیاه حشره‌خوار.

گیاهان انگل: انواعی از گیاهان وجود دارند که همه یا بخشی از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند. گیاه سِس، نمونه‌ای از این گیاهان است. این گیاه ساقهٔ نارنجی یا زردرنگی تولید می‌کند که فاقد ریشه است. گیاه سس به دور گیاه سبز میزبان خود می‌پیچد و اندام‌های مکنده ایجاد می‌کند (شکل ۹ـ الف) که به درون آوندهای گیاه نفوذ، و مواد مورد نیاز انگل را جذب می‌کند. گل جالیز نمونهٔ دیگری از این گیاهان است که با ایجاد اندام مکنده و نفوذ آن به ریشهٔ گیاهان جالیزی، مواد مغذّی را دریافت می‌کند (شکل ۹ـ ب).

شکل ۹ـ گیاهان انگل: الف) گیاه سس ب) گیاه گل جالیز در کنار بوتهٔ گوجه‌فرنگی

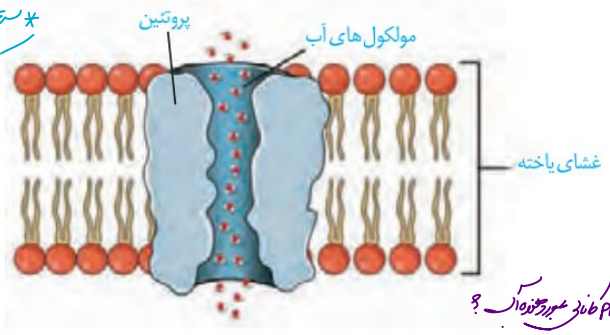
گفتار ۳ انتقال مواد در گیاهان

انتقال از خاک به برگ

آب و مواد مورد نیاز گیاهان، که از خاک اطراف ریشه‌ها جذب می‌شود و در مسیرهایی به ساقه و برگ می‌رود. بخش زیادی از آب جذب شده از سطح برگ‌ها به هوا تبخیر می‌شود. (خروج آب به صورت بخار از سطح اندام‌های هوایی گیاه **تعرق** نامیده می‌شود.) تعرق، سازوکار لازم را برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ فراهم می‌کند. جابه‌جایی مواد در گیاهان را می‌توان در دو مسیر کوتاه و بلند بررسی کرد؛ در مسیر کوتاه، جابه‌جایی آب و مواد در سطح یاخته یا چند یاخته بررسی می‌شود. در مسیر بلند، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی‌تر بررسی می‌شود. این مسافت در بعضی درختان به بیش از صدمتر می‌رسد. در هر دوی این مسیرها آب به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ مواد، نقش اساسی دارد که این نقش به علت ویژگی‌های آن است.

جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

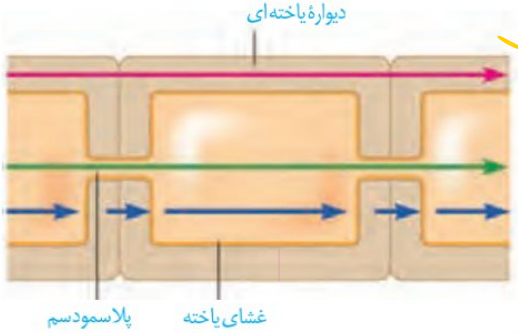
۱ انتقال مواد در سطح یاخته‌ای: در این حالت، جابه‌جایی مواد با فرایندهای فعّال و غیرفعّال و در حد یاخته انجام می‌شود. با این فرایندها قبلاً آشنا شدید. شیوه‌هایی مثل انتشار و انتقال فعّال، نمونه‌هایی از این روش‌هاست. برای انتقال آب در عرض غشای بعضی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول بعضی یاخته‌های گیاهی، پروتئین‌هایی دخالت دارند که سرعت جریان آب را افزایش می‌دهند. هنگام کم‌آبی، ساخت این پروتئین‌ها تشدید می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ــ پروتئین تسهیل کننده عبور آب در غشا

۲ انتقال مواد در عرض ریشه: در عرض ریشه، انتقال آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود: انتقال از **عرض غشا**، انتقال **سیمپلاستی** و انتقال **آپوپلاستی**.

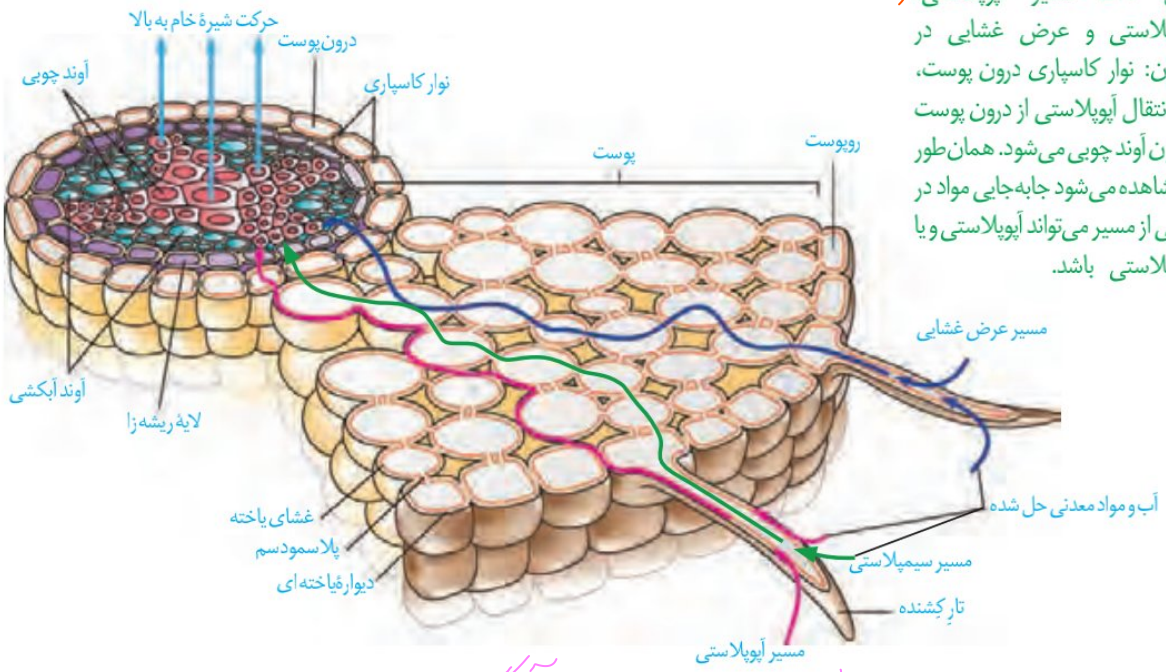
انتقال عرض غشایی، شامل جابه‌جایی مواد از عرض غشای یاخته است. سیمپلاست به معنی پروتوپلاست همراه با پلاسمودسم‌ها است. انتقال سیمپلاستی حرکت مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاختهٔ مجاور، از راه پلاسمودسم‌هاست. آب و بسیاری از مواد محلول می‌توانند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شوند (شکل ۱۱). منافذ پلاسمودسم آن‌قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی از آن عبور می‌کنند. در مسیر آپوپلاستی، حرکت مواد محلول از فضاهای بین یاخته‌ای و دیوارهٔ یاخته‌ای انجام می‌شود.



شکل ۱۱ــ شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

آب و مواد محلول در عرض ریشه سرانجام به درونی ترین لایهٔ پوست به نام **درون پوست (آندودرم)** می‌رسند. درون‌پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۲). یاخته‌های درون‌پوست در دیوارهٔ

شکل ۱۲ـ مسیر آپوپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی در گیاهان: نوار کاسپاری درون پوست، مانع انتقال آپوپلاستی از درون پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آپوپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.

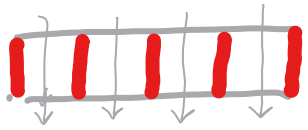


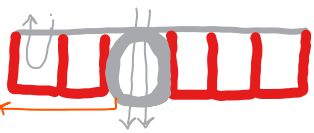
جانبی خود دارای نواری از جنس چوب‌پنبه (سوبرین) هستند که به آن **نوار کاسپاری** گفته می‌شود. بنابراین آب و مواد محلول آن نمی‌توانند از طریق مسیر آپوپلاستی وارد یاخته‌های درون‌پوست شوند.

① یاخته‌های درون‌پوست انتقال مواد را کنترل می‌کنند. این لایه در ریشه مانند صافی عمل می‌کند که مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر مسیر آپوپلاستی به درون گیاه می‌شوند. درون‌پوست، همچنین از

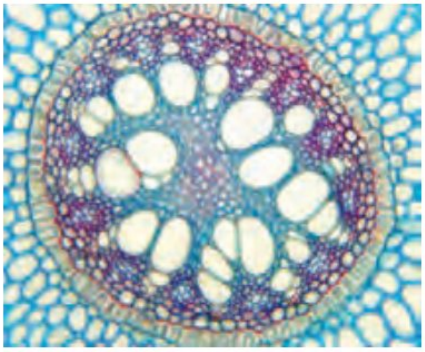
② برگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه جلوگیری می‌کند. بعد از درون پوست حرکت در هر سه مسیر ادامه می‌یابد. مواد به آوندهای چوبی منتقل، و آمادهٔ جابه‌جایی برای مسیرهای طولانی‌تر می‌شود که به این فرایند **بارگیری چوبی** گفته می‌شود.

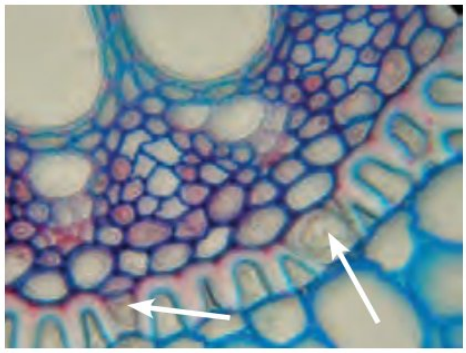
در ریشهٔ بعضی گیاهان، نوار کاسپاری علاوه بر دیواره‌های جانبی درون‌پوست، دیوارهٔ پشتی را نیز می‌پوشاند و انتقال مواد از این یاخته‌ها را غیرممکن می‌کند. در برش عرضی و زیر میکروسکوپ نوری این یاخته‌ها ظاهر نعلی یا U شکل دارند (شکل ۱۳). در این گیاهان یاخته‌های درون‌پوستی ویژه‌ای، به نام **یاختهٔ معبر** وجود دارند که فاقد نوار کاسپاری در اطراف خود هستند و انتقال مواد به آوندها از طریق این یاخته‌ها انجام می‌شود.





CamScanner





شکل ۱۳ـ تصویر میکروسکوپی مقطع عرضی ریشهٔ نوعی گیاه. یاخته‌های معبر با پیکان نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون‌پوست در این ریشه‌ها به صورت نعلی شکل (U) دیده می‌شود.

انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

شیرهٔ خام در گیاهان، گاه تا فواصل بسیار طولانی جابه‌جا می‌شود. انتشار برای فواصل طولانی، کارامد نیست. در گیاهان، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی توسط **جریان توده‌ای** انجام می‌شود.

سرعت انتشار آب و مواد در گیاه، چند میلی‌متر در روز است ولی در جریان توده‌ای، این سرعت به چندین متر در روز می‌رسد. جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت اثر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژهٔ آب انجام می‌شود.

فشار ریشه‌ای: یاخته‌های درون‌پوست و یاخته‌های زنده پیرامون آوندهای ریشه، با انتقال فعّال، یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی منتقل می‌کنند. این عمل باعث افزایش مقدار این یون‌ها، افزایش فشار اسمزی و درنتیجه ورود آب به درون آوند چوبی می‌شود. در اثر تجمع آب و یون‌ها، فشار در آوندهای چوبی ریشه افزایش می‌یابد و فشار ریشه‌ای را ایجاد می‌کند. فشار ریشه‌ای باعث هل دادن شیرهٔ خام به سمت بالا می‌شود (شکل ۱۴). در بیشتر گیاهان، فشار ریشه‌ای در صعود شیرهٔ خام نقش کمی دارد و در بهترین حالت می‌تواند چند متر آن را به بالا بفرستد. پس چه عاملی باعث حرکت شیرهٔ خام به نوک درختان بسیار بلند می‌شود؟

تعرق: عامل اصلی انتقال شیرهٔ خام، مکشی است که در اثر تعرق از سطح گیاه ایجاد می‌شود (شکل ۱۵). علت تعرق نیز حرکت آب از محل دارای آب بیشتر به محل با آب کمتر است. ستون آب درون آوندهای چوبی پیوسته است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های **هم‌چسبی** و **دگرچسبی** مولکول‌های آب است.

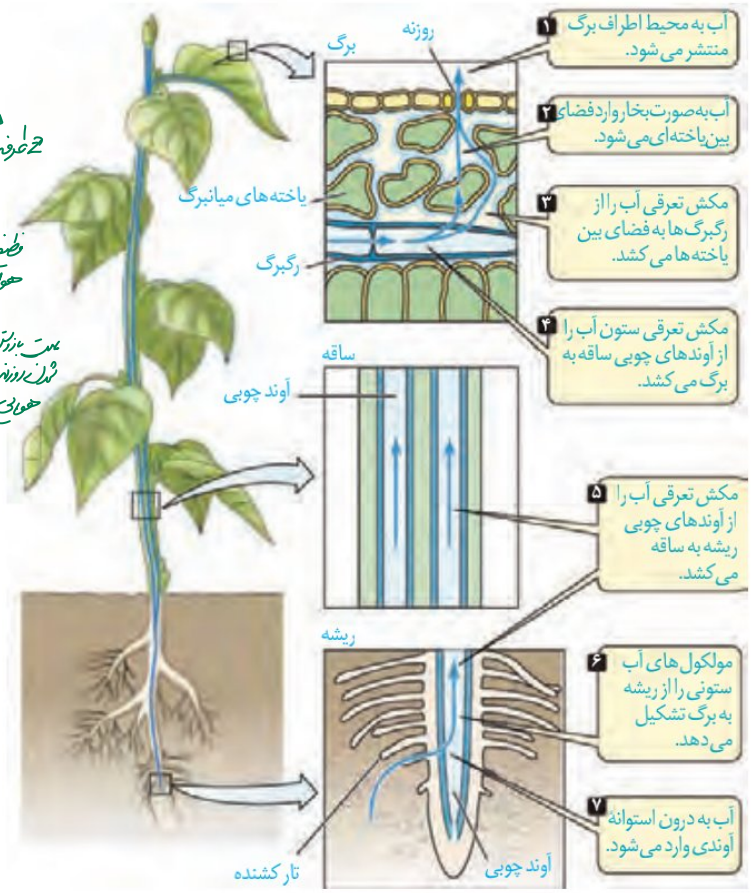
شکل ۱۴ـ آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای

بیشتر تعرق گیاهان از روزنه‌های برگ انجام می‌شود. نیروی مکش تعرق آن‌قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند باعث کاهش قطر تنهٔ یک درخت شود؛ هرچند این کاهش اندک است. اگر دیوارهٔ آوندهای چوبی استحکام کافی نداشت به‌راحتی در اثر مکش تعرق، له می‌شد.

CamScanner

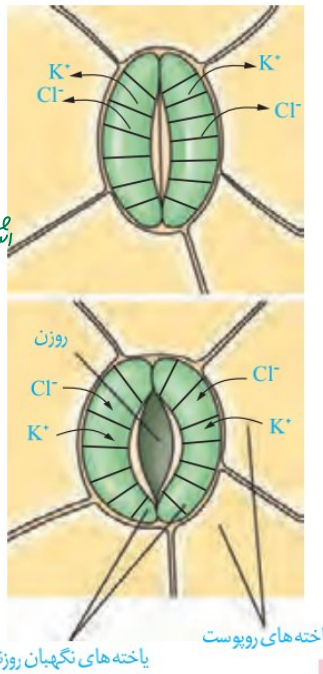
در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ (روزن) بین یاخته‌های نگهبان روزنهٔ هوایی انجام می‌شود.

روزنه‌های هوایی می‌توانند با باز و بسته‌شدن، مقدار تعرق را تنظیم کنند. باز و بسته شدن روزنه به‌دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار تورژسانس آنها است. جذب آب به دنبال انباشت مواد محلول در یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود. عوامل محیطی و عوامل درونی گیاه بازوبسته‌شدن روزنه ها را تنظیم می‌کنند. مثلاً نور با تحریک انباشت K^+ و Cl^- در یاختهٔ نگهبان، فشار اسمزی یاخته‌ها را افزایش می‌دهد و آب از یاخته‌های مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شود. در نتیجه، یاخته‌ها دچار تورژسانس شده و به علت ساختار ویژهٔ آنها، روزنه باز می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها هم، به علت خروج آب از یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۵ــ حرکت شیرهٔ خام، تحت تأثیر مکش تعرقی

ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه: دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه، ساختار خاصی دارند که با جذب آب، افزایش طول پیدا می‌کنند. یکی از این عوامل، آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی است که مانند کمربندی دور دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند. این کمربندهای سلولزی، هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش عرضی یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شوند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت در دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان روزنه است. هنگام تورژسانس، به علت ضخامت کمتر، دیوارهٔ پشتی یاخته بیشتر منبسط می‌شود. این دو ویژگی باعث می‌شود هنگام جذب آب و تورژسانس، یاخته‌ها خمیدگی پیدا کنند و روزنهٔ هوایی باز شود. در این حالت امکان تبادل گازها، فراهم می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ــ چگونگی باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

عوامل مؤثر بر باز و بسته‌شدن روزنه‌ها

در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن‌دی‌اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند. افزایش مقدار نور، دما و کاهش کربن‌دی‌اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌ها در گیاهان شود. کاهش شدید رطوبت هوا باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

رفتار روزنه‌ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس‌ها، در حضور نور متفاوت است و سبب می‌شود در طول روز، روزنه‌ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود. کاهش تعداد روزنه‌ها، کاهش تعداد یا سطح برگ‌ها نیز از سازگاری‌های گیاهان برای زندگی در محیط‌های خشک هستند. شما چه سازگاری‌های دیگری را می‌شناسید؟

فعّالیت ۳

مشاهدهٔ روزنه‌های سطح پشتیِ برگ

الف) یک برگ شاداب تره را انتخاب کرده و سطح پشتی و رویی آن را مشخص کنید.

ب) برگ را از محل رگبرگ میانی به بیرون شکسته ولی روپوست را پاره نکنید. هر نیمه را به‌نحوی به طرفین بکشید تا روپوست نازک آن از بافت‌های زیرین جدا شود. این کار اگر با دقت انجام شود روپوست غشایی و بی‌رنگ را جدا می‌کند.

پ) نمونه را در یک قطرهٔ آب، روی تیغه شیشه‌ای قرار دهید و با تیغک بپوشانید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در بزرگ‌نمایی‌های مختلف مشاهده کنید. آیا می‌توانید سبزدیسه‌ها را در این یاخته‌ها ببینید؟

ت) تعداد روزنه‌های موجود در میدان دید را شمارش کنید. تعداد روزنه را در واحد سطح برگ تعیین کنید.

ث) با استفاده از تیغ تیز و با احتیاط، نمونه‌های روپوست پشتی را از برگ گیاهان میخک، شمعدانی و برگ بیدی تهیه و زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. یاخته‌های روپوست و نگهبان روزنه را در این گیاهان و تره مقایسه کنید.

تعریق

در هنگام شب یا در هوای بسیار مرطوب که شدت تعرق کاهش می‌یابد، یاخته‌های درون‌پوست همچنان به پمپ کردن یون‌های معدنی به درون استوانهٔ آوندی ادامه می‌دهند. اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد از مقدار تعرق آن از سطح برگ بیشتر باشد، آب به صورت قطراتی از انتها یا لبهٔ برگ‌های بعضی گیاهان علفی خارج می‌شود که به آن **تعریق** می‌گویند (شکل ۱۷). گرچه شرایط محیطی ایجادکنندهٔ تعریق مشابه شرایط ایجاد شبنم است، این دو پدیده را نباید با هم اشتباه گرفت. تعریق از ساختارهای ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی انجام می‌شود و نشانهٔ فشار ریشه‌ای است. این روزنه‌ها همیشه باز هستند و محل آنها در انتها یا لبهٔ برگ‌هاست.

شکل ۱۷ــ تعریق در گیاهان

تعرق ≠ تعریق ≠ شبنم

CamScanner

فعالیت ۴

مشاهدهٔ باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

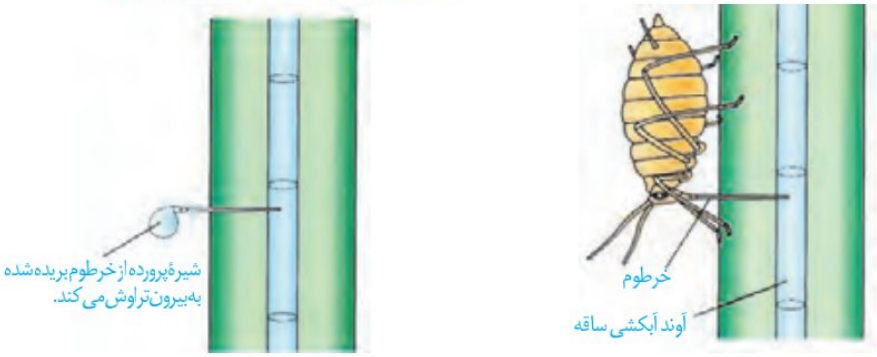
الف) همانند فعّالیت قبل، روپوست تره یا کاهو را تهیه کنید و درون محلول‌های ۰/۵ درصد KCl، آب خالص و آب نمک ۴ درصد در روشنایی قرار دهید. مشابه این نمونه‌ها را تهیه و در تاریکی قرار دهید.

ب) پس از ۱۵ دقیقه، روپوست را در یک قطره از همان مایعی که درون آن قرار دارد، زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. در کدام محلول‌ها روزنه‌ها باز و در کدام بسته‌اند؟ آیا میزان باز یا بسته بودن روزنه‌ها یکسان است؟ چرا؟

پ) پس از ۱۵ دقیقه نمونه‌های تاریکی را به سرعت زیر میکروسکوپ مشاهده کنید. چرا باید به سرعت آنها را مشاهده کنیم؟ وضعیت روزنه‌ها را با مرحلهٔ قبل مقایسه کنید.

حرکت شیرهٔ پرورده

می‌دانید که شیرهٔ پرورده، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کند. حرکت شیرهٔ پرورده در همهٔ جهات می‌تواند انجام شود. بخشی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های دیگر گیاه را تأمین می‌کند، **محل منبع** و بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا می‌روند و ذخیره (مثلاً ریشه) یا مصرف (گل) می‌شوند، **محل مصرف** نامیده می‌شود. برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های منبع هستند. بخش‌های ذخیره‌کنندهٔ مواد آلی، هنگام ذخیرهٔ این مواد، محل مصرف و هنگام آزادسازی آن، محل منبع به شمار می‌آیند. برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده می‌توان از شته‌ها استفاده کرد (شکل ۱۸).

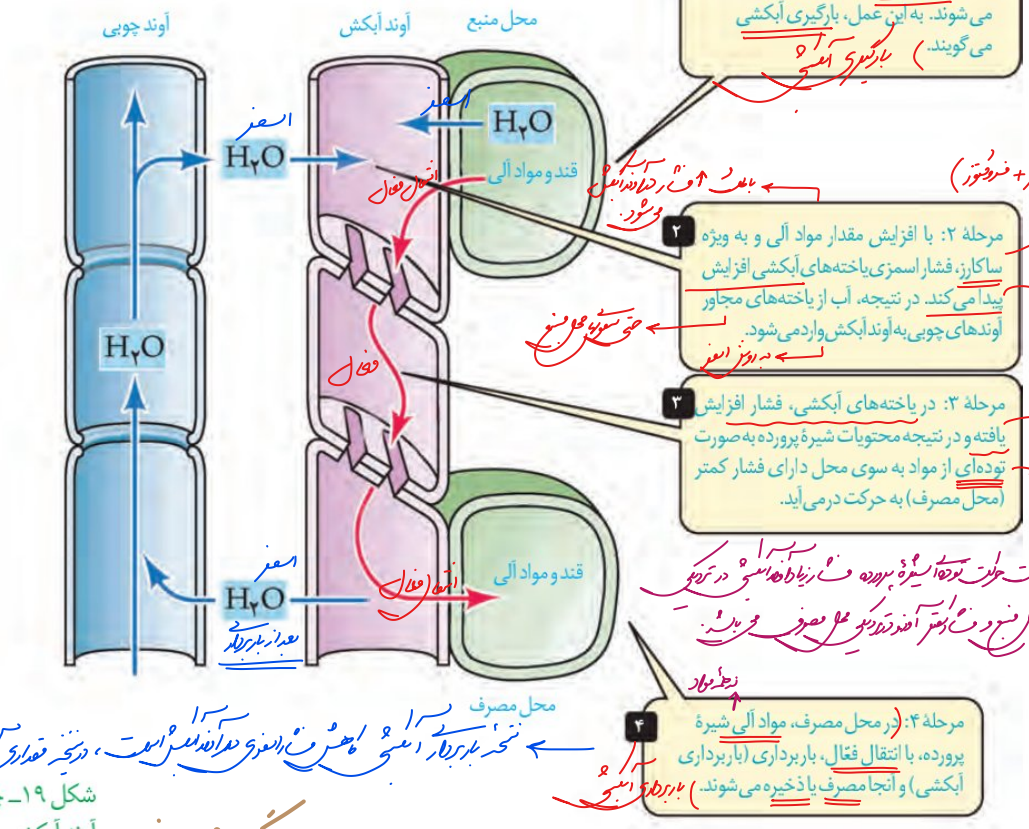


شکل ۱۸ــ استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده

چگونگی حرکت شیرهٔ پرورده:

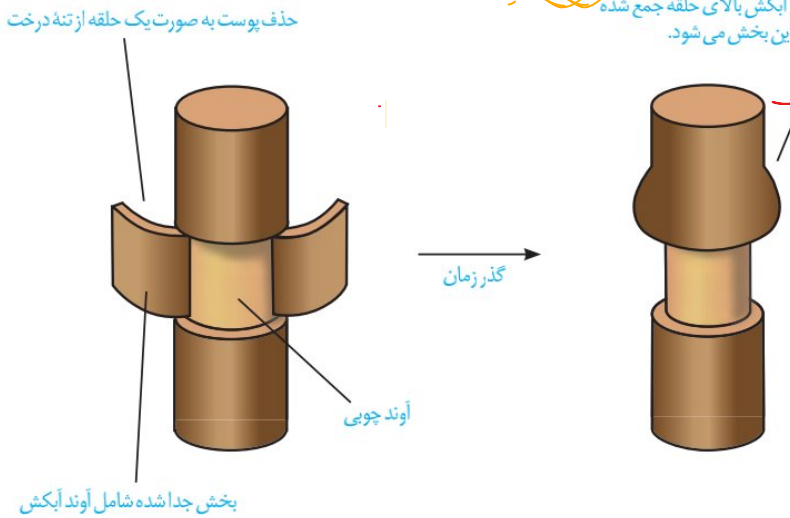
حرکت شیرهٔ پرورده از طریق سیتوپلاسم یاخته‌های زندهٔ آبکشی و از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر انجام می‌شود. بنابراین حرکت شیرهٔ پرورده از شیرهٔ خام کندتر و پیچیده‌تر است. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست مونش، **الگوی جریان فشاری** را برای جابه‌جایی شیرهٔ پرورده، ارائه داده است که در شکل ۱۹ به طور خلاصه مشاهده می‌کنید.

CamScanner



شکل ۱۹ـ چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش

مواد آلی در گیاهان به صورت تنظیم‌شده، تولید و مصرف می‌شوند. برای مثال در گل‌دهی یا تولید میوه، گاهی تعداد محل‌های مصرف، بیشتر از آن است که محل‌های منبع بتوانند مواد غذایی آنها را فراهم کنند. در این موارد ممکن است گیاه به حذف بعضی گل‌ها، دانه‌ها یا میوه‌های خود اقدام کند تا مقدار کافی مواد قندی به محل‌های مصرفِ باقی‌مانده برسد. در باغبانی، برای داشتن میوه‌های درشت‌تر، تعدادی از گل‌ها یا میوه‌های جوان را می‌چینند تا درختان میوه‌هایی کمتر ولی درشت‌تر به بار آورند.



شکل ۲۰ـ طرحی برای نشان دادن محل آوند آبکش و جهت جریان شیرهٔ پرورده. تورم در بالای حلقه نشان می‌دهد که شیرهٔ پرورده فقط در آوند آبکش و نه در آوند چوبی (بخش باقیمانده در تنه) جریان دارد.