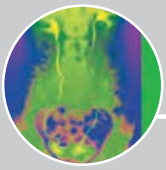
فهرست مطالب

فصل ۱
- درسنامه ۹
- تمرین ۵۱
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۶۰

فصل ۲
- درسنامه ۷۷
- تمرین ۱۳۲
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۴۳

فصل ۳
- درسنامه ۱۶۵
- تمرین ۲۴۳
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۵۸

فصل ۴
- درسنامه ۲۸۵
- تمرین ۳۵۶
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۶۴



فصل ۵
- درسنامه ۳۹۳
- تمرین ۴۶۰
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۷۳

فصل ۶
- درسنامه ۲۸۵
- تمرین ۳۵۶
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۳۶۴

فصل ۷
- درسنامه ۳۹۳
- تمرین ۴۶۰
- پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۴۷۳

پاسخ‌ها ۵۰۱

پیشگفتار

به نام خدا

چند سال پیش، تعدادی از معلمان با دغدغه «آموزش استعدادهای درخشان» ، دورهم جمع شدند و موسسه علامه حلی را تأسیس کردند. این معلم‌ها ـ که خودشان از دانش‌آموختگان مدارس استعدادهای درخشان شهر تهران می‌باشند ـ سال‌ها در مدارس سمپاد (سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان)، به دنبال پیاده‌سازی روش‌های جدید و مؤثر آموزش بوده‌اند و درنهایت تصمیم گرفتند تا نتیجه این تجربیات را در موسسه علامه‌حلی در اختیار دیگر فعالان در عرصه آموزش بگذارند.

مجموعه کتاب‌های انتشارات علامه‌حلی، یکی از محصولات این تلاش جمعی است. در این کتاب‌ها تلاش شده است تا علاوه‌بر تأمین محتوای مناسب برای دانش‌آموزان برتر کشور، روش‌های جدیدتر و مؤثرتر آموزشی هم در انتقال این محتوا به کار گرفته شده و پیاده‌سازی شود. در پس این کتاب‌ها، ساعت‌ها کار فکری برای انتخاب ساختار و شیوه تدوین صرف شده است. فعال کردن دانش‌آموز در روند آموزش و ارجاع او به انجام مشاهدات، فعالیت‌ها و آزمایش‌های مناسب برای انتقال مفاهیم آموزشی و همچنین ترغیب دانش‌آموز برای مراجعه به منابع گسترده‌تر چون سایت‌های علمی اینترنتی و نرم‌افزارهای آموزشی، از ویژگی‌های این سیستم آموزشی است. علاوه‌بر این برای کمک به فرایند تدریس معلمین عزیز، محصولات جانبی چون متن راهنمای تدریس کتاب، محتوای الکترونیک و ... در کنار هر کتاب تولید شده است.

مجموعه کتاب‌های علامه‌حلی، با همکاری جمع زیادی از مؤلفین و معلمان باتجربه مدارس سمپاد ـ که به‌دقت انتخاب شده‌اند ـ تألیف و ویرایش گردیده است؛ اما آرزوی ما در این مؤسسه این است که از حضور تمامی معلمان دلسوز و باتجربه مدارس سمپاد و دیگر مراکز آموزشی برتر کشور عزیزمان، در تألیف کتاب‌ها و دیگر محصولات آموزشی، بهره ببریم؛ بنابراین از شما دبیران عزیز خواهشمندیم تجربه‌های خود را در زمینه استفاده از این کتاب و آموزش آن در کلاس، برای ما به آدرس الکترونیک: *book@mhelli.ir* ارسال فرمایید تا ما در چاپ‌های بعدی کتاب، از تجربیات، نظرات و حتی تصاویر ارسالی شما در انجام آزمایش‌ها، فعالیت‌ها، بازدیدها و ... در کتاب ـ و البته با ذکر نام ارسال‌کننده ـ استفاده کنیم. البته دانش‌آموزان خوب و پرتلاش هم می‌توانند در این کار همکاری کنند و با معلمین خود در اجرای این طرح همراه شوند.

عابدی جعفری

مدیر انتشارات حلی

قبل از شروع به مطالعهٔ کتاب این قسمت را بخوانید:

وقتی شروع به خواندن این کتاب کنید با بخش‌های مختلفی مواجه می‌شوید (غالباً یک لاک‌پشت متفاوت برای هرکدام وجود دارد) که در هریک از این بخش‌ها از شما انتظار داریم کار متفاوتی انجام دهید. این قسمت‌ها براساس تئوری‌های نوین آموزش و تجارب موفق تدریس برای آموزش دانش‌آموزان مستعد طراحی شده است. این بخش‌ها شامل:

درخت دانش: در صفحه دوم هر فصل، نموداری رسم شده تا به شما کمک کند در کمترین حجم، مطالب علمی فصل و چگونگی تقسیم‌بندی و ارتباط آن‌ها را با هم درک کنید. درواقع این بخش نقشه‌ای است برای گم نشدن در موضوعات علمی.

اهداف رفتاری: بعد از درخت دانش، چند جمله نوشته شده که از اول کار معلوم کند این فصل را می‌خوانیم که چه بشود. خوب است در آخر فصل هم برگردیم و ببینیم، آیا می‌توانم کارهایی را که در این بخش گفته انجام دهیم یا نه!

ببینش: درباره برخی از قسمت‌ها لازم است که چیزهایی غیر از نوشته ببینیم. اگر به قسمت این کتاب در سایت سر بزنید برای هر ببینش فیلم، نرم افزار یا ... هست که خوب است ببینیدش!

پاسخگو باش: در این قسمت باید پاسخگوی مطالبی که تا اینجا خوانده‌اید باشید. پاسخگوی سؤالاتی که انتظار می‌رود بعد از خواندن درس تا آن قسمت، بتوانید باکمی فکرکردن به آن‌ها جواب دهید.

فسفر بسوزان: شاید لازم باشد مقدار بیشتری از مغز خودمان استفاده کنیم و قدری فسفر ذخیره شده را بسوزانیم. البته اگر نتوانستید به سوالات این بخش جواب دهید افسرده نشوید؛ برخی از فسفر بسوزانیدها را خود مولفان هم بلد نیستند جواب دهند!

کنکاش‌کن: همه یادگیری در زمان کلاس اتفاق نمی‌افتد. گاهی لازم است راجع‌به یک موضوع خارج از فضای کلاس تحقیق کنیم و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهیم. کتابخانه، خانواده، دوستان، اینترنت و ... منابعی هستند که برای این کار می‌توانیم استفاده کنیم.

دست‌به‌کارشو: در موضوعات علمی مخصوصاً علوم تجربی، یادگیری باکیفیت بدون انجام آزمایش، مشاهده و ساخت وسایل علمی امکان‌پذیر نیست. در قسمت دست‌به‌کارشو نحوه انجام آزمایش، دستورالعمل ساخت وسیله و یا نوع مشاهده توضیح داده می‌شود.

تاریخ علم: در کنار صفحات کتاب، عکس و مختصری از زندگی دانشمندانی که در متن معرفی شده‌اند را می‌بینید. حق مسلم ما است که حداقل قیافه این دانشمندان دوست داشتنی را ببینیم، شاید در کتاب‌های آینده عکس شما هم اینجا قرار بگیرد!

جالب است بدانی: برای افرادی که دوست دارند بیشتر از سطح استاندارد با موضوعات آشنا شوند این قسمت توصیه می‌شود. در این قسمت مطالبی آورده شده که خواندن و یادگرفتن آن الزامی نیست ولی آن‌قدر جذاب است که نشود به‌راحتی بی‌خیال خواندن آن شد.

کتاب زنده: برای کتاب‌های علامه حلی یک نرم‌افزار نوشته‌ایم به اسم «کتاب زنده». مثل بقیه نرم‌افزارها از بازار دانلودش کنید. نرم‌افزار را نصب کنید و بعد با آن صفحات همین کتاب را نگاه کنید. در برخی از صفحات فیلم، صدا و عکس و ... گذاشته شده که باید پیدایشان کنید. در طول سال مطالب مختلفی روی صفحات گذاشته می‌شود پس هر چند وقت یکبار چک کنید.

لغت‌نامه: ما دانش‌آموزان مستعد و متفاوت (!) دوست داریم بتوانیم علاوه بر مطالب درسی، جستجویی هم بکنیم و ببینیم در دنیا درباره موضع درسی ما چه چیزی وجود دارد. برای همین در پایان هر فصل لغات مهم با معادل انگلیسی آن آورده شده است.

آزمایشگاه فیزیک: در هر فصل بخشی طراحی شده به نام آزمایشگاه. صفحات آزمایشگاه هم دستور کار انجام آزمایش است و هم گزارش کار آن، پس از انجام آزمایش و پر کردن آن این صفحات را جدا کنید و به مسئولش تحویل دهید.

جمع‌بندی کن: در انتهای فصل برای یک جمع‌بندی سریع می‌توان از این قسمت کمک گرفت. در این قسمت با هم فصل را جمع می‌کنیم و نکات و مطالب مهم را برای خود تکمیل می‌کنیم.

شهرفرنگ: از آنجایی که همه ما ساعت‌هایی از روز را در اینترنت سِیر می‌کنیم، می‌شود علاوه‌بر سایر کارها، به سایت‌های علمی و جذاب هم سر زد. در بخش شهرفرنگ سایتی مربوط به موضوع فصل معرفی می‌شود که توصیه مؤلفان بازدید از آن سایت است.

پیشنهاد بازدید: جاها و مکان‌های بسیاری وجود دارد که می‌شود دید و یاد گرفت. در فصل‌هایی که به‌نظر مؤلفان مکانی مناسب و مرتبط با موضوع فصل وجود داشته در بخش پیشنهاد بازدید معرفی شده است.

تمرین‌ها: در آخر هر فصل تمرین‌های مرتبط با آن آورده شده است. تعداد تمرین‌ها، وقت لازم برای انجام آن‌ها، تعداد سؤالات سخت و آسان و نوع سؤالات کاملاً محاسبه شده، پس خیالتان راحت که همه را می‌توانید انجام دهید.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای: سؤالات چهارگزینه‌ای یا همان تست هم در آخر هر فصل طراحی شده است. این پرسش‌ها شامل سؤالات آزمون سراسری، آزمون‌های دوره‌ای تألیفی و سؤالات المپیاد می‌باشد.

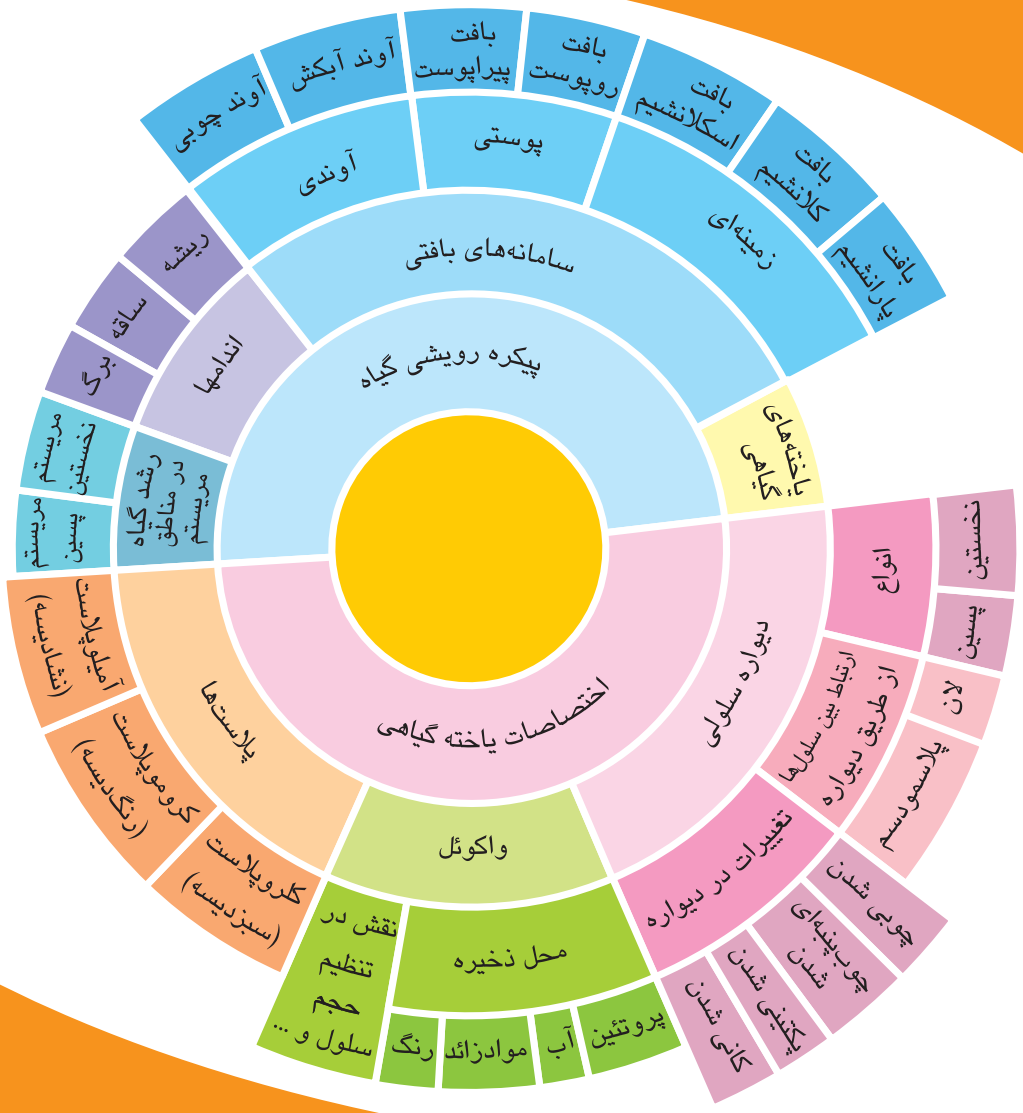
پاسخ‌ها: پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای همه فصل‌ها به‌صورت معرفی گزینه درست طراحی شده. جواب‌های نهایی سؤال‌ها هم برای چک کردن درستی راه حل، ارائه شده است. پاسخ تشریحی تمرین‌های زوج به‌طور کامل در وب‌سایت کتاب به‌صورت رایگان قابل مشاهده است.

سایت: فیلم‌ها، فایل‌ها، کوئیز، جواب نصف تمرین‌ها و ... را روی سایت www.mhelli.com گذاشتیم. هر کتاب صفحه مخصوص به خودش را دارد که پیشنهاد می‌کنیم حتماً به آن سر بزنید.

فصل ۶

از یاخته تا گیاه

دنیای گیاهان را با آرامش و سکوت و البته سکون می‌شناسیم. چراکه اندام‌های حرکتی مشابه دست و پا را در این موجودات پیدا نمی‌کنیم. با این تصورات حرکت‌هایی نظیر باز شدن یک غنچه گل و یا بسته شدن برگ‌های یک گیاه در تاریکی و سپس باز شدن دوباره آن در نور آفتاب را اصلاً حرکت به‌حساب نمی‌آوریم؛ چراکه نمی‌دانیم این اتفاقات در اندام‌های ساده یک گیاه چگونه رخ می‌دهد. تصویر بالا نمای میکروسکوپی از مقطع عرضی برگ یک گیاه علفی است که در زمان کم‌آبی، دو سمت برگ روی‌هم قرارگرفته و به‌اصطلاح بسته می‌شوند و بعد از بهتر شدن شرایط برای جذب نور خورشید دوباره باز خواهند شد. آرایش و شکل سلول‌ها به نظر عجیب است. ساختار صورت شکل خندان، سلول‌هایی که در جاهایی فشرده و کوچک‌اند و بخش‌های دیگر درشت با شکل‌های متنوع. به نظر شما هر یک از سلول‌ها چه وظیفه‌ای دارند و چگونه در کنار هم این حرکت رفت و برگشتی را موجب می‌شوند.



اگر این فصل را به خوبی مطالعه کنی و کارهای خواسته‌شده را به دقت انجام دهی:

- با اندامک‌ها و اجزای اختصاصی گیاهان آشنا خواهی شد.
- یاد خواهی گرفت که دیواره سلولی چگونه ساخته می‌شود و بسته به نوع یاخته چه تغییراتی می‌کند.
- با انواع موادی که در واکوئل ذخیره می‌شود و همچنین با انواع پلاست و نقش آن‌ها آشنا خواهی شد.
- متوجه خواهی شد که انواع یاخته‌های گیاهی به صورت تنها سه سامانه بافتی در کل پیکره گیاه آرایش یافته‌اند.
- انواع یاخته‌های گیاهی و نقش آن‌ها را یاد خواهی گرفت.
- با تفاوت‌های دیگر گیاهان تک لپه و دولپه آشنا خواهی شد.
- درمی‌یابی که گیاهان می‌توانند به صورت نامحدود رشد کنند و اندام‌های مختلف نظیر برگ، ساقه و ریشه به‌صورت هماهنگ به پیکره گیاه اضافه می گردد.
- با جایگاه‌ها و یاخته‌های مسئول رشد در دنیای گیاهان آشنا خواهی شد.
- یاد خواهی گرفت که دو نوع مریستم در گیاهان فعالیت دارند. مریستم‌های نخستین که مسئول رشد طولی و ایجاد اندام‌های جدید هستند و مریستم‌های پسین که فعالیت آن‌ها رشد قطری و بافت‌های چوبی را در پی خواهد داشت.
- با تعدادی از سازگاری‌های گیاهان برای مقابله با از دست دادن آب را آشنا خواهی شد.

گفتار اول: درختان غول‌پیکر

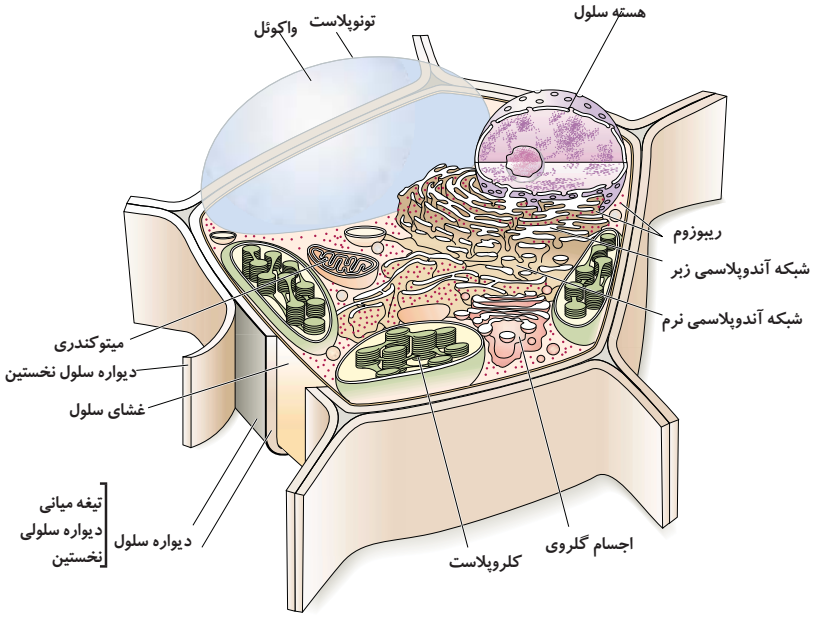
جرم و حجم درختان اکالیپتوس تاسمانی که بزرگ‌ترین درختان امروز زنده هستند، بیش از صدبار از بزرگ‌ترین حیوانات زمین یعنی فیل‌ها بیشتر است. این درخت برای آنکه راست‌قامتی و برافراشته بودن خود را حفظ کند نیاز به ساختارهای استحکامی خاصی دارد که وزن بسیار سنگین این جاندار عظیم‌الجثه را تحمل کرده و درعین‌حال مانع رشد آن نیز نشود. به نظر شما آیا در گیاهان ساختارهای اسکلت مانندی مشابه حیوانات وجود دارد؟ ساختارهایی که هم در درختان بسیار بزرگ با چند ده متر ارتفاع و هم در جوانه‌های کوچک چند سانتی‌متری کارایی داشته باشد. درواقع سازوکار ایجاد استحکام و مقاومت در تک‌تک یاخته‌های یک گیاه به وسیله **دیواره یاخته‌ای** ایجاد شده است و زمانی که میلیون‌ها یاخته در کنار هم قرار گیرند استحکام لازم برای برافراشته شدن گیاه فراهم خواهد شد.

ساختار و ترکیب دیواره یاخته گیاهی

بدون دیواره یاخته‌ای، گیاهان موجودات بسیار متفاوت ازآنچه ما می‌شناسیم بودند. درواقع، دیواره یاخته‌ای برای بسیاری از فرآیندهای مهم گیاه نظیر **رشد، حفاظت، تولیدمثل** و غیره ضروری است. این ساختار، یاخته‌ها را کنار هم نگه می‌دارد و با ایجاد استحکام مکانیکی امکان رشد گیاه را تا ارتفاع زیاد فراهم می‌کند. در تنظیم شکل و میزان آب ذخیره‌شده در یاخته نقش دارد، چراکه هر دو وابسته به حجم بوده و به‌وسیله دیواره کنترل می‌شود.

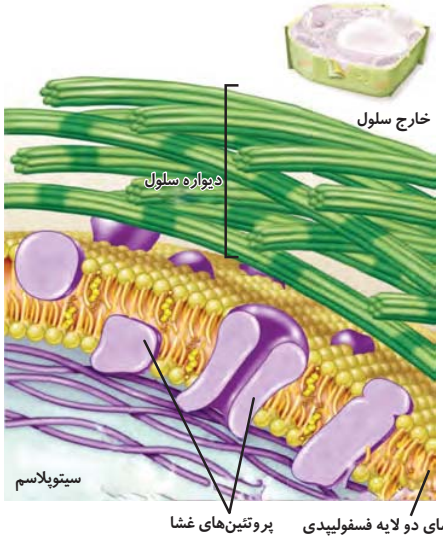
با رشد و تخصصی شدن فعالیت یک یاخته **ترکیب و ضخامت** آن دیواره تغییر می‌کند. بهتر است این تغییرات را از ابتدای ایجاد یاخته بررسی کنیم.

در زمان تقسیم یاخته و بعد از تشکیل هسته‌ها، در وسط سیتوپلاسم یاخته مادر به‌مرور یک‌لایه بسیار نازک به نام **تیغه میانی** از جنس **پکتین** تشکیل می‌شود که بین پروتوپلاست‌های جدید مشترک است. پروتوپلاست هم‌ارز یاخته در سلول جانوری است. سپس **دیواره نخستین** به سمت هسته دو یاخته بر روی تیغه میانی ایجاد می‌شود. جنس دیواره نخستین عمدتاً از **فیبرهای سلولزی** است که در زمینه‌ای از پروتئین و انواعی از پلی‌ساکاریدهای غیررشته‌ای (خمیری شکل) قرار می‌گیرند.



شکل ۷-۱. اجزای مختلف سلول گیاهی

شکل ۷-۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی از فیبرهای سلولزی دیواره سلولی

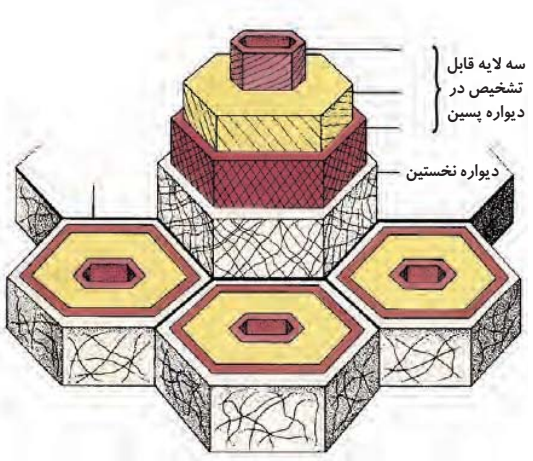


شکل ۷-۳. غشا و دیواره سلول

جالب است بدانید که مولکول سلولز به شکل رشته‌ای است که از ۱۰۰ تا ۱۵۰۰۰ گلوکز ساخته شده است. قطر هر رشته سلولز بین ۱۰ تا ۲۵ نانومتر است. این پلی‌ساکارید فراوان‌ترین پلیمر طبیعی روی زمین به‌حساب می‌آید. دیواره نخستین، مانند قالبی، پروتوپلاست را در برمی‌گیرد و به خاطر خاصیت انعطاف‌پذیری مانع حجیم شدن و رشد یاخته نمی‌شود.

ضخامت دیواره نخستین در یاخته‌های مختلف متفاوت است. به‌عنوان نمونه دیواره نخستین در یاخته‌های **مریستمی (سرلادی) نازک** و در یاخته‌های **کلانشیمی (چسب آکنه)** ضخیم است (در ادامه فصل با این دو یاخته بیشتر آشنا می‌شوید). هنگامی‌که گسترش یاخته متوقف می‌شود، پروتوپلاست بعضی از یاخته‌ها، یک یا چندلایه سلولزی جدید برای افزایش استحکام تولید و به دیواره اضافه می‌کنند.

لایه‌های جدید به بخش داخلی دیواره یاخته‌ای نخستین اضافه‌شده و **دیواره یاخته پسین** نامیده می‌شود. جنس دیواره پسین عمدتاً از رشته‌های سلولز است که به‌صورت فشرده در کنار هم آرایش یافته‌اند. ترکیب و نحوه قرارگیری رشته‌های سلولز **استحکام** زیادی به دیواره پسین می‌دهد در این دیواره **سه لایه** قابل‌تشخیص است که ازنظر **جهت قرارگیری** رشته‌های سلولز و **ضخامت** باهم تفاوت دارند. با کامل شدن دیواره پسین رشد یاخته متوقف‌شده و معمولاً یاخته می‌میرد. **چراکه انتقال آب و گازهای تنفسی از سد دیواره پسین به‌سختی انجام می‌شود.** دیواره پسین بعد از مرگ یاخته از بین نرفته و بدون مصرف انرژی نقش استحکامی و محافظتی خود را انجام می‌دهد. در دیواره پسین بسیاری از یاخته‌ها، خصوصاً یاخته‌های چوبی، ماده‌ای به نام **لیگنین** بین فیبرهای سلولزی اضافه می‌شود. لیگنین جزء اصلی چوب است،این ماده نوعی پلیمر کربنی پیچیده‌ای است که به دیواره خاصیت آب‌گریزی می‌دهد. پس از سلولز، لیگنین فراوان‌ترین پلیمر زیستی بر روی زمین محسوب می شودکه ۲۰ تا ۳۵ درصد از وزن خشک چوب را تشکیل می‌دهد.

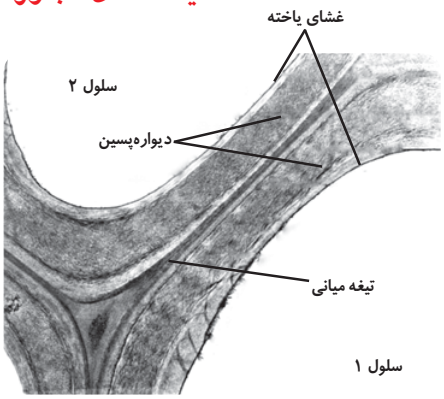


شکل ۷-۴. لایه‌های دیواره سلولی پسین به جهت‌گیری رشته‌های سلولز و ضخامت هر لایه توجه کنید.

جنس تیغه میانی از پلی‌ساکارید پکتین است. دیواره نخستین از رشته‌های سلولز در زمینه‌ای از پروتئین و پلی‌ساکاریدهای غیر رشته‌ای تشکیل شده است. تیغه میانی و دیواره نخستین نسبت به آب نفوذپذیرند. دیواره پسین عمدتاً از رشته‌های سلولزی تشکیل شده است که به‌صورت فشرده در کنار هم آرایش یافته‌اند. سه لایه سلولزی در دیواره پسین قابل‌تشخیص است که ازنظر جهت قرارگیری رشته‌های سلولزی و ضخامت باهم تفاوت دارند.

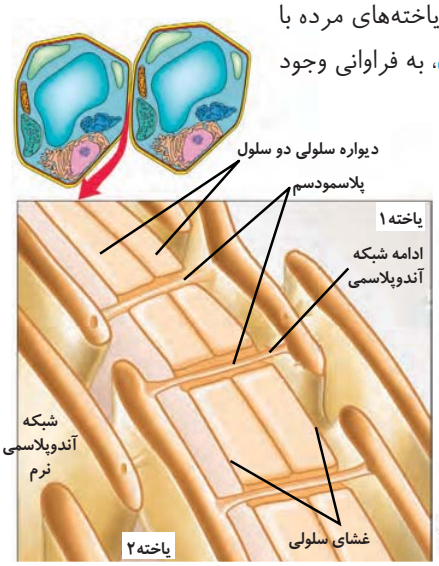
یاخته‌های مجاور از منافذ پلاسمودسماها در دیواره یاخته‌ای به هم مرتبط‌اند.

دیواره یاخته‌ای در یاخته‌هایی که وظیفه تولید، پردازش و یا ذخیره مواد غذایی را دارند **نازک** است. اگرچه هر یاخته زنده قادر است به‌طور مستقل فعالیت‌های پیچیده را انجام دهد اما لازم است که این فعالیت‌ها از طریق برخی از راه‌های ارتباطی با یاخته‌های دیگر هماهنگ شود. بااینکه تیغه میانی و بیشتر دیواره‌های نخستین، نسبت به آب نفوذپذیرند و اجازه حرکت آهسته آب و مواد محلول را بین یاخته‌ها می‌دهند اما در یاخته‌های گیاهی، مایعات و مواد حل‌شده می‌توانند از طریق دیواره نخستین یاخته‌های مجاور و از مسیر پلاسمودسماها (مفرد: پلاسمودسم) عبور کنند. هر پلاسمودسم یک سوراخ بوده که در آن کانال‌های باریکی از جنس غشای پلاسمایی محتویات دو یاخته مجاور را به هم ارتباط می‌دهد.

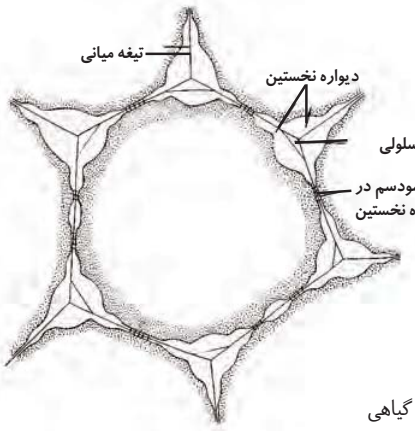


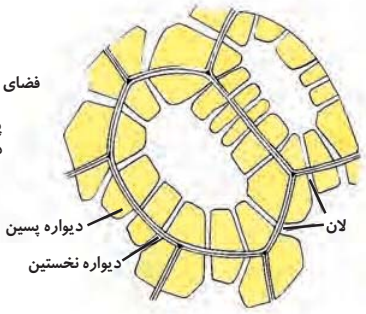
شکل ۷-۴۶.

جالب است بدانید که دیواره پسین روی این منافذ تشکیل نشده و نقل‌وانتقال مایعات در یاخته‌های مرده با دیواره پسین از پلاسمودسم‌ها انجام می‌شود. پلاسمودسم‌ها در مناطقی از دیواره به نام **لان**، به فراوانی وجود دارند. لان به منطقه‌ای گفته می‌شود که دیواره یاخته‌ای در آنجا نازک مانده است.



شکل ۷-۵. پلاسمودسم بین دو یاخته گیاهی



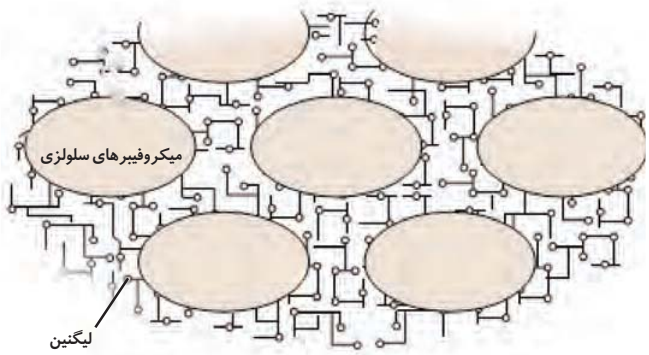


شکل ۷-۶. دیواره نخستین و پسین برای یاخته گیاهی

جنس دیواره در یاخته‌های مختلف با نوع فعالیت یاخته متناسب است

هم‌زمان با تمایز یاخته‌های مختلف، ضخامت و ترکیب دیواره‌های یاخته‌ای متناسب با فعالیت و نقش یاخته تغییر می‌کند. در این قسمت به تعدادی از تغییراتی که در ترکیب دیواره رخ می‌دهد اشاره می‌کنیم.

چوبی شدن: بعد از تشکیل دیواره پسین، پروتوپلاست بسیاری از یاخته‌ها پلیمر لیگنین را به دیواره یاخته‌ای اضافه می‌کنند. این پلیمر، با پرکردن **فضاهای خالی** بین رشته‌های سلولزی **استحکام** بیشتر و **کاهش نفوذپذیری دیواره نسبت به آب** را درپی‌خواهد داشت. از طرفی **چوبی شدن** دو فایده دیگر نیز برای گیاه به همراه دارد. اول آنکه سد محکمی برای نفوذ عوامل بیماری‌زا است و دوم، به علت استحکام و سفتی زیادی که به ساختارهای گیاهی می‌دهد، بافت‌های چوبی گیاه را تبدیل به یک بخش هضم نشدنی برای بسیاری از حیوانات می‌کند.



شکل ۷-۷. مدل سادهٔ قرارگیری مولکول‌های لیگنین و سلولز در دیواره سلولی پسین

ژله‌ای شدن: پکتین نوعی **هتروپلی ساکارید** (پلی ساکاریدی که از بیش از یک نوع زیر واحد تشکیل شده است) است که در **دیواره نخستین** یاخته‌های گیاهی وجود دارد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، جنس تیغه میانی از پکتین است. این ماده خاصیت انعطاف‌پذیری دیواره را افزایش داده و امکان بزرگ شدن دیواره یاخته‌ای از طریق جذب آب را فراهم می‌کند. در زمان رسیدن میوه‌ها پکتین توسط آنزیم‌هایی به نام **پکتیناز** تجزیه‌شده و با از بین رفتن تیغه میانی یاخته‌ها از هم جدا می‌شوند. مقدار و ترکیب شیمیایی پکتین در گیاهان مختلف و حتی بخش‌های مختلف در یک گیاه متفاوت است.

چوب‌پنبه‌ای شدن: سوبرین (چوب‌پنبه) نوعی **چربی بسیار آب‌گریز** از انواع **موم‌ها** است که توسط پروتوپلاست تولید و به دیواره یاخته‌ای اضافه می‌شود. با این ترکیب در پریدرم و نوار کاسپاری (فصل بعد) بیشتر آشنا خواهید شد.

کانی شدن: اگر به برگ گیاه گندم، دست‌زده باشید، زبری آن را احساس کرده‌اید. این زبری به علت افزوده شدن **سیلیسیوم** به دیواره یاخته‌هایی است که در سطح برگ قرار دارند. این تغییر از نوع **کانی شدن** است؛ زیرا در این تغییر، ترکیبات کانی به دیواره یاخته‌ای اضافه می‌شوند. چنین پدیده‌ای در غلات دیگر نیز دیده می‌شود.

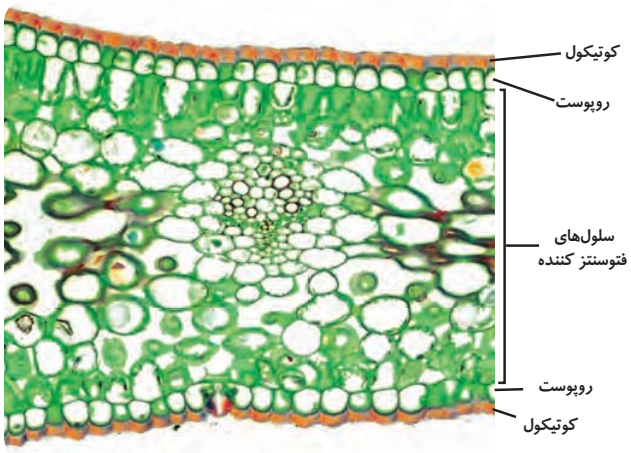
ویژگی کسب‌شده موجب **مقاومت** گیاه در برابر بیماری‌های قارچی و غیره می‌شود و همچنین گیاهان را در برابر آفاتی نظیر انواع کرم‌های علفخوار و حشرات مقاوم می‌سازد.

کوتینی شدن: کوتین نیز مانند سوبرین **نوعی چربی بسیار آبگریز** از انواع **موم‌ها** است.

کوتین در پروتوپلاست‌های روپوست ساخته‌شده و به خارج از یاخته ترشح می‌شود. در آنجا یک‌لایه به نام **کوتیکول (پوستک)** را **روی دیواره بخش‌های در معرض هوا** تشکیل می‌دهد. ضخامت این لایه در یاخته‌ها و گیاهان مختلف متفاوت است. براق بودن برگ‌ها و میوه‌ها به خاطر وجود این لایه است.

لایه کوتیکولی پرتوهای مضر خورشید را بازتاب می‌دهد، از گیاه در برابر سرما محافظت می‌کند، تبخیر را کاهش دهد و به‌عنوان یک مانع در برابر عوامل بیماری‌زا و نیش حشرات عمل می‌کند.

نکته مهم این است که کوتین به خارج از دیواره ترشح‌شده و یک‌لایه چسبیده روی دیواره نخستین ایجاد می‌کند؛ اما باقی تغییرات ذکرشده در خود لایه دیواره صورت می‌گیرد



شکل ۷-۸. لایه کوتیکول در برش عرضی برگ

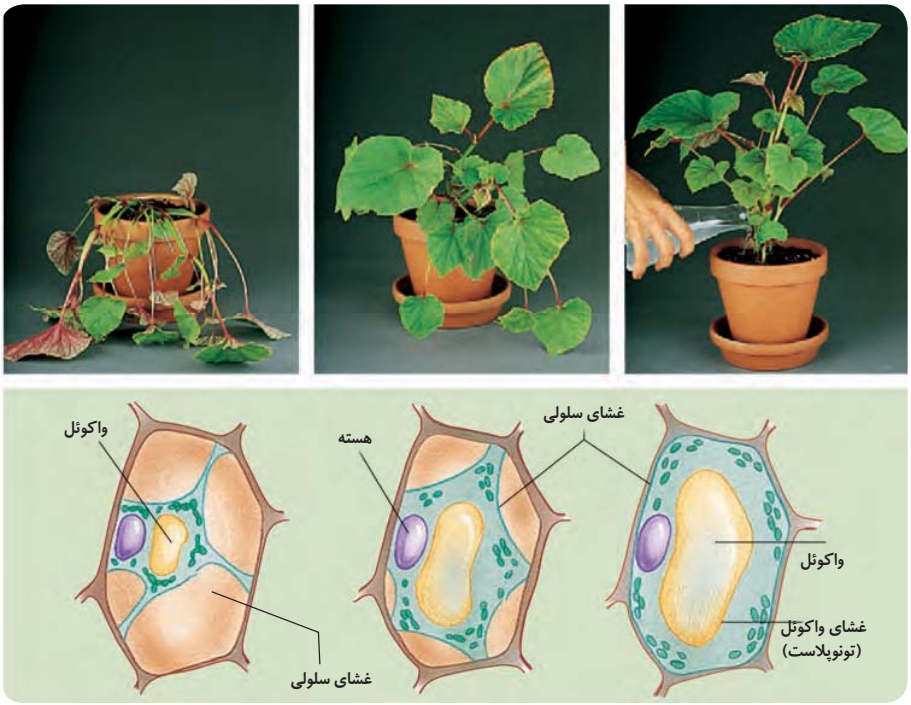
کوتینی و ژله‌ای و کانی شدن در یاخته‌های با دیواره نخستین صورت می‌گیرد

درحالی‌که چوب‌پنبه‌ای و چوبی شدن در دیواره پسین رخ می‌دهد.

واکوئل محل ذخیره آب، ترکیبات معدنی، پروتئین، رنگ و ... در یاخته گیاهی است.

داشتن اندامک **واکوئل (کریچه)** یکی دیگر از ویژگیهای یاخته‌های گیاهی است که همانند دیواره یاخته‌ای در یاخته‌های جانوری وجود ندارد. یک یاخته گیاهی نابالغ به‌طورمعمول دارای چندین واکوئل کوچک است که هم‌زمان با بزرگ شدن یاخته، اندازه آن‌ها افزایش یافته و به یکدیگر ملحق می‌شوند. به صورتی که معمولاً یک یاخته بالغ تنها یک واکوئل بزرگ دارد که می‌تواند تا ۹۰ درصد حجم یاخته را اشغال کند. واکوئل از یک **غشای دولایه فسفولیپیدی** و **شیره واکوئل** تشکیل شده است. شیره واکوئل حاوی آب و ترکیبات مختلف محلول در آب است. غشای واکوئل که **تونوپلاست** نامیده می‌شود ازنظر ترکیبات بسیار شبیه به غشای پلاسمایی است.

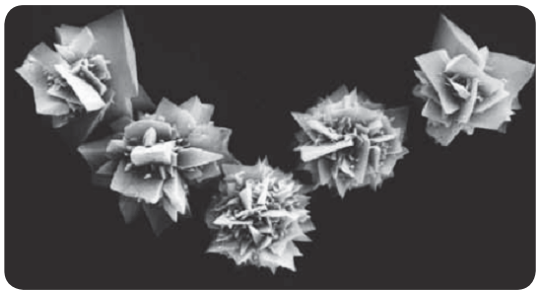
این اندامک فعالیت‌های مهمی را در یاخته انجام می‌دهد که مهم‌ترین آن کمک به **حفظ شکل یاخته** با ایجاد **فشار تورژسانس** است. یک یاخته تورژسانس شده یاخته‌ای است که به خاطر داشتن حجم زیادی از آب، باد کرده و متورم به نظر می‌رسد. به نظر شما چگونه واکوئل می‌تواند آبی که وارد یاخته می‌شود را به درون خود کشیده و آن را در خود ذخیره کند. همان‌طور که گفته شد در شیره انواعی از ترکیبات محلول در آب وجود دارد. ترکیبات یونی موجود سبب غلیظ شدن شیره واکوئلی شده و درنتیجه آب بر اساس **فشار اسمزی** وارد این اندامک می‌شود. زمانی که واکوئل از آب پر شود غشای آن به غشای یاخته و درنهایت به دیواره یاخته‌ای فشار می‌آورد. نیروی واردشده به غشای یاخته **فشار تورژسانس** نام دارد. به‌این‌ترتیب در گیاهان غیرچوبی **واکوئل با همکاری دیواره یاخته‌ای** در برافراشته بودن گیاه نقش دارد. در حالتی که فشار اسمزی خارج یاخته نسبت به داخل آن بیشتر باشد، واکوئل برای رسیدن به حالت تعادل، آب از دست می‌دهد و حجم آن و درنتیجه حجم پروتوپلاست کاهش می‌یابد. این وضعیت **پلاسمولیز** نام دارد.



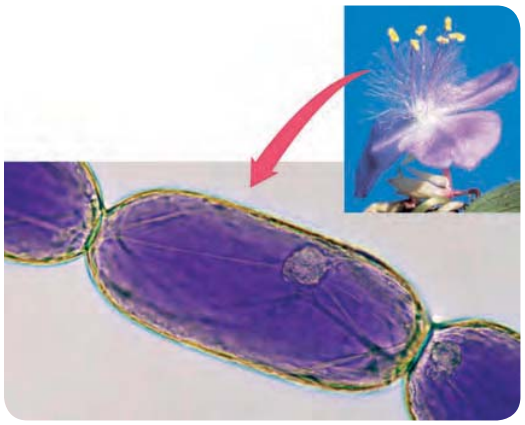
شکل ۷-۹. مقایسه شرایط تورژنسانس و پلاسمولیز حاصل از اضافه نمودن آب نمک به گلدان

نقش دیگر واکوئل **ذخیره** مواد مختلف است. درواقع این اندامک همانند یک انبار موقت برای یاخته عمل کرده و بسیاری از ترکیبات اضافی نظیر **یون‌های معدنی** را تا زمان احتیاج در خود ذخیره می‌کند علاوه بر یون‌های معدنی، واکوئل معمولاً حاوی **قند، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه** است و گاهی اوقات یک ماده خاص با غلظت بالا نظیر **اگزالات کلسیم** در آن به بلور تبدیل می‌شود. همچنین رنگیزه **آنتوسیانین** که رنگ‌های آبی، بنفش و قرمز را ایجاد می‌کنند در واکوئل **تولید و ذخیره** می‌شود. برخلاف بسیاری از رنگیزه‌های دیگر گیاهی، آنتوسیانین به‌آسانی در آب حل می‌شود. رنگ‌های قرمز و آبی در بسیاری از سبزی‌ها (تربچه، پیاز قرمز، کلم بنفش)، میوه‌ها (انگور، آلو، گیلاس) و گلبرگ‌ها (گل گندم، شمعدانی، رُز و ...) درنتیجه وجود آنتوسیانین در واکوئل آن‌هاست. همچنین اکثر **دانه‌ها** حاوی واکوئل اختصاصی هستند که در آن **پروتئین** ذخیره شده است. نظیر پروتئین **گلوتن** که در واکوئل **دانه‌های غلات** ذخیره شده است. در زمان جوانه زدن دانه، تجزیه این پروتئین‌ها اسیدهای آمینه موردنیاز گیاه جوان را تا زمانی که توانایی فتوسنتز را کسب کند فراهم می‌نماید.

همچنین واکوئل به علت داشتن **آنزیم‌های تجزیه‌کننده** در تجزیه و بازیافت درشت مولکول‌ها و اجزای یاخته‌ای نقش دارد که از این لحاظ با **لیزوزوم (راکیزه)** در یاخته‌های جانوری قابل مقایسه است.



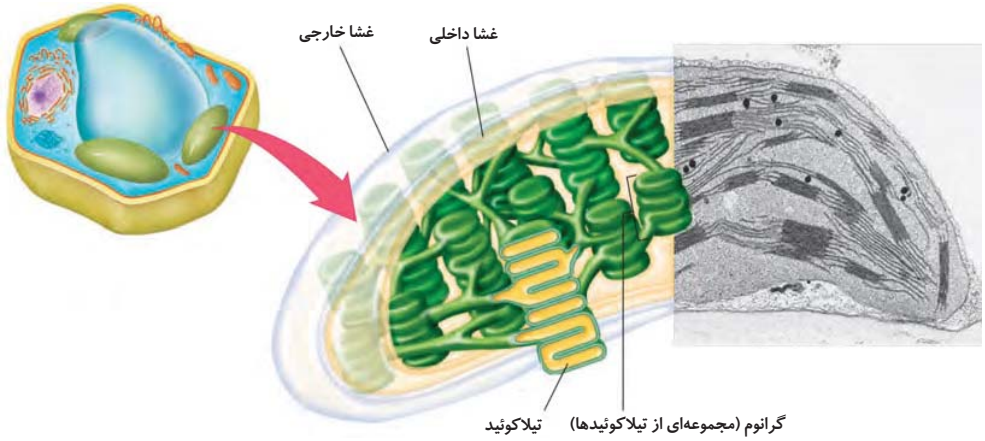
شکل ۷-۱۰. بلورهای اگزالات کلسیم



شکل ۷-۱۱. واکوئل‌حاوی آنتوسیانتین در گلبرگ گل

پلاست‌ها دو غشای دولایه فسفولیپیدی دارند.

بیشتر یاخته‌های گیاه زنده دارای انواع مختلفی از **پلاست (دیسه)** هستند. پلاست اندامکی است که همانند میتوکندری با **دو غشای دولایه فسفولیپیدی احاطه شده است و DNA (دنا) و ریبوزوم** دارد. **کلروپلاست (سبزدیسه)** شناخته‌شده‌ترین پلاست است که در انواع شکل و اندازه در گیاهان مختلف دیده می‌شود. در کلروپلاست آنزیم‌های فرایند فتوسنتز و همچنین رنگیزه مهم و حیاتی این فرایند یعنی سبزینه (کلروفیل) قرار دارد. گیاهان با داشتن این اندامک قادر به ساخت ترکیبات آلی ساده (گلوکز) از ترکیبات معدنی شده‌اند. گلوکز تولیدشده در این اندامک در صورت لزوم برای ذخیره به نشاسته تبدیل خواهد شد. در مهر و موم‌های آینده با جزئیات بیشتری از اندامک کلروپلاست و فرآیند فتوسنتز آشنا خواهید شد.



شکل ۷-۱۲. مدل ساده کلروپلاست (سمت چپ) و تصویر میکروسکوپ الکترونی کلروپلاست (سمت راست)

در کروموپلاست‌ها رنگیزه‌های زرد، قرمز و نارنجی ذخیره می‌شود.

کروموپلاست (رنگ دیسه) اندامک دیگری است که در یاخته‌های گیاهی دیده می‌شود. این اندامک حاوی رنگیزه‌های زرد، نارنجی و قرمزرنگ است که عامل رنگ بعضی از گل‌ها و میوه‌ها نظیر گوجه‌فرنگی و فلفل قرمز است. کروموپلاست اغلب از کلروپلاست زمانی که سبزینه‌ها تجزیه می‌شوند شکل می‌گیرد. برای مثال، زمانی که گوجه‌فرنگی کال (سبزرنگ و دارای کلروپلاست) تبدیل به گوجه‌فرنگی قرمز و رسیده می‌شود. مثال دیگر اتفاقی است که در فصل پاییز برای برگ‌های بسیاری از درختان رخ می‌دهد. هم‌زمان با **سرد شدن هوا، کاهش طول روز و کم شدن نور**، رنگ برگ‌ها از سبز به طیف زرد تا قرمز تغییر می‌کند.

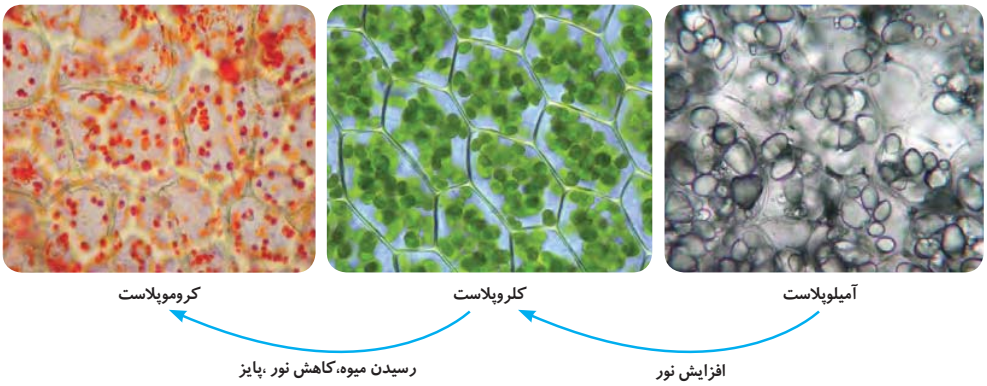
نام رنگیزه	رنگ	مکان ذخیره یا تولید	مثال برای اندام‌هایی که وجود دارند	توضیحات دیگر
آنتوسیانین	قرمز، آبی و بنفش	واکوئل	ریشه (چغندرقند)، برگ (کلم بنفش) گلبرگ (رُز)، میوه (پرتقال تو سرخ)	تغییر رنگ با تغییر pH، خاصیت پاداکسندگی، محلول در آب
سبزینه	سبز	کلروپلاست	تمام بخش‌های سبز گیاه (برگ، ساقه)	جذب انرژی نوری در فرایند فتوسنتز
کاروتن (کارتنوئید)	نارنجی	کروموپلاست و کلروپلاست	ریشه هویج	*خاصیت پاداکسندگی
گزانتوفیل (کارتنوئید)	زرد	کروموپلاست و کلروپلاست	گلبرگ‌های زرد	خاصیت پاداکسندگی
لیکوپن (کارتنوئید)	قرمز	کروموپلاست و کلروپلاست	گوجه و فلفل قرمز	خاصیت پاداکسندگی

*موادی که خاصیت پاداکسندگی دارند موجب پیشگیری از سرطان و بهبود کارکرد مغز می‌شوند.

در آمیلوپلاست‌ها نشاسته ذخیره می‌شود.

لوکوپلاست‌ها نوع دیگری از پلاست در یاخته‌های گیاهان است. این اندامک‌ها اساساً بی‌رنگ‌اند و شامل **آمیلوپلاست (نشادیسه)** و **اولئوپلاست** است که به ترتیب محل ذخیره **نشاسته و روغن** هستند. لوکوپلاست‌ها معمولاً در دانه‌ها، ریشه و یا ساقه‌ها برای ذخیره غذا شکل می‌گیرند. زمانی که لوکوپلاست در معرض نور قرار گرفت، می‌تواند با تولید سبزینه فتوسنتز کرده و تبدیل به کلروپلاست شود؛ مانند زمانی که سیب‌زمینی در معرض نور قرار می‌گیرد.

منشأ تمام پلاست‌ها یک پلاست اولیه است که تحت شرایط مختلف و بسته به نوع اندام به پلاست‌های مختلف تبدیل می‌شود، از طرفی یک پلاست بالغ نظیر کلروپلاست در موقعیت‌های مختلفی می‌تواند به پلاست‌های دیگر تبدیل شود. البته این تبدیلات مفصل است و ما قصد تشریح کامل آن را نداریم. در تصویر زیر بخش کوچکی از این تبدیلات به همراه تصاویر میکروسکوپ نوری از پلاست‌ها آورده شده است.



شکل ۷-۱۳.

پروتئین در واکوئل، نشاسته در آمیلوپلاست و روغن در اولئوپلاست ذخیره می‌شود.

دست‌به‌کار شو

احتمالاً بعد از خواندن در مورد لیکوپن و آنتوسیانین می‌خواهی تشخیص بدهی که منشا رنگ قرمز هر میوه و یا سبزی کدام ماده است. اگر کمی فکر کنی با طراحی و انجام یک آزمایش ساده تا حد زیادی می‌توانی میوه و گل‌ها را از نظر نوع ماده رنگی تقسیم‌بندی کنی. همان‌طور که گفتیم رنگ آنتوسانین در pH های مختلف متفاوت است. شکل زیر رنگ محلول به‌دست‌آمده از کلم بنفش را در محلول‌هایی با pH مختلف نشان می‌دهد.از طرفی رنگ‌های کاروتنوئیدی حساس به pH نیستند. حالا می‌توانی آب‌میوه یا عصاره گلبرگ گل‌ها را با افزودن اسید (مثلاً سرکه) و یا باز (مثلاً محلول جوش‌شیرین) و مشاهده تغییر رنگ، ازنظر داشتن لیکوپن یا آنتوسیانین بررسی کنی. عکس یادت نرود.

جالب است بدانی

متابولیک‌های ثانویه از عطاری‌ها تا سموم کشاورزی

ترکیباتی که در گیاه تولید می‌شود را به دودسته مهم تقسیم می‌کنند. **متابولیت‌های اولیه و ثانویه**. متابولیت‌های اولیه مانند اسیدآمینه، قندهای ساده، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک و... ترکیباتی هستند که **در تمام گیاهان تولیدشده و کار و عمل یکسانی دارند و برای فرایندهای مهم گیاه نظیر رشد، فتوسنتز، تنفس، تولیدمثل لازم و حیاتی هستند**. از طرف دیگر هر گیاه با توجه به شرایط محیطی نیاز به ترکیبات بخصوصی دارد که به خاطر مستقل بودن از دیگر ،موجودات باید خود به‌تنهایی آن‌ها را تولید کند. به همین دلیل است که در هر گیاه ترکیباتی تولید می‌شود که مختص به همان گیاه بوده و همین امر باعث جذاب شدن دنیای گیاهان برای بیوشیمیدان‌ها، داروسازان و عطاری‌دارها و غیره که می‌توانند از میلیون‌ها ترکیب گیاهی با خواص دارویی، غذایی، تسکین‌دهنده، ضد قارچ، ضد سرطان، رنگ‌زا و غیره استفاده کنند. این ترکیبات ویژه گیاهی که معمولاً ساخت آن‌ها در اندام‌های خاص و حتی زمان‌های خاص صورت می‌گیرد، **متابولیت ثانویه** نام دارد که تعداد آن‌ها بین ۵۰ تا ۱۰۰ هزار نوع تخمین زده می‌شود. در بعضی از گیاهان متابولیک‌های ثانویه به‌صورت شیرابه در اندام‌های مختلف ذخیره می‌شوند. متابولیت‌های ثانویه برای بقا و تکثیر گیاهی که آن را تولید می‌کند لازم و ضروری است. ازنظر نوع ترکیب شیمیایی متابولیت‌های ثانویه به سه دسته **آلکانوئیدها** (ترکیبات نیتروژن‌دار که از انواع اسیدآمینه‌ها مشتق می‌شوند)، **ترپنوئیدها** و **ترکیبات فنولی** تقسیم‌شده و اکثر آن‌ها بعد از تولید در واکوئل گیاه ذخیره می‌شوند. عملکرد انواع متابولیت‌های ثانویه معمولاً یکی از دو مورد زیر است:

۱- حفاظت از گیاه در برابر خورده شدن توسط علف‌خواران و آلوده نشدن توسط میکروب‌ها.

۲- ایجاد جذابیت برای گیاه در زمان گرده‌افشانی و پیروزی در رقابت.

نکته جالب این است که تولید و تجمع بسیاری از متابولیت‌های ثانویه که نقش حفاظتی برای گیاه ایجاد می‌کنند سبب **نامطلوب** شدن آن برای ما به‌عنوان غذا شده است. از طرفی در بسیاری از گیاهان اهلی که به‌عنوان محصولات کشاورزی شناخته می‌شوند مقدار این ترکیبات کم بوده و به همین دلیل در برابر آفت‌های مختلف آسیب‌پذیر هستند. درواقع علت استفاده از انواع سموم و علف‌کش‌ها کم بودن مقدار متابولیت‌های ثانویه در گیاهان کشاورزی است.

در جدول زیر نام انواع متابولیت‌های ثانویه که در کتاب درسی با آن‌ها آشنا شده‌اید را مشاهده می‌کنید.

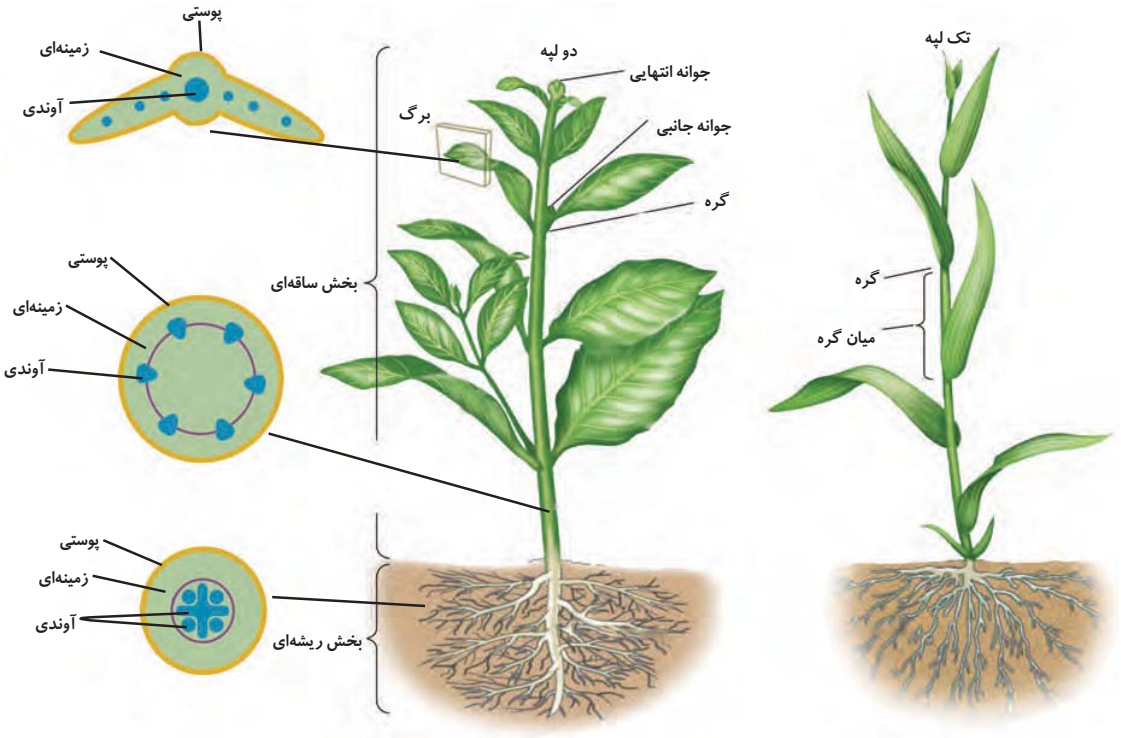
نوع ترکیب ثانویه	مثال
آلکانوئیدها	کُدئین، نیکوتین، کافئین
ترپنها	لاستیک، مِنتول (ترکیب معطر نعنا)
ترکیبات فنولی	لیگنین، آنتوسیانین

شکل ۷-۱۴. جمع‌آوری شیرابه درخت کاج با خواص دارویی در جنگل‌های هیمالیا واقع شده در شمال هند، عکاس: احمد آل علی.

گفتار دوم: انواع یاخته‌ها و بافت‌های گیاهی

در فصل‌های ۱ تا ۶، با بافت‌ها و یاخته‌های مختلف در دنیای جانوری (با تمرکز بر **بدن انسان**) آشنا شده‌اید. در این قسمت از کتاب، به‌صورت مختصر با انواع یاخته‌ها و بافت‌ها در دنیای گیاهان (با تمرکز بر روی **نهاندانگان**) آشنا می‌شویم. اندام‌های بدن یک گیاه در دو بخش اصلی قابل بررسی هستند. **بخش ریشه‌ای و بخش ساقه‌ای**. ریشه، به‌عنوان تکیه‌گاه، آب و مواد معدنی محلول را جذب و محصولات فتوسنتزی تولیدشده در بخش ساقه را ذخیره می‌کند. منشعب بودن ریشه نسبت سطح به حجم را افزایش داده و کمک می‌کند جذب آب و مواد معدنی محلول با بالاترین بازدهی انجام شود.

بخش ساقه‌ای یک گیاه متشکل از ساقه، برگ و گل‌ها است. به‌طورکلی، برگ‌ها اندام اصلی **فتوسنتز** هستند. گل‌ها اندام‌های **تولیدمثلی** هستند که در سال آینده با نحوه عملکرد آن‌ها آشنا می‌شوید. ساقه نگه‌دارنده و تعیین‌کننده جهت قرارگیری برگ‌ها نسبت به نور است. همچنین مسیر ارتباطی بین ریشه‌ها و برگ‌ها را برای انتقال مواد فراهم می‌کند.



شکل ۷-۱۵. سامانه‌های بافتی مختلف در گیاهان تک‌لپه و دولپه

بدن گیاهان از سه سیستم بافت اصلی ساخته شده است

برخلاف جانوران پیچیده که ده‌ها بافت مختلف دارند (به‌عنوان‌مثال، در انسان فقط سه نوع بافت عضلانی وجود دارد)، اندام‌های مختلف گیاهی تنها از **سه سامانه بافت** اصلی تشکیل‌شده‌اند و هر سامانه بافتی معمولاً از دو یا سه نوع بافت تشکیل شده است. سامانه‌های بافتی در گیاه شامل **سامانه بافتی پوستی، زمینه‌ای و آوندی** است. این سامانه‌های بافتی از دوران **جنینی** (جوانه زدن یک‌دانه) در گیاه ایجادشده و به‌صورت **متحدالمرکز** گسترش می‌یابند. هر سامانه بافتی عملکردهای ویژه‌ای داشته و از یاخته‌های مختلفی تشکیل می‌شود.

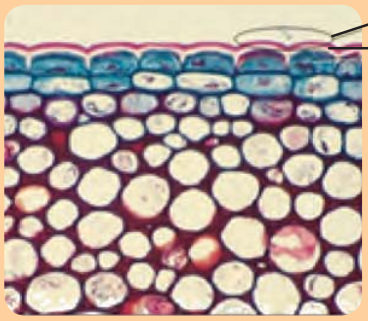
بیشتر پیکر گیاه از سامانه بافت زمینه‌ای تشکیل شده است که عملکردهای مختلفی نظیر فتوسنتز، ذخیره و استحکام را برای گیاه انجام می‌دهد. سامانه بافت آوندی **ترابری** مواد را در پیکره گیاه انجام داده همچنین در استحکام گیاه نیز نقش دارد. سامانه بافت پوستی دارای عملکردهای مختلفی نظیر پوشش، محافظت از گیاه، نقش در فتوسنتز و جذب آب و مواد معدنی محلول است.

سامانه بافت پوستی از دو نوع بافت پیچیده تشکیل شده است.

سامانه بافت پوستی در بخش‌های جوان و در حال رشد از **بافت روپوست (اپیدرم)** تشکیل شده است. این بافت معمولاً شامل یک‌لایه یاخته است. در بخش‌های چوبی ساقه و ریشه سامانه بافت پوستی دیگری به نام **پیراپوست (پریدرم)** تشکیل می‌شود که در گفتار ۳ با این بافت آشنا می‌شویم.

در طول رشد گیاه، روپوست برای پوشش بدن گیاهی گسترش می‌یابد. در ابتدا یاخته‌های روپوست کوچک و گرد هستند و معمولاً یک واکوئل مرکزی کوچک دارند. هنگامی‌که تقسیم یاخته‌ای در روپوست یک عضو متوقف شد، یاخته‌های روپوستی حجیم می‌شوند و بسته به نیاز اندام، برخی از یاخته‌های روپوستی به شکل یکی از سه ساختار تخصصی زیر تمایز می‌یابند.

- یاخته‌های محافظ روزنه که روزنه‌ها (منافذ) را برای تبادل گاز در برگ، ساقه و غیره ایجاد می‌کند.
- کرک یا موهای برگ که در برابر حشرات، تابش مُخرب خورشیدی و غیره محافظ برگ و ساقه است. در بعضی از کرک‌ها موادی نظیر اسید ذخیره می‌شود. در چنین وضعیتی کُرک به‌عنوان یک یاخته ترشحی نیز عمل می‌کند.
- تارهای کشنده که تا حد زیادی سطح ریشه و درنتیجه سطح جذب آب و مواد معدنی را افزایش می‌دهند.

انواع سلول‌ها در سیستم بافت پوششی	
یاخته روپوست: یاخته‌های نسبتاً تمایزنیافته با دیواره یاخته‌ای نخستین هستند که معمولاً به‌صورت یک‌لایه یاخته کل سطح گیاه را می‌پوشانند و به کاهش تبخیر آب کمک می‌کنند. معمولاً روی دیواره خارجی (دیواره‌ای که در معرض هوا است) با لایه غیریاخته ای و از جنس چربی به نام کوتیکول پوشیده شده است.	
یاخته‌های نگهبان روزنه: یاخته‌های دارای کلروپلاست هستند که معمولاً به‌صورت یک جفت با قرارگیری روبه روی‌هم وضعیت جالبی برای باز و بسته کردن روزنه ایجاد کرده‌اند.