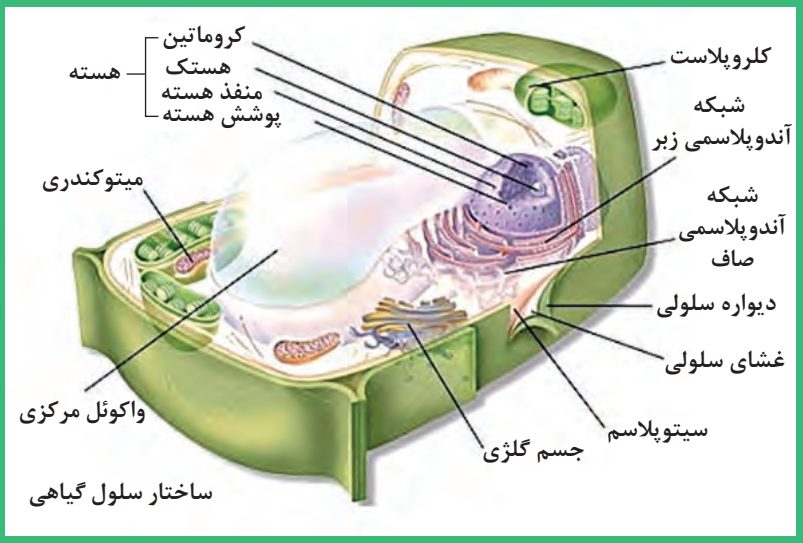
# پودمان ۵

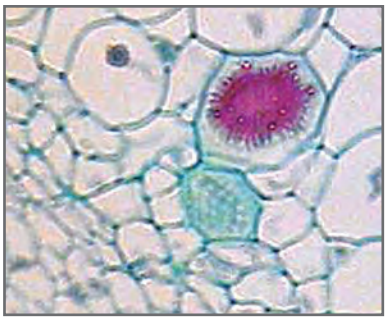
# گیاه‌شناسی



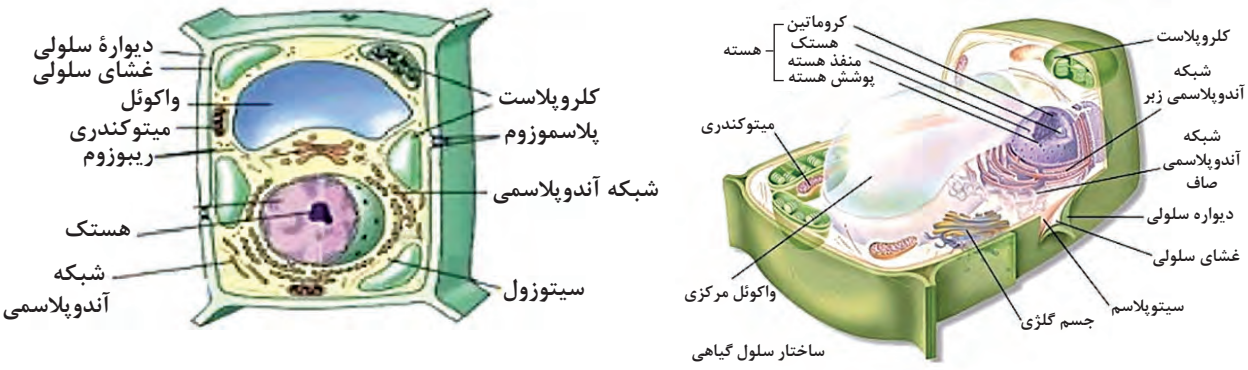
ساختار سلول گیاهی

## ■ یاخته گیاهی

امروزه سلول به‌عنوان واحد ساختمانی همه موجودات زنده معرفی می‌شود و درباره هریک از اجزای تشکیل‌دهنده آن بررسی‌های متعددی به‌عمل می‌آید. اگر گفته می‌شود که سلول، واحد ساختار و کار موجودات زنده است، این گفته نه تنها در تک سلولی‌ها بلکه در جاندارانی که بدنشان از میلیاردها سلول تشکیل شده نیز صادق است. زیرا، زندگی این موجود پرسلولی وابسته به‌فعالیت هماهنگ اجزای تشکیل‌دهنده آنها است. به‌طور کلی هر سلول گیاهی شامل دو بخش پروتوپلاسم و دیواره است.



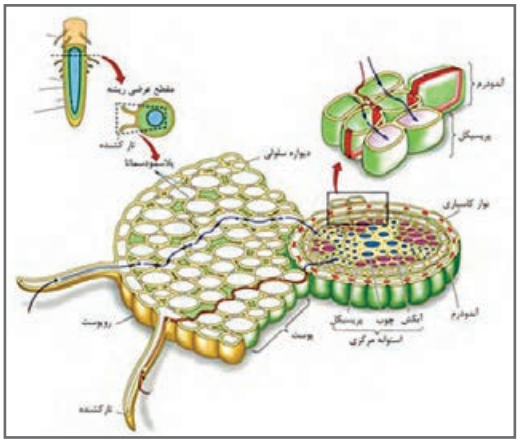
شکل ۱




شکل ۲

پروتوپلاسم که فعال‌ترین بخش زنده سلول به‌شمار می‌آید از سیتوپلاسم و هسته تشکیل یافته است. دور سیتوپلاسم را غشایی به نام غشای سیتوپلاسمی (پلاسمولا) فراگرفته که بین دیواره سلول و سیتوپلاسم واقع است. در سیتوپلاسم اندامک‌های متفاوتی وجود دارد. هسته حاوی مولکول‌های وراثتی بوده و به‌وسیله غشایی احاطه می‌شود. در سلول‌های ابتدایی (پست) مانند باکتری‌ها هسته مشخص یافت نمی‌شود ولی اجزای مهم هسته یعنی مولکول‌های وراثتی وجود دارند.

در بخش خارجی غشایی سیتوپلاسمی هر سلول گیاهی دیواره‌ای به‌نام دیواره سلولی وجود دارد. این دیواره به‌منزله اسکلت خارجی سلول بوده، به آن شکل می‌دهد و از محتویات درون آن محافظت می‌کند و همچنین مسئول استحکام و سختی بعضی از بافت‌های گیاهی است. بعضی از سلول‌های گیاهی مانند آنتروزوئیدهای مژک‌دار خزه‌ها، نهان‌زادان آوندی و برخی از بازدانگان ابتدایی فاقد دیواره‌سلولی هستند. دیواره‌سلولی که معمولاً از چند لایه به‌وجود می‌آید به‌وسیله پروتوپلاسم ترشح و ساخته می‌شود. در یک سلول درحال تقسیم



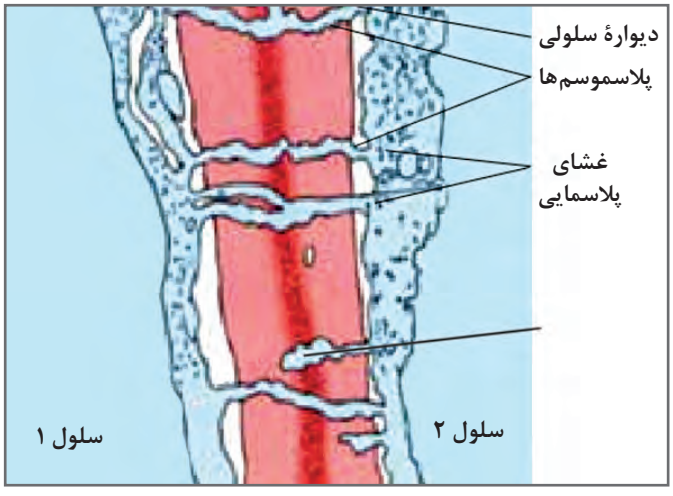
شکل ۳

که در دو قطب آن دو هسته جدید پدید آمده، لایه نازکی در استوای سلول تشکیل می‌شود و مقدمات تشکیل دو سلول جدید را فراهم می‌آورد. این لایه را تیغه میانی می‌گویند. این تیغه مانند سیمانی موجب اتصال سلول‌های مجاور می‌شود. ضمن بزرگ شدن سلول‌ها لایه نازک جدیدی به‌نام دیواره نخستین به‌وسیله هر سلول درطرفین تیغه میانی ساخته می‌شود. در عده‌ای از سلول‌ها علاوه بر تیغه میانی و دیواره نخستین، دیواره دیگری به نام دیواره دومین نیز ساخته می‌شود.

در بافت‌های چوبی دیواره سلولی به‌خاطر رسوب ماده‌ای به‌نام چوب یا لیگنین باز هم ضخامت بیشتری حاصل می‌کند؛ به‌طوری که در بعضی از این قبیل سلول‌ها ضخامت دومین دیواره به‌حدی می‌رسد که جایی برای سیتوپلاسم باقی نخواهد گذاشت و در این حالت سلول می‌میرد. باید توجه داشت که ضخیم شدن دیواره سلولی از بیرون به‌درون صورت می‌گیرد. یعنی دیواره دومین جوان‌تر بوده و مجاور غشای سیتوپلاسمی است. به‌همین جهت هرچه دیواره‌سازی بیشتر صورت گیرد، فضای درون سلول کوچک‌تر می‌شود.

## تغییرات دیواره سلولی

دیواره سلولی در سلول‌های بافت‌های گوناگون به‌تناسب کاری که انجام می‌دهد تغییرات جالبی حاصل کرده است. کوتینی شدن، چوب پنبه‌ای‌شدن، چوبی‌شدن، کانی‌شدن و ژله‌ای شدن از جمله این تغییرات است. کوتینی شدن و چوب پنبه‌ای شدن در بافت‌های محافظ گیاه صورت می‌گیرد. در کوتینی شدن روی دیواره خارجی سلول‌ها که با محیط بیرون در تماس است، ماده‌ای به‌نام کوتین ساخته می‌شود. لایه کوتینی را کوتیکول می‌نامند. کوتین ماده‌ای موم شکل است و به‌گروه چربی‌ها تعلق دارد.




شکل ۴

در چوب پنبه‌ای شدن، دیواره دومین سلول‌ها از جنس ماده‌ای به‌نام سوبرین یا چوب‌پنبه است. با مطالعه بافت چوب پنبه‌ای با این نوع تغییر بیشتر آشنا خواهید شد. چوبی شدن در بافت‌های استحکامی و آوندهای چوبی صورت می‌گیرد. در سلول‌های این بافت‌ها ماده‌ای به‌نام چوب یا لیگنین (از گروه هیدرات‌های کربن) ساخته می‌شود و در دیواره سلول‌ها رسوب می‌کند. ضخامت دیواره چوبی تدریجاً زیاد می‌شود و حجم عمده سلول را اشغال می‌کند. در این حالت سلول‌ها می‌میرند.

وقتی دست خود را روی برگ یا ساقه گندم بکشید آن را زبر احساس خواهید کرد. دلیل آن رسوب ترکیبات سیلیسی روی سطوح خارجی سلول‌ها است. اضافه شدن ترکیبات کانی به دیواره سلولی را کانی شدن می‌گویند.

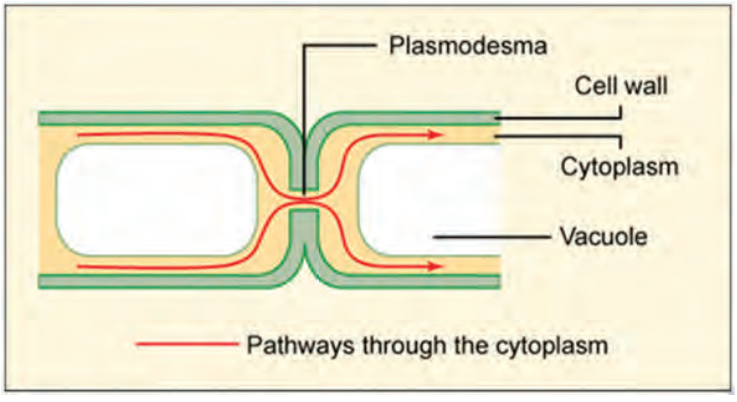
برخی دانه‌ها تولید لعاب می‌نمایند، ترکیبات پکتیکی دانه که در ساختمان دیواره تیغه میانی سلول‌ها به‌کار رفته‌اند و می‌توانند آب زیادی جذب کنند و به‌لعاب یا ژله تبدیل شوند، با ژله‌ای شدن سلول‌های مجاور از هم جدا می‌شوند.

**پلاسمودسماتا:** سلول‌های گیاهی از راه منافذ بسیار ریزی که در هنگام ساخته شدن دیواره اسکلتی پدید می‌آیند، با هم ارتباط پیدا می‌کنند. از راه این منافذ رشته‌های سیتوپلاسمی عبور کرده، دو سلول مجاور را به‌هم پیوند می‌دهند. به هر رشته سیتوپلاسمی ارتباط‌دهنده پلاسمودسم و به مجموعه آنها پلاسمودسماتا می‌گویند.

**لان‌ها:** ضخامت دیواره اسکلتی بین دو سلول مجاور در همه نقاط یکسان نیست. به نقاطی که دیواره دوم در آن نازک باقی می‌ماند و یا به‌وجود نمی‌آید، لان می‌گویند. در محل لان‌ها معمولاً تعدادی پلاسمودسماتا وجود دارد که از راه آنها تبادل بین سلول‌ها امکان‌پذیر می‌شود.

### ■ پلاست‌ها (پلاستیدها)

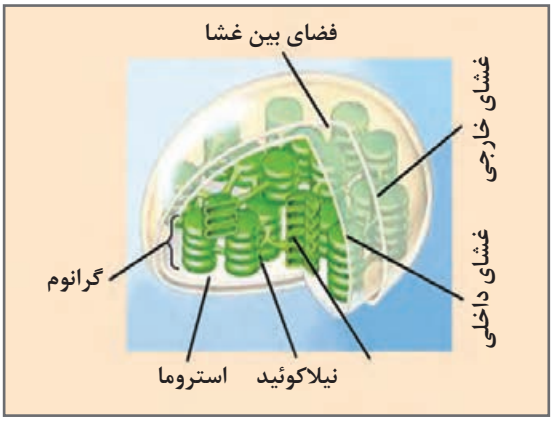
پلاست‌ها اندامک‌هایی هستند که منحصراً در سلول‌های گیاهی و بعضی از موجودات ابتدایی یافت می‌شوند و اندازه‌ای در حدود ۴ تا ۶ میکرون دارند. پلاست‌ها از دانه‌های کوچک‌تری به‌نام پیش پلاست که در سلول‌های تمایز نیافته وجود دارند، پدید می‌آیند. با رشد سلول، پلاست‌ها نیز رشد می‌کنند و وظایف معینی را برعهده می‌گیرند.



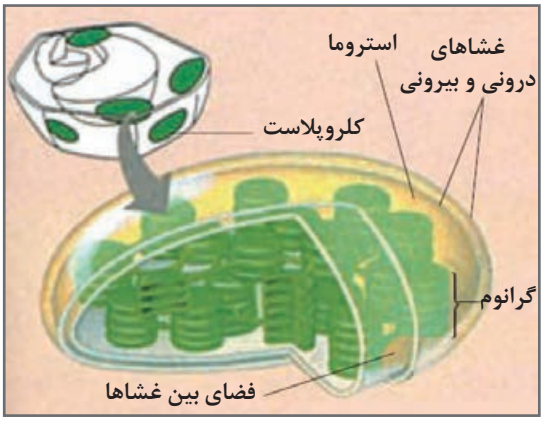

شکل ۵

■ **پلاست‌های اصلی سه نوع‌اند: لوکوپلاست‌ها، کروموپلاست‌ها و کلروپلاست‌ها.**

**کروموپلاست‌ها :** رنگ بسیاری از گلبرگ‌ها، میوه‌ها و برگ‌های پاییزی مربوط به کروموپلاست‌های موجود در سلول‌های آنهاست. رنگیزه‌های موجود در کروموپلاست‌ها در مجموع کاروتنوئید نامیده می‌شوند.
این رنگیزه‌ها عبارت‌اند از: کاروتن (رنگیزه نارنجی)، گزانتوفیل (رنگیزه زرد) و لیکوپن (رنگیزه قرمز). این رنگیزه‌ها همراه کلروفیل در کلروپلاست‌ها نیز یافت می‌شوند. اما از آنجا که در اینجا نسبت کلروفیل بیشتر است، کلروپلاست‌ها به رنگ سبز دیده می‌شوند.




شکل ۶

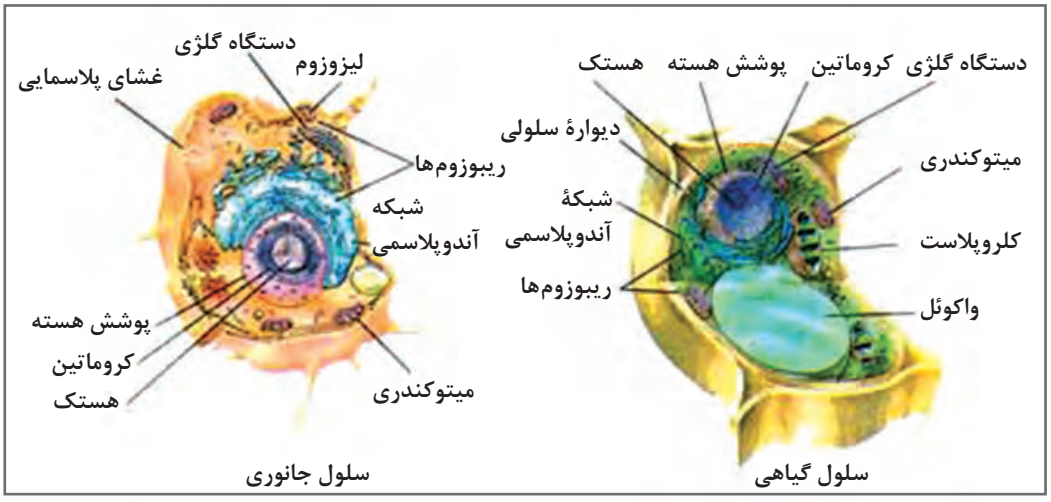



شکل ۷

**کلروپلاست‌ها :** مهم‌ترین پلاست‌ها به‌شمار می‌روند و عامل رنگ سبز در گیاهان هستند. رنگ دانه‌های درون کلروپلاست‌ها انرژی تابشی خورشید را مورد استفاده قرار می‌دهند و سلول‌ها به کمک آن غذاسازی می‌کنند. غذایی که به این ترتیب حاصل می‌شود منبع غذایی جانداران فاقد کلروفیل می‌باشد. شکل کلروپلاست‌ها در گیاهان مشابه هم بوده و معمولاً به‌شکل عدس می‌باشد.
هر کلروپلاست به‌وسیله دو غشا احاطه می‌شود. درون کلروپلاست از ماده‌ای به نام استروما پر شده است که این ماده حاوی ذرات چربی، مولکول DNA، مولکول‌های نشاسته، ریبوزوم‌ها و تیغه‌ها می‌باشد. بیشتر فعالیت‌های درون کلروپلاست به‌وسیله ژن‌های هسته سلول کنترل می‌شود. اما بعضی از فعالیت‌های کلروپلاست در کنترل مولکول DNA درون خود کلروپلاست است. در استروما دانه‌هایی به نام گرانوم وجود دارند. هر گرانوم از تعدادی اجزا کیسه مانند که شبیه سکه روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. هر کیسه با تیلاکوئید غشای دوگانه‌ای دارد که محل قرارگیری کلروفیل، رنگیزه‌های دیگر و عوامل مهمی است که در مجموع واکنش‌های وابسته به نور را در کلروپلاست مقدور می‌سازند. گرانوم‌ها به وسیله تیغه‌هایی به هم متصل هستند.
**لوکوپلاست‌ها:** پلاست‌های بدون رنگدانه هستند که معمولاً در اندام‌های زیرزمینی که دور از نور هستند، دیده می‌شوند. ولی در بخش‌های هوایی هم دیده می‌شوند. در سنتز مشارکت ندارند، بلکه وظیفهٔ آنها ذخیره است. لوکوپلاست‌ها شامل آمیلوپلاست‌ها که نشاسته ذخیره می‌کنند، پروتئوپلاست‌ها که حاوی پروتئین بوده و اولئوپلاست‌ها حاوی روغن می‌باشند.

## ■ هسته (Nucleus)

بزرگترین و واضح‌ترین جسمی که به‌وسیله میکروسکوپ در سلول دیده می‌شود هسته است که به‌شکل‌های کروی یا تخم‌مرغی وجود دارد. هسته در سلول‌های جوان بزرگ‌تر از سلول‌های پیر است. قسمت اعظم ساختمان هسته را ماده‌ای ژله‌ای تشکیل می‌دهد که در داخل آن رشته‌های به‌هم چسبیده کروماتین شناور می‌باشند.




شکل ۸

رشته‌های کروماتین معمولاً بی‌رنگ بوده و در زیر میکروسکوپ به‌خوبی دیده نمی‌شود مگر اینکه به‌وسیله رنگ‌های به‌خصوصی آنها را رنگ‌آمیزی کرده باشند.

این رشته‌ها از این‌نظر حائز اهمیت زیادی هستند که حاوی ماده ژنتیکی سلول می‌باشند و در موقع تقسیم سلول، کروماتین به‌تعداد معینی رشته مشخص و منظم کروموزوم تبدیل می‌گردد که هرکدام حاوی ژن‌های به‌خصوص گیاه مزبور می‌باشد.

هسته مرکز کنترل خواص ارثی و ژنتیکی سلول است که این کنترل را از طریق مولکول‌های DNA موجود در کروماتین انجام می‌دهد و هر مولکول DNA تولید مولکول RNA مخصوص را ترجمه و از طریق جدار هسته به درون سیتوپلاسم هدایت کرده و مولکول RNA تولید شده ساخت مولکول پروتئینی و آنزیمی به‌خصوصی را دیکته و هدایت می‌کند.

## ■ تعریف بافت و انواع آن

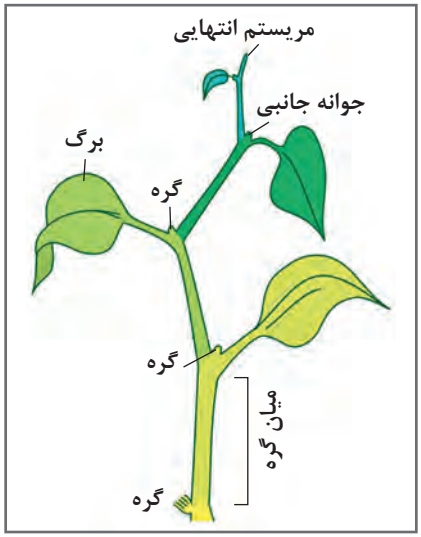
مجموعه سلول‌هایی که ساختار یکسانی داشته باشند و کار واحد و مشخصی را انجام می‌دهند بافت می‌گوییم.

بافت‌ها را برحسب خاستگاه، ساختار و نوع وظیفه‌ای که به‌عهده دارند، گروه‌بندی می‌کنند.

اما به‌طور کلی بافت‌های گیاهی به‌دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

۱ بافت‌های مریستمی

۲ بافت‌های غیرمریستمی.




شکل ۹

## بافت‌های مریستمی

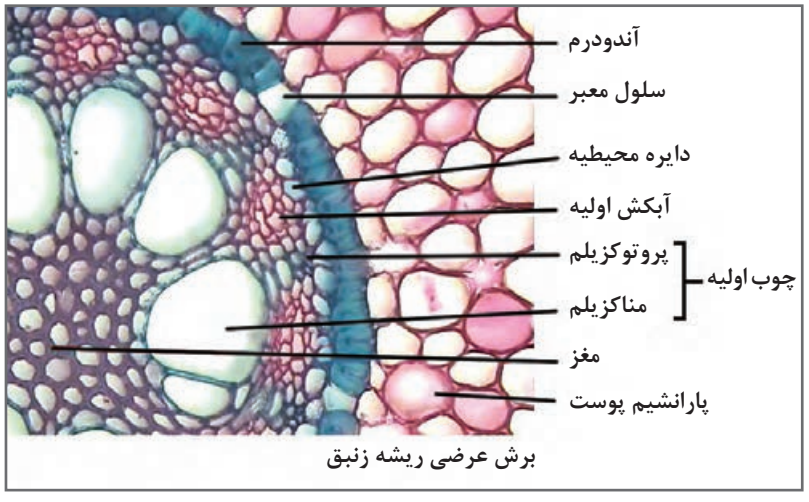
سلول‌های این بافت توانایی تقسیم شدن، سازندگی و سازمان‌دهی دارند. این ویژگی‌ها اهمیت کار بافت مریستم را در زندگی گیاه مشخص می‌سازد و شناسایی آنها به‌کمک میکروسکوپ آسان است، زیرا بافت مریستمی دارای سلول‌های چندوجهی با دیواره نازک، سیتوپلاسم متراکم و هسته درشت و واکوئل‌های ریز بوده و در بین سلول‌هایش فضای خالی وجود ندارد.

بافت‌های مریستمی خاستگاه سایر بافت‌های گیاهی هستند و در رأس ساقه و ریشه در جوانه‌های جانبی و در محل فعالیت حلقه‌های زاینده (که سبب افزایش قطر ریشه و ساقه می‌شوند) وجود دارند.

## سلول‌های پارانشیم

سلول‌های پارانشیمی فراوان‌ترین انواع سلول‌ها بوده و تقریباً در همه بخش‌های عمده گیاهان عالی اغلب به‌حالت فعال یافت می‌شوند. سلول‌ها در ابتدای پیدایش کم و بیش تخم‌مرغی شکل هستند؛ اما وقتی تعداد آنها افزایش می‌یابد به‌هم فشار می‌آورند و به‌خاطر دیواره نازک و نرمشان ضمن رشد تغییر شکل می‌دهند. به‌همین مناسبت سلول‌های پارانشیمی اشکال متنوعی حاصل می‌کنند.

بافت پارانشیم دارای انواع گوناگونی است که دو نوع مهم آن شامل کلرانشیم که سلول‌های آن دارای کلروپلاست است و همچنین پارانشیم اندوخته‌ای که وظیفه ذخیره ترکیباتی مانند نشاسته را به‌عهده دارد، می‌باشد.




شکل ۱۰

## ■ بافت کلانشیم

شکل۱۱

سلول‌های این بافت همانند سلول‌های بافت پارانشیمی زنده‌اند و نسبت به آنها دیواره اسکلتی ضخیم‌تر و طول بیشتری دارند. از روی همین تفاوت‌ها می‌توان کلانشیم را از پارانشیم تشخیص داد. این بافت معمولاً در بخش‌های سطحی بعضی از اندام‌ها و در زیر اپیدرم (روپوست) قرار می‌گیرد. دیواره پکتوسلولزی سلول‌های کلانشیمی قابل انعطاف و شکل‌پذیر است و در جایی که وجود دارد، مانع رشد اندام نمی‌شود. بافت کلانشیم در گلبرگ‌ها، برگ‌ها، دمبرگ‌ها و ساقه‌های جوان و علفی یافت می‌شود و ضمن انعطاف‌پذیری استحکام آنها را نیز فراهم می‌آورد.

## ■ بافت اسکلرانشیم

سلول‌های این بافت معمولاً دیواره ضخیم، خشن و چوبی شده دارند. سلول‌های آنها در حالت بلوغ مرده‌اند و تنها موجب استحکام اندام‌ها می‌شوند. دو نوع بافت اسکلرانشیمی وجود دارد.

۱ اسکلروئیدها

۲ فیبرها

## ■ بافت اپیدرم

خارجی‌ترین لایه سلول‌ها در همه اندام‌های جوان گیاه، اپیدرم یا روپوست نام دارد. از آنجا که سلول‌های اپیدرمی به‌طور مستقیم با محیط بیرون تماس دارند، تغییرات سازشی مخصوصی حاصل کرده و معمولاً شامل چند نوع‌اند. بافت اپیدرمی اغلب از یک ردیف سلول درست شده است. اما در معدودی از گیاهان مانند کائوچوی زینتی یا فیکوس شامل چند ردیف سلول است.

بیشتر سلول‌های اپیدرمی مادهٔ موم‌گونه‌ای (از گروه چربی‌ها) به نام گوتین ترشح می‌کنند که در سطوح خارجی سلول‌ها رسوب کرده و یک لایه محافظ به نام کوتیکول را به‌وجود می‌آورد. هرقدر ضخامت کوتیکول بیشتر باشد، تبخیر آب از طریق سلول‌های اپیدرمی کمتر خواهد بود. همچنین لایه کوتیکول از ورود باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زای دیگر به درون اندام‌های گیاهی جلوگیری می‌کند.

شکل۱۲

## بافت‌های ترشحی

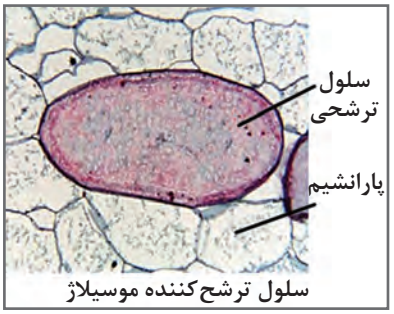
سلول‌های این بافت موادی را می‌سازند که ممکن است در سلول سازنده باقی بماند و یا به خارج از آن ترشح شود. در مواردی این ترشحات فرآورده‌های زاید گیاهی هستند، اما بعضی از این فرآورده‌ها برای گیاه نقش حیاتی دارد. بافت ترشحی به‌شکل‌های مختلف دیده می‌شود که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم.

**الف) اپیدرم ترشحی:** مانند اپیدرم گلبرگ‌های گل سرخ که در سلول‌های آن اسانس ساخته می‌شود.

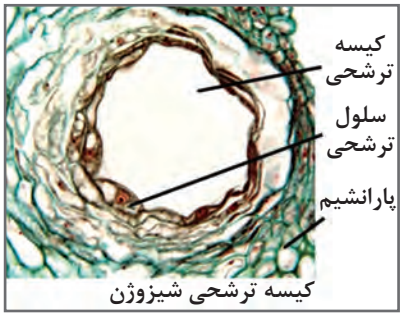
**ب) کرک‌های ترشحی:** مانند کرک‌های ترشحی نعناع که در آن اسانس نعناع ترشح می‌شود و یا کرک‌های ترشحی گزنه که در آن اسیدفرمیک ترشح می‌شود.

**ج) کیسه‌های ترشحی:** هر کیسه ترشحی شامل سلول‌های ترشح کننده‌ای است که در اطراف یک حفره گرد آمده‌اند و ترشحات خود را در آن می‌ریزند. مانند کیسه‌های ترشحی موجود در پوست پرتقال

**د) مجاری ترشحی:** در برگ و ساقه کاج سلول‌های ترشحی در اطراف یک مجرا گرد آمده‌اند و یک لایه سلول محافظ، مجرا را از خارج احاطه می‌کند. ترشحات سلول‌ها به نام رزین در این مجرا ریخته می‌شوند.

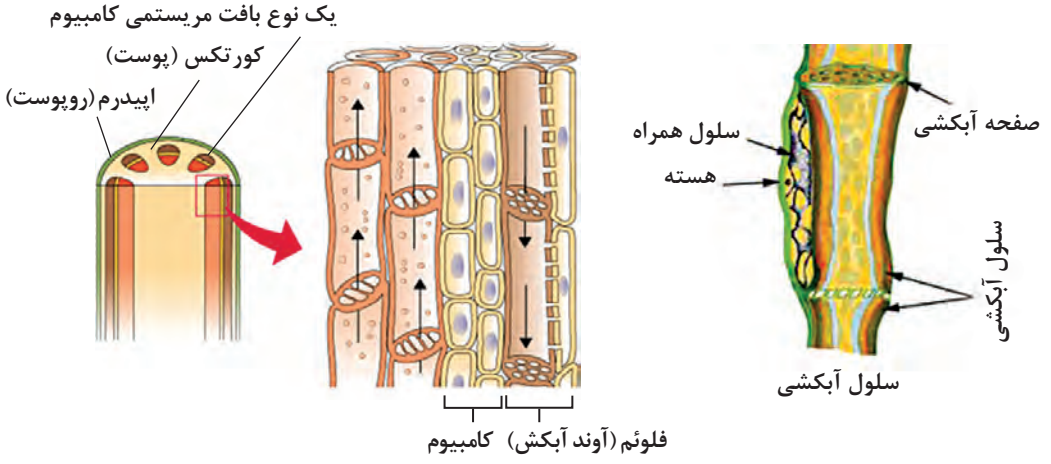



شکل ۱۳




شکل ۱۴

**هـ) لوله‌های شیرابه‌دار:** هرگاه برگ یا ساقه گیاه انجیر را ببرید از سطح مقطع آنها مایع سفید رنگی به‌نام شیرابه (لاتکس) خارج خواهد شد. این شیرابه در لوله‌های شیرابه‌دار جریان دارد.




شکل ۱۵

### ■ بافت‌های هدایت‌کننده

این بافت‌ها شامل آوندهای چوبی و آبکشی هستند.

**الف) بافت آوندهای چوبی:** این بافت همانند یک سیستم لوله‌کشی، آب و نمک‌های محلول (شیره خام) را در گیاه توزیع می‌کنند و در گیاهان مختلف به‌صورت آوندهای چوبی و تراکئیدها دیده می‌شود. در ساختار این بافت سلول‌های پارانشیمی و فیبر نیز شرکت دارند.

**ب) آوندهای چوبی:** به‌صورت لوله‌های باریکی هستند که هرکدام از تعدادی سلول دراز که در عرض به‌هم چسبیده و در طول در امتداد یکدیگرند، درست شده است. این سلول‌ها در ابتدا زنده هستند اما وقتی پروتوپلاسم خود را از دست می‌دهند، می‌میرند و یک لوله توخالی برای عبور شیره خام حاصل می‌شود.

### ■ بافت پریدرم (بافت چوب پنبه‌ای)

در ساقه گیاهان درختی پس از مدتی روپوست (اپیدرم) از میان می‌رود و به‌جای آن بافتی به‌نام پریدرم پدید می‌آید. پریدرم بیرونی‌ترین بخش تنه یک درخت است و سلول‌های مکعبی شکل مرده‌ای را شامل می‌شود. پروتوپلاسم این سلول‌ها در هنگام جوانی ماده‌ای به نام سوبرین تولید می‌کند که تمام سطوح سلول را آغشته می‌سازد. لایه سوبرین نسبت به آب و گازها نفوذناپذیر است. بنابراین بافت پریدرم برای حفاظت از بافت‌های زیرین خود سازگاری حاصل کرده است. در بعضی گیاهان مانند نوعی بلوط ضخامت لایه چوب پنبه‌ای قابل توجه بوده و از آن برای ساختن چوب پنبه در بطری استفاده می‌شود.

## اندام‌های گیاهی

### ریشه (Root)

### مورفولوژی (ریخت‌شناسی) خارجی ریشه

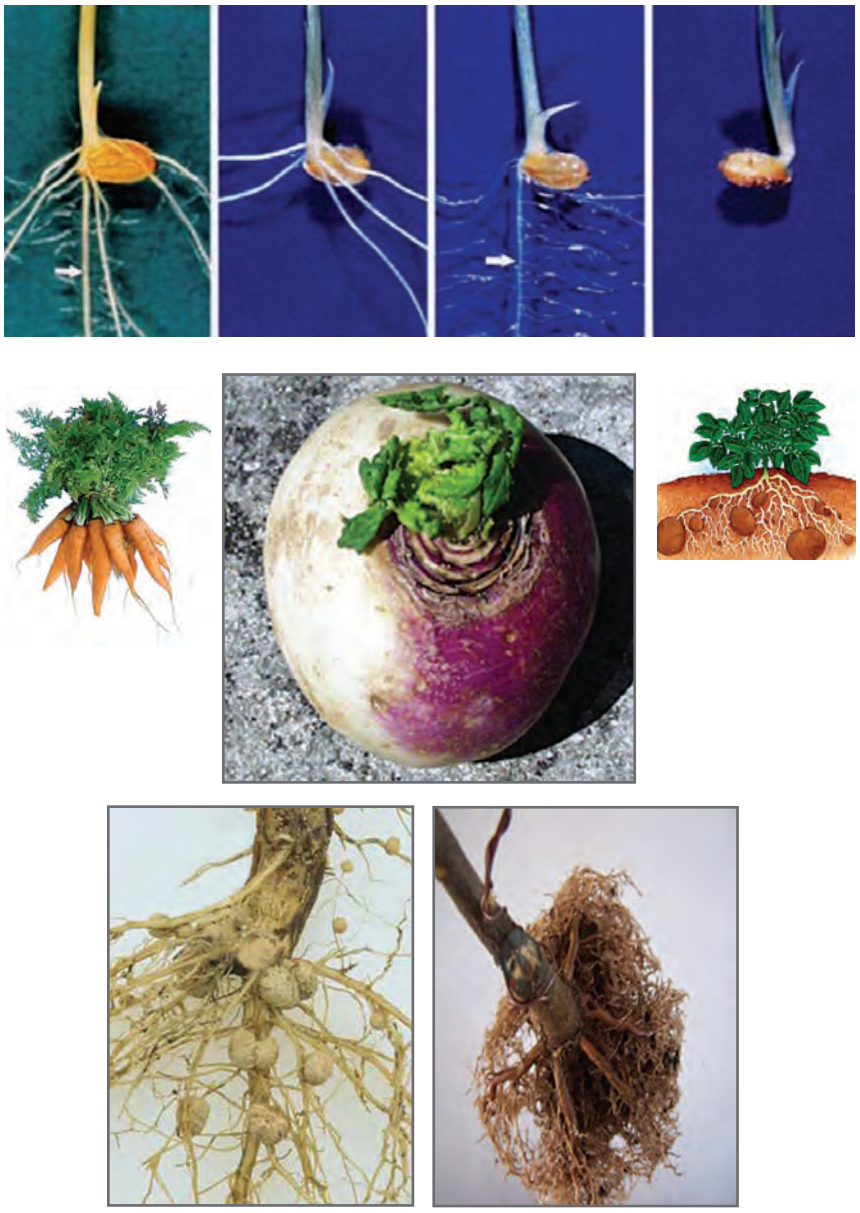
اولین عضوی که از دانه خارج می‌شود و به‌طرف زمین متوجه می‌گردد، ریشه است. ریشه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

**الف) کلاهک (Root cap) :** کلاهک قسمت چوب پنبه‌ای انتهای ریشه است که بافت‌های مریستمی ریشه را محافظت می‌نماید و از سایر قسمت‌های ریشه مقاوم‌تر و تیره‌تر است و در اغلب ریشه‌ها با چشم به‌خوبی مشخص است. طول کلاهک و شکل آن در یک گیاه ثابت می‌ماند.

**ب) ناحیه نمو :** در بالای کلاهک بخش صاف و کوتاهی وجود دارد که بافت مریستمی ریشه بوده و سبب رشد طولی ریشه می‌گردد. اگر این قسمت قطع گردد، رشد طولی ریشه نیز قطع می‌گردد.

### ■ منطقه تارهای کشنده

بالای ناحیه نمو، منطقه تارهای کشنده وجود دارد. این ضمائم یک سلولی، از بافت اپیدرم ریشه به‌وجود آمده که طول آنها گاهی به‌چند میلی‌متر می‌رسد و مانند کرک مخملی سطح خارجی ریشه را می‌پوشانند. تارهای کشنده برای جذب موادغذایی خاک به‌کار می‌رود.



شکل ۱۶

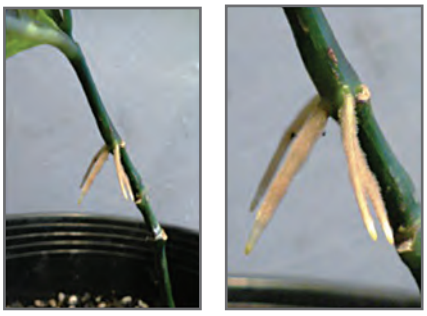
## ریشه‌های فرعی یا جانبی (Secondary Roots)

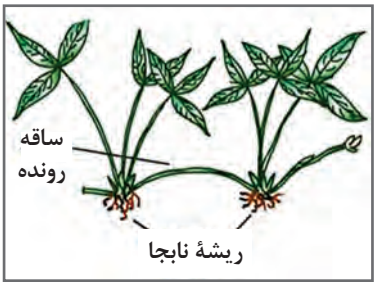
اولین ریشه‌ای که از گیاه خارج می‌شود و اغلب به‌صورت عمودی در خاک فرو می‌رود، ریشه اصلی نام دارد که ممکن است موادی در خود ذخیره کند؛ مانند ریشه چغندر و کوکب که هرکدام به‌ترتیب مواد ساکارز و اینولین ذخیره می‌نمایند.

از ریشه اصلی پس از مدتی ریشه‌های فرعی یا جانبی منشعب می‌گردد که خود آنها نیز به‌نوبه خود دارای انشعاب‌هایی می‌باشند. به‌طور کلی ریشه‌های فرعی بالایی بلندتر از ریشه‌های فرعی پایینی هستند.

### ریشه‌های نابجا (Adventitious roots)

اگر منشأ ریشه، ریشه‌چه گیاهک نباشد و بر روی اندام‌هایی چون ساقه و برگ و لپه‌ها رشد کند، چنین ریشه‌ای را، ریشه نابجا گویند. ریشه‌های نابجا مانند ریشه‌های پسین منشأ درونی دارند. ریشه‌های نابجا اغلب در محل گره ساقه ظاهر می‌شوند. اما به‌غیر از این محل ممکن است در هر نقطه ساقه نیز تشکیل شود.






شکل ۱۷

## انواع ریشه

ریشه‌ها ازنظر محیط مناسب رشد خود، تغییر شکل داده و به‌صورت‌های گوناگونی دیده می‌شوند:

الف) ریشه‌های خاکزی
ب) ریشه‌های آبزی
ج) ریشه‌های هوایی
د) ریشه‌های تنفس‌کننده
هـ) ریشه‌های گیاهان اپی‌فیت
و) ریشه‌های مکینه
ز) ریشه‌های شمعکی

شکل ۱۸

## ریخت‌شناسی (مورفولوژی) داخلی ریشه

**ساختمان اولیه ریشه :** ساختمان سلول‌های انتهای ریشه و ناحیه صاف آن یکنواخت و مشابه می‌باشند و تغییر خاصی پیدا نکرده‌اند. در مقاطع این ناحیه سلول‌های یکسان و مشابهی که از نوع بافت مریستم انتهایی می‌باشند دیده می‌شوند و در ناحیه‌ای که تارهای کشنده ظاهر می‌شوند، بافت‌های مختلف ریشه تولید و از هم متمایز می‌گردند.

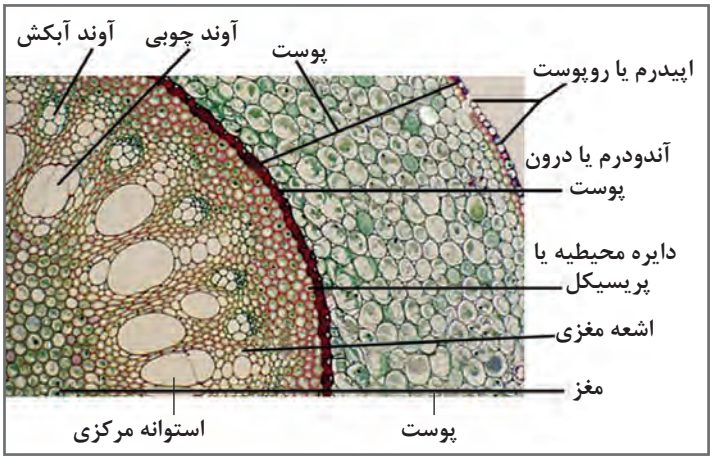
این بافت‌ها از بیرون به درون عبارت‌اند از:

**پوست (Cortex)** : پوست ریشه به‌مراتب قطورتر از پوست ساقه است و از بافت پارانشیم که فاقد دانه‌های کلروپلاستی باشد، تشکیل یافته است. سلول‌های آن عموماً زنده و شکل چند وجهی دارند و در مقاطع طولی ریشه طویل‌تر به‌نظر می‌رسد. به‌دلیل اختلافی که در ساختمان طبقات مختلف آنها مشاهده می‌گردد، آنها را به‌چند ناحیه تقسیم می‌کنند.

۱ **اپیدرمی (لایه تارهای کشنده):** از یک لایه سلول به‌وجود آمده است. عده‌ای از این سلول‌ها دارای زایده‌های تارمانندی به نام تارهای کشنده هستند.

۲ **پوست میانی (مزودرم):** این پوست از بافت پارانشیم غیرمنظم تشکیل یافته، سلول‌های آن چندوجهی و کنار هم قرار می‌گیرند و فاقد فضای بین سلولی می‌باشند. این لایه به‌طور معمول بیشترین حجم ریشه جوان را تشکیل می‌دهد.

۳ **پوست داخلی (آندودرم):** آندودرم معمولاً یک ردیف سلول به‌شکل مکعب مستطیل بوده و استوانه مرکزی را احاطه می‌کند. در دولپه‌ای‌ها یک قاب چوب‌پنبه‌ای به نام نوار کاسپاری سطوح جانبی هر سلول آندودرمی را فرامی‌گیرد. در تک‌لپه‌ای‌ها نوار کاسپاری رشد بیشتری کرده و اغلب به شکل نعل اسب بوده و مانع عبور شیره خام از تارهای کشنده به سمت آوندها می‌شوند. سازگاری جالبی که در این سلول‌ها پدید آمده تشکیل سلول‌های معبر در بین سلول‌های آندودرمی است. این سلول‌ها که در مجاور رأس آوندهای چوبی پدید می‌آیند، دارای دیواره سلولزی نازکی بوده و عبور شیره خام را از پوست به آوندها مقدور می‌سازند. جدار سلول‌های این ناحیه معمولاً سلولزی و گلوسیدی هستند.




شکل ۱۹

## ■ استوانه مرکزی

قطر استوانه مرکزی ریشه کمتر از پوست است و ساختمان آن برخلاف پوست یکنواخت و مشابه نیست بلکه سلول‌های با شکل‌های مختلفی در آن دیده می‌شود. بعضی از ریشه‌ها فقط یک استوانه مرکزی دارند که به آنها Monostele می‌گویند و بعضی دیگر از ریشه‌ها که دارای چند استوانه مرکزی می‌باشند به آنها Polystele می‌گویند؛ مثل ریشه ثعلب و گیاهان تیره بقولات.

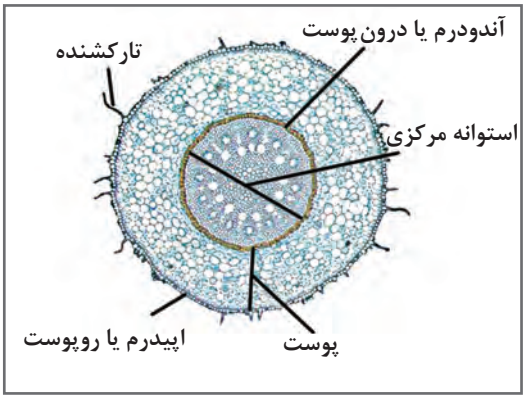
استوانه مرکزی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

الف) دسته‌های چوبی یا Xyleme

ب) دسته‌های آبکش یا Phloem

ج) پارانشیم استوانه‌ای

د) دایره محیطیه (پریسیکل)




**شکل ۲۰**

## ■ ساختمان پسین ریشه

ساختمان پسین ریشه به‌وسیله دو طبقه مولد خارجی و داخلی مشخص می‌گردند:

**الف) طبقه مولد خارجی یا فلوژن :** پس از آنکه فعالیت موهای کشنده و ریشه متوقف گردید، علاوه بر آنکه جدار سلول‌های پوست آن چوب پنبه‌ای و غیرقابل نفوذ می‌شود، طبقه مولدی در پارانشیم پوست ظاهر می‌گردد که از خارج طبقات چوب پنبه و از داخل طبقات فلودرم (پارانشیم پوست) تولید می‌نماید. ولی طبقه مولد خارجی ریشه غالباً در ناحیه پریسیکل ظاهر می‌گردد و بنابراین پس از مدتی به‌واسطه تولید قشر غیرقابل نفوذ چوب پنبه و نرسیدن موادغذایی پوست اولیه ریشه که معمولاً قطورتر از استوانه مرکزی است خشک شده و از ریشه جدا می‌شود. این عمل باعث نقصان قطر ریشه می‌گردد.

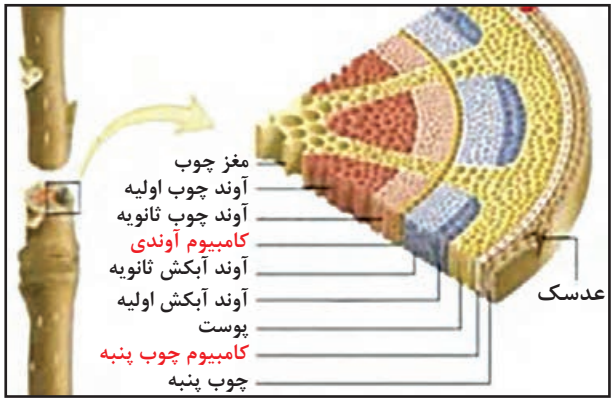
**ب) طبقه مولد داخلی یا کامبیوم :** در ساختمان اولیه ریشه دسته‌های چوبی و آبکش به‌طور متناوب در داخل استوانه مرکزی قرار گرفته‌اند و طبقه مولد داخلی ریشه در بین دسته‌های چوبی و آبکش آن ظاهر می‌شود. این طبقه در فصول مساعد شروع به فعالیت می‌نماید و ابتدا فعالیت آن موضعی می‌باشد. یعنی در سمت انحناء داخلی خود عناصر چوبی به‌وجود می‌آورد و بدین طریق دسته‌های آبکش اولیه را به خارج می‌راند و طبقه مولد مدور و استوانه‌ای تشکیل می‌گردد ولی طولی نمی‌کشد که کلیه سلول‌های طبقه مولد داخلی شروع به فعالیت نموده از سمت خارج خود آبکش ثانویه و از سمت داخل چوب ثانویه تولید می‌نماید و بدین طریق بر قطر ریشه افزوده می‌شود.

## ساقه (Stem)

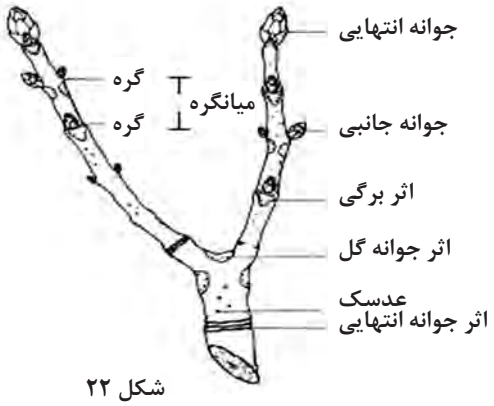
نقش ساقه در گیاه، نگهداری برگ‌ها و میوه‌ها و هدایت شیره خام از ریشه تا برگ و برگرداندن شیره پرورده از برگ به سایر اندام‌ها و تولید بافت‌های جدید می‌باشد.
قسمت‌های سبز آن عمل فتوسنتز را انجام می‌دهند و بالاخره نقش عمده آن استحکام بخشیدن به گیاه است.

### مورفولوژی خارجی ساقه

جوانه اولیه دانه که پس از رشد و خارج شدن ریشه ظاهر می‌گردد، به رشد و نمو خود ادامه داده و برخلاف ریشه به‌طرف بالا شروع به‌رشد می‌کند و ساقه اصلی نبات را تشکیل می‌دهد. در روی ساقه اصلی به‌تدریج برگ‌های سبز ظاهر شده و گیاه کاملی را به‌وجود می‌آورد. انتهای ساقه اصلی گیاه به‌یک جوانه انتهایی منتهی می‌گردد که رشد و نمو طولی ساقه را تأمین می‌کند. جوانه، ساقه کوتاهی است که غالباً به‌وسیله برگ‌های جوان و کوچک و یا فلس‌های سختی پوشیده شده که بافت مریستم و سلول‌های مولد ساقه را حفظ می‌کند.
وجود برگ‌های کوچک در اطراف جوانه و نقش حفاظتی آنها در درختان سردسیری که فصل زمستان را به‌حالت غیرفعال می‌گذرانند، اهمیت زیادی دارد.



شکل ۲۱




شکل ۲۲

## انشعابات ساقه

ساقه گیاه به‌تدریج در اثر رشد و نمو جوانه‌های انتهایی طویل‌تر می‌گردد و برگ‌های جدیدی در سطح آن ظاهر می‌گردد. اگر جوانه انتهایی از بین برود یکی از جوانه‌های محوری که به انتهای ساقه نزدیک‌تر است به‌طور قائم رشد کرده و جای جوانه انتهایی را می‌گیرد. در اثر رشد و نمو جوانه‌های جانبی ساقه‌های فرعی در نبات به‌وجود می‌آید که خود انشعاباتی را تولید می‌کند.

### انشعابات منوپودیک و سمپودیک

انشعابات ساقه در نباتات عالی دارای دو حالت منوپودیک و سمپودیک است. در انشعابات منوپودیک (Monopodique) جوانه انتهایی مرتباً به‌رشد خود ادامه می‌دهد و در نتیجه رشد جوانه‌های محوری آن، ساقه‌های فرعی ظاهر می‌گردد؛ مانند درخت بلوط، راش، کاج و غیره. در انشعابات سمپودیک (Sympodoique) رشد و نمو جوانه انتهایی پس از مدتی متوقف شده و جوانه‌های فرعی جای آن را می‌گیرد و به رشد خود ادامه می‌دهد مانند بید، نارون و زبان‌گنجشک.

### رشد و نمو طولی ساقه

نمو طولی ساقه گیاه به‌وسیله بافت مریستمی که در جوانه انتهایی واقع است صورت می‌گیرد. معمولاً فاصله میان‌گره‌های ساقه با یکدیگر مساوی نیستند. میان‌گره‌های قسمت تحتانی ساقه طویل‌تر از میان گره‌های فوقانی و انتهایی است و به‌تدریج که به انتهای ساقه نزدیک می‌شویم، طول میان‌گره‌ها تقلیل می‌یابد و بالاخره به‌جوانه انتهایی که دارای میان‌گره‌های فوق‌العاده کوتاهی است منتهی می‌گردد.

### الف) انواع ساقه‌های هوایی

| ۱ ساقه‌های خزنده | ۲ ساقه‌های پیچنده | ۳ خارها |
|---|---|---|
| ساقه خزنده | ساقهٔ پیچنده | خارهای ساقه |
| ۴ فیلوکلادها (phylloclade) | ۵ ساقه‌های گوشتی(Succulenles) | ۶ ساقه‌های ماشوره‌ای |
| ساقهٔ فیلوکلاد | ساقه‌های گوشتی | ساقهٔ ماشوره‌ای |

**شکل ۲۳**

**ب) ساقه‌های زیرزمینی :** ساقه‌هایی هستند که در داخل خاک قرار دارند و تمایز آنها از ریشه به‌واسطه دارا بودن جوانه و برگ‌های کوچک فلسی‌شکل (Escailles) و فقدان کلاهک است. از این رو، انواع آنها عبارت‌اند از:

| ۱ ریزوم یا ساقه‌های زیرین (Rhizome) | ۲ تکمه یا توبرکول (Tubercule) | ۳ سوخ یا پیاز (Bulb) |
|---|---|---|
| ریزوم | تکمه یا توبرکول | سوخ یا پیاز |

**شکل ۲۴**

### ساقه‌های آبی

این ساقه‌ها که در آب شناور هستند دارای اپیدرمی نازک حاوی کلروپلاست و فاقد روزنه است اما پوست ضخیم و پارانشیم آن دارای حفره‌های زیادی است که عامل سبکی و شناوری ساقه به حساب می‌آید مانند نیلوفر آبی و آلاله آبی.

### دوام و عمر و ارتفاع ساقه

عمر گیاهان بر حسب نوع و جنس آن متفاوت است؛ بعضی یکساله و عده‌ای چندساله‌اند. ساقه‌های یکساله عموماً علفی، سبز و نازک می‌باشند که به‌نام علف (Herb) معروف‌اند. در عده‌ای از گیاهان ممکن است ساقه‌ها یکساله، دو یا سه ساله ولی ریشه‌ها چند ساله باشند؛ مانند شیرسگ‌ها که دارای ساقه دو ساله و ریشه چند ساله هستند. ساقه‌های چند ساله عموماً چوبی‌اند و از نظر ارتفاع به سه دسته تقسیم می‌گردند:

۱ **بوته‌ها:** ارتفاع آن ۱/۵ـ۱ متر بوده و انشعابات ساقه از سطح زمین نسبتاً زیاد است.

۲ **درختچه‌ها:** دارای ارتفاع حدود ۷ـ۱ متر می‌باشند.

۳ **درخت‌ها:** دارای ارتفاع بیش از ۷ متر هستند.

## برگ (Leaf)

### ساختمان برگ

برگ‌ها اندام‌های سبزرنگی هستند که در طول ساقه و شاخه دیده می‌شوند و در اثر رشد و نمو جوانه انتهایی ساقه و جوانه‌های محوری آن در روی ساقه نبات ظاهر می‌گردند. برگ‌ها در ساقه‌های زیرزمینی (ریزوم) و حتی گیاهان نواحی خشک به‌صورت فلسی دیده می‌شوند و گاهی در نباتات به‌شکل تیغ درمی‌آیند. بعضی از دانشمندان برگ را ساقه تغییر شکل یافته‌ای می‌دانند که تقارن محوری خود را از دست داده و دارای تقارن سطحی شده است. معمولاً برگ‌هایی که در جوانه‌ها و انتهای ساقه قرار دارند، جوان‌تر و کوچک‌تر از سایر برگ‌ها هستند.

## ریخت‌شناسی خارجی برگ

برگ دارای صفحه سبز رنگی است که به آن پهنک (blade یا Lamina) می‌گویند و در نباتات مختلف به ابعاد متفاوت و مختلف دیده می‌شود و غالباً به‌صورت افقی قرار گرفته و به‌وسیله دنباله باریکی به‌نام دمبرگ (Petiol) به ساقه متصل می‌گردد. برگ بعضی از گیاهان فاقد دمبرگ است که به آنها برگ‌های بی‌پایه گفته می‌شود. در بعضی از گیاهان قاعده دمبرگ در موقع اتصال به‌ساقه پهن شده و به‌صورت غلافی که قسمتی یا تمام محیط ساقه را احاطه می‌کند، درمی‌آید و غلاف یا نیام برگ نامیده می‌شود. رشد غلاف در نباتات مختلف اندازه و شکل‌های گوناگون دارد، چنان‌که در غلات رشدش به‌قدری زیاد است که تمام ساقه و حتی گره‌های پایین را می‌پوشاند.

شکل ۲۵

## اقسام برگ

برگ‌ها را براساس اختلاف شکل ظاهری که در نتیجه رشد متفاوت و غیرمنظم پهنک در گیاهان مختلف به‌وجود می‌آید به دو دسته تقسیم می‌کنند:

الف) برگ‌های ساده

ب) برگ های مرکب

**الف) برگ‌های ساده:** برگ‌هایی هستند که پهنک آنها از قطعه واحدی تشکیل شده و فقط یک پهنک دارند ولی به‌واسطه بریدگی‌های حاشیه آنها و اختلافی که از نظر شکل و فرم پهنک در بین آنها موجود است، به اقسام چندی تقسیم می‌گردد.

تقسیم‌بندی از نظر شکل کناره برگ به‌شرح زیر می‌باشد:

۱ برگ‌های صاف (درست)

۲ برگ‌های مضرس

۳ برگ‌های مضرس هلالی

۴ برگ‌های کنگره‌ای

**ب) برگ‌های مرکب:** در بعضی از نباتات بریدگی برگ‌های ساده به‌قدری زیاد است که پهنک را به چند قسمت مجزا تقسیم می‌کند که به هر کدام برگچه گویند. در کنار برگچه‌ها هیچ‌وقت جوانه ظاهر نمی‌شود و با این علت، شناسایی و تمایز آنها از برگ کاملاً مقدور است. برگ‌های مرکب را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

۱ برگ‌های مرکب شانه‌ای

۲ برگ‌های مرکب پنجه‌ای

شکل ۲۶

### رگبرگ‌ها و انشعابات فرعی آنها

رگبرگ عبارت است از انشعابات دسته‌های چوب و آبکش ساقه که به‌وسیله دمبرگ داخل پهنک می‌گردد. رگبرگی که مستقیم از دمبرگ داخل پهنک می‌شود، رگبرگ اصلی و رگبرگ‌های دیگر که از انشعابات رگبرگ اصلی به‌وجود آمده‌اند، رگبرگ فرعی نامیده می‌شوند، در دو لپه‌ای‌ها رگبرگ اصلی پس از آنکه وارد پهنک شد انشعاب پیدا نموده و به‌صورت شبکه درهم و پیچیده‌ای در می‌آید، در صورتی که در تک‌لپه‌ای‌ها که اغلب فاقد دمبرگ‌اند، رگبرگ‌ها به‌طور موازی از نیام وارد پهنک شده و اغلب بدون انشعاب در طول پهنک امتداد می‌یابد.

طرز قرار گرفتن رگبرگ‌ها و انشعابات آنها در پهنک نباتات مختلف، متفاوت است و به‌شرح زیر می‌باشد:

۱ **انشعابات شاخه‌ای:** رگبرگ‌های فرعی منظم و موازی از رگبرگ اصلی منشعب شده‌اند و هر کدام به نوبه خود انشعابات فرعی دیگری تشکیل می‌دهند؛ مانند برگ گیلاس و راش.

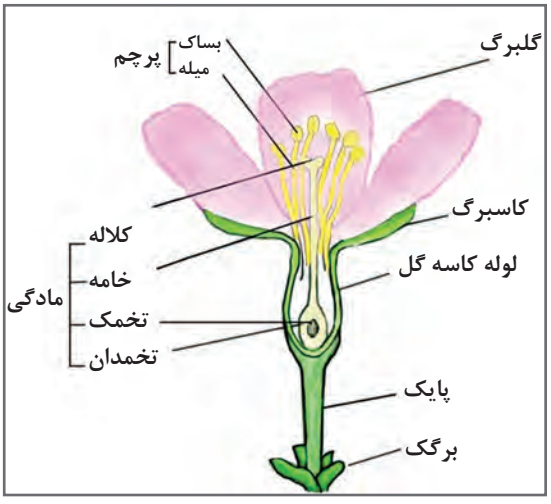
۲ **انشعابات پنجه‌ای:** فاقد رگبرگ اصلی بوده و در دستجات چوب و آبکش به محض وارد شدن در پهنک به رگبرگ‌های جزء و متساوی منشعب می‌گردد؛ مانند شاهدانه.

۳ **انشعابات موازی:** در رگبرگ‌های دراز و کشیده مانند تک‌لپه‌ای‌ها از قبیل لاله و زنبق و غلات دیده می‌شود.

## دستگاه زایشی (گل، میوه و دانه )

در نهاندانگان گل، میوه و دانه دستگاه زایا را تشکیل می‌دهند. یک گل کامل از اندام‌های پوششی، اندام‌های زایا، نهنج و دمگل تشکیل شده است. اندام‌های پوششی گل شامل کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌ها و اندام‌های زایا شامل پرچم و مادگی هستند. دمگل دنباله‌ای است که گل را به‌محور گل‌آذین متصل می‌کند و نهنج به‌نوک دمگل گفته می‌شود که محل اتصال قطعات گل است. تعداد و وضع قطعات گل در گیاهان مختلف متفاوت است و از این تفاوت‌ها برای رده‌بندی گیاهان استفاده می‌شود.

هر پرچم به‌طور معمول از میله و بساک درست شده است. میله در سمت پایین معمولاً به‌نهنج چسبیده و در سمت بالا به بخش حجیمی به‌نام بساک ختم می‌شود. بساک جوان از سلول‌های پارانشیمی مشابه تشکیل شده است؛ اما کم‌کم در بساک چهار گروه سلولی به‌نام سلول‌های مادر میکروسپور در چهار گوشه آن متمایز می‌شوند. وقتی بساک می‌رسد از این چهار توده سلولی چهار کیسه گرده حاصل




شکل ۲۷

می‌آید. هر مادگی شامل تخمدان (در درون آن ساختارهای جنسی ماده به نام تخمک جای دارد)، خامه (یک لوله در نوک تخمدان) و کلاله (که در طول باروری به گرده دست پیدا می‌کند) است.
خامه زائده باریکی است که تخمدان را به کلاله وصل می‌کند. به‌عبارت دیگر بخش دراز و باریک برچه را خامه می‌نامند. خامه در بعضی از گل‌ها دراز، در برخی کوتاه و در عده‌ای اصولاً وجود ندارد. هر رشته کاکل ذرت که در روی بلال دیده می‌شود یک خامه است. خامه ممکن است آزاد یا به‌هم چسبیده باشد. مجاری خامه که وظیفه هدایت لوله گرده را به‌عهده دارد از بافت پارانشیم تشکیل‌یافته است.

### ■ انواع گل‌ها

بعضی از گل‌ها (به نام هرمافرودیت یا نرماده) هم اندام‌های تولیدمثل ماده و هم اندام تولیدمثل نر دارند. بعضی از گل‌ها (به‌نام گل‌های یک‌جنسی) تنها اندام‌های تولید مثل ماده یا تنها اندام‌های تولیدمثل نر را دارند. گیاهان دیگر گل‌های نر را روی یک گیاه و گل‌های ماده را روی یک گیاه دیگر دارند که به این گیاهان دوپایه گویند درحالی که در برخی از گیاهان گل‌های نر بر روی یک شاخه و گل‌های ماده روی شاخ دیگر از گیاه قرار دارند به این گیاهان یک پایه گویند. گل‌های کامل دارای پرچم، مادگی، گلبرگ و کاسبرگ هستند. اما گل‌های ناقص فاقد یکی از اجزای اصلی گل می‌باشند.

### ■ گرده‌افشانی و باروری

انتقال دانه گرده پرچم یک گل به روی کلاله مادگی همان گل یا گل دیگری از همان‌گونه گرده افشانی نامیده می‌شود و اغلب، جانورانی مثل زنبورها به این امر کمک می‌کنند. هنگامی که زنبورها با گل‌ها مواجه می‌شوند، گرده را در اطراف پخش می‌کنند و آن را روی بعضی از کلاله‌ها به‌جا می‌گذارند. بعد در طول باروری دانه‌های یک گرده نر روی یک کلاله نشسته است و تخمک را بارور می‌کند. بعد از باروری، تخمک در نهایت به یک دانه تبدیل شده و در داخل تخمدان پرورش می‌یابد.

### ■ ساختمان قسمت‌های مختلف یک برچه

دیواره برچه شبیه ساختمان برگ است. در یک برچه سه قسمت اساسی وجود دارد. قسمت پایینی که در قاعده قرار دارد، تخمدان (Ovary) نام دارد که درون آن تخمک‌ها (Ovules) قرار داشته و به‌وسیله برجستگی‌های کوچکی به‌نام جفت (Placenta) به‌جدار تخمدان متصل می‌گردد. دوم قسمت لوله مانند که خامه (Style) نام دارد. انتهای خامه که اغلب قطور و مسطح می‌باشند، کلاله (Stigma) نام دارد.

### ■ تمکن (جفت‌بندی)

به‌طرز اجتماع برچه‌های یک مادگی و بالأخره طرز قرار گرفتن تخمک‌ها را درون تخمدان تمکن گویند. طرز قرار گرفتن تخمک‌ها در درون تخمدان در گیاهان مختلف متفاوت است و در شناسایی و طبقه‌بندی نباتات اهمیت زیادی دارد و آن را به ۳ حالت زیر تقسیم می‌کنند:
الف) تمکن مرکزی
ب) تمکن محوری
ج) تمکن کناری یا جانبی

## گل‌آذین (Inflorescence)

طرز قرار گرفتن گل روی شاخه را گل‌آذین می‌گویند. ساقه گل‌دهنده بعضی از نباتات فاقد انشعابات فرعی می‌باشد. در بعضی از این نباتات مانند لاله و زعفران گل‌ها در انتهای ساقه قرار گرفته‌اند و در بعضی دیگر از قبیل پیچ تلگرافی و بنفشه محوری است که این گل‌آذین‌ها منفرد نامیده می‌شود. بالعکس ساقه گل‌دهنده در اغلب نباتات منشعب شده و هریک از انشعابات فرعی آن به یک گل منتهی می‌گردد. مانند آفتابگردان و مینا که از مجموع گل‌های بسیار کوچک تشکیل شده است. هرقدر تعداد گل‌های یک گل‌آذین زیاد شود، رشد گل‌ها محدود شده و از درشتی آنها کاسته می‌گردد. به‌طورکلی گل‌آذین را به دو نوع گل‌آذین نامحدود و گل‌آذین محدود تقسیم می‌کنند.

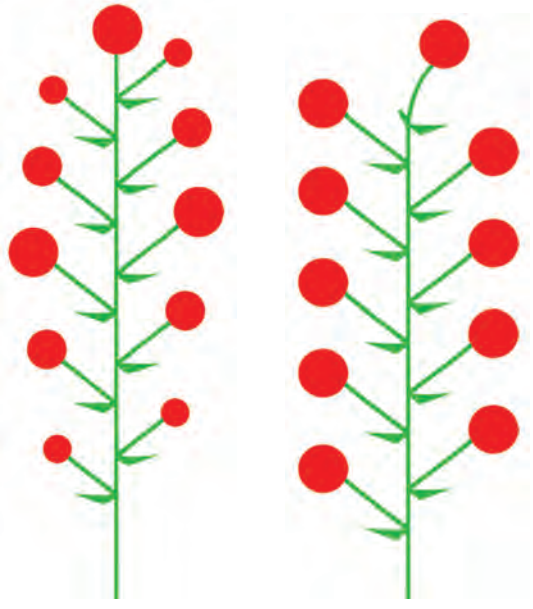
## گل‌آذین نامحدود (خوشه‌مانند)

در گل‌آذین نامحدود محور اصلی گل‌ها دارای چند شاخه است و هر شاخه به‌یک گل منتهی می‌شود. در این حالت هر گل روی شاخه کوتاه (دمگل) قرار گرفته و ساقه گل‌دهنده (محور اصلی) به‌طور نامحدود به رشد خود ادامه می‌دهد و گل‌های جدیدی تولید می‌کند. شکفتن گل در گل‌آذین نامحدود از پایین به بالا و یا از خارج به‌داخل صورت می‌گیرد. ممکن است در قسمت پایه میوه‌ها رسیده ولی در رأس آن هنوز گل‌ها به میوه تبدیل نشده باشند.

گل‌آذین نامحدود خود به دو نوع ساده و مرکب تقسیم شده‌اند. گل‌آذین نامحدود مرکب مانند خوشه‌ای مرکب، سنبله‌ای مرکب و چتری مرکب می‌باشد.

## گل‌آذین محدود یا گرزنی

محور اصلی گل‌آذین‌های گرزن به‌یک گل ختم می‌شوند و درنتیجه رشد محوری که گل روی آن ظاهر می‌شود متوقف می‌گردد. به‌عبارت دیگر ساقه گل‌دهنده و پایک‌ها و بالأخره هر کدام از پایک‌های فرعی به‌یک گل منتهی می‌شوند. این گل‌ها از طرفی رشد و نمو انتهای ساقه را متوقف و از طرفی در تولید انشعابات فرعی مؤثر هستند. چنانچه گل‌آذین گرزن و خوشه‌ای را با هم مقایسه کنیم، انشعابات در خوشه‌ای جانبی و در گرزن سمپودیک است و منشأ گلی که در انتهای محور گرزن قرار دارد از جوانه انتهایی می‌باشد.



شکل ۲۸ ــ گل‌آذین محدود (راست) و نامحدود (چپ)

## تشکیل دانه

همان‌طوری که قبلاً اشاره شد پس از انجام عمل لقاح مضاعف در نهاندانگان تخمک به‌دانه تبدیل می‌شود. گفتیم که در عمل لقاح تخم‌زا با یک اسپرم ترکیب شده و سلول تخم را به‌وجود می‌آورد و هسته ثانویه با اسپرم دیگر آندوسپرم را تولید می‌کند. در این گیاهان آندوسپرم خیلی سریع تقسیم شده و بافت آندوسپرم را به‌وجود می‌آورد و سلول تخم نیز با اندکی تأخیر شروع به تقسیم می‌نماید و درنهایت رویان را به‌وجود می‌آورد.

شکل ۲۹ ـ لقاح مضاعف

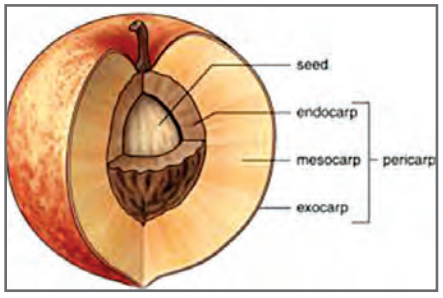
## ساختمان دانه

به‌طورکلی می‌توان ساختمان یک دانه را پس از پایان یافتن رشد و نمو به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱ پوسته ۲ مغز

## میوه

در اصطلاح علمی گیاه‌شناسی تخمدان رسیده را میوه گویند. در برخی از گیاهان قسمت‌های دیگر گل نظیر نهنج همراه با تخمدان رشد کرده و بخشی از میوه را تشکیل می‌دهند. میوه از دو بخش پریکارپ (Pericarp) یا فرابر و دانه تشکیل‌یافته است. پریکارپ شامل ۳ قسمت است: بخش درونی آن را درونبر (Endocarp) و بخش خارجی یا اپیدرم خارجی را برونبر (Epicarp) و پارانشیم بین آن دو را بخش میانی یا میانبر (Mesocarp) می‌نامند.




شکل ۳۰ ـ ساختمان میوه در هلو

## پارتنوکارپی (Parthenocarpy)

همان‌طوری که ذکر شد تشکیل میوه اصولاً پس از گرده‌افشانی و لقاح آغاز می‌شود. ولی در بعضی شرایط ممکن است بدون گرده‌افشانی و لقاح میوه نیز به‌وجود آید چنین میوه‌ای بدون بذر است. این عمل را بکرزایی (پارتنوژنز) و عمل به‌وجود آمدن میوه بدون لقاح را پارتنوکارپی می‌نامند.

شکل ۳۱

## انواع مختلف میوه

میوه‌ها را اصولاً با توجه به‌تعداد برچه‌های مادگی نسبت به‌اختلاف ساختمان پریکارپ شکوفایی و ناشکوفایی آنها ساختمان تخمدان و غیره تقسیم‌بندی می‌نمایند.
میوه‌ها به سه گروه ساده، مجتمع و مرکب تقسیم می‌شوند.

### میوه‌های ساده

میوه‌هایی که از یک برچه منفرد یا از چند برچه به‌هم پیوسته مادگی یک گل حاصل می‌شوند؛ مانند میوه نخود که از یک برچه و سیب از پنج برچه به هم پیوسته تشکیل شده‌اند.

### میوه‌های مجتمع (Aggregate fruits)

میوه‌هایی که از برچه‌های جدا از هم مادگی یک گل تشکیل می‌شوند؛ مانند توت‌فرنگی و تمشک.

### میوه‌های مرکب (Multiple fruits)

میوه‌هایی که از ترکیب و اتصال مادگی گل‌های یک گل آذین حاصل می‌شوند؛ مانند آناناس و انجیر.

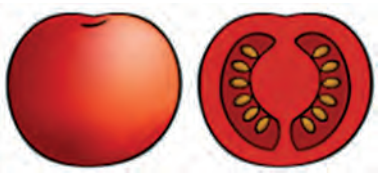
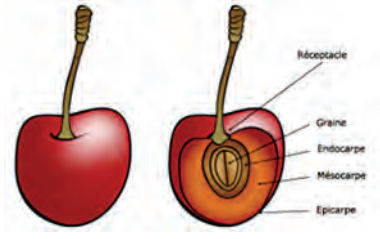
مرکب | مجتمع | ساده | میوه مرکب (انجیر) | میوه مجتمع توت‌فرنگی (فندقه مرکب)

شکل ۳۲

### میوه‌های ساده

به دو دسته میوه‌های گوشتی و میوه‌های خشک تقسیم می‌شوند:

**الف) میوه‌های گوشتی و آبدار**

| ۱ سته (Berry): مانند گوجه‌فرنگی | ۲ شفت (Drope): مانند گیلاس |
|---|---|
|  |   |

شکل ۳۳

## ب) میوه‌های خشک

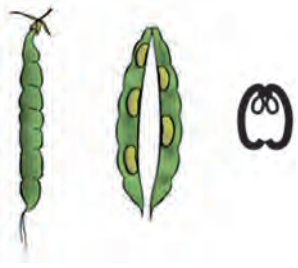
### ۱ میوه‌های خشک ناشکوفا (Indehiscents)

میوه‌های خشک ناشکوفا عبارت‌اند از:

| | |
|---|---|
| ۱ فندقه یا آکن (Achene): مانند آفتابگردان | ۲ سامار یا فندقه بالدار (Samar): مانند افرا |
| | |
| ۳ گندمه (Caryopsis): مانند گندم | ۴ فندق (nut): مانند خود فندق |
| | |

شکل ۳۴

### ۲ میوه‌های خشک شکوفا (Dehiscents)

| | | |
|---|---|---|
| ۱ نیام (Gousse): مانند لوبیا | ۲ کپسول (Capsule): مانند خشخاش | ۳ خورجین(Silique): مانند میوه شب‌بو |
|  | | |

شکل ۳۵

## رشد و نمو در گیاهان

در گیاهان، رشد در همه نقاط گیاه انجام نمی‌گیرد بلکه مخصوص بخش‌هایی به‌نام مناطق رشدونمو است. مناطق رشدونمو عبارت‌اند از: نوک ساقه، نزدیک نوک ریشه، جوانه‌های جانبی و حلقه‌های زاینده. این حلقه‌ها مریستم‌هایی هستند که در ریشه و ساقه پدید می‌آیند و با فعالیت خود باعث افزایش قطر ریشه و ساقه می‌شوند. در هر یک از مناطق رشد و نمو، تمایز طی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

۱ **مرحله تکثیر:** در این مرحله سلول‌های مریستمی به‌سرعت تقسیم می‌شوند و بر تعداد خود می‌افزایند.

۲ **مرحله بزرگ شدن:** به‌دنبال مرحلهٔ اول انجام می‌گیرد. در این مرحله سلول‌های حاصل از تقسیم توانایی تقسیم را از دست می‌دهند ولی بر ابعاد آنها افزوده می‌شود و این بزرگ شدن تا آنجا ادامه می‌یابد که سلول‌ها به حداکثر اندازه خود برسند.

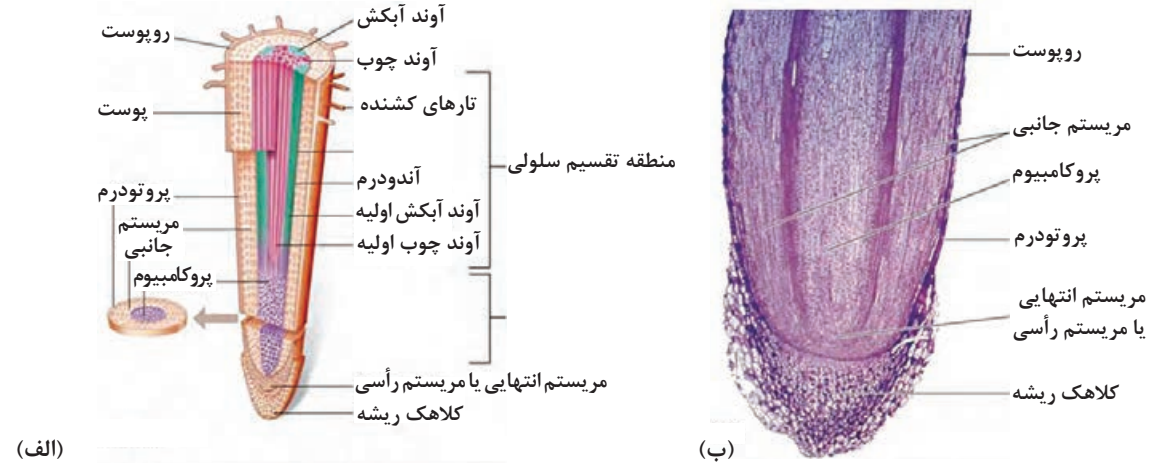
۳ **مرحله تمایز:** در این مرحله هر دسته از سلول‌ها به‌تناسب کاری که انجام می‌دهند، تغییر ساختاری می‌دهند و بافت‌های گوناگون را پدید می‌آورند.

### رشد نخستین و رشد پسین

رشد نخستین، بیشتر شامل رشد طولی ریشه و ساقه و پیدایش شاخه‌ها و ریشه‌های فرعی است. با این توصیف رشد نخستین در همه گیاهان چوبی و علفی عمومیت دارد. رشد پسین همان‌طور که قبلاً هم اشاره کردیم شامل افزایش قطر ریشه و ساقه است. نهانزادان آوندی و اغلب نهاندانگان تک‌لپه‌ای رشد قطری ندارند. در آنها ساختمان پسین به‌وجود نمی‌آید. بنابراین رشد پسین مخصوص نهاندانگان دولپه‌ای و بازدانگان است.

### رشد طولی ریشه

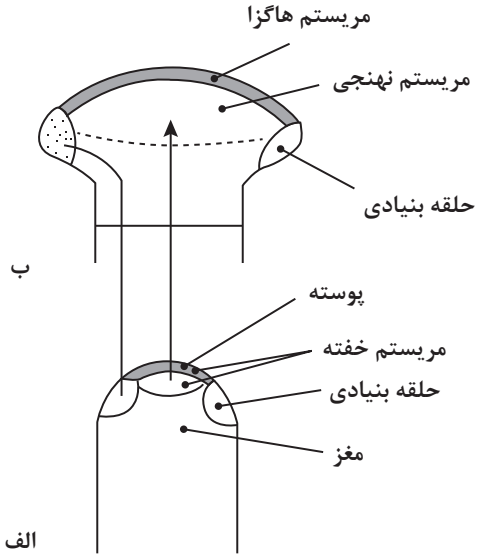
برای مشخص کردن منطقه رشد طولی در ریشه، انتهای یک ریشه درحال رشد را به‌وسیله مرکب مخصوص میلی‌متر به میلی‌متر علامت‌گذاری می‌کنیم. پس از چند روز مشاهده می‌شود که حداکثر رشد معمولاً در میلی‌متر دوم و سوم صورت گرفت و بخش‌های مربوط به‌کلاهک و تارهای کشنده ثابت باقی مانده است. به‌این دلیل گفته می‌شود که تمرکز رشد ریشه نزدیک به انتهاست.




شکل ۳۶

## رشد طولی ساقه

برای مشاهده رشد طولی در ساقه، ساقه نورسته‌ای را در روی گیاه آماده کرده و طول آن را برحسب میلی‌متر اندازه می‌گیریم آنگاه آن را به‌حال خود می‌گذاریم و در فواصل زمانی معین مجدداً طول آن را می‌سنجیم. مشاهده می‌شود که رشد طولی در نوک ساقه و در منطقه وسیع‌تری به‌طول چند ده سانتی‌متر انجام می‌شود.




شکل ۳۷

## ساخت و کار مریستم نوک ساقه

در نوک ساقه، انواعی از سلول‌های مریستمی که از دیدگاه سلول‌شناسی با یکدیگر متفاوت‌اند دیده می‌شود. در بیرونی‌ترین بخش جوانهٔ انتهایی چندین لایهٔ سلول سطحی به‌نام پوسته و در زیر آنها توده‌ای سلول‌های مریستمی به‌نام مریستم مغز و در بین پوست و مغز، مریستم دیگری به‌نام مریستم خفته وجود دارد. مریستم خفته شامل پیش مریستم هاگزا و پیش مریستم نهنج‌زا است. این مریستم‌ها در هنگام فعالیت رویشی گیاه فعالیت ندارند و به‌همین جهت به آنها مریستم‌های خفته می‌گویند، ولی در هنگام گل‌زایی این مریستم‌ها فعال می‌شوند و بخش‌های مختلف گل را به‌وجود می‌آورند.

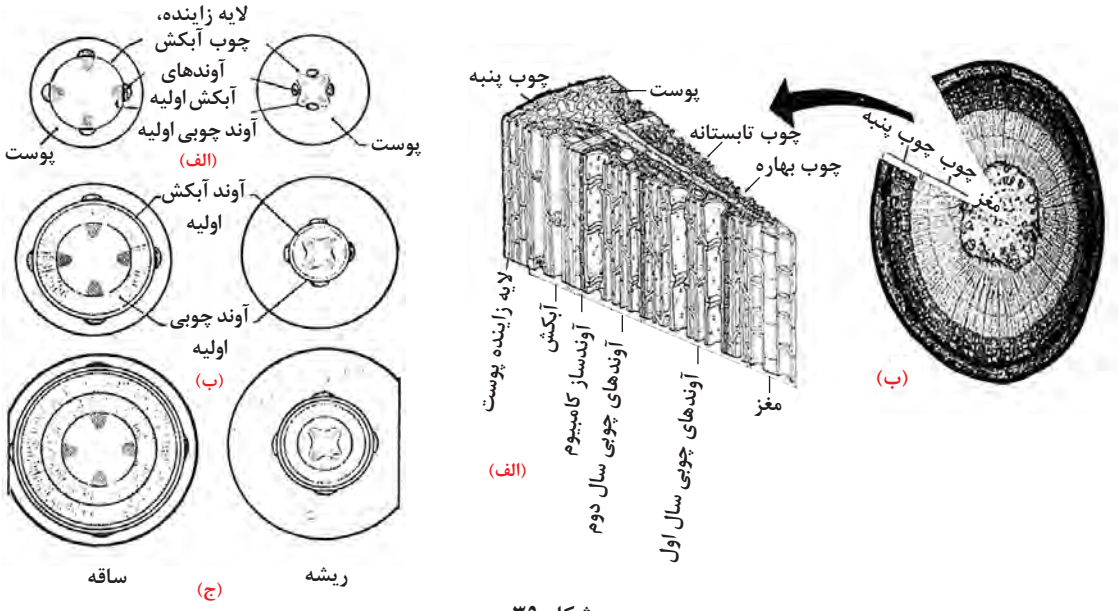
شکل ۳۸

## پیدایش ریشه‌های فرعی

ضمن بررسی و مطالعه ساخت و کار مریستم‌های نوک ساقه با نحوهٔ پیدایش برگ‌ها، گل‌ها و شاخه‌ها آشنا شدید. در اینجا چگونگی پیدایش ریشه‌های فرعی را بررسی می‌کنیم. در برش عرضی ریشه دیدیم که خارجی‌ترین لایهٔ استوانه مرکزی لایهٔ ریشه‌زا (پریسیکل) است. علت نام‌گذاری این لایه بدین مناسبت است که سلول‌های آن پس از تقسیمات متوالی، خاستگاه ریشه‌های فرعی می‌شوند. به‌این ترتیب که از تقسیم سلول‌های لایه ریشه‌زا که در مقابل آوندهای چوبی قرار دارند، سلول‌های بنیادی شبیه آنچه نزدیک به‌انتهای ریشه است به‌وجود می‌آیند.

## رشد پسین

رشد پسین مربوط به فعالیت مریستم‌های پسین است. فعالیت این مریستم‌ها موجب رشد قطری ساقه و ریشه می‌شود. این مریستم‌ها به‌صورت دایره (در برش عرضی) و استوانه (در طرح فضایی) در استوانه مرکزی و به‌صورت نیم حلقه‌هایی در پوست ریشه و ساقه وجود دارند. مریستم پوست را لایهٔ زایندهٔ چوب‌پنبه ـ پوست و مریستم پسین استوانه مرکزی را لایه زاینده چوب ـ آبکش یا کامبیوم می‌نامند.




شکل ۳۹

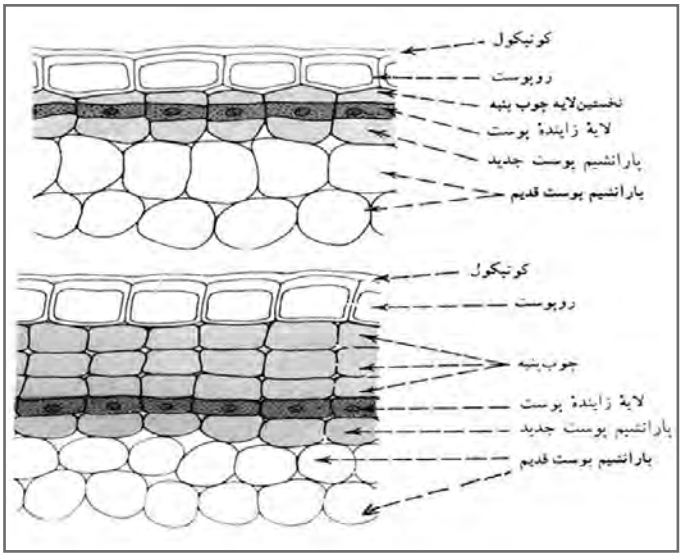
### لایه زاینده استوانه مرکزی (کامبیوم)

شکل بالا موقعیت لایه زاینده استوانه مرکزی و عملکرد آن را پس از دو دوره فعالیت، در ریشه و ساقه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید سلول‌های این لایه در سمت خارج بافت‌های آبکشی پسین و در سمت داخل بافت‌های چوبی پسین را به‌وجود می‌آورند و با این عمل بر قطر استوانه مرکزی می‌افزایند.

## لایه زاینده چوب‌پنبه ـ پوست

چوب‌پنبه و پوست از لایهٔ ویژه‌ای به‌وجود می‌آید که برخلاف کامبیوم جایگاه مشخصی ندارد و به‌صورت حلقهٔ پیوسته نبوده و فعالیت آن همیشگی نیست و ممکن است در زیر اپیدرم یا در بخش‌هایی از پوست تشکیل شود و برای دوره‌ای فعالیت کند و سپس از عمل باز ایستاده و دوباره در بخش دیگری از ریشه یا ساقه به‌وجود آید. از تقسیم سلول‌های این لایه از خارج بافت چوب‌پنبه و از داخل پارانشیم‌های پوستی به‌وجود می‌آید.

به‌علت نفوذناپذیر بودن بافت چوب‌پنبه طبقات سطحی به‌صورت صفحه حلقه و نوار از تنه درخت جدا شده و می‌ریزد. در گونه‌ای بلوط فعالیت لایهٔ زاینده پوست منتهی به تشکیل لایه‌هایی از بافت چوب‌پنبه می‌شود که آن را از سطح گیاه بریده و در صنعت مورد استفاده قرار می‌دهند. به‌طورکلی بافت چوب پنبه در گیاه به‌ویژه در بخش‌های زیرزمینی نقش حفاظتی را به‌عهده دارد.




**شکل ۴۰**

## متابولیسم

سلول‌های بدن جانداران برای تأمین انرژی لازم و ادامهٔ زندگی مولکول‌های غذایی را تجزیه می‌کنند و انرژی حاصل از این تجزیه در مولکول‌های مخصوصی که به‌اختصار ATP نامیده‌اند، اندوخته می‌شود. سپس در موقع نیاز مولکول‌های ATP تجزیه و انرژی اندوخته‌ای را آزاد می‌سازند.

به‌کمک این انرژی مولکول‌های جدید و مورد نیاز در سلول ساخته می‌شوند. این عمل سلول را ماده‌سازی می‌گویند که به‌رشد سلول منجر می‌شود. به‌مجموعهٔ این واکنش‌های شیمیایی پیوسته که ضمن آن انرژی ذخیره آزاد یا تبدیل می‌شود، متابولیسم (سوخت و ساز) می‌گویند. مهمترین فرایندی که ضمن آن انرژی لازم برای اعمال حیاتی همه جانداران به‌دام می‌افتد و ذخیره می‌شود فتوسنتز نام دارد که موضوع این بخش است. موضوع دیگری که در این بخش با آن آشنا می‌شوید، تنفس است که شامل واکنش‌های انرژی‌زا در درون سلول‌هاست.

## فتوسنتز

فتوسنتز فرایند ذخیره انرژی است که در حضور نور در جانداران سبزینه‌دار رخ می‌دهد. ضمن این فرایند انرژی نور خورشید به‌دام می‌افتد و در مولکول‌های قند ذخیره می‌شود. وقتی در کلروپلاست‌ها آب و کربن دی‌اکسید با هم ترکیب می‌شوند، قند حاصل می‌آید و اکسیژن به‌عنوان یک مادهٔ دفعی آزاد و وارد جو می‌شود.

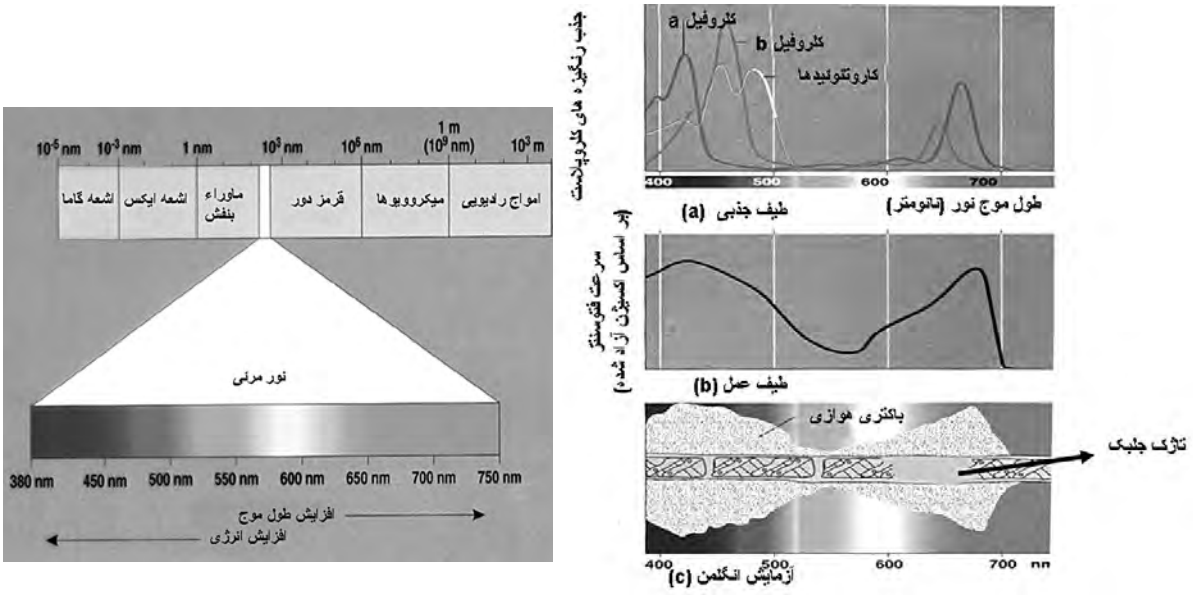
## کربن دی‌اکسید

مقدار این گاز در جو به‌طور متوسط حدود ۰/۰۳ درصد است. این گاز از طریق روزنه‌های هوایی وارد برگ می‌شود. سپس در لایه نازک آبی که دیواره سلول‌های میانبرگ را فراگرفته متصل می‌شود و از طریق انتشار وارد سلول‌ها می‌شود و به‌کلروپلاست‌ها می‌رسد. مقدار کربن دی‌اکسید که به‌طور دائم در طول روز به‌وسیله

همه گیاهان سبز از جو گرفته می‌شود، بسیار زیاد است. برای مثال ۱۰۰۰۰ بوته ذرت که در زمینی برابر ۱۰۰۰ مترمربع کاشته شده‌اند، در فصل رشد بیش از ۲۵۰۰ کیلوگرم کربن در خود ذخیره می‌کنند.
برای تأمین این مقدار کربن حدود ۱۱ تن کربن دی‌اکسید لازم است. کربن دی‌اکسید مصرف شده در فتوسنتز، کربن و اکسیژن موجود در ساختمان قند را تأمین می‌کند.

## نور

طیف وسیعی از پرتوها از خورشید به فضا منتشر می‌شود. میزان انرژی این پرتوها در هر ثانیه معادل یک میلیون برابر تمام ذخایر سوخت‌های فسیلی کرهٔ زمین محاسبه کرده‌اند. این پرتوها به‌صورت ذرات کوچکی به‌نام فوتون یا کوانتوم متراکم و پراکنده می‌شوند. فوتون‌ها دارای تواتر بوده و انرژی هر فوتون بستگی به‌میزان تواتر آن دارد. فوتون‌ها یا پرتوهایی که طول موج کمتری داشته باشند، انرژی و قدرت نفوذ بیشتر و آنهایی‌که توان موج بیشتری دارا باشند، انرژی و قدرت کمتری دارند. در ضمن هر قدر پرتوها دارای انرژی بیشتری باشند، نیروی بیشتری برای جابه‌جا کردن الکترون‌های یک ماده خواهند داشت.



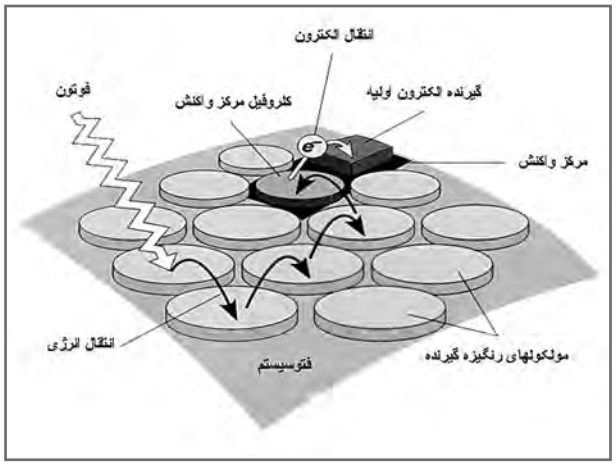

شکل۴۱

## کلروفیل

چند نوع کلروفیل شناخته شده است که در همه آنها یک اتم منیزیم وجود دارد. ساختمان کلروفیل با بخش آهن‌دار هموگلوبین خون جانوران شباهت دارد.
غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست‌های بیشتر گیاهان دو نوع کلروفیل دارد. کلروفیل a و کلروفیل b. کلروفیل a سبز متمایل به آبی و کلروفیل b سبز متمایل به زرد است. به‌طور معمول مقدار کلروفیل a در کلروپلاست ۳ برابر مقدار کلروفیل b است.

## فتوسیستم‌ها

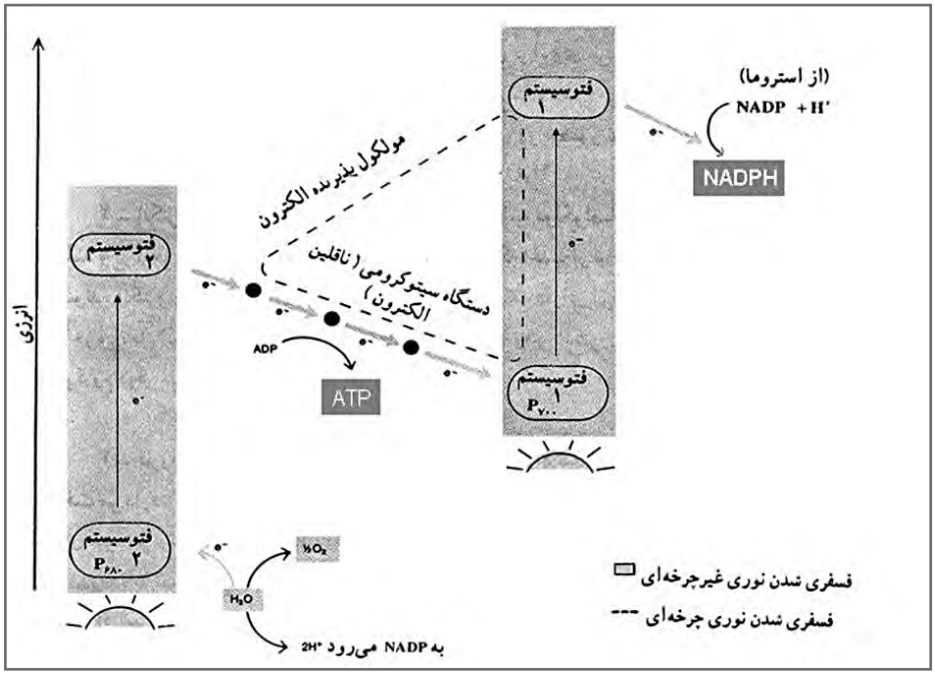
بر روی تیلاکوئیدهای کلروپلاست‌ها مجموعه‌هایی از حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ مولکول از رنگیزه‌های مختلف (به‌طور عمده کلروفیل a، کمی کلروفیل b و کاروتنوئیدها) همراه با برخی پروتئین‌ها گرد هم آمده و مجموعه‌هایی به‌نام فتوسیستم را به‌وجود می‌آورند. فتوسیستم‌ها محل به‌دام انداختن انرژی نوری هستند. در هر فتوسیستم مولکول‌های کلروفیل a مرکز واکنش‌اند و بقیهٔ رنگیزه‌ها انرژی نوری را گرفته و به مولکول‌های کلروفیل a انتقال می‌دهند.




شکل ۴۲

## واکنش‌های شیمیایی فتوسنتز

یک دسته از واکنش‌های فتوسنتز در حضور نور انجام می‌شوند. اینها را واکنش‌های وابسته به‌نور (واکنش‌های روشنایی) می‌نامند. دسته دوم واکنش‌هایی هستند که برای انجام آنها وجود نور الزامی نیست. این واکنش‌ها که هم در تاریکی و هم در روشنایی انجام می‌شوند، واکنش‌های مستقل از نور (واکنش‌های تاریکی) نام دارند.




شکل ۴۳

### واکنش‌های مستقل از نور

این واکنش‌ها به‌طور مستقیم به‌نور وابسته نیستند. در این مرحله $CO_2$ احیاء و اولین ترکیبات آلی ساخته می‌شوند. برای احیای کربن دی‌اکسید، هیدروژن و انرژی لازم است.

### بازده فتوسنتز

بازده یک دستگاه از طریق اندازه‌گیری انرژی مصرف شده نسبت به‌انرژی دستگاه تعیین می‌شود. طبق قانون دوم ترمودینامیک، تبدیل انرژی در هیچ دستگاهی صددرصد نیست، یعنی همه انرژی داده شده به‌یک دستگاه به‌انرژی قابل استفاده تبدیل نمی‌شود. در واقع هیچ تبدیلی در انرژی صورت نمی‌گیرد مگر اینکه همراه آن مقداری از انرژی به‌صورت گرما هدر رود. بر این اساس از کل انرژی خورشیدی که به‌برگ می‌تابد حدود ۳/۵ـ۰/۵ درصد در انجام فرایند فتوسنتز مصرف و درصورت انرژی شیمیایی نهفته در مواد آلی مانند هیدرات‌های کربن اندوخته می‌شود و بقیه آن به‌صورت‌های مختلف مانند بازتابش گرما، تبخیر و غیره هدر می‌رود.

### عوامل مؤثر بر شدت فتوسنتز

شدت فتوسنتز را از میزان اکسیژنی که در واحد زمان از یک گیاه متصاعد می‌شود و یا میزان کربن دی‌اکسیدی که در واحد زمان جذب گیاه می‌شود، محاسبه می‌کنند. عوامل درونی و عوامل بیرونی در شدت فتوسنتز مؤثرند.

### تنفس

گیاهان و سایر جانداران موقعی می‌توانند به زندگی ادامه دهند که قدرت تجزیه مولکول‌های پیچیدهٔ مواد آلی (غذا) و استفاده از انرژی اندوخته شده در آنها را دارا باشند. عمل اکسیداسیون مواد آلی که منتهی به‌آزاد شدن انرژی می‌شود، مستلزم جذب اکسیژن از راه منافذ روی برگ، ساقه و ریشهٔ گیاه است. بنابراین تظاهرات خارجی تنفس عبارت است از جذب $O_2$ و دفع $CO_2$ یعنی مبادلات گازی بین گیاه و محیط. ولی به‌طوری که در زیست‌شناسی جانوری مطالعه می‌کنید تنفس واقعی یعنی واکنش‌های شیمیایی اساسی که منجر به‌شکسته شدن مولکول‌های مواد آلی و رها شدن انرژی می‌شود. این واکنش‌ها در درون سلول‌ها انجام می‌پذیرد و ما از آن به‌عنوان تنفس سلولی نام می‌بریم.

### شدت تنفس

مقدار اکسیژن جذب شده و یا کربن دی‌اکسید دفع شده را در واحد زمان، شدت تنفس می‌گویند. اگر تعریف شدت فتوسنتز را به‌خاطر بیاوریم، ملاحظه می‌کنیم که تبادلات گازی در این دو فرایند عکس یکدیگرند. در تنفس اکسیژن و هیدرات کربن به‌مصرف می‌رسد و آب و $CO_2$ تولید می‌شود. درصورتی که در فتوسنتز آب و $CO_2$ به‌مصرف می‌رسد و اکسیژن و کربوهیدرات‌ها به‌وجود می‌آیند.

### کسر تنفسی

اگر گازهای تنفسی گیاه را به‌طور دقیق بررسی کنیم، می‌بینیم که معمولاً حجم کربن دی‌اکسید دفع شده از گیاه برابر حجم اکسیژن جذب شده نیست. نسبت بین این دو را کسر تنفسی می‌نامیم. این کسر برحسب مراحل مختلف رویش و گل دادن گیاه متفاوت بوده و تا حدودی نوع ماده‌ای که در واکنش‌های تنفسی تجزیه می‌شود را مشخص می‌سازد.

## ارزشیابی پایانی پودمان پنجم

| تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|---|---|
| تعیین و تفکیک اجزای یافته ـ بافت و انواع آن ـ اندام‌های گیاهی ـ انواع ریشه ـ ساقه ـ برگ ـ گل، میوه و دانه | ـ تعیین تفکیک اجزای یاخته ـ بافت ـ اندام‌های گیاهی و نام‌گذاری گیاهان از روی شکل ظاهر | بالاتر از حد انتظار | توانمندی در دسته‌بندی مرفولوژیکی سیستمیک | ۳ | |
| | | در حد انتظار | دسته‌بندی گیاهان باغی | ۲ | |
| | | پایین‌تر از حد انتظار | تفکیک گیاهان | ۱ | |
| نمره مستمر از ۱ | | | | | |
| میانگین نمره تکالیف عملکردی از ۳ | | | | | |
| نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | | |
| زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که ۲ نمره از ۳ نمره میانگین نمره تکالیف عملکردی را اخذ کند. | | | | | |
| نمره کلی درس زمانی لحاظ می‌شود که هنرجو در کلیه پودمان‌ها شایستگی را کسب کند. | | | | | |

## منابع


۱ برنامه درسی درس دانش فنی پایه رشته امور باغی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش در سال ۱۳۹۴

۲ ثابتی، حبیب اله. گیاه‌شناسی. تشریح عمومی نباتات. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۰.

۳ قهرمان، احمد. گیاه‌شناسی عمومی جلد ۱. ۱۳۸۳

۴ زیست‌شناسی گیاهی. ترجمه مهرداد شفیعی ثابت. احمدرضا خسروی، تهران. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر انتشارات کمک آموزشی. انتشارات مدرسه ۱۳۷۸.

۵ عرب، ساسان. کشتکار گلخانه‌ای. تهران. انتشارات پیام فن. ۱۳۸۴.

۶ مهرآوران، حمید. فناوری و کارآفرینی در هیدروپونیک. چاپ دوم انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۱۳۸۰.

۷ مقیمی، نبی‌اله و دیگران. مساحی و نقشه برداری. ۱۳۸۷.

۸ کدپایی، مجید. اصول اقتصاد کشاورزی. ویرایش ۵. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۹.

۹ وزارت جهاد کشاورزی. وظایف شاغلین باغبانی. مصوبه هیأت وزیران. ۱۳۸۱.

۱۰ وزارت جهاد کشاورزی. معاونت راهبردی. مبانی و ضوابط توسعه گلخانه‌ای. نشریه شماره ۴۷۴. ۱۳۸۷.

۱۱ نادری، روح انگیز. گیاه شناسی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۱۳۹۱.

۱۲ نقشه جامع علمی بخش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. مصوبه شورای عالی. ۱۳۹۱.

۱۳ ایوبیان، سیده‌زیبا. پورحیدری، غلامرضا. اصول کمک‌های اولیه. ویرایش سوم. مؤسسه آموزش علمی-کاربردی هلال ایران. ۱۳۸۷.

۱۴ علی اسدی و کریم نادری بدلی، کشاورزی پایدار، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۳.

۱۵ محمد فارسی و عبدالرضا باقری، اصول اصلاح نباتات، چاپ یازدهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۱۶ مرتضی خوشخوی و دیگران، اصول باغبانی، چاپ سیزدهم. انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۸۴.

۱۷ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر فنی و حرفه‌ای و کاردانش، تولید محصولات باغی

۱۸ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر فنی و حرفه‌ای و کاردانش، گیاه‌شناسی، ۱۳۹۲.

۱۹ اسناد لانه جاسوسی آمریکا، کتاب هفتم، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های سیاسی، چاپ سوم. ۱۳۹۰.