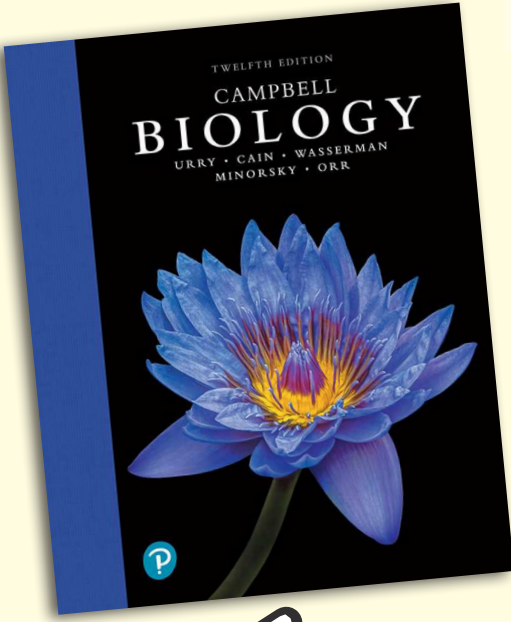




کتاب مرجع

پیولوژی کمپبل

ویرایش دوازدهم - 2020

جلد پنجم

لیزا یوری • مایکل کاین • استیون واسرمن
پیتر مینورسکای • ربکا اور

• مترجمین

مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد
ساره زید آبادی نژاد، مرضیه صالحی جهرمی
علی سینا شاهی، مجید علی نوری، علی وفایی
محمد امین خرقانی، حمیدرضا نبوی
پوریا مسعودی

• ویراستار علمی

مصطفی پویان

• زیر نظر

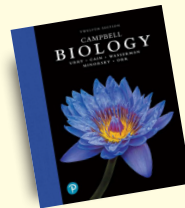
دکتر سامان حسینخانی
استاد گروه زیست شناسی دانشگاه تربیت مدرس

کاپ
کتاب آموزشی پیشرو



خانه زیست شناسی

عنوان : کتاب مرجع بیولوژی کمپبل/لیزا یوری...[و دیگران]؛ مترجمین مصطفی پویان...[و دیگران]؛
 ویراستار علمی مصطفی پویان؛ زیر نظر سامان حسینیخانی.
مشخصات نشر : تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۰-
مشخصات ظاهری : ج. ۲۹×۲۲ س.م.
شابک : ۹۰۰۰۰۰ ریال: ج. ۱-۴: ۹۴۱۳۸-۹۶۲۲-۹۷۸-۱۱۰۰۰۰۰۰ ریال: ج. ۵: ۹-۶-۹۴۱۳۸-۹۶۲۲-۹۷۸-۱۱۰۰۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : لیزا یوری، مایکل کاین، استیون واسرمن، پیتر مینورسکای، ریکا اور.
یادداشت : مترجمین مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد، مجید علی نوری، علی وفاپی، محمد امین خرقانی،
 علیرضا تنوری، حمیدرضا نبوی، ماهان پویان، امیرحسین شاهسون.
یادداشت : مترجمین جلد پنجم مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد، ساره زیر آبادی، مرضیه صالحی جهرمی...
یادداشت : عنوان اصلی: Campbell biology , 12th ed. 2020
موضوع : زیست شناسی Biology
شناسه افزوده : لیزا ا.
شناسه افزوده : Urry , Lisa A
شناسه افزوده : پویان پهنه کلائی، مصطفی، ۱۳۵۱-، مترجم، ویراستار
شناسه افزوده : حسینیخانی، سامان، ۱۳۵۰-
رده بندی کنگره : QH ۳۰۸/۲
رده بندی دیویی : ۵۷۰
شماره کتابشناسی ملی : ۸۶۷۲۰۱۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا



کتاب مرجع بیولوژی کمپبل

جلد پنجم: سازگار و عمل گیاهان

نام کتاب : کتاب مرجع بیولوژی کمپبل (جلد پنجم)
مولفین : لیزا یوری و همکاران
ترجمه : خانه زیست شناسی
ناشر : کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
گروه ترجمه : مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد و همکاران
ویراستار علمی : مصطفی پویان
زیر نظر : دکتر سامان حسینیخانی
ویرایش ادبی : مریم مجاور
طراح و گرافیک : سیما رائفی نیا- سپیده زارعی
طراحی جلد : سپیده زارعی
نوبت چاپ : اول- ۱۴۰۲
لیتوگرافی، چاپ، صحافی : گلیاگرافیک- نگارنقش
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۱۳۸-۹۶۲۲-۹۷۸-۱۱۰۰۰۰۰۰
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
قیمت : ۱۹۰۰۰۰ تومان

مرکز فروش: میدان انقلاب- خیابان فرهنگ-رازی- خیابان ومید-دندری غربی- پلاک ۸۳

۰۲۱-۶۶۹۴۹۳۱۴۹ ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ ۰۵-۶۶۹۶۴۷۲۳ **فروشگاه:** ۰۲۱-۶۶۹۵۳۵۱۷-۱۸

مندوق پستی: ۱۱۳۹-۱۳۱۴۵ **آدرس سایت زیرزربین:** www.zirezarebinpub.ir

سایت نشر کاپ: www.cup-book.com



پروفسور نیل کمپبل

(Neil A. Campbell)

پروفسور نیل آ. کمپبل، نویسنده کتاب معروف "Biology" و محقق برجسته دانشگاه کالیفرنیا، در ۲۱ اکتبر ۲۰۰۴ در بیمارستان "Redland" پس از تحمل رنج حاصل از نارسایی قلبی، درگذشت. وی در هنگام مرگ ۵۸ سال داشت. پروفسور کمپبل دکترایش را در شاخه علوم گیاهی و در سال ۱۹۷۵ از دانشگاه کالیفرنیا دریافت کرد. وی سپس در کالج Pomona، دانشگاه Cornell و نیز کالج San Bernardino مشغول به تدریس شد تا اینکه در سال ۱۹۸۹ به گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا پیوست. وی در تمامی این دانشگاه‌ها و دانشکده‌ها به عنوان متخصص در آموزش زیست‌شناسی مشغول به فعالیت بود.

دکتر جودی هالت، پروفسور و رئیس دپارتمان علوم گیاهی دانشگاه کالیفرنیا می‌گوید: «دکتر کمپبل با بسیاری از دانشمندان و بزرگان زمان ما دوست بود. وی حامی سخاوتمندی برای کارکنان، دانشجویان و دپارتمان علوم گیاهی بود».



مهارت تألیف و ایثار و از خودگذشتگی دکتر کمپبل در آموزش زیست‌شناسی، بر معروفیت گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا افزود. دکتر کمپبل یقیناً به خاطر نوشتن کتاب‌های معروف Biology در سطح بین‌المللی مشهور است. به گفته پیرسون و بنجامین کامینگز، ناشران کتاب‌های کمپبل، از زمان معرفی کتاب Biology در سال ۱۹۸۷، در حدود ۷۰٪ زیست‌شناسان، پزشکان، بیوتکنولوژیست‌ها و در حدود ۱۰٪ از معلمان زیست‌شناسی زیر ۴۰ سال، کتاب Biology را به عنوان کتاب درسی خود انتخاب کرده‌اند. در بخش دانش‌آموزی نیز تخمین زده می‌شود که هر ساله بیش از نیم میلیون دانش‌آموز در سراسر جهان از کتاب Biology کمپبل استفاده کنند. دکتر آنتونی هانگ، پروفسور زیست‌شناسی مولکولی و سلول گیاهی در دپارتمان زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا، در مورد تأثیر پروفسور کمپبل بر حوزه زیست‌شناسی و آموزش علوم زیستی می‌گوید:

«کتاب‌هایش چنان معروفند که ماه گذشته، زمانی که برای شرکت در سمیناری در تایوان بودم، سه ویرایش چینی مختلف از کتاب‌هایش را دیدم. هر جا که می‌روم، وقتی می‌گویم از دانشگاه کالیفرنیا هستم، مردم از من می‌پرسند، آیا دکتر کمپبل را می‌شناسم!»

کتاب‌های بیولوژی کمپبل تا کنون به بیش از ۹ زبان زنده دنیا ترجمه شده است. پس از مرگ دکتر کمپبل، از طرف خانواده‌اش درخواست می‌شود تا به جای اهدای تاج گل، هزینه‌اش را برای کمک به بودجه تحقیقاتی دانشجویانش، به حساب دانشگاه کالیفرنیا واریز کنند. در سال ۲۰۱۱ گروه مؤلفین کتاب Biology، به پاس سال‌ها خدمات ارزشمند نیل کمپبل در زمینه آموزش زیست‌شناسی، از ویرایش نهم، عنوان کتاب را به CAMPBELL BIOLOGY تغییر داده است.

روحش شاد و راهش پر رهرو باد

در مورد نویسندگان



- لیزا یوری (فصل ۱ و بخش‌های ۳-۱)، یک زیست‌شناس تکوینی و رئیس کنونی دپارتمان بیولوژی در کالج Mills است. لیزا پس از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه Tufts در بیولوژی، دکترای خود را در زیست‌شناسی تکوینی و مولکولی در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) تکمیل کرد. وی تعدادی مقالات تحقیقی منتشر کرده است، که بیشتر آنها بر روی بیان ژن طی تکوین جنینی و لاروی در خارپوستان دریایی متمرکز هستند. لیزا همچنین عمیقاً متعهد به اعطای فرصت برای زنان در تحقیق و آموزش علوم است.



Lisa A. Urry



Michael L. Cain

- مایکل کاین (بخش‌های ۴ و ۵) یک زیست‌شناس تکاملی و اکولوژیست است که اکنون به‌طور تمام وقت مشغول تألیف می‌باشد. مایکل دارای لیسانس زیست‌شناسی و ریاضی از کالج Bowdoin، مدرک فوق‌لیسانس زیست‌شناسی از دانشگاه Brown، و دارای درجه دکترای اکولوژی و زیست‌شناسی تکاملی از دانشگاه Rose-Hulman، گستره وسیعی از دوره‌های تدریس، از جمله زیست‌شناسی عمومی، اکولوژی تکامل، و زیست‌شناسی حفظ ذخایر زیستی را تدریس می‌کرده است. مایکل کاین نویسنده ده‌ها مقاله علمی درباره موضوعاتی چون رفتار گیاه‌خواری در حشرات، پراکنش دوربرد دانه‌ها، و گونه‌زایی در جیرجیرک‌ها است. وی علاوه بر کارش در بیولوژی کمپبل، ناظر تألیف یک کتاب مرجع در زمینه اکولوژی است.

- مایکل استیون واسرمن (بخش ۷)، پروفسور دانشگاه کالیفرنیا سان‌دیگو (UCSD) است. وی لیسانس زیست‌شناسی خود را از دانشگاه هاروارد و دکترای خود را در علوم زیستی از MIT گرفت. استیو از طریق تحقیق بر روی مکانیسم‌های تنظیمی در مگس دروزوفیلا، وارد زمینه‌های زیست‌شناسی تکوینی، تولیدمثل و ایمنی شد. وی در حال حاضر در دانشگاه پزشکی تگزاس و UCSD، ژنتیک، تکوین و فیزیولوژی را برای دانشجویان پزشکی تدریس می‌کند. او همچنین مشاور و راهنمای پایان‌نامه بیش از ده‌ها دانشجوی دکترا بوده است.



Steven A. Wasserman



Peter V. Minorsky

- پیتر مینورسکی (بخش‌های ۶ و ۸)، پروفسور کالج Mercy در نیویورک است؛ وی در آنجا تکامل، اکولوژی گیاه‌شناسی و زیست‌شناسی عمومی را تدریس می‌کند. پیتر لیسانس زیست‌شناسی خود را از کالج Vassar و دکترای خود را در گرایش فیزیولوژی گیاهی از دانشگاه Cornell دریافت کرد. او همچنین نویسنده علمی مجله Plant Physiology است. پیتر پس از فلوشیپ فوق‌دکتر در دانشگاه ویسکانسین، در کالج Kenyon، دانشگاه Western Connecticut State، و کالج Vassar مشغول به تدریس شد. وی در حقیقت یک الکتروفیزیولوژیست است که پاسخ گیاهان به استرس را مطالعه می‌کند. پیتر در سال ۲۰۰۸ به‌خاطر شیوه منحصر به فردش در آموزش، جایزه ویژه بهترین روش تدریس را از آن خود کرده است.

- ربکا بی. اور، استاد زیست‌شناسی در دانشگاه کالین تگزاس است. دکتر اور در این دانشگاه، زیست‌شناسی مقدماتی تدریس می‌کند. وی مدرک دکترای تخصصی خود را از دانشگاه مرکز پزشکی جنوب غربی تگزاس اخذ کرده است. ربکا اور علاقه فراوانی به درس روش تحقیق و استراتژی‌های پژوهش دارد. او همچنین دارای گواهینامه «مشاور در امور یادگیری‌های مشارکتی» نیز می‌باشد. دکتر اور شیفته تمرکز بر روی نوعی از روش‌های یادگیری است که دانش‌پژوهان را به چالش می‌کشد و ذهن و فکرشان را درگیر می‌کند.



Rebecca B. Orr

پیشگفتار:

اکنون که ترجمه ویرایش ۲۰۲۰ کتاب ارزشمند و منحصر به فرد بیولوژی کمپبل را تقدیم شما عزیزان می‌کنیم، نزدیک به ۱۷ سال از ورود این «کتاب سترگ» به کشور می‌گذرد. طی این مدت، بیولوژی کمپبل تبدیل به یک «فرهنگ» دوست داشتنی شده است؛ فرهنگی که حاکی از درایت، تشخیص و درک دبیران محترم، دانش‌آموزان عزیز و والدین گرامی دارد! با افتخار اعلام می‌کنیم که امروز در بسیاری از مدارس دوره اول دبیرستان، در پایه‌های هفتم، هشتم و نهم، کلاس‌های کمپبل جزء برنامه‌های اصلی دانش‌آموزان شده است؛ دانش‌پژوهان المپیادی اولین مرجعی که مطالعه می‌کنند بیولوژی کمپبل است؛ در کنکور سراسری، تقریباً محال است دانش‌آموزی در رشته‌های پزشکی، دندانپزشکی و داروسازی پذیرفته شود ولی بیولوژی کمپبل را مطالعه نکرده باشد! جالب اینجاست که علاوه بر دبیران کشور، دانشجویان رشته دبیری زیست‌شناسی در دانشگاه فرهنگیان نیز مشتاقانه این کتاب را به‌عنوان مهم‌ترین مرجع تدریس در آینده کاری خود انتخاب می‌کنند.

اتفاق جالب دیگر در این سال‌ها، مرجع تالیف قرار گرفتن کتاب بیولوژی کمپبل برای تمامی کتاب‌های علوم زیستی در حوزه آموزش و پرورش است! کتاب‌های زیست‌شناسی در دوره متوسطه دوم و کتاب‌های علوم در دوره متوسطه اول، همه و همه از روی کتاب کمپبل الگوبرداری و نوشته شده‌اند. به همین دلیل، دامنه اثرگذاری این اثر ماندگار، بسیار وسیع و قابل تأمل است. آنچه که باعث این همه اتفاقات میمون و ارزشمند شده است «جایگاه جهانی» این کتاب، شیوه نگارش و محتوای علمی آن است. پروفیسور نیل کمپبل در مهندسی تالیف این اثر فاخر، چنان استادانه عمل کرده است که به جرأت می‌توان گفت هیچ کتاب دیگری در حوزه علوم زیستی تا این اندازه تاثیرگذار نبوده است! اینکه مدیر جهانی «IBO» به صراحت اعلام می‌دارد که «بیولوژی کمپبل، انجیل زیست‌شناسی است»، حاکی از نقش مؤثر و غیرقابل انکار این کتاب در آماده‌سازی دانش‌پژوهان در این رویداد جهانی است.

«بیولوژی کمپبل» جزء معدود کتاب‌های علمی است که به تمام زبان‌های زنده دنیا ترجمه شده است. در ایران نیز از ویرایش هشتم توسط «خانه زیست‌شناسی» ترجمه و در اختیار علاقمندان قرار گرفته است. در ترجمه ویرایش‌های یازدهم و دوازدهم این کتاب، سرکار خانم «شراره مستانی‌نژاد»، نقشی بسیار ارزنده و غیرقابل انکار داشتند؛ فهم عمیق ایشان از موضوعات مختلف زیست‌شناسی، تسلط فوق‌العاده بر متون انگلیسی و از همه مهم‌تر، عشق و علاقه فراوان به کار، از او یک «مترجم چیره‌دست» ساخته است. یقیناً از این مترجم جوان در آینده‌ای نزدیک فراوان خواهیم شنید!

سرکار خانم مریم مجاور، ویراستار صبور، دقیق و باحوصله گروه هستند که از ویرایش‌های اخیر به جمع ما اضافه شدند. خانم مجاور با وسواس بسیار زیاد، موجب روان‌تر شدن و شیوایی ترجمه در این اثر فاخر شده‌اند؛ از ایشان به‌خاطر زحمات ارزشمندشان سپاسگزاریم.

طراحی این اثر ماندگار نیز با خلاقیت و هنرمندی خانم‌ها سیما رائفی‌نیا و سپیده زارعی به سرانجام رسیده است. این عزیزان نهایت تلاش، حوصله و صبوری خود را برای خلق یک اثر زیبا و منحصر به فرد به کار گرفته‌اند؛ زحمات فراوان آنها بسیار جای تقدیر و تشکر دارد.

در پایان جا دارد از جناب آقای سید احمد موسوی، مدیر همیشه همراه مجموعه وزین کاپ، که در شرایط سخت و نفس‌گیر کرونایی، «جسورانه» موجبات چاپ این اثر فاخر را فراهم نموده‌اند، صمیمانه قدردانی و تشکر کنیم. توفیق روز افزون این عزیزان، آرزوی قلبی ماست.

مصطفی پویان
مدیر خانه زیست‌شناسی



فصل ۳۵

ساختار، رشد و تکوین گیاهان آوندی

35-1 پیکر گیاهان از مجموعه اندامها، بافتها و سلولها

- تشکیل شده است
- ۱۰ ریشه، ساقه و برگ، سه اندام اصلی گیاه هستند
 - ۱۰ ریشهها
 - ۱۲ ساقهها
 - ۱۳ برگها
 - ۱۴ بافتهای پوستی، آوندی و زمینه‌ای
 - ۱۵ انواع معمول سلولهای گیاهی

35-2 مریستمها برای رشد نخستین و پسین، سلول تولید می‌کنند

- ۱۸

35-3 رشد نخستین، موجب طویل شدن ریشه‌ها و ساقه‌ها می‌شود

- ۲۱ ریشه نخستین ریشه‌ها
- ۲۱ رشد نخستین ساقه‌ها
- ۲۳ آناتومی و رشد ساقه‌ها
- ۲۴ آناتومی و رشد برگ‌ها

35-4 رشد پسین، منجر به افزایش قطر ساقه‌ها و ریشه‌ها در گیاهان چوبی می‌شود

- ۲۶ کامبیوم آوندی و بافت‌های آوندی پسین
- ۲۷ کامبیوم چوب‌پنبه و تولید پریدرم
- ۲۸ تکامل رشد پسین
- ۲۹

35-5 رشد، ریختزایی و تمایز سلولها، پیکر گیاه را به‌وجود می‌آورند

- ۳۰ جانداران مدل: تحولی در مطالعه گیاهان
- ۳۱ رشد: تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلولی
- ۳۲ تقسیم سلولی
- ۳۲ گسترش سلولی
- ۳۳ ریختزایی و تشکیل الگو
- ۳۳ بیان ژن و کنترل تمایز سلولی
- ۳۴ تغییر در مسیر تکوین: تغییر فاز
- ۳۵ کنترل ژنتیکی گل‌دهی
- ۳۵



فصل ۳۶

جذب و انتقال مواد در گیاهان آوندی

36-1 سازگاری برای کسب منابع از مراحل کلیدی در تکامل گیاهان آوندی بوده است

- ۴۲ معماری اندامهای هوایی و کسب نور
- ۴۳ به‌وجود آمدن تعادل بین فتوسنتز و از دست رفتن آب در گیاه
- ۴۴ ساختار ریشه و کسب آب و مواد معدنی

36-2 مکانیسمهای متفاوتی، مواد را در فواصل کوتاه و طولانی انتقال می‌دهند

- ۴۵ آپوپلاست و سیمپلاست؛ مسیرهای پیوسته ترابری
- ۴۵ انتقال مواد محلول در مسافت کوتاه از عرض غشای پلاسمایی
- ۴۶ انتقال آب در مسافت کوتاه از عرض غشای پلاسمایی
- ۴۷ چگونگی اثر مواد محلول و فشار بر پتانسیل آب
- ۴۸ حرکت آب از عرض غشای سلول گیاهی
- ۴۸ آکوآپورینها: تسهیل‌کنندگان انتشار آب
- ۴۹ جریان توده‌ای و انتقال مواد در فواصل طولانی
- ۴۹

36-3 تعرق موجب انتقال آب و مواد معدنی از ریشه‌ها به ساقه‌ها از طریق آوندهای چوبی می‌شود

- ۵۱ جذب آب و مواد معدنی توسط سلولهای ریشه
- ۵۱ انتقال آب و مواد معدنی به آوندهای چوبی
- ۵۲ جریان توده‌ای از طریق آوند چوبی
- ۵۳ هل دادن شیره خام: فشار ریشه‌ای
- ۵۳ کشیده شدن شیره خام: فرضیه هم‌چسبی - مکش
- ۵۵ نقش هم‌چسبی و دگرچسبی در صعود شیره خام
- ۵۶ مرور: شیره خام به‌وسیله جریان توده‌ای صعود می‌کند

36-4 روزنه‌های هوایی، سرعت تعرق گیاه را تنظیم می‌کنند

- ۵۶
- ۵۷ روزنه‌ها: مسیر اصلی خروج آب
- ۵۸ مکانیسم‌های باز و بسته شدن روزنه‌ها
- ۵۸ عوامل محرک باز و بسته شدن روزنه‌ها
- ۵۹ اثر تعرق بر روی پژمردگی و دمای برگ
- ۵۹ سازگاری‌های کاهش‌دهنده اتلاف آب از طریق تیخیر

36-5 قندها توسط آوندهای آبکشی از محل تولید به محل‌های مصرف یا ذخیره انتقال می‌یابند

- ۶۰ حرکت از محل تولید قندها به محل‌های مصرف آنها
- ۶۰ برقراری جریان توده‌ای از طریق فشار مثبت: مکانیسم ترانسپاری
- ۶۲ در نهان‌دانگان

36-6 مسیر سیمپلاستی، بسیار پویا است

- ۶۳ تغییر در تعداد پلاسمودسم‌ها و اندازه منافذ آنها
- ۶۴ آوند آبکش: بزرگراه اطلاعات
- ۶۴ سیگنال‌های الکتریکی در آوند آبکش



فصل ۳۷

خاک و تغذیه گیاه

37-1 خاک شامل اکوسیستمی زنده و پیچیده است

- ۶۸ بافت خاک
- ۶۸ ترکیب خاک سطحی
- ۶۹ اجزای غیرآلی
- ۶۹ اجزای آلی خاک
- ۷۰ حفاظت از خاک و کشاورزی پایدار
- ۷۱ آبیاری
- ۷۱ کوددهی
- ۷۲ تنظیم pH خاک
- ۷۲ کنترل فرسایش
- ۷۳ گیاه پالایی

37-2 قندها توسط آوندهای آبکشی از محل تولید به محل‌های مصرف یا ذخیره انتقال می‌یابند

- ۷۳ عناصر ضروری
- ۷۴ علائم کمبود عناصر معدنی
- ۷۶ تغییرات اقلیمی و کیفیت غذاها

37-3 تغذیه گیاهی، اغلب مستلزم برقراری ارتباط با سایر جانداران است

- ۷۷ سایر جانداران است
- ۷۹ باکتری‌های خاک و تغذیه گیاهی



فصل ۳۹ پاسخ‌های گیاهان به پیام‌های درونی و بیرونی



39-1 مسیرهای انتقال علامت، بین دریافت علامت و پاسخ به آن، ارتباط برقرار می‌کنند

- ۱۲۰ دریافت پیام
۱۲۱ انتقال پیام
۱۲۲ پاسخ
۱۲۲ تنظیم پس از ترجمه پروتئین‌ها
۱۲۲ تنظیم در سطح رونویسی
۱۲۳ پروتئین‌های داتیوله‌کننده (سبز کننده)

39-2 گیاهان از مواد شیمیایی برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنند

- ۱۲۴
۱۲۵ ویژگی‌های عمومی هورمون‌های گیاهی
۱۲۵ بررسی هورمون‌های گیاهی
۱۲۵ اکسین
۱۲۸ سیتوکینین‌ها
۱۳۱ جیبرلین‌ها
۱۳۲ آبسزیک اسید
۱۳۳ اتیلن
۱۳۵ هورمون‌های گیاهی که به تازگی کشف شده‌اند
۱۳۶ براسینواستروئیدها
۱۳۶ جاسمونات‌ها
۱۳۶ استریگولاکتون‌ها

39-3 پاسخ به نور در موفقیت گیاهان نقشی حیاتی دارد

- ۱۳۷ گیرنده‌های نور آبی
۱۳۸ فیتوکروم‌ها به عنوان گیرنده‌های نوری
۱۳۸ فیتوکروم‌ها و جوانه‌زدن دانه
۱۳۹ فیتوکروم‌ها و گریز از سایه
۱۴۰ ساعت‌های زیستی و ریتم‌های شبانه‌روزی (سیرکادین)
۱۴۱ اثر نور بر روی ساعت زیستی
۱۴۱ نوردورگی و پاسخ به فصل‌ها
۱۴۲ نوردورگی و کنترل گل‌دهی
۱۴۴ هورمونی برای گل‌دهی

39-4 گیاهان علاوه بر نور، به طیف متنوعی از محرک‌های دیگر نیز پاسخ می‌دهند

- ۱۴۴ جاذبه زمین
۱۴۴ محرک‌های مکانیکی
۱۴۵ تنش‌های محیطی
۱۴۸ خشکی
۱۴۹ شرایط غرقابی
۱۴۹ تنش شوری
۱۵۰ تنش گرما
۱۵۰ تنش سرما

39-5 گیاهان به تهاجم گیاه‌خواران و بیماری‌زها پاسخ می‌دهند

- ۱۵۱
۱۵۲ دفاع در برابر پاتوژن‌ها
۱۵۲ ایمنی ناشی از PAMP
۱۵۲ ایمنی ناشی از افکتور
۱۵۳ مقاومت اکتسابی عمومی
۱۵۶ دفاع در برابر گیاه‌خواران

- ۷۹ ریزو باکتری‌ها
۸۰ نقش باکتری‌ها در چرخه نیتروژن
۸۰ نگاهی دقیق‌تر به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
۸۳ تثبیت نیتروژن و کشاورزی
۸۳ قارچ‌ها و تغذیه گیاهی
۸۳ میکوریزا و تکامل گیاهی
۸۴ انواع میکوریزا
۸۵ اهمیت کشاورزی و اکولوژیکی میکوریزا
۸۵ اپیفیت‌ها، گیاهان انگل و گیاهان گوشت‌خوار

فصل ۳۸ تولیدمثل نهان‌دانگان و فن‌آوری زیستی



38-1 تولید گل، میوه و لقاح مضاعف از ویژگی‌های اختصاصی چرخه زندگی نهان‌دانگان است

- ۹۲ ساختار و عملکرد گل‌ها
۹۲ روش‌های گرده‌افشانی
۹۵ مروری بر چرخه زندگی نهان‌دانگان
۹۵ نمو گامتوفیت‌های ماده (کیسه‌های رویانی)
۹۶ نمو گامتوفیت‌های نر در دانه‌های گرده
۹۶ انتقال اسپرم توسط لوله‌گرده
۹۶ لقاح مضاعف
۹۸ نمو، شکل و عملکرد دانه
۹۸ نگاهی دقیق‌تر به ساختار و نمو دانه
۹۸ نمو آندوسپرم (آلبومن)
۹۸ نمو رویان
۹۹ ساختار دانه بالغ
۱۰۰ خفگی دانه: نوعی سازگاری برای شرایط سخت
۱۰۰ نمو اسپوروفیت از دانه تا گیاه بالغ
۱۰۰ جوانه‌زنی دانه
۱۰۱ رشد و گلدهی
۱۰۲ ساختار و عملکرد میوه‌ها

38-2 گیاهان گل‌دار به روش‌های جنسی، غیرجنسی و یا هر دو، تولیدمثل می‌کنند

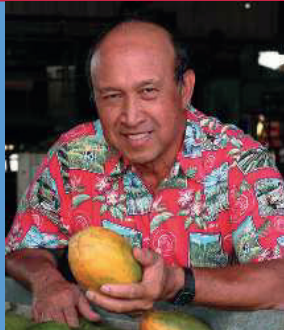
- ۱۰۵ مکانیسم‌های تولیدمثل غیرجنسی
مزایا و معایب تولیدمثل غیرجنسی در مقایسه با تولیدمثل جنسی
۱۰۶ مکانیسم‌های بازدارنده خودلقاحی
۱۰۸ همه‌توانی، تولیدمثل رویشی و کشت بافت
۱۰۸ تکثیر رویشی و پیوند زدن
۱۰۹ کلون‌سازی در لوله آزمایش و روش‌های مرتبط با آن

38-3 انسان‌ها از طریق اصلاح نباتات و مهندسی ژنتیک، گیاهان زراعی را اصلاح می‌کنند

- ۱۱۰ اصلاح گیاهان
۱۱۰ بیوتکنولوژی گیاهی و مهندسی ژنتیک
۱۱۱ کاهش سوء تغذیه و گرسنگی در سطح جهان
۱۱۳ کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی
۱۱۳ چالش‌های موجود بر سر راه بیوتکنولوژی گیاهی
۱۱۳ جنبه‌های مربوط به سلامتی انسان
۱۱۴ اثرات احتمالی بر روی جانداران غیر هدف
۱۱۴ مشکل گریز ژن‌های انتقال‌یافته از طریق مهندسی ژنتیک

UNIT 6

ساختار و عمل گیاهان



به ویروس را تولید کردند که صنعت کشت پاپایای هاوایی را از اثرات مخرب ویروس لکه حلقوی پاپایا (Ringspot virus) نجات داد. پس از آن، او تا سال ۲۰۱۲ یعنی زمان بازنشستگی خود به عنوان رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی هایلو خدمت کرد. در سال ۱۹۹۲ برای تحقیقات علمی ارزشمند خود جایزه هامبولت و برای دستاوردهای پژوهشی، آموزش و خدمت‌رسانی به کشورهای در حال توسعه، جایزه لی هاجیسون را دریافت کرد.

آشنایی با دنیس گونزالس^۱، مردی که صنعت پاپایا را در هاوایی نجات داد.

دکتر گونزالس لیسانس باغبانی و فوق لیسانس آسیب‌شناسی گیاهی را از دانشگاه مانوآی هاوایی و Ph.D آسیب‌شناسی گیاهی را از دانشگاه دیویس کالیفرنیا دریافت کرد. او استادیار آسیب‌شناسی گیاهی در دانشگاه فلوریدا و سپس استاد مؤسسه لیبرتی هاید بیلی در دانشگاه کرنل شد. دکتر گونزالس و همکارانش گیاه با پاپای مقاوم

و حالا مصاحبه با

دنیس گونزالس

چگونه به زیست‌شناسی گیاهی علاقه‌مند شدید؟

من در یک مزرعه نیشکر در کوهالای هاوایی به دنیا آمدم، بنابراین در محیطی کاملاً مرتبط با کشاورزی پرورش یافتیم. پدرم کارگر یک مزرعه نیشکر در کوهالا بود. من وارد دانشگاه هاوایی شدم تا در رشته مهندسی کشاورزی تحصیل کنم، هدفم این بود که مدرکی بگیرم و به عنوان مهندس کشاورزی در مزارع نیشکر مشغول به کار شوم. سال دوم بودم که مزارع نیشکر در هاوایی شروع به از بین رفتن کردند و رشته من هم منحل شد من به جای آن در رشته باغبانی مشغول به تحصیل شدم. پس از فارغ‌التحصیلی به کاوای نقل مکان کردم که یکی از مراکز تحقیقات دانشگاه هاوایی در آن‌جا بود و در یک آزمایشگاه آسیب‌شناسی گیاهی به عنوان تکنسین مشغول به کار شدم. در آن‌جا انجام پروژه کوچکی به من سپرده شد و این گونه شد که عاشق پژوهش شدم.

لطفاً برایمان از تجربیات دوره دکترای بگویید!

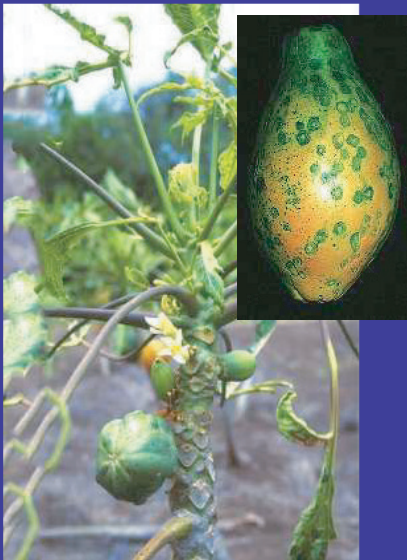
برای دوره Ph.D به دانشگاه دیویس کالیفرنیا رفتم. درس‌ها را خوب می‌فهمیدم. از پس تحقیقات برمی‌آمدم. اما وقت ارائه شفاهی که می‌رسید، لکنت زبان مانع می‌شد. چند ماه پیش از گرفتن مدرک Ph.D برای گرفتن شغلی در دانشگاه فلوریدا اقدام کردم و دعوت به مصاحبه شدم. بعد با خودم گفتم: «باید مصاحبه را انجام دهم. من سخنران خوبی نیستم. اما اگر کارم را خوب انجام ندهم، هیچ شانس ندارم.» از شدت استرس حالت تهوع داشتم. پشت سر هم تمرین می‌کردم تا اینکه ناگهان به ذهنم رسید، «من درباره این موضوع از اساتیدم بیشتر می‌دانم. من متخصص‌ام.» بنابراین به فلوریدا رفتم و هرگز آن روز را از خاطر نمی‌برم: بلند شدم و سخنرانی کردم و از آن موقع تا حالا حتی یک بار هم لکنت نگرفته‌ام!

ویروس لکه حلقوی چیست و چگونه به آن علاقمند شدید؟

این ویروس لکه حلقوی را روی میوه ایجاد می‌کند، اما از آن مهم‌تر، برگ‌ها زرد می‌شوند، رشد متوقف می‌شود و گیاه دیگر میوه تولید نمی‌کند. بیماری به سرعت توسط شته‌ها (حشرات ریزی که شیره گیاه را می‌مکند) منتقل می‌شود. شته می‌تواند روی یک پاپایای آلوده بنشیند، برای مدتی کمتر از یک دقیقه از آن تغذیه کند و سپس

آیا مخالفان غذاهای تراریخته به تحقیقات شما اعتراض کردند؟

در سال ۱۹۹۴ با محققان تایلندی همکاری کردیم تا موفقیت خود را با نوعی پاپایا که میوه‌های بزرگی دارد و در تایلند پرتعداد است، تکرار کنیم. ده سال بعد موفق شدیم، اما مخالفان مهندسی ژنتیک، حصارهای زمین زراعی آزمایشی ما را تخریب کردند و بسیاری از میوه‌ها را از بین بردند. آن پاپایاهای تراریخته هرگز روشنی روز را ندیده‌اند. اگرچه مسیر شغلی بسیار خوبی را طی کرده‌ام، اما این اتفاق برایم تلخ بوده است.



روی یک پاپایای سالم بپر و آن را آلوده کند. سال ۱۹۷۸ برای مسافرتی کوتاه به هاوایی بازگشتم و یکی از همکارانم را دیدم که به من گفت: «دنیس چنین بیماری ویروسی‌ای در جزیره بزرگ که ۹۵ درصد پاپایاها در آن پرورش داده می‌شوند وجود دارد و به مناطق اصلی کشت پاپایا نزدیک است. مردم در تلاشند تا از گسترش آن جلوگیری کنند.» به همین خاطر وقتی به کرنل برگشتم سعی کردم راهی برای کنترل ویروس لکه حلقوی پیدا کنم.

استراتژی شما برای مبارزه با بیماری چه بود؟

ما در اولین تلاشمان، از انتخاب مصنوعی استفاده کردیم تا سویه‌ای ضعیف از ویروس لکه حلقوی پاپایا را جداسازی کنیم و از گیاهان در برابر آلودگی محافظت نماییم. اما این سویه در شرایط غیرآزمایشگاهی خوب رشد نکرد. البته من آموخته‌ام که به عنوان یک محقق، گاهی به ناچار باید مسیرمان را تغییر دهیم. من یک ویروس‌شناس سنتی بودم اما تصمیم گرفتم که به عنوان یک زیست‌شناس مولکولی آموزش‌های لازم را ببینم. سایرین با تحقیق روی تنباکو، ژن‌های ویروسی‌ای را شناسایی کرده بودند که در صورت ورود به ژنوم گیاه میزبان، موجب القای مقاومت در آن‌ها می‌شدند. دیگر همکاران در کرنل یک «تفنگ ژنی» اختراع کرده بودند که از مهره‌های ریز تنگستنی پوشیده با DNA برای شلیک DNA به درون سلول‌ها استفاده می‌کرد. ما مهره‌های تنگستنی پوشیده از DNA پروتئین پوششی ویروس لکه حلقوی را به چنین‌های پاپایای در حال رشد درون محیط کشت شلیک کردیم. تعدادی از این چنین‌ها که به صورت ژنتیکی دستکاری شده (تراریخته) بودند، رشد کردند و به گیاه تبدیل شدند. وقتی این گیاهان را با ویروس آلوده کردم، رده‌ای از آن‌ها کاملاً مقاوم بود که همان والد پاپایای نوع «رنگین‌کمان» مقاوم است. «رنگین‌کمان» درست به موقع تولید شد، زیرا ویروس تا مناطق اصلی پرورش پاپایا گسترش یافته بود و در حال تخریب این گیاهان بود.

به عنوان یک محقق،

گاهی به ناچار باید مسیرمان

را تغییر دهیم

◀ بالا: یک درخت پاپایای آلوده به ویروس لکه حلقوی. وسط: یک میوه پاپایای آلوده. پایین: یک درخت پاپایای «رنگین‌کمان» که مقاوم به ویروس لکه حلقوی است.

35 Vascular Plant Structure, Growth, and Development

ساختار، رشد و تکوین گیاهان آوندی

مفاهیم کلیدی

۳۵-۱ پیکر گیاهان از مجموعه اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌ها تشکیل شده است

۳۵-۲ مریستم‌های مختلف، سلول‌های جدیدی برای رشد نخستین و رشد پسین، تولید می‌کنند

۳۵-۳ رشد نخستین، موجب طویل شدن ریشه‌ها و ساقه‌ها می‌شود

۳۵-۴ رشد پسین، منجر به افزایش قطر ساقه‌ها و ریشه‌ها در گیاهان چوبی می‌شود

۳۵-۵ رشد، ریخت‌زایی و تمایز سلول‌ها، پیکر گیاه را به وجود می‌آورند

روش مطالعه

یک جدول رسم کنید: برای کمک به یادگیری تان در به خاطر سپردن نوع فعالیت هر یک از انواع مختلف سلول‌های گیاهی، جدولی مانند جدول زیر رسم کرده و کامل کنید.

سلول گیاهی	عملکرد	نمونه تناسب سافتار با عملکرد

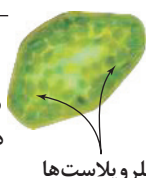
▲ شکل ۱-۳۵ در گیاهان، هر سطحی از سطوح سازماندهی، زیبایی خاص خود را دارد. هر سلولی، هر بافتی و یا هر اندامی در گیاه، عملکرد مربوط به خودش را داشته و ساختار آنها طی زمان و تحت تأثیر انتخاب طبیعی شکل گرفته است.

در گیاهان آوندی، ساختار و عملکرد چگونه با هم متناسب شده‌اند؟

در سطح سلولی

سلول‌های فتوسنتز کننده

سلول‌هایی هستند که به دلیل داشتن کلروپلاست، می‌توانند انرژی نور خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل کنند.



کلروپلاست‌ها

سلول‌های لوله‌ای شکل
موجب انتقال مواد مختلف در گیاه می‌شوند. سلول لوله‌ای که در اینجا نشان داده شده است، آب و مواد معدنی را جابه‌جا می‌کند. انواع دیگری از سلول‌های لوله‌ای شکل، قندها را جابه‌جا می‌کنند.

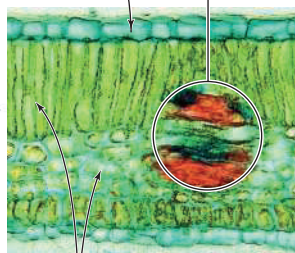


سلول‌هایی با تارهای کشنده
سطح جذب را در ریشه افزایش می‌دهند. این سلول‌ها در نزدیکی نوک ریشه‌ها قرار دارند.



در سطح بافت

بافت آوندی، ضمن نگهداری و حمایت از گیاه، موجب انتقال مواد خام می‌شوند.



مقطع برگ

بافت زمینه‌ای
دارای سلول‌هایی است که فتوسنتز کرده و محل ذخیره قندهاست.

در سطح اندام

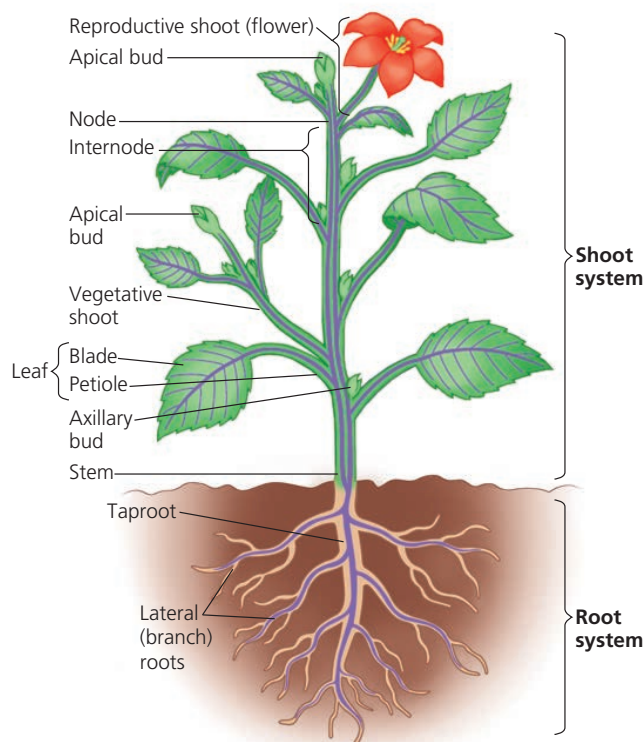
برگ‌ها، برای جذب نور و عمل تبادل گازها، سطحی متناسب فراهم می‌کنند.



ساقه‌ها موجب برافراشته ماندن برگ‌ها می‌شوند تا بتوانند در حضور نور فتوسنتز کنند.

ریشه‌ها موجب ثابت نگه داشتن گیاه در زمین می‌شوند و عمل جذب آب و مواد معدنی را انجام می‌دهند.

▼ شکل ۲-۳۵ نگاه‌های کلی به یک گیاه گل‌دار. پیکر گیاه به دو سیستم ریشه‌ای و شاخه‌ای تقسیم می‌شود که توسط بافت‌های آوندی به هم مربوط می‌شوند (رشته‌های بنفش‌رنگ در این شکل). بافت‌های آوندی در سرتاسر گیاه وجود دارند. گیاهی که در این شکل می‌بینید یک گیاه دولپه‌ای است.



هستند. ریشه‌ها تقریباً هیچ‌وقت فتوسنتز نمی‌کنند و بدون قندها و دیگر محصولات فتوسنتزی در سیستم شاخه‌ای، بدون غذا می‌مانند. برعکس، سیستم شاخه‌ای متکی به آب و مواد معدنی است که ریشه‌ها از خاک جذب می‌کنند.

ریشه‌ها

ریشه، اندامی است که وظیفه آن محکم نگه داشتن گیاهان آوندی در خاک، جذب آب و مواد معدنی و اغلب ذخیره کربوهیدرات است. بیشتر دولپه‌ای‌ها و بازدانگان، یک ریشه عمودی اصلی^۳ (ریشه راست) دارند که از ریشه روپایی منشأ می‌گیرد. ریشه عمودی اصلی منجر به تشکیل ریشه‌های جانبی^۴ می‌شود که ریشه‌های منشعب^۵ هم نامیده می‌شوند (شکل ۲-۳۵ را ببینید). در بیشتر نهان‌دانگان، ریشه عمودی اصلی، معمولاً قندها و نشاسته را ذخیره می‌کند تا هنگام تولید گل و میوه به مصرف گیاه برسند. به همین دلیل محصولات ریشه‌ای، مانند هویج، شلغم و چغندر قند قبل

در این فصل به رشد رویشی (ریشه، ساقه و برگ‌ها) می‌پردازیم و در ابتدا روی دو گروه اصلی از نهان‌دانگان تمرکز می‌کنیم: دولپه‌ای‌ها و تک‌لپه‌ای‌ها (شکل ۱۶-۳۰ را ببینید). در فصل ۳۸، رشد زایشی نهان‌دانگان را مورد بررسی قرار می‌دهیم: گل، دانه‌ها و میوه‌ها.

مبحث 1-35

پیکر گیاهان از مجموعه اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌ها تشکیل شده است

گیاهان مانند بیشتر جانوران، اندام‌هایی دارند که از ترکیب بافت‌های مختلف تشکیل شده‌اند. بافت‌ها نیز به نوبه خود از سلول‌های مختلفی تشکیل شده‌اند. سلول، بنیادی‌ترین واحد حیات است. به گروهی از سلول‌ها، شامل یک یا چند نوع سلول که عملکرد یکسان دارند، بافت^۱ می‌گویند. گروهی از بافت‌های مختلف که با هم عملکردهای ویژه‌ای را به عهده دارند، اندام^۲ نامیده می‌شوند. از آنجا که در بین اندام‌ها، بافت‌ها و سلول‌های گیاهی، اندام‌ها قابل مشاهده‌ترین بخش در ساختار گیاهان هستند، ما نیز ابتدا به بررسی آنها می‌پردازیم. وقتی که شما درباره سلسله‌مراتب ساختاری گیاهان مطالعه می‌کنید، به خاطر داشته باشید که چگونه انتخاب طبیعی، شکل‌هایی از گیاهان را در همه سطوح سازمان‌بندی تولید کرده است تا با عملکرد گیاه همخوانی داشته باشند. با بررسی اندام‌های گیاه که با آنها بیشترین آشنایی را داریم، آغاز می‌کنیم.

ریشه، ساقه و برگ، سه اندام اصلی گیاه آوندی هستند

تکامل

ریخت‌شناسی پایه گیاهان آوندی، تاریخچه تکاملی آنها را به‌عنوان جاندارانی خشکی‌زی که مواد مورد نیاز خود را از دو محیط متفاوت (زیر زمین و بالای سطح زمین) تهیه می‌کنند، منعکس می‌کند. گیاهان باید آب و مواد معدنی را از زیر زمین و CO_2 و نور را از بالای سطح زمین جذب کنند. جدایی منابع به لحاظ تکاملی، موجب نمو سه اندام اصلی: ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها شده است که به‌صورت سیستم ریشه‌ای و سیستم شاخه‌ای سازمان می‌یابند. سیستم شاخه‌ای شامل ساقه‌ها و برگ‌ها می‌شود (شکل ۲-۳۵). به‌جزء چند استثنا، بقای نهان‌دانگان و سایر گیاهان آوندی به‌طور کامل متکی به هر دو سیستم

3- Taproot
4- Lateral roots
5- Branch roots

1- Tissue
2- Organ

► شکل ۳-۳۵

تارهای کشنده دانه‌رست تریچه. هزاران تارکشنده درست در بالای انتهای ریشه رشد می‌کنند و سطح ریشه را جهت جذب آب و مواد معدنی افزایش می‌دهند.



▲ ریشه‌های نگهدارنده (Prop roots). در ذرت، ریشه‌های هوایی و ریشه‌های نابجا، نوعی ریشه‌های نگهدارنده محسوب می‌شوند. علت این نامگذاری، نقش آنها در قائم نگهداشتن گیاهان بلند و سنگین است. همه ریشه‌های یک ذرت بالغ چه در بالای سطح زمین و چه در زیر آن، نابجا هستند...



▲ ریشه‌های ذخیره‌ای (Storage roots). بسیاری از گیاهان مانند چغندر معمولی، غذا و آب را در ریشه‌های خود ذخیره می‌کنند.



▲ شش‌ریشه‌ها (Pneumatophores). شش‌ریشه‌ها که به ریشه‌های هوایی نیز معروف هستند توسط درختانی نظیر مانگروها که در مرداب‌های جزر و مددار زندگی می‌کنند، تولید می‌شوند. ریشه‌ها با قرار گرفتن در بالای سطح آب، قادر به جذب اکسیژن هوا می‌شوند زیرا لجن ضخیم و پرآب، فاقد اکسیژن است.

► ریشه‌های هوایی خفه‌کننده

(Strangling aerial roots). دانه‌های این انجیر خفه‌کننده، در شاخه‌های درختان بلند - از گونه‌های دیگر - جوانه می‌زنند و ریشه‌های هوایی بی‌شماری را به طرف زمین می‌فرستند. این ریشه‌های مارمانند به تدریج به دور میزبان و اشیایی نظیر این کلیه معبد می‌پیچد. سرانجام درخت میزبان به دلیل سایه ناشی از برگ‌ها می‌میرد.



از گل‌دهی برداشت می‌شوند. ریشه‌های عمودی اصلی، عموماً در اعماق خاک نفوذ می‌کنند و بنابراین با شرایط عمق خاک، جایی که آب زیرزمینی نزدیک سطح نیست، سازگار شده‌اند. در گیاهان آوندی بدون دانه و در اغلب تک‌لپه‌ای‌ها نظیر علفی‌ها، ریشه روئانی از بین رفته و به ریشه اصلی تبدیل نمی‌شود. در عوض، تعداد زیادی ریشه از ساقه می‌روید و هر ریشه کوچک، ریشه‌های جانبی خاص خودش را تشکیل می‌دهد. در نتیجه یک سیستم ریشه‌ای افشان^۱ (مجموعه‌ای از ریشه‌های نازک که در زیر سطح خاک گسترده می‌شوند، بدون اینکه ریشه‌ای تحت عنوان ریشه اصلی، متمایز از بقیه دیده شود) ایجاد می‌شود (شکل ۱۶-۳۰ را ببینید). به ریشه‌های برخاسته از ساقه،

▼ شکل ۴-۳۵ سازگاری‌های تکاملی ریشه‌ها

ریشه‌های حائل (نگهدار)

(Buttress roots). این ریشه‌ها در گیاهان مناطق استوایی دیده می‌شود. به دلیل رطوبت بسیار زیاد مناطق استوایی، سیستم ریشه‌ای بسیاری از درختان بزرگ به طرز غیرمنتظره‌ای سطحی هستند. در شکل مقابل،

درخت *Gynerthera caribensis*

را مشاهده می‌کنید که در کشور ونزوئلا می‌روید و ریشه‌های هوایی مانند ستون‌هایی حائل از تنه درخت حمایت می‌کنند.



ساقه‌ها

ساقه، یکی از اندام‌های گیاهی است که حامل برگ‌ها و جوانه‌ها است. عملکرد اصلی آن طویل کردن شاخه و جهت دادن به آن به نحوی است که فتوسنتز از طریق برگ‌ها به حداکثر برسد. عملکرد دیگر ساقه‌ها مرتفع کردن ساختارهای زایشی و در نتیجه تسهیل پراکنده شدن میوه و دانه‌های گرده است. ساقه‌های سبزرنگ مقدار محدودی فتوسنتز نیز انجام می‌دهند. هر ساقه، اندامی متشکل از سیستم متناوبی از **گره‌ها**^۳ (نقطه اتصال برگ‌ها به ساقه) و **میانگره‌ها**^۴ (قطعات ساقه که در بین گره‌ها وجود دارد) است. (شکل ۲-۳۵ را ببینید) طویل شدن یک شاخه جوان، معمولاً در نزدیکی نوک شاخه، جایی که جوانه رأسی قرار دارد صورت می‌گیرد. جوانه‌های رأسی، تنها جوانه‌هایی نیستند که در شاخه‌ها وجود دارند. در زاویه بالایی که میان هر برگ و ساقه ایجاد می‌شود یک جوانه جانبی شکل می‌گیرد که به صورت بالقوه، استعداد تبدیل شدن به یک شاخه جانبی یا در برخی موارد خار یا گل را دارد. برخی از گیاهان، ساقه‌هایی با عملکردهای اضافی، نظیر ذخیره مواد غذایی و تولیدمثل غیرجنسی دارند. این ساقه‌های تغییر یافته شامل: **ساقه خزنده**^۵ (یا ساقه رونده)، **ریزوم**^۶ (ساقه زیر زمینی)، **غده**^۷ و **پیاز**^۸ هستند که اغلب با ریشه اشتباه گرفته می‌شوند (شکل ۳۵-۵).

شکل ۲۵-۶ مقایسه برگ‌های ساده با برگ‌های مرکب.



ریشه‌های نابجا^۱ می‌گویند. ریشه‌های افشان، تا عمق زیادی نفوذ نمی‌کنند و بنابراین بیشترین سازگاری را با خاک‌های سطحی یا نواحی‌ای که بارندگی در آنها سبک است و رطوبت خاک بیشتر در لایه‌های بالایی یافت می‌شود، دارند. ریشه‌های بیشتر گیاهان علفی، سطحی و کم‌عمق هستند و در چند سانتی‌متر بالایی خاک مستقر می‌شوند. از آنجایی که ریشه علفی‌ها، خاک سطحی را نگه می‌دارد، این گیاهان پوشش مناسبی برای جلوگیری از فرسایش خاک به شمار می‌روند. در اغلب گیاهان، جذب آب و املاح معدنی، عمدتاً در نزدیک نوک ریشه انجام می‌شود، جایی که تعداد بی‌شمار **تارهای کشنده**^۲، سطح ریشه‌ها را تا حد بسیار زیادی افزایش می‌دهد (شکل ۳-۳۵). اغلب ریشه‌ها دارای ارتباطات میکوریزی هستند، یعنی میانکنش‌های هم‌زیستی میان قارچ‌های خاک که توانایی گیاه برای جذب مواد معدنی را افزایش می‌دهد (شکل ۱۵-۳۱ را ببینید) ریشه اغلب گیاهان برای انجام عملکردهای خاصی سازگار شده‌اند (شکل ۴-۳۵).

شکل ۲۵-۵ سازگاری‌های تکاملی ساقه‌ها.



- 3- Nodes
- 4- Internodes
- 5- Stolon
- 6- Rhizome
- 7- Tuber
- 8- Bulb

- 1- Adventitious
- 2- Root hairs

تمرین مهارت‌های علمی



استفاده از نمودارهای میله‌ای برای تفسیر داده‌ها

ماهیت در برابر تربیت: چرا برگ‌های افرای سرخ شمالی دندان‌دارتر از برگ‌های درختان افرای سرخ جنوبی هستند؟

همه برگ‌های درخت افرای سرخ (*Acer rubrum*) مشابه نیستند، اندازه و تعداد دندان‌های حاشیه برگ‌های درختانی که در مناطق شمالی رشد می‌کنند با برگ‌های درختان مناطق جنوبی متفاوت است. (برگ نشان داده شده در این تصویر ظاهری حد واسط دارد) آیا این تفاوت‌های مورفولوژیکی به علت تفاوت ژنتیکی میان جمعیت‌های افرای شمالی و جنوبی وجود دارد یا تفاوت‌های محیطی میان مناطق شمالی و جنوبی مانند میانگین دما روی بیان ژن‌ها اثر می‌گذارد؟

چگونگی انجام آزمایش: دانه‌های *Acer rubrum* از چهار نقطه متفاوت از نظر عرض جغرافیایی جمع‌آوری شدند: اونتاریو (کانادا)، پنسیلوانیا، کارولینای جنوبی و فلوریدا. سپس این چهار دانه در یک منطقه شمالی (جزیره رود) و جنوبی (فلوریدا) کاشته شدند پس از چند سال رشد، برگ‌های این چهار درخت در هر دو ناحیه جمع‌آوری شدند. میانگین مساحت، وجود یک دندان و میانگین دندان‌ها به ازای مساحت هر برگ تعیین شد.

داده‌های آزمایش:

Seed Collection Site	Average Area of a Single Tooth (cm ²)		Number of Teeth per cm ² of Leaf Area	
	Grown in Rhode Island	Grown in Florida	Grown in Rhode Island	Grown in Florida
Ontario (43.32°N)	0.017	0.017	3.9	3.2
Pennsylvania (42.12°N)	0.020	0.014	3.0	3.5
South Carolina (33.45°N)	0.024	0.028	2.3	1.9
Florida (30.65°N)	0.027	0.047	2.1	0.9

تفسیر داده‌ها:

- ۱- برای اندازه دندان‌ها و تعداد آنها نمودار میله‌ای رسم کنید. (برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نمودارهای میله‌ای، مروری بر تمرین مهارت‌های علمی در ضمیمه F را ببینید). از شمال به سمت جنوب، روند کلی اندازه و تعداد دندان‌ها در برگ‌های *Acer rubrum* چگونه است؟
- ۲- براساس این داده‌ها، نظر شما درباره دندان‌های برگ‌ها در افرای سرخ چیست؟ آیا این ویژگی وراثت ریشه ژنتیکی دارد (ژنوتیپ)؟ ظرفیت تغییر یک ژنوتیپ در پاسخ به تغییرات محیطی وجود دارد (انعطاف‌پذیری فنوتیپی)، یا هر دو؟ در پاسخ به این سؤال از داده‌های جدول استفاده کنید.
- ۳- دیرینه اقلیم‌شناسان از تعداد دندان‌های سنگواره برگ‌هایی با سن مشخص برای تخمین دمای هوا در یک ناحیه در گذشته استفاده می‌کنند. اگر سنگواره یک برگ افرای سرخ ۱۰۰۰۰ ساله از کارولینای جنوبی دارای میانگین ۴/۲ دندان به ازای هر سانتی‌متر مربع از برگ باشد، درباره دمای هوای کارولینای جنوبی ۱۰۰۰۰ سال پیش نسبت به امروز چه استنباطی می‌کنید؟ دلایل خود را توضیح دهید.

برگ‌ها

برگ^۱ اندام اصلی فتوسنتزکننده در بیشتر گیاهان آوندی است، اگرچه ساقه‌های سبز نیز فتوسنتز می‌کنند. علاوه بر دریافت نور، برگ‌ها مسئول تبادل گاز با اتمسفر، رفع گرما و دفاع از خود در برابر گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا هستند. این عملکردها نیازمند ویژگی‌های مورفولوژیکی، آناتومیک و فیزیولوژیکی گاه متناقضی است. به عنوان مثال پوشش متراکمی از موها به دفع حشرات گیاهخوار کمک می‌کند اما ممکن است هوا را نزدیک سطح برگ به دام انداخته و موجب کاهش تبادلات گازی و در نتیجه کاهش فتوسنتز شود. به دلیل این احتیاجات و مبادلات متناقض، برگ‌ها اشکال بسیار متنوعی دارند. اما عموماً شامل یک پهنک^۲ وسیع و یک دم‌برگ^۳ میله‌مانند است که برگ را در محل گره به ساقه متصل می‌کند (شکل ۲-۳۵ را ببینید). در میان نهان‌دانگان، علفی‌ها و بسیاری از تک‌لپه‌ای‌های دیگر، فاقد دم‌برگ هستند؛ اما در عوض، در پایه برگ‌های آنها غلافی تشکیل می‌شود که دور تا دور ساقه را در برمی‌گیرد.

شکل ۲۵-۷ سازگاری‌های تکاملی برگ‌ها.

▲ پیچک (Tendrils) پیچک‌های این گیاه خودفرنگی که به تکیه‌گاه می‌چسبند برگ‌های تغییر یافته هستند. پس از اینکه پیچک بر روی تکیه‌گاه «کمند» می‌اندازد، تشکیل مارپیچ می‌دهد.

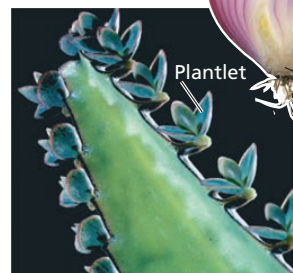
پیچک‌ها عمدتاً برگ‌های تغییر یافته هستند اما برخی از پیچک‌ها مانند پیچک‌های انگور، ساقه تغییر یافته هستند.



▲ خارها (Spines) خارهای کاکتوس، مانند این گل‌بای خاردار، در واقع برگ هستند اما عمل فتوسنتز عمدتاً در ساقه‌های سبز و گوشتی آنها انجام می‌شود.



▲ برگ‌های ذخیره‌ای (Storage leaves) پیازها، مانند این پیاز برش‌خورده، دارای ساقه کوتاه زیرزمینی و برگ‌های تغییر شکل یافته جهت ذخیره آب هستند.



▲ برگ‌های تولیدمثلی (Reproductive leaves) برگ‌های برخی از گیاهان گوشتی، مانند اشک تمساح (*Kalanchoe daigremontiana*)، گیاهچه‌های نابجایی تولید می‌کنند که از برگ جدا شده و در خاک ریشه می‌دهند.

- 1- Leaf
- 2- Blade
- 3- Petiole

ویژگی‌های مورفولوژیکی برگ‌ها اغلب محصول برنامه‌های ژنتیکی هستند و با توجه به عوامل محیطی بهبود می‌یابند. برای بررسی نقش ژنتیک و محیط در تعیین مورفولوژیکی برگ در درخت‌های افرا، داده‌های موجود در بخش «تمرین مهارت‌های علمی» را تفسیر کنید.

تقریباً همه برگ‌ها برای انجام فتوسنتز تخصص یافته‌اند. اگرچه برخی گونه‌های گیاهی، برگ‌هایی دارند که برای اعمالی نظیر استحکام، محافظت، ذخیره یا تولیدمثل، سازش یافته‌اند (شکل ۷-۳۵).

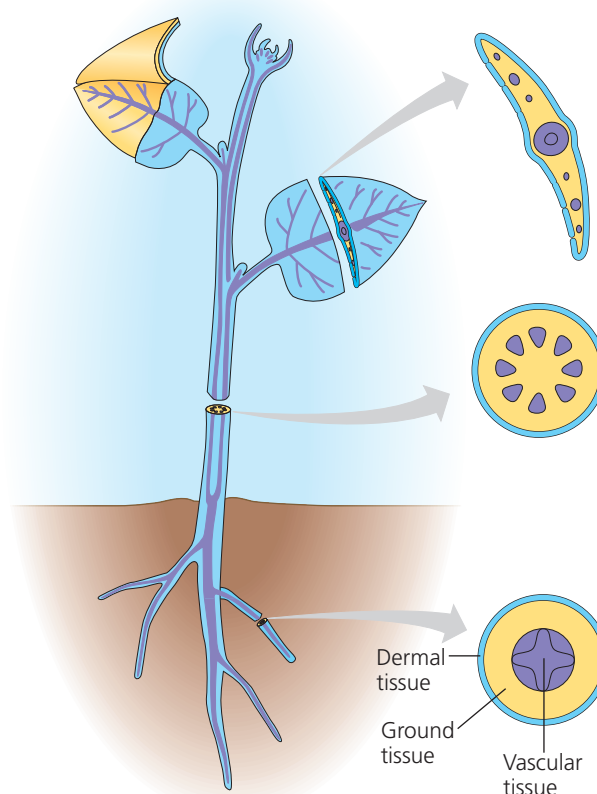
بافت‌های پوششی، آوندی و زمینه‌ای

هر اندام گیاهی (ریشه، ساقه یا برگ) از سه نوع بافت پوششی^۱، آوندی^۲ و زمینه‌ای^۳ تشکیل شده است. هر کدام از این سه دسته بافت، تشکیل یک سیستم بافتی^۴ را می‌دهند که واحدی عملکردی است و تمام اندام‌های گیاه را به یکدیگر مربوط می‌سازد. اگرچه هر سیستم بافتی در سراسر پیکره گیاه به صورت پیوسته وجود دارد، اما ویژگی‌های اختصاصی بافت‌ها و روابط فضایی^۵ آنها با یکدیگر، در اندام‌های مختلف متفاوت است (شکل ۸-۳۵). سیستم بافت پوششی^۶، خارجی‌ترین پوشش حفاظتی گیاه است. این بافت، همانند پوست بدن ما، نخستین خط دفاعی گیاه در برابر صدمات فیزیکی و جانداران پاتوژن (بیماری‌زا) محسوب می‌شود. در گیاهان غیرچوبی، بافت پوستی معمولاً شامل یک لایه سلولی به هم فشرده، به نام روپوست (اپیدرم)^۷ است. در برگ‌ها و بیشتر ساقه‌ها، یک پوشش مومی به نام کوتیکول^۸ بر روی سطح اپیدرم، وجود دارد که به کاهش اتلاف آب کمک می‌کند. در گیاهان چوبی، بافت حفاظتی به نام پریدرم^۹ در مناطق مسن‌تر ساقه و ریشه، جایگزین اپیدرم می‌شود. لایه اپیدرم علاوه بر حفاظت گیاه در برابر اتلاف آب و بیماری‌ها، در هر اندامی، ویژگی‌های اختصاصی را نیز کسب کرده است. برای مثال، تارهای کشنده از گسترش سلول‌های اپیدرم در نزدیکی نوک ریشه به وجود می‌آیند. کرک‌ها^{۱۰} که بیرون زدگی‌های موممانند

تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها از نظر طرز قرار گرفتن رگبرگ‌ها (بافت آوندی برگ‌ها)، با هم تفاوت دارند. در بسیاری از تک‌لپه‌ای‌ها، رگبرگ‌های اصلی، به‌طور موازی قرار گرفته و در طول پهنک برگ گسترده می‌شوند. برعکس، برگ‌های دولپه‌ای‌ها، عموماً شبکه منشعبی از رگبرگ‌های اصلی دارند (شکل ۱۶-۳۰ را ببینید).

تاکسونومیست‌ها برای شناسایی و طبقه‌بندی نهان‌دانگان، عمدتاً از مورفولوژی (ریخت‌شناسی) گل‌ها استفاده می‌کنند، اما در عین حال از تنوع مورفولوژی برگ‌ها نیز بهره می‌جویند، مانند: شکل برگ، آرایش فضایی برگ‌ها و الگوی انشعاب رگبرگ‌ها. شکل ۶-۳۵ تفاوت شکل برگ‌ها را نشان می‌دهد: برگ‌های ساده در مقابل برگ‌های مرکب. برگ‌های مرکب، قادر به تحمل بادهای شدید با کمترین پارگی هستند. همچنین این ویژگی، پاتوژن‌هایی را که به برگ‌ها حمله می‌کنند، در حد یک برگچه، محدود ساخته و از گسترش آنها به تمام برگ جلوگیری می‌کند.

▼ شکل ۸-۲۵ سه سیستم بافتی. بافت پوستی (آبی)، سراسر پیکره گیاه را می‌پوشاند. بافت آوندی (بنفش) نیز در سراسر گیاه ادامه دارد و مواد را بین سیستم‌های ریشه‌ای و ساقه‌ای جابه‌جا می‌کند. بافت زمینه‌ای (زرد)، مسئول اکثر اعمال متابولیکی گیاه است و در حد فاصل بافت پوششی و بافت آوندی هر اندام قرار دارد.



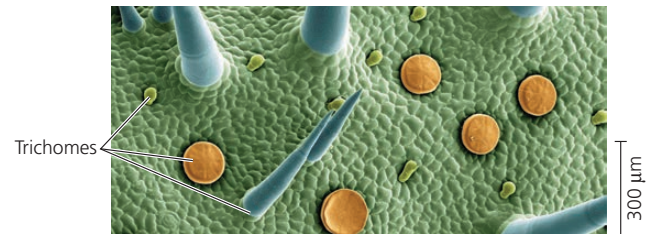
- 1- Dermal tissue
- 2- Vascular
- 3- Ground
- 4- Tissue system
- 5- Spatial
- 6- Dermal tissue system
- 7- Epidermis
- 8- Cuticle
- 9- Periderm
- 10- Trichomes

سیستم بافت زمینه‌ای بیش از آنکه پُرکننده بخش‌های مختلف باشد شامل انواع سلول‌های تخصص‌یافته برای اعمالی نظیر ذخیره‌سازی، فتوسنتز و استحکام است.

انواع معمول سلول‌های گیاهی

ویژگی‌های یک گیاه، مانند هر جاندار پرسلولی دیگر، از طریق تمایز سلولی (تخصصی شدن سلول‌ها از نظر ساختار و عملکرد)، تعیین می‌شود. تمایز سلولی، مستلزم تغییراتی در سیتوپلاسم و اندامک‌های آن و نیز در دیواره سلولی است. **شکل ۱۰-۳۵** برخی از انواع اصلی سلول‌های گیاهی را معرفی می‌کند: پارانشیم، کلانشیم، اسکلرانشیم، سلول‌های هادی آب در آوند چوبی و سلول‌های هادی قند در آوند آبکش. به سازگاری‌های ساختاری که انجام اعمال خاص را امکان‌پذیر می‌سازند توجه کنید. اشکال ۸-۶ و ۲۷-۶ را که نشان‌دهنده ساختار سلول گیاهی هستند مرور کنید.

▼ **شکل ۹-۳۵** تنوع کرک‌ها روی سطح یک برگ. روی سطح برگ‌های گیاه مرزنگوش (*Origanum majorana*) سه نوع کرک یافت می‌شود. کرک‌های نیزه‌مانند جلوی حرکت حشرات را می‌گیرند، درحالی‌که دو نوع دیگر کرک‌ها؛ روغن و دیگر مواد شیمیایی دخیل در دفاع را ترشح می‌کنند (تصویر SEM، رنگی).



اپیدرم ساقه‌ها هستند، سبب کاهش اتلاف آب شده و نور اضافی را منعکس می‌کنند. آنها همچنین می‌توانند با ایجاد یک مانع یا از طریق ترشح ترکیبات چسبناک یا سمی، نوعی دفاع را در برابر حشرات فراهم سازند (**شکل ۹-۳۵**).

سیستم بافتی آوندی^۱، انتقال مواد معدنی را در فواصل طولانی بین ریشه‌ها و شاخه‌ها به عهده دارد. گزلیلم^۲ و فلوئم^۳ دو نوع بافت آوندی هستند. گزلیلم (آوند چوب)، آب و مواد معدنی محلول را به سمت بالا، یعنی از ریشه‌ها به سمت شاخه‌ها منتقل می‌کند. فلوئم (آوند آبکش)، قندها را از محل ساخت (معمولاً برگ‌ها) به محل مصرف (معمولاً ریشه‌ها، مکان‌های رشد از قبیل برگ‌ها و میوه‌های در حال نمو) می‌رساند. مجموعه بافت آوندی ریشه یا ساقه را استل^۴ می‌نامند (واژه‌ای یونانی به معنی «ستون» است). ساختار استل‌ها، بسته به نوع گونه و اندام، فرق می‌کند. مثلاً در نهان‌دانگان، استل ریشه به صورت یک استوانه توپر از گزلیلم و فلوئم به نام استوانه آوندی^۵ است. برعکس، استل ساقه‌ها و برگ‌ها به صورت دستجات آوندی^۶، یعنی رشته‌هایی حاوی چوب و آبکش است. چوب و آبکش، هر دو، مجموعه‌ای از انواع سلول‌ها از جمله سلول‌های بسیار تخصص‌یافته برای انتقال و استحکام هستند.

بافت‌هایی که نه پوستی و نه آوندی هستند، سیستم بافت زمینه‌ای^۷ نام دارند. بافت‌های زمینه‌ای که درون بافت آوندی قرار دارند مغز^۸ و بافت‌های زمینه‌ای که خارج از بافت آوندی وجود دارند کورتکس^۹ (پوست) نامیده می‌شوند.

پرسش‌های مبحث ۱-۳۵

- ۱- سیستم بافت آوندی چگونه برگ‌ها و ریشه‌ها را قادر می‌سازد تا رشد و نمو کل گیاه را پشتیبانی کنند؟
- ۲- **چه می‌شد اگر؟** اگر انسان‌ها فتواتوتروف بودند و غذای خود را با جذب نور خورشید برای انجام فتوسنتز تأمین می‌کردند، آناتومی ما چه تفاوتی با وضعیت فعلی پیدا می‌کرد؟
- ۳- **ارتباط دهید** توضیح دهید که چگونه واکوئل‌های مرکزی و دیواره‌های سلولی سلولزی در رشد گیاه شرکت می‌کنند؟ (فصل‌های ۴-۶ و ۷-۶ را ببینید).

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

1- Vascular tissue system

2- Xylem

3- Phloem

4- Stele

5- Vascular cylinder

6- Vascular bundles

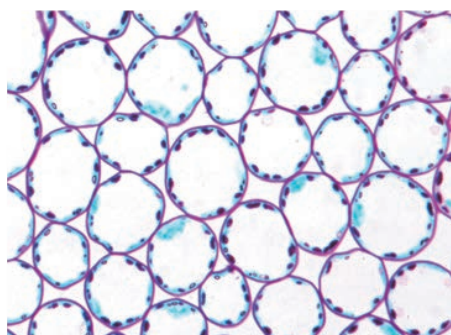
7- Ground tissue system

8- Pith

9- Cortex

▼ شکل ۱۰-۳۵ بررسی نمونه‌هایی از سلول‌های تمایز یافته گیاهی.

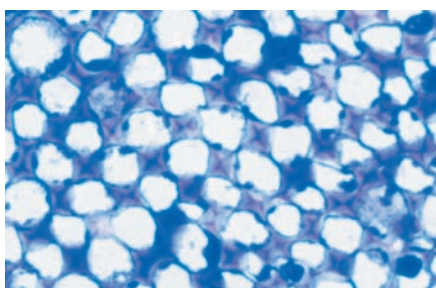
سلول‌های پارانشیمی



Parenchyma cells in a privet (*Ligustrum*) leaf (LM)

سلول‌های پارانشیمی بالغ، دیوارهٔ نخستینی دارند که نسبتاً نازک و قابل انعطاف است. آنها اغلب، دیواره‌های پسین ندارند (جهت مرور دیواره‌های سلولی نخستین و پسین، شکل ۲۷-۶ را ببینید). در هنگام بلوغ، پروتوپلاست عموماً یک واکوئل بزرگ مرکزی دارد. اغلب سلول‌های پارانشیمی، به‌عنوان «مدل» سلول‌های گیاهی در نظر گرفته می‌شوند، زیرا از نظر ساختاری، کمترین تخصص را پیدا کرده‌اند. سلول‌های پارانشیمی، بیشتر اعمال متابولیکی گیاه را انجام داده و در سنتز و ذخیرهٔ انواع فرآورده‌های آلی نقش دارند. برای مثال، عمل فتوسنتز در کلروپلاست سلول‌های پارانشیمی برگ رخ می‌دهد. برخی از سلول‌های پارانشیمی ساقه و ریشه، پلاستیدهای بی‌رنگی دارند که نشاسته ذخیره می‌کنند. بافت آبدار یک میوه، عمدتاً از سلول‌های پارانشیمی تشکیل شده است. بیشتر سلول‌های پارانشیمی، توانایی تقسیم شدن و تمایز به انواع دیگر سلول‌های گیاهی تحت شرایط خاص را (مثلاً در جریان رسیدن میوه یا ترمیم اندام‌ها پس از صدمه به گیاه) حفظ می‌کنند. حتی تولید یک گیاه کامل از یک سلول پارانشیمی منفرد نیز در آزمایشگاه امکان‌پذیر است.

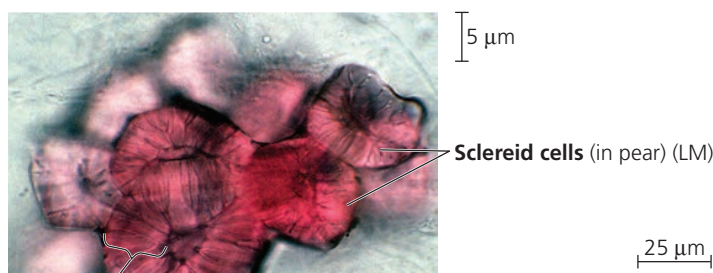
سلول‌های کلانشیمی



Collenchyma cells (in *Helianthus* stem) (LM)

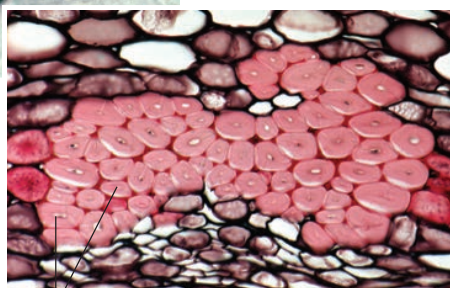
سلول‌های کلانشیمی که به‌صورت دستجات رشته‌ای یا استوانه‌ای قرار دارند، سبب استحکام بخش‌های جوان ساقه گیاه می‌شوند. سلول‌های کلانشیمی، نسبت به سلول‌های پارانشیمی، دیواره‌های نخستین ضخیم‌تری دارند، اگرچه دیواره‌ها به‌صورت غیریکتواخت ضخیم شده‌اند. دمبرگ‌ها و ساقه‌های جوان، اغلب رشته‌هایی از سلول‌های کلانشیمی، درست در زیر اپیدرم دارند (مانند رشته‌های دمبرگ کرفس). سلول‌های کلانشیمی، فاقد دیواره‌های پسین هستند و در دیواره‌های نخستین آنها مادهٔ سخت لیگنین وجود ندارد. بنابراین نوعی استحکام قابل انعطاف را فراهم می‌سازند که مانع رشد نمی‌شود. سلول‌های کلانشیم، در حالت بلوغ، زنده و انعطاف‌پذیر هستند و همراه با ساقه‌ها و برگ‌هایی که مسئولیت استحکام آنها را به عهده دارند طویل می‌شوند. این ویژگی برخلاف سلول‌های اسکلرانشیم است که در زیر آمده‌اند.

سلول‌های اسکلرانشیم



Sclereid cells (in pear) (LM)

Cell wall



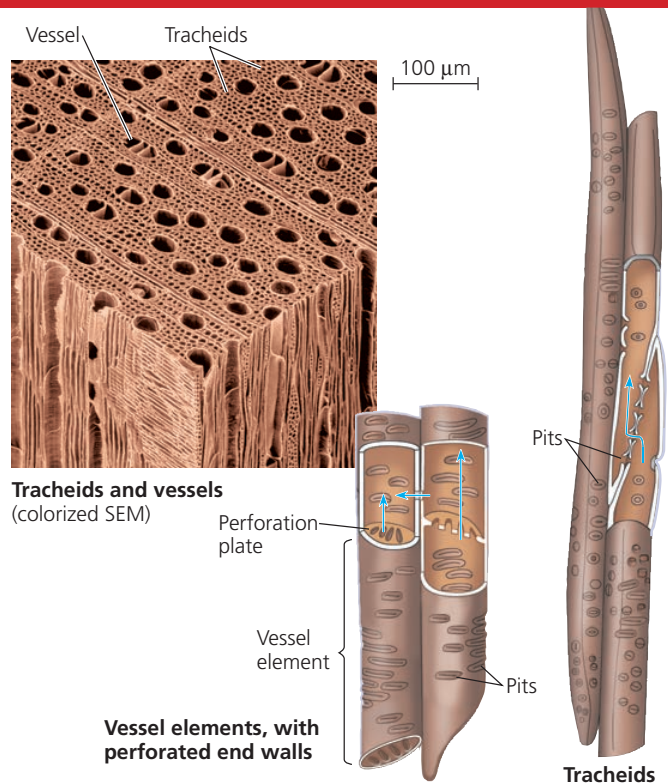
Fiber cells (cross section from ash tree) (LM)

سلول‌های اسکلرانشیم نیز در استحکام گیاه نقش دارند، اما به‌خاطر دیواره‌های پسین ضخیم که معمولاً با لیگنین محکم شده‌اند، بسیار سخت‌تر از سلول‌های کلانشیم هستند. لیگنین نوعی پلیمر استحکامی و تقریباً غیرقابل تجزیه است که در تمام گیاهان آوندی، غیر از خزه‌گیان، دیده می‌شود. لیگنین بیش از یک چهارم وزن خشک چوب را تشکیل می‌دهد. سلول‌های بالغ اسکلرانشیم نمی‌توانند طویل شوند و بنابراین در قسمت‌هایی از گیاه یافت می‌شوند که رشد طولی آنها متوقف شده است. سلول‌های اسکلرانشیم برای استحکام بخشیدن به گیاه بسیار تخصص یافته‌اند به‌طوری که در زمان بلوغ می‌میرند، اما قبل از مرگ پروتوپلاست (بخش زندهٔ سلول)، دیوارهٔ پسین را ایجاد می‌کنند. دیواره‌های سخت در حکم اسکلتی هستند که باعث استحکام گیاه (گاهی تا صدها سال) می‌شوند.

دو نوع سلول اسکلرانشیمی به نام **اسکلرئیدها** و **فیبرها**، منحصراً جهت استحکام‌بخشی و تقویت ساختار گیاه، تخصص یافته‌اند. اسکلرئیدها کوتاه‌تر از فیبرها بوده و شکل نامنظمی دارند، آنها دارای دیواره‌های پسین چوبی شده و بسیار ضخیم هستند. اسکلرئیدها باعث سختی پوست فندق و پوسته دانه‌ها و ایجاد دانه‌های ریز و سخت میوهٔ گلابی می‌شوند. فیبرها، معمولاً به‌صورت رشته‌هایی طویل، باریک و مخروطی شکل، آرایش می‌یابند. برخی از فیبرها، استفادهٔ تجاری دارند، مانند: فیبرهای کنف برای ساختن طناب و فیبرهای پنبه برای بافتن پارچهٔ پنبه‌ای.

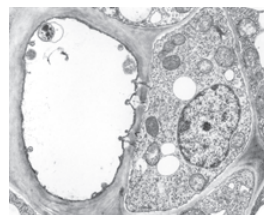
سلول‌های هادی آب در گزلیلم (آوند چوبی)

دو نوع سلول هادی آب، به نام **تراکئیدها** و **عناصر آوندی**، سلول‌های طولی و لوله‌ای‌شکلی هستند که در هنگام بلوغ (عملکردی) لیگنینی شده و می‌میرند. تراکئیدها در گزلیلم همه گیاهان آوندی یافت می‌شوند. بیشتر نهان‌دانگان و تعداد محدودی از بازدانگان و گیاهان آوندی بدون دانه، علاوه بر تراکئید، عناصر آوندی نیز دارند. هنگامی که پروتوپلاست یک تراکئید یا عنصر آوندی متلاشی می‌شود، دیواره‌های ضخیم آن، باقی مانده و یک مجرای مرده را برای جریان آب تشکیل می‌دهد. دیواره‌های پسین تراکئیدها و عناصر آوندی، اغلب به واسطه حضور لان‌ها (Pits؛ مناطق نازک‌تری که در آنها فقط دیواره نخستین وجود دارند) گسسته می‌شوند (شکل ۲۷-۶ را برای مرور دیواره‌های نخستین و پسین ببینید). آب می‌تواند از طریق لان‌ها به‌طور جانبی بین سلول‌های مجاور عبور کند. تراکئیدها، سلول‌هایی طولی و نازک، با انتهای نوک تیز (مخروطی) هستند. آب عمدتاً از طریق لان‌ها یعنی نقاط فاقد دیواره‌های ضخیم پسین، از سلولی به سلول دیگر منتقل می‌شود. وجود لیگنین در دیواره‌های پسین تراکئیدها و عناصر آوندی باعث استحکام و سختی آنها شده و مانع متلاشی شدن دیواره، تحت فشارهای بالای آب انتقالی می‌شود و در ضمن نقش استحکامی را نیز برای این سلول‌ها بازی می‌کند. عناصر آوندی، نسبت به تراکئیدها عموماً گشادتر، کوتاه‌تر و دارای دیواره‌های نازک‌تر بوده و غیر مخروطی‌تر هستند. آنها نوک به نوک قرار گرفته و لوله‌های کوچکی به‌نام **آوند** را به‌وجود می‌آورند. دیواره انتهایی عناصر آوندی، منفذدار است و امکان عبور آزادانه آب را از آوندها مهیا می‌سازد.

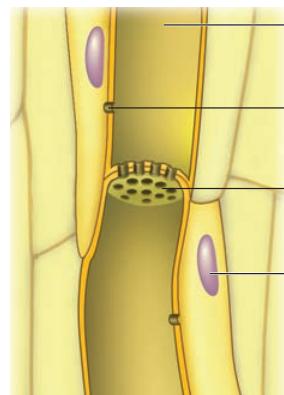


سلول‌های هادی قند در فلوئم (آوند آبکشی)

برخلاف سلول‌های هادی آب در گزلیلم، سلول‌های هادی قند در فلوئم در مرحله بلوغ نیز زنده هستند. در گیاهان آوندی بدون دانه و بازدانگان، قندها و سایر ترکیبات آلی از طریق سلول‌های طولی و باریکی به نام سلول‌های غربالی (آبکشی) منتقل می‌شوند. در فلوئم نهان‌دانگان این مواد آلی از طریق لوله‌های غربالی که شامل زنجیره‌ای از سلول‌ها، به‌نام **عناصر لوله‌های غربالی**^۱ یا اجزای لوله‌های غربالی^۲ هستند، منتقل می‌شوند. اگرچه عناصر لوله‌های غربالی زنده هستند، اما اندامک‌هایی چون هسته، ریبوزوم، واکوئل و اجزای اسکلت سلولی مشخص ندارند. این کاهش محتوای سلولی، آنها را قادر می‌سازد تا مواد آلی را به‌راحتی از درون سلول عبور دهند. دیواره‌های انتهایی مابین عناصر غربالی، **صفحه آبکشی**^۳ (صفحه غربالی) نامیده می‌شود و واجد سوراخ‌هایی است که جریان مایع از سلولی به سلول دیگر را، در طول لوله آبکشی، تسهیل می‌کنند. در مجاورت هر سلول غربالی، یک سلول غیرهادی به‌نام **سلول همراه** (Companion cell) وجود دارد که از طریق کانال‌های بی‌شماری به‌نام پلاسمودسمات، به سلول غربالی مرتبط می‌شود (شکل ۲۷-۶ را ببینید). هسته و ریبوزوم‌های سلول همراه، نه تنها در خدمت خود سلول هستند بلکه در خدمت عناصر غربالی مجاور نیز هستند. در برخی گیاهان، سلول‌های همراه برگ‌ها، به بازگذاری قندها، در لوله‌های غربالی کمک می‌کنند و سپس این قندها به بخش‌های دیگر گیاه منتقل می‌شوند.



Sieve-tube element (left) and companion cell: cross section (TEM)



Sieve-tube elements: longitudinal view

Sieve-tube elements: longitudinal view (LM)



Sieve plate with pores (LM)

1- Sieve - tube elements
2- Sieve - tube members
3- Sieve plates

مبحث 2-35

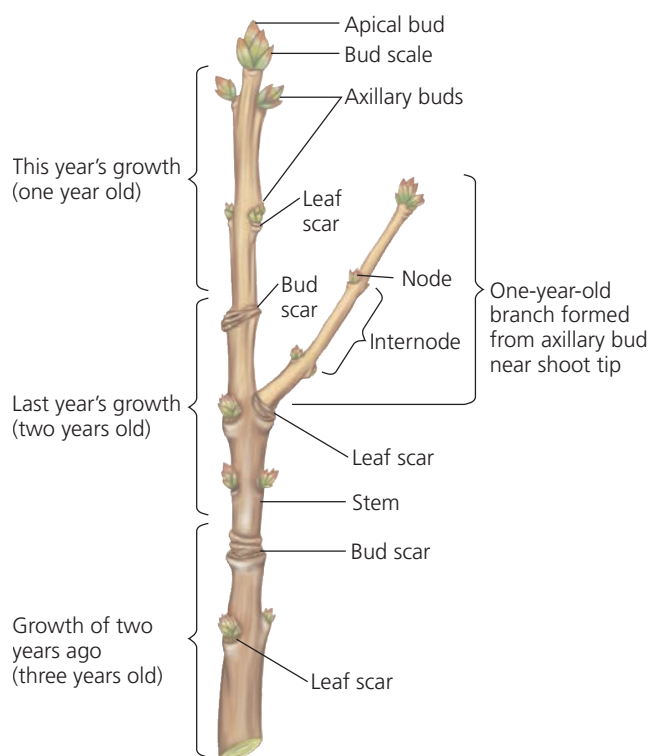
 مریستم‌های مختلف، سلول‌های جدیدی برای
رشد نخستین و رشد پسین، تولید می‌کنند

یک تفاوت مهم بین گیاهان و اغلب جانوران، آن است که رشد گیاهان، محدود به دوره جنینی یا دوره جوانی نیست. بلکه رشد در سراسر زندگی گیاه ادامه دارد که به آن رشد نامحدود^۱ می‌گویند. گیاهان دارای بافت‌های تمایزنیافته‌ای به نام مریستم هستند، بنابراین رشد آنها می‌تواند ادامه یابد و سلول‌های جدیدی ایجاد کنند که قادر به تمایز یابی هستند (شکل ۱۱-۳۵). بیشتر گیاهان به‌جز دوره خواب، به‌طور پیوسته رشد می‌کنند. برعکس، بیشتر جانوران و برخی از اندام‌های گیاهی، مانند بیشتر برگ‌ها، خارها و گل‌ها، رشد محدود^۲ دارند. به همین دلیل پس از رسیدن به اندازه معینی، رشدشان متوقف می‌شود.

دو نوع مریستم اصلی عبارتند از: مریستم‌های رأسی^۳ و مریستم‌های جانبی^۴. مریستم‌های رأسی، در نوک ریشه‌ها و ساقه‌ها و در جوانه‌های جانبی شاخه‌ها قرار دارند و با تولید سلول‌های بیشتر، باعث رشد طولی گیاه می‌شوند که به این فرایند، رشد نخستین^۵ گفته می‌شود. رشد نخستین، باعث طولی شدن ریشه و ادامه حرکت در خاک می‌شود؛ رشد طولی ساقه‌ها نیز جهت افزایش دسترسی به نور صورت می‌گیرد. در گیاهان علفی (غیرچوبی)، رشد نخستین، همه (یا تقریباً همه) پیکر گیاه را تولید می‌کند. اما گیاهان چوبی، در بخش‌هایی از ریشه‌ها و ساقه‌ها، پس از متوقف شدن رشد نخستین، به رشد قطری می‌پردازند. به این رشد که منجر به ضخیم شدن گیاه می‌شود رشد پسین^۶ گفته می‌شود. این نوع رشد، توسط مریستم‌های جانبی، شامل کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب‌پنبه، صورت می‌گیرد که استوانه‌هایی از سلول‌های در حال تقسیم، در طول ریشه‌ها و ساقه‌ها هستند. کامبیوم آوندی^۷، لایه‌هایی تحت عنوان چوب پسین و آبکش پسین را به بافت‌های آوندی می‌افزاید. کامبیوم چوب‌پنبه^۸ نیز پریدرم را که ضخیم‌تر و محکم‌تر از اپیدرم است، جایگزین آن می‌کند.

سلول‌های مریستمی به دفعات متوالی، تقسیم شده و

شکل ۱۲-۳۵ رشد سه‌ساله در یک شاخه زمستانی.



سلول‌های اضافی تولید می‌کنند. برخی از سلول‌های حاصل از تقسیم به‌صورت مریستمی باقی‌مانده و سلول‌های بیشتری تولید می‌کنند. بقیه سلول‌ها تمایز پیدا کرده و به بافت‌ها و اندام‌های در حال رشد گیاه می‌پیوندند. سلول‌هایی که به‌عنوان منبع سلول‌های جدید باقی می‌مانند را سلول‌های بنیادی^۹ می‌گویند. سلول‌های جدید جایگزین‌شده توسط مریستم را سلول‌های اشتقاقی^{۱۰} می‌نامند. این سلول‌ها به تقسیم ادامه می‌دهند تا سلول‌های تولیدشده توسط آنها به بافت‌های مختلف تمایز یابند.

ارتباط بین رشد اولیه و رشد پسین، به‌طور واضح در شاخه‌های زمستانه یک درخت برگ‌ریز دیده می‌شود. جوانه انتهایی خفته، در انتهای ساقه قرار داشته و به‌وسیله فلس‌هایی که از مریستم انتهایی محافظت می‌کنند، پوشانده می‌شود (شکل ۱۲-۳۵). در بهار، جوانه، فلس‌های خود را می‌ریزد و دور جدیدی از رشد اولیه را آغاز کرده و طی آن یکسری گره و میانگره تولید می‌کند. در هر قطعه رشدی، گره‌ها به‌صورت زخم‌هایی - که آثار به‌جای‌مانده از ریزش برگ هستند - مشخص می‌شوند. در بالای هر اثر برگ

9- Initials
10- Derivatives

1- Indeterminate growth
2- Determinate growth
3- Apical meristems
4- Lateral meristems
5- Primary growth
6- Secondary growth
7- Vascular cambium
8- Cork cambium

گیاهان چندساله^۲، چندین سال زندگی می‌کنند و شامل درختان، درختچه‌ها و برخی از علفی‌ها می‌شوند. عقیده بر این است که برخی از علف‌های بوفالو (buffalo grass) در جلگه‌های آمریکای شمالی به مدت ۱۰,۰۰۰ سال، یعنی از زمانی که دانه‌ها در نزدیکی آخرین عصر یخبندان گذشته جوانه زده بودند، قدمت دارند. یک گیاه چندساله، معمولاً به‌خاطر سن بالا نمی‌میرد بلکه عموماً به‌دلیل عفونت یا برخی صدمات محیطی، از قبیل آتش یا خشکی شدید، از بین می‌رود.

پرسش‌های مبحث ۲-۳۵

- ۱- آیا رشد نخستین و رشد پسین به‌طور هم‌زمان در یک گیاه رخ می‌دهد؟
- ۲- ریشه‌ها و ساقه‌ها رشد نامحدود دارند، اما برگ‌ها چنین نیستند. این مسئله چه سودی برای گیاه دارد؟
- ۳- چه می‌شد اگر؟^۱ فرض کنید یک باغبان پس از چیدن تعدادی هویج از باغ خود متوجه شد که آنها اندازه کوچکی دارند. چون هویج گیاهی دوساله است، باغبان آنها را در همان‌جا باقی گذاشت با این فکر که این هویج‌ها در دومین سال رشد، بزرگ‌تر خواهند شد، آیا این اندیشه درست است؟ توضیح دهید.

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

(Leaf scar) یک جوانه جانبی یا شاخه‌ای که به‌وسیله یک جوانه جانبی ایجاد شده است، قرار دارد. در قسمت پایین‌تر ساقه، اثرهای جوانه وجود دارند؛ این اثرات، مربوط به حلقه‌های فلس‌هایی هستند که جوانه انتهایی را در طول زمستان قبل احاطه کرده بودند. در طول هر فصل رشد، رشد نخستین، ساقه‌ها را طویل می‌کند و رشد پسین، بخش‌هایی را که در سال قبل تشکیل شده بودند، قطورتر می‌سازد. اگرچه گیاهان در سراسر زندگی رشد می‌کنند اما در نهایت می‌میرند. براساس طول چرخه زندگی، گیاهان گل‌دار به سه گروه: یکساله، دوساله و چندساله (پایا) تقسیم می‌شوند. گیاهان یکساله^۱، چرخه زندگی خود (از جوانه زدن، گل دادن و تولید دانه تا مرگ) را در طی یکسال یا کمتر، کامل می‌کنند. بسیاری از گل‌های وحشی، یکساله هستند؛ همان‌طور که بیشتر محصولات غذایی مهم مانند غلات (برنج و گندم) و بقولات نیز یکساله هستند. گیاهان دوساله^۲، عموماً برای تکمیل چرخه زندگی خود به دو فصل رشد نیاز دارند و گل‌ها و میوه‌ها فقط در دومین سال، به‌وجود می‌آیند. ترب و هویج گیاهانی دوساله هستند، اگرچه معمولاً در همان سال اول به‌عنوان محصول برداشت می‌شوند.

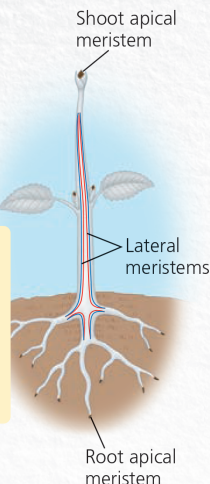
شکل ۱۱-۳۵ نگاه کلی به رشد نخستین و رشد پسین.

همه گیاهان آوندی دارای رشد نخستین هستند: یعنی رشد طولی. گیاهان چوبی دارای رشد پسین نیز هستند: یعنی رشد قطری. هنگام مطالعه و بررسی این طرح‌ها، تصور کنید چگونه ریشه‌ها و ساقه‌ها می‌توانند ضخیم‌تر شوند.

مرور

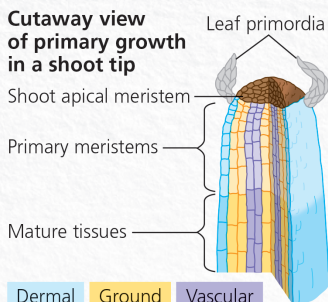
رشد نخستین
(رشد طولی) به دلیل وجود مرستم‌های رأسی در نوک شاخه‌ها و ریشه‌ها میسر شده است.

رشد پسین
(رشد قطری) به دلیل وجود دو مرستم جانبی که در تمام طول شاخه یا ریشه کشیده شده‌اند، امکان‌پذیر است.



رشد نخستین (رشد طولی)

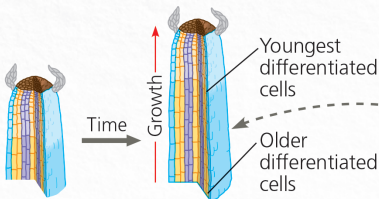
Cutaway view of primary growth in a shoot tip



Cell division in apical meristem
Daughter cell in primary meristem
Cell division in primary meristem
Growing cells in primary meristem
Differentiated cells (for example, vessel elements)

سلول‌های مرستمی در نوک شاخه‌ها و ریشه‌ها تمایز نیافته‌اند. زمانی که این سلول‌ها تقسیم می‌شوند، برخی سلول‌های دختری در مرستم رأسی باقی می‌مانند و جمعیت سلول‌های تمایز نیافته را ادامه می‌دهند. دیگر سلول‌های دختری نسبتاً تمایز می‌یابند و سلول‌های مرستمی اولیه را تشکیل می‌دهند.

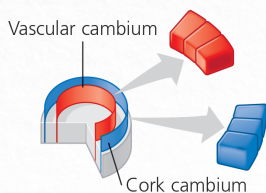
۱ مرستم رأسی ریشه توسط یک کلاهک انگشترمانند حفاظت می‌شود. طرح ساده‌ای از یک ریشه را رسم کنید و این چهار قسمت را روی آن نام‌گذاری کنید: کلاهک ریشه، مرستم رأسی ریشه، مرستم‌های اولیه و بافت‌های بالغ



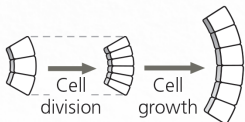
زمانی که این سلول‌ها تقسیم می‌شوند و طولشان افزایش می‌یابد، در بافت‌های بالغ کاملاً تمایز یافته می‌شوند.

رشد پسین (رشد قطری)

مرستم‌های جانبی که کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب‌پنبه نام دارند، استوانه‌هایی به قطر یک سلول از سلول‌های تقسیم‌شونده هستند.

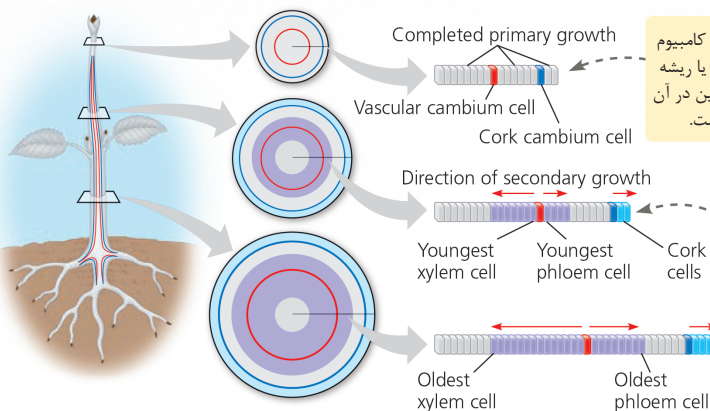
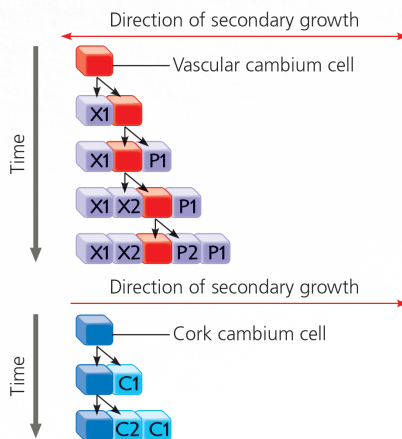


افزایش محیط دایره:
زمانی که یک سلول کامبیومی تقسیم می‌شود، گاهی هر دو سلول دختری در کامبیوم باقی مانده و رشد می‌کنند که موجب افزایش محیط کامبیوم می‌شوند.



اضافه شدن سلول‌های گزینم و فلوئم:
زمانی که یک سلول کامبیوم آوندی تقسیم می‌شود، گاهی از سلول‌های دختری تبدیل به سلول گزینم پسین (X) به سمت داخل کامبیوم یا یک سلول فلوئم پسین (P) به سمت خارج کامبیوم می‌شود. گرچه در اینجا نشان داده شده است که سلول‌های گزینم و فلوئم به تعداد برابر اضافه شده‌اند، معمولاً سلول‌های گزینم بیشتر تولید می‌شوند.

اضافه شدن سلول‌های چوب‌پنبه‌ای:
زمانی که یک سلول کامبیوم چوب‌پنبه‌ای تقسیم می‌شود، گاهی یکی از سلول‌های دختری از سمت خارج کامبیوم تبدیل به سلول چوب‌پنبه می‌شود.



زمانی که کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب‌پنبه‌ای در یک ساقه یا ریشه فعال می‌شوند، رشد نخستین در آن ناحیه خاتمه یافته است.

هنگام اضافه شدن گزینم پسین، فلوئم پسین و سلول‌های چوب‌پنبه‌ای، قطر ساقه یا ریشه افزایش می‌یابد. اغلب سلول‌ها، حاوی گزینم پسین می‌شوند (چوبی می‌شوند).

۲ ترتیب رشد پسین را با کشیدن پیکان‌هایی از کادر مشخص شده تعیین کنید. سلول کامبیوم آوندی، (v) ۵ سلول گزینم از پیرترین (X₁) به جوان‌ترین (X₅) و ۳ سلول فلوئم (P₁ تا P₃) را مشخص کنید. با رسم دو برابر سلول‌های گزینم و فلوئم نشان دهید که با ادامه روند رشد چه اتفاقی می‌افتد؟ مکان قرارگیری کامبیوم آوندی چه تغییری می‌کند؟

