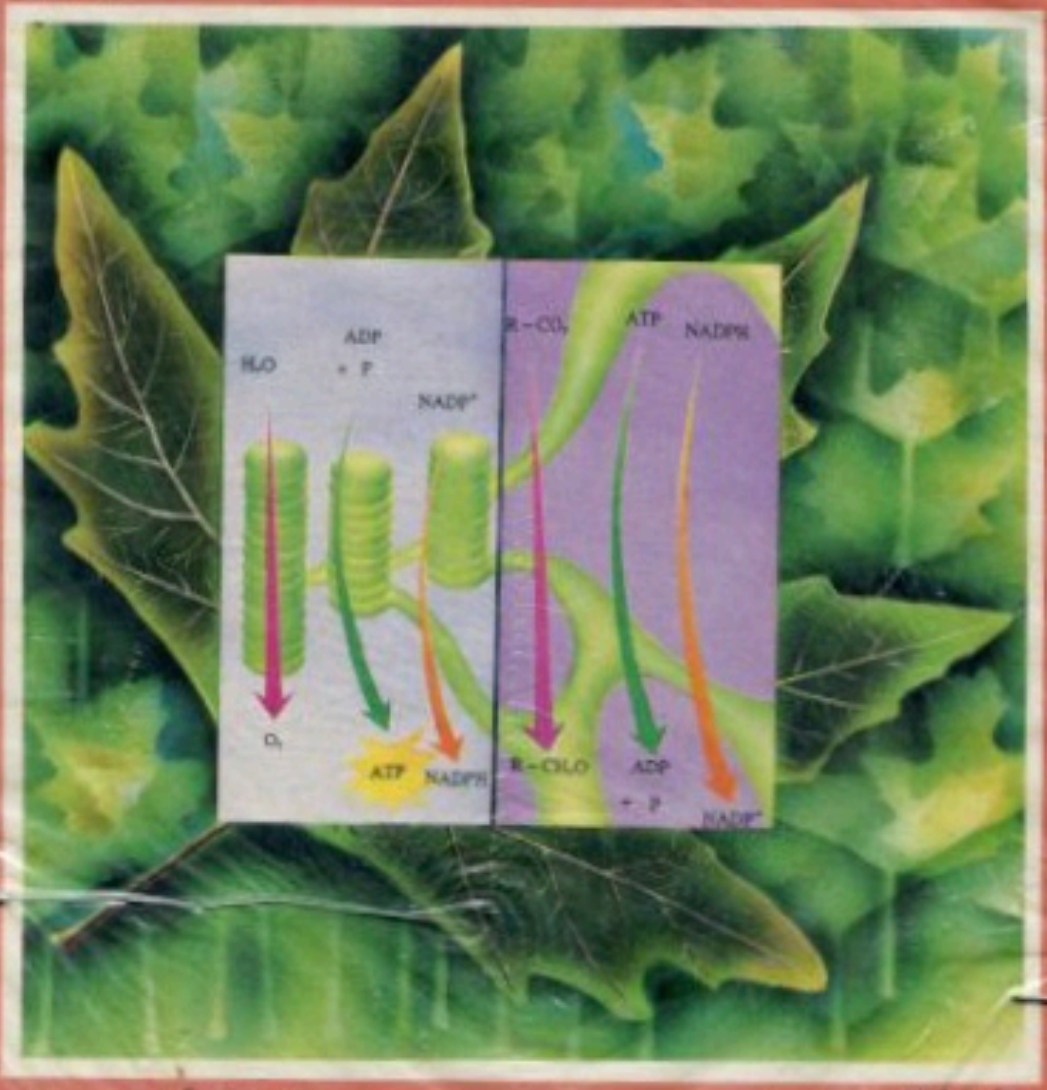
جمهوری اسلامی ایران

زیست شناسی گیاهی

نظری (رشتهٔ علوم تجربی)



نظام جدید آموزش متوسطه

۲۶۱/۳

بسم الله الرحمن الرحیم

زیست شناسی گیاهی

سال سوم

نظام جدید آموزش متوسطه

رشتهٔ علوم تجربی

۱۳۷۶

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی**

نام کتاب : **زیست‌شناسی گیاهی ـ ۲۶۱/۳**

مؤلفان : **دکتر حسن دیانت‌نژاد، محمّدعلی شمیم**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتابهای درسی**

صفحه‌آرا : **شهرزاد قنبری**

طراح جلد : **محمّدقاسم علیمردانی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشرکتابهای درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۵ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان داروپخش**

تلفن: ۴ ـ ۶۰۲۶۲۴۱، فاکس: ۶۰۲۶۲۴۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۴

چاپخانه : مازیار

سال انتشار : ۱۳۷۶

حق چاپ محفوظ است.

معلمان محترم و اولیای گرامی دانش آموزان و صاحبنظران می توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه نگاری تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - گروه درسی مربوط ارسال نمایند.
دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی

فهرست

مقدمه	۱
فصل ۱: سلول و بافتهای گیاهی	۲
فصل ۲: اندامهای رویا	۲۵
فصل ۳: رشد و نمو در گیاهان	۳۵
فصل ۴: آب، خاک و گیاه	۴۹
فصل ۵: متابولیسم	۶۷
فصل ۶: تنظیم شیمیایی در گیاهان	۸۵
فصل ۷: دستگاه زایای گیاه	۹۵
فصل ۸: تناوب نسل و فرگشت گیاهان	۱۱۶
فصل ۹: زیست‌شناسی گیاهی، اهمیت و کاربردهای گیاهان	۱۳۰

مقدمه

زیست شناسی گیاهی به مطالعه جنبه‌های گوناگون زندگی گیاهان می‌پردازد. این بخش از دانش زیست‌شناسی نیز در جای خود دامنه بسیار گسترده‌ای دارد، به‌طوری که هریک از مباحث کوچک و محدود آن می‌تواند موضوع تحقیق و تحصیل در سطح دکترا باشد.

کتاب حاضر کلیاتی از ساختار و کار گیاهان به ویژه گروهی به نام نهاندانگان را مورد بررسی قرار می‌دهد. ضمن این بررسیها معلوم می شود که کنش زیستی هر اندام گیاهی با ساختار آن هماهنگی کامل دارد و این واقعیت یکی از اص[illegible] زیست‌شناسی به نام اصل وحدت ساختمان و عمل را دوباره به یاد شما می‌آورد.

سازگاری بین ساخت و کار از یک سو و سازگاری بین گیاه و محیط زیست آن از سوی دیگر، حاصل فرایند تغییر و تحوّل است که طی صدها میلیون سال ادامه داشته است. با بیانی دیگر زیست شناسان هیچگاه موجودات زنده و پدیده‌های زیستی را بدون در نظر گرفتن زمان (آنچه بر موجود زنده گذشته و می گذرد) و مکان (آنچه در محیط وجود دارد و با موجود زنده ارتباط متقابل دارد) مورد مطالعه قرار نمی‌دهند.

درتدوین این کتاب اصول یاد شده فوق درنظر گرفته شده‌اند وانتظار می‌رود شما پس‌از اطلاع دقیقتر از این اصول و اصول دیگری که زندگی گیاهان را ممکن می سازند، بتوانید به نحوه بهتری از گیاهان بهره بگیرید و در توجیه پدیده‌های زیستی مربوط به گیاهان دقیقتر و صحیح‌تر عمل کنید.

کتاب حاضر سعی دارد شما را با اهمیّت گیاهان در زیستگاهها و کاربرد آنها در زندگی انسان آشنا سازد. این شناخت موجب خواهد شد که در حفظ و نگهداری گیاهان در محیط زیست خود کوشا باشید و احتمالاً به مطالعه و تحقیق در یکی از رشته‌های این شاخه از دانش زیست‌شناسی علاقه‌مند شوید. به این مناسبت فصل پایانی این کتاب را به این امر اختصاص داده‌ایم. هدف اصلی از نگارش این فصل آن است که با گستردگی دامنه کاربرد گیاهان در زندگی روزمره آشنا شوید. بنابراین پیشنهاد می‌کنیم هر کدام یا هر گروه از شما موضوعی از کاربردهای گیاهان را انتخاب و در مورد آن تحقیق و مطالعه کنید و در کلاس ارائه دهید.

در بعضی از بخشهای کتاب به مطالبی برخورد می‌کنید که در کادرهای رنگی نوشته شده‌اند. این صفحات برای مطالعات اختیاری شماست و کسانی که علاقه‌مندند می‌توانند آنها را مطالعه کنند. بنابراین از مطالب این صفحات پرسشهای امتحانی مطرح نمی‌شود.

گروه زیست شناسی

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

۱

سلول و بافتهای گیاهی

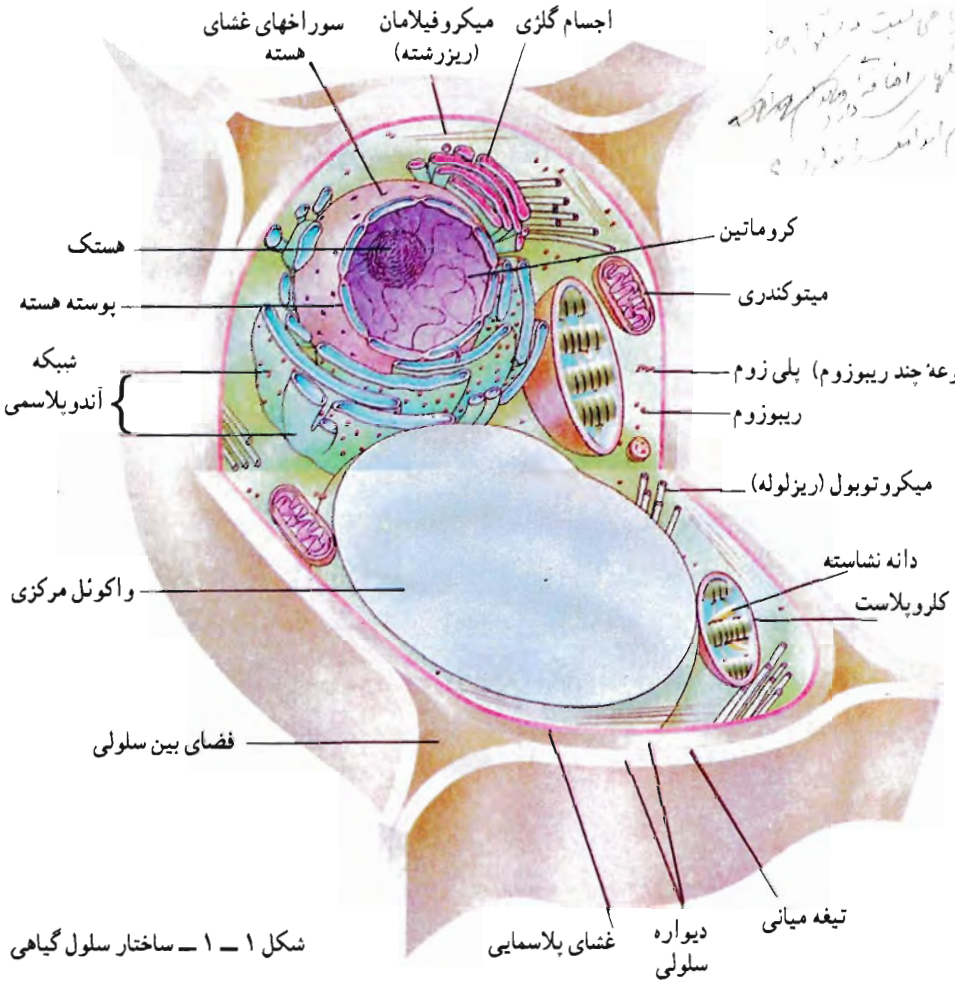
پژوهش دربارهٔ سلول و بافتهای گیاهی از سال ۱۶۶۵ توسط رابرت هوک، فیزیکدان انگلیسی، آغاز شد و در آینده نیز ادامه خواهد داشت. هوک با مشاهدهٔ بافت چوب پنبه‌ای و حفره‌های میان‌تهی آن کلمهٔ سلول را برای واحدهای تشکیل‌دهندهٔ این بافت به کار برد. بررسیهای مختلفی که از آن زمان تا سال ۱۸۳۸ بر روی بافتهای گیاهی و جانوری انجام شد، همانندی واحدهای ساختاری گیاهان و جانوران را مشخص ساخت. در این سال نظریهٔ سلولی موجودات زنده انتشار یافت. در این نظریه سلول (یاخته) به‌عنوان واحد ساختاری موجودات زنده معرفی شده است.

امروزه نیز سلول به‌عنوان واحد ساختار و کار جانداران معرفی می‌شود و دربارهٔ هریک از اجزای تشکیل دهندهٔ آن بررسیهای فراوان به عمل می آید. اگر گفته می شود که سلول واحد ساختار و کار موجود زنده است، این گفته نه تنها در تک‌سلولیها بلکه در جاندارانی که بدنشان از میلیاردها سلول تشکیل شده نیز صادق است. زیرا زندگی این موجود پرسلولی بستگی به فعالیتهای هماهنگ سلولهای تشکیل‌دهندهٔ آن دارد و کار هریک از این واحدها نیز مربوط به فعالیتهای هماهنگ اجزای تشکیل‌دهندهٔ آنهاست.

امروزه با استفاده از روشهای مختلف بررسی سلولها ،مانند استفاده از میکروسکوپهای نوری و الکترونی، جداسازی اجزای تشکیل‌دهندهٔ سلولها وغیره، زیست شناسان کمابیش به ساختار و کار این واحدها پی برده‌اند.

به طور کلی هر سلول گیاهی شامل دو بخش **پروتوپلاسم** و **دیواره** است. پروتوپلاسم که فعالترین بخش زندهٔ سلول به شمار می‌آید از غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم و هسته تشکیل یافته است. سیتوپلاسم را از خارج غشایی فرا گرفته که بین دیوارهٔ سلول و سیتوپلاسم واقع است. در سیتوپلاسم اندامکهای متفاوتی وجود دارد. هسته حاوی مولکولهای وراثتی است و به وسیلهٔ غشایی احاطه می‌شود. در سلولهای ابتدایی مانند باکتریها، هستهٔ مشخصی یافت نمی‌شود ولی اجزای مهم هسته، یعنی مولکولهای وراثتی، وجود دارند.

در کتاب زیست‌شناسی سال اول تا اندازه‌ای با ساختار کلّی سلول آشنا شده‌اید. در این فصل از کتاب ساخت و کار آن بخشهایی که به سلولهای گیاهی اختصاص دارند، یا بیشتر در سلولهای گیاهی یافت می‌شوند مورد مطالعه قرار می‌گیرند.



شکل ۱ ــ ۱ ــ ساختار سلول گیاهی

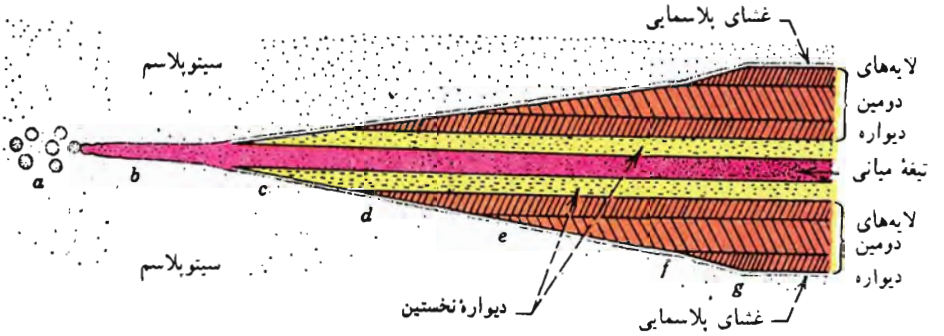
دیواره سلولی (دیواره اسکلتی)

در خارج غشای سیتوپلاسمی (پلاسمالما) سلولهای گیاهی دیواره‌ای به نام دیوارهٔ سلولی وجود دارد. این دیواره به منزلهٔ اسکلت خارجی سلول است، به آن شکل می‌دهد، از محتویات درون آن حفاظت می‌کند و همچنین مسئول استحکام و سختی بعضی از بافتهای گیاهی است. دیواره سلولی که معمولاً از چند لایه (شکل ۲ ــ ۱) به وجود می‌آید، به وسیلهٔ پروتوپلاسم ترشح و ساخته می‌شود.

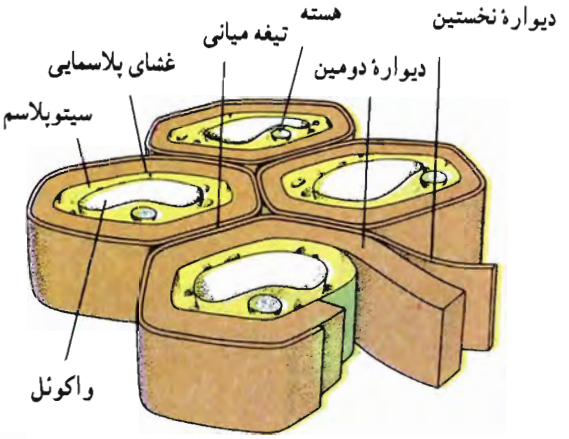
در یک سلول گیاهی در حال تقسیم که در دو قطب آن دو هسته جدید پدید آمده است، لایه نازکی در استوای سلول تشکیل می‌شود و مقدمات تشکیل دو سلول جدید را فراهم می‌آورد. این لایه را **تیغهٔ میانی** می‌گویند و از جنس پکتات کلسیم است. تیغهٔ میانی مانند سیمانی موجب اتصال سلولهای مجاور می‌شود ضمن بزرگ شدن سلولها لایهٔ نازک جدیدی به وسیلهٔ هر سلول در طرفین تیغهٔ میانی ساخته می‌شود. این لایه را **دیوارهٔ نخستین** می‌نامند و جنس آن پکتوسلولزی است (به طور عمده شامل سلولز و پکتوز). دیواره نخستین پیوسته نبوده و از رشته‌های بسیارنازک و انعطاف‌پذیر به‌وجود آمده و در نتیجه از بزرگ‌شدن سلول جلوگیری نمی‌کند.

در عده‌ای از سلولها تنها تیغهٔ میانی و دیوارهٔ نخستین به وجود می‌آید در صورتی که در عدهٔ دیگری از سلولها دیوارهٔ جدیدتری به نام **دومین دیواره** از درون بر روی دیواره نخستین ساخته می‌شود که منحصراً از جنس سلولز است. سلولز به صورت رشته‌های نازکی (فیبریل) در روی دیواره رسوب می‌کند. استقرار فیبریلهای سلولزی موجب استحکام دومین دیواره می‌شود، بنابراین پس از تشکیل دومین دیواره، دیوارهٔ بین دو سلول مجاور شامل یک تیغه میانی، دو دیوارهٔ نخستین و دو دیواره دومین خواهد شد (شکل۲ ــ ۱). در بافتهای چوبی، دیواره سلولی به خاطر رسوب ماده‌ای به نام **چوب** یا **لیگنین**باز هم ضخامت بیشتری حاصل می‌کند. به‌طوری که در بعضی از این قبیل سلولها ضخامت دومین دیواره به حدی افزایش می‌یابد که جایی برای سیتوپلاسم باقی نمی‌گذارد و در این حالت سلول می‌میرد. باید توجه داشت که ضخیم شدن دیوارهٔ سلولی از بیرون به درون صورت می‌گیرد، یعنی دیواره دومین جوانترین دیواره بوده و مجاور غشای سیتوپلاسمی است. به همین جهت هرچه دیواره‌سازی بیشتر صورت گیرد، فضای درون سلولی کوچکتر می‌شود.

تغییرات دیواره سلولی ــ دیواره سلولی در سلولهای بافتهای گوناگون به تناسب کاری که انجام می‌دهد تغییرات سازشی جالبی حاصل کرده است. **کوتینی شدن**، **چوب‌پنبه‌ای شدن**، **چوبی شدن**، **کانی شدن**، و **ژله‌ای شدن** از جمله این تغییرات هستند.



(الف)



(ب)

شکل ۲ ــ ۱ ــ مراحل تشکیل لایه‌های دیوارهٔ سلولی از a تا g (الف)،
وضعیت دیواره‌ها در چهار سلول مجاور (ب)

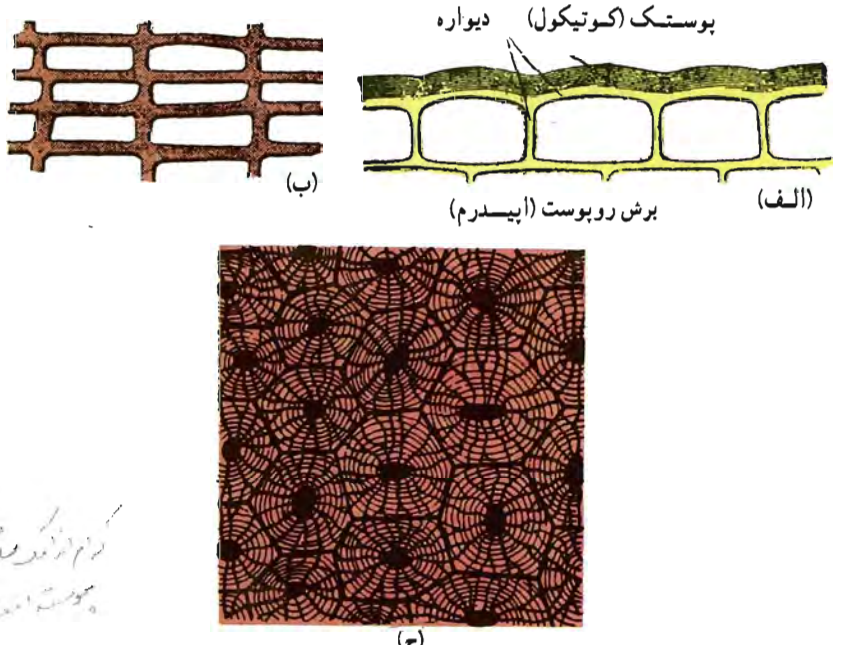
کوتینی‌شدن و چوب‌پنبه‌ای شدن در بافتهای محافظ گیاه صورت می‌گیرد. در کوتینی شدن، روی دیواره خارجی سلولها که با محیط بیرون در تماس است، ماده‌ای به نام **کوتین** ساخته می‌شود. لایه کوتینی را **کوتیکول** (پوستک) می‌نامند. کوتین ماده‌ای موم‌گونه است و به گروه چربیها تعلق دارد. در چوب‌پنبه‌ای شدن دیواره دومین سلولها از جنس ماده‌ای به نام **سوبرین** یا چوب‌پنبه است. با مطالعه بافت چوب‌پنبه‌ای (پریدرم) با این نوع تغییر بیشتر آشنا خواهید شد.

چوبی شدن در بافتهای استحکامی و آوندهای چوبی صورت می‌گیرد. در سلولهای این بافتها مادهٔ چوب یا **لیگنین** 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.

دست خود را به روی برگ یا ساقه گندم بکشید. آن را زیر احساس خواهید کرد. دلیلش آن است که روی سطوح خارجی سلولهای آنها ترکیبات سیلیسی رسوب کرده‌اند. اضافه شدن ترکیبات کانی به دیواره سلول را **کانی شدن** می‌گویند.

ژله‌ای شدن؛ دانه‌هایی مانند دانه بِهْ در داخل آب لعاب تولید می‌کنند. استفاده از این لعاب برای جلوگیری از سرفه کردن معمول است. چه قسمتی از دانه به لعاب تبدیل می‌شود؟ ترکیبات پکتیکی دانه که در ساختمان تیغه میانی سلولها به کار رفته‌اند، می‌توانند آب زیادی جذب کنند و به لعاب یا ژله تبدیل شوند. سلولهای مجاور با ژله‌ای شدن از هم جدا می‌شوند (چرا؟).

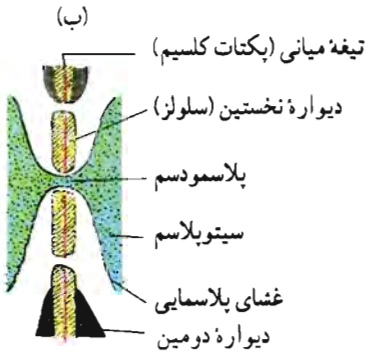


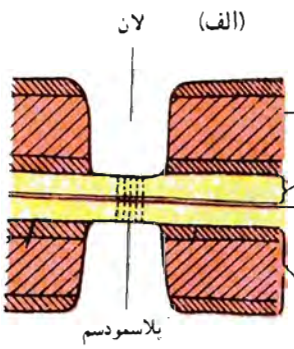
شکل ۳ ــ ۱ ــ تغییرات دیواره سلولها: کوتینی شدن (الف) چوب پنبه‌ای شدن (ب) و چوبی شدن (ج).

پلاسمودسماتا ــ 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 به هم پیوند می‌دهند. به هر رشته سیتوپلاسمی ارتباط‌دهنده **پلاسمودسم** و به چند پلاسمودسم **پلاسمودسماتا** می‌گویند.

لانها ــ ضخامت دیواره اسکلتی بین دو سلول مجاور در همه نقاط یکسان نیست.

به نقاطی که دومین دیواره در آن نازک باقی می‌ماند و یا به وجود نمی‌آید، **لان** می‌گویند. در محل لانها معمولاً تعدادی پلاسمودسم وجود دارد که از راه آنها ارتباط و تبادل بین سلولها امکان‌پذیر می‌شود (شکل ۴ ــ ۱).



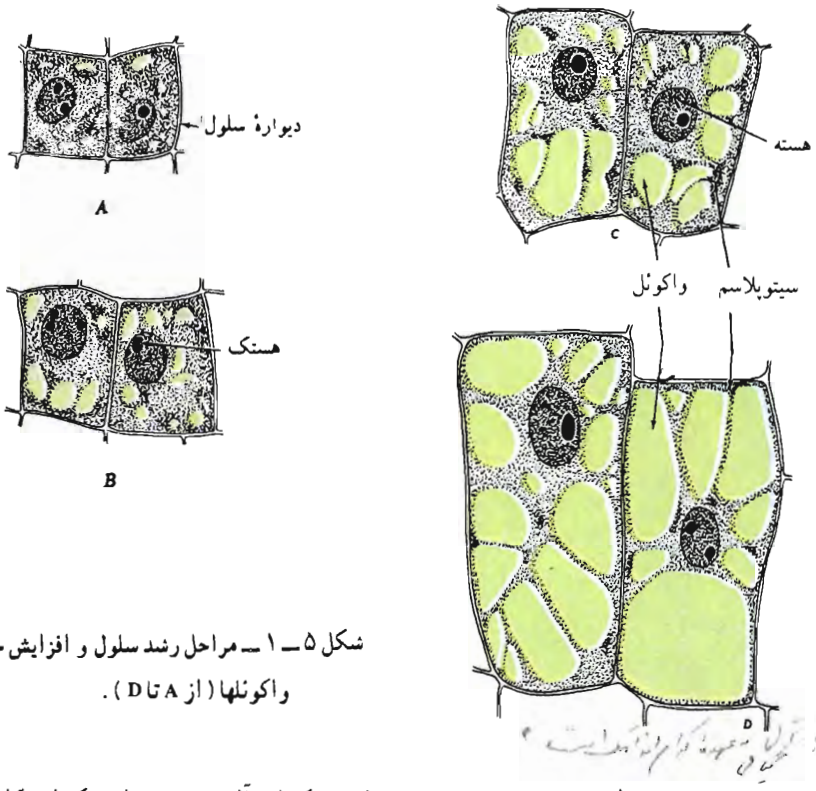


شکل ۴ ــ ۱ ــ پلاسمودسمها و لانها. طرح لان (الف) و طرح پلاسمودسم (ب).

واکوئلها

در سلولهای گیاهی و جانوری حفراتی به اندازه‌های مختلف وجود دارند که به آنها **واکوئل** می‌گویند. در سلولهای گیاهی جوان واکوئلها کوچک و متعددند، اما با رشد سلول، واکوئلهای کوچک به هم پیوسته و به طور معمول یک یا چند واکوئل بزرگ پدید می‌آورند که قسمت عمده حجم سلول را اشغال می‌کنند (شکل ۵ ــ ۱). وجود چنین واکوئلهای بزرگ و تمایز یافته‌ای از اختصاصات سلولهای گیاهی است و در سلولهای جانوری یافت نمی‌شود. در واکوئلها مایعی به نام **شیره واکوئلی** وجود دارد. شیره واکوئلی شامل آب و مواد محلول در آن است. این مواد به وسیله بخش زنده سلول فراهم می‌آیند و ممکن است جزو مواد اندوخته‌ای یا مواد زاید سلولی باشند.

هر واکوئل به وسیلهٔ غشایی به نام تونوپلاست احاطه می‌شود. تونوپلاست دارای قابلیت نفوذ انتخابی است. قابلیت نفوذ انتخابی تونوپلاست را می‌توان به کمک آزمایش ساده‌ای نشان داد: یکی از مواد داخل واکوئل رنگیزه‌ای به نام **آنتوسیانین** است. آنتوسیانین در pH های گوناگون عامل رنگهای **قرمز**، **بنفش** و **آبی** در گلبرگها، میوه‌ها و بعضی برگهای پاییزی است. در حالی که سلولها زنده‌اند، آنتوسیانین در داخل واکوئل باقی می‌ماند، اما اگر اندام گیاهی، مانند گلبرگها را مدتی در آب جوش قرار دهیم، آنتوسیانین از واکوئلها خارج و محیط را رنگین می‌کند. در این حالت آب‌جوش سلولها را می‌کشد و تونوپلاست خاصیّت حیاتی خود را از دست می‌دهد.



شکل ۵ ــ ۱ ــ مراحل رشد سلول و افزایش حجم واکوئلها (از A تا D).

واکوئلها به خاطر اندوختن بعضی مواد (مانند نمکهای آلی، پروتئینها، نمکهای کانی، مواد رنگین و...) در خود، انبار سلول به شمار می‌آیند، اما کار اساسی آنها تنظیم آب داخل سلول است، زیرا در تبادل آب میان سلول و محیط آن نقش بسیار مهمی برعهده دارند.

تورژسانس و پلاسمولیز ــ هرگاه اندام گیاهی در محیطی رقیق‌تر از محیط درونی سلول قرار داده شود، سلولها آب جذب می‌کنند. نتیجه ورود آب به درون سلول، ایجاد حالت تورم در سلول است که به آن **تورژسانس** گویند. در این حالت فشاری به دیواره سلولی وارد می‌شود که به فشار تورژسانس معروف است. فشار تورژسانس، غشای پلاسمایی را محکم به دیوارهٔ سلولی می‌چسباند، در نتیجه سلول سخت و محکم می‌شود. تا زمانی که آب در محیط اطراف سلول موجود باشد، فشار تورژسانس برقرار می‌ماند. این مسئله به ویژه برای بافتهای نرم گیاه مانند برگها، گلبرگ‌ها و ساقه‌های نرم و علفی بسیار مهم است، زیرا آنها را محکم و به وضع طبیعی نگه می‌دارد. حال اگر شاخه جوانی را از گیاه جدا کنیم، و یا سلولهای گیاهی در محیطی قرار داده شوند که غلظت آن بیشتر از درون سلول باشد چه پیش خواهد آمد؟ در این حالت سلول گیاهی آب از دست می‌دهد، و واکوئل کوچک و جمع می‌شود. در نتیجه غشای پلاسمایی در بعضی نقاط از

دیوارهٔ سلولی جدا می‌شود، در چنین حالتی سلولها شادابی و تُردی خود را از دست می‌دهند. به چنین حالتی **پلاسمولیز** می‌گویند. باید توجه داشت که حالت تورژسانس نمایانگر وضع طبیعی سلولها بوده و حالت پلاسمولیز وضع غیرطبیعی آنها را نشان می‌دهد و چنانچه پلاسمولیز ادامه یابد منتهی به مرگ سلول خواهد شد.

پلاستها (پلاستیدها)

پلاستها اندامکهایی هستند که منحصراً در سلولهای گیاهی و بعضی آغازیان یافت می‌شوند و ابعادشان معمولاً بین ۴ تا ۶ میکرون متغیر است. پلاستها از دانه‌های کوچکتری به نام **پیش‌پلاست** که در سلولهای تمایزنیافته‌وجود دارند، پدید می‌آیند. با رشد سلول، پلاستها نیز رشد می‌کنند و وظایف معینی را بر عهده می‌گیرند. پلاستهای اصلی سه نوعند: **لوکوپلاستها**، **کروموپلاستها** و **کلروپلاستها**.

لوکوپلاستها: بیرنگ هستند و غالباً در سلولهای اندوخته‌دار ریشه‌ها، ساقه‌های زیرزمینی و اندامهایی که با نور مواجه نیستند، یافت می‌شوند. یکی از موادی که در لوکوپلاستها ذخیره می‌شود، نشاسته است. لوکوپلاستهای آکنده از نشاستهٔ را **آمیلوپلاست** می‌نامند.

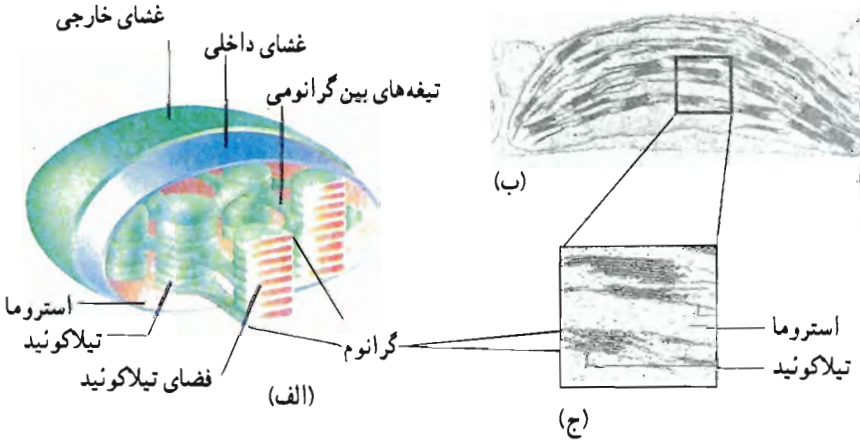
رنگ بسیاری از گلبرگها، میوه‌ها و برگهای پاییزی مربوط به **کروموپلاستهای** موجود در سلولهای آنهاست. رنگیزه‌های موجود در کروموپلاستها در مجموع **کاروتنوئید** نامیده می‌شوند. این رنگیزه‌ها عبارتند از: **کاروتن** (رنگیزه نارنجی)، **گزانتوفیل** (رنگیزه زرد) و **لیکوپن** (رنگیزه قرمز). این رنگیزه‌ها همراه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

کلروپلاستها: مهمترین پلاستها بشمار می‌روند و عامل رنگ سبز در گیاهان هستند. رنگدانه‌های درون کلروپلاستها انرژی تابشی خورشید را به دام می‌اندازند و سلولها به کمک آن غذاسازی می‌کنند. غذایی که به این ترتیب حاصل می‌شود، منبع غذایی جانداران بی‌کلروفیل روی زمین است. شکل کلروپلاستها در گیاهان بسیار همانند و معمولاً به شکل صفحات عدس مانند است و تعداد آنها در هر سلول ممکن است از یک تا بیش از ۱۰۰ عدد باشد.

ساختمان کلروپلاست ــ هر کلروپلاست به وسیله دو غشا احاطه می‌شود. درون کلروپلاست را ماده‌ای به نام **بستره** یا **استروما** پر کرده است. بستره حاوی ذرات لیپیدی، مولکولهای DNA، مولکولهای نشاسته، ریبوزومها و تیغه‌هاست. بیشتر فعالیتهای درون کلروپلاست به وسیله ژنهای هسته سلول کنترل می‌شود، اما بعضی از فعالیتهای کلروپلاست در

کنترل مولکول DNA درون آن است.

در استروما دانه‌هایی به نام **گرانوم** وجود دارند. هر گرانوم از تعدادی اجزای کیسه مانند که شبیه‌سکه‌رویهم قرار گرفته‌اند، سازمان یافته است. هر کیسه یا **تیلاکوئید** غشای دولایه‌ای دارد که محل کلروفیل، رنگیزه‌های دیگر و عوامل مهمی است که در مجموع واکنشهای وابسته به نور را در کلروپلاست مقدور می سازند. گرانومها به وسیله تیغه‌هایی به هم‌مربوطند. گرانومها و تشکیلات پیچیدهٔ آنها از چین‌خوردگیهای غشای درونی کلروپلاست حاصل می‌آیند (شکل ۶ ــ ۱).



شکل ۶ ــ ۱ ــ کلروپلاست. طرح ساختار یک کلروپلاست (الف)، کلروپلاست به گونه ای که با میکروسکوپ الکترونی دیده می‌شود (ب و ج).

تبدیل پلاستها به یکدیگر ــ یک نوع پلاست می‌تواند به پلاست دیگر تبدیل شود. برای مثال هرگاه لوکوپلاست برای مدتی طولانی در معرض نور قرار گیرد به کلروپلاست تبدیل می‌شود، برعکس هرگاه کلروپلاست برای مدت درازی در تاریکی قرار گیرد به لوکوپلاست تبدیل می‌شود، این قبیل تغییرات در کروموپلاستها هم اتفاق می افتد. در گوجه فرنگی کال، لوکوپلاستها تدریجاً به کلروپلاستها تبدیل می‌شوند و سپس در میوهٔ رسیده به صورت کروموپلاستها ظاهر می‌شوند. تغییر رنگ بعضی از برگها در پاییز به خاطر دگرگونیهایی است که در پلاستهای آنها رخ می دهد.

پلاست در جانداران دیگر

در سال اول با بعضی از آغازیان کلروپلاست دار (آغازیان گیاه مانند) آشنا شده‌اید. یکی از این آغازیان **اوگلنا** نام دارد که تک سلولی است. اوگلنا دیواره اسکلتی ندارد، به همین مناسبت

این جاندار و جانداران مانند آن را معمولاً در گروه گیاهان قرار نمی‌دهند. اوگلنا از لحاظ تکاملی بسیار با ارزش است، زیرا از یک سو ویژگیهای گیاهی و از سوی دیگر ویژگیهای سلول جانوری را نشان می‌دهد. زیست‌شناسان تصور می‌کنند در زمانهای بسیار گذشته از تحول جاندارانی مانند اوگلنا از یک سو گیاهان اولیه و از سوی دیگر جانوران سادهٔ اولیه حاصل آمده‌اند. در سیانوباکتریها کلروپلاست وجود ندارد، تنها تیغه‌هایی در امتداد سطح سلول وجود دارد که حاوی رنگیزه‌های جذب کنندهٔ نوراند.

معدودی از باکتریها به خاطر داشتن رنگیزه قادر به غذاسازی هستند. در باکتریهای فتوسنتزکننده، رنگیزه‌های جذب کننده نور اغلب برروی زواید تیغه مانند قرار دارند.

میکروتوبولها و میکروفیلامانها ــ این اندامکها به صورت گروههایی در سیتوپلاسم مجتمع هستند و از جنس پروتئین‌اند. بسیاری از ویژگیهای فیزیکی سیتوپلاسم مانند کش‌سانی و ویژگیهای ساختاری آن مربوط به این اندامکهاست. میکروتوبولها در ساختمان تاژکها و مژکهای سلولهای متحرک گیاهان وجود دارند. میکروفیلامانها نیز در حرکت سلول و جنبش وزیکولها در سیتوپلاسم نقش دارند. این اندامکها در حرکت کروموزومها به قطبین در هنگام تقسیم سلول دخالت می‌کنند.

اندامکهای دیگر سلول گیاهی

در سلولهای گیاهی همه اندامکهای سلولهای جانوری غیر از سانتریول وجود دارند. سانتریول در سلولهای گیاهان عالی وجود ندارد؛ اما در گیاهان ساده‌تر (خزه‌گیان و نهانزادان آوندی) که گامتهای نر متحرک تولید می‌کنند، دیده می‌شود.

بافتهای گیاهی

اندامهای اصلی بیشتر گیاهان عبارتند از ریشه، ساقه و برگ. هریک از این اندامهااز اجتماع چند بافت سازمان یافته ساخته شده‌اند. هر بافت شامل مجموعه‌ای از سلولهاست که معمولاً به هم شباهت دارند و کار مشترکی انجام می‌دهند. بافتها را بر حسب خاستگاه، ساختار و کار گروه‌بندی می‌کنند.

در آغازیانی مانند جلبکها[1] و گیاهان ساده‌ای مانند خزه گیان، بافتهای مشخص وجود

---

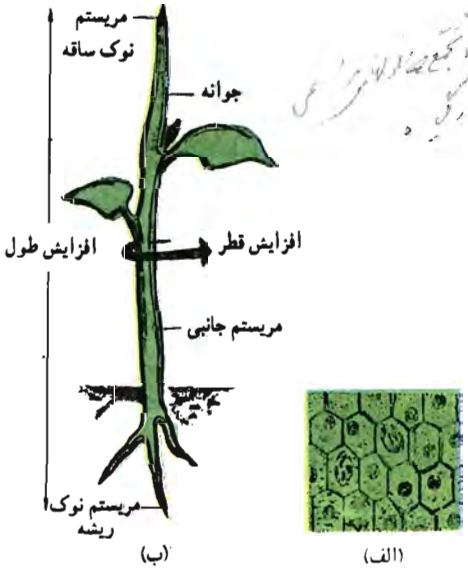
۱ ـ بعضی از گیاه شناسان ، جلبکها را جزو گیاهان مطالعه می‌کنند.

ندارند. برای مثال جلبک سبز اسپیروژیر از تعدادی سلول مشابه که بین آنها تقسیم کار صورت نگرفته، درست شده است. حتی در کلپ‌ها، ریسه‌های پهن و برگ مانند، اندام به شمار نمی‌آیند، زیرا این بخشهای پهن و گسترده شامل مجموعه ای از سلولهای کمابیش همانند بوده، هنوز دربین آنها تقسیم کار به گونه ای که در گیاهان عالی می‌بینیم، صورت نگرفته است. در خزه گیان سلولهای هدایت‌کننده شیره گیاه فشرده و نسبتاً درازند و اندک تمایزی را نشان می‌دهند، اما این تمایز به حدی نیست که آنها را بافت به حساب آوریم. به همین مناسبت، ضمایم برگ مانند و محورساقه مانند خزه را اندامهای واقعی به حساب نمی‌آورند. این قبیل اجتماعات سلولی فاقد بافت را **کلونی سلولی** می‌گویند. گفته می شود اولین جانداران پرسلولی به صورت کلونی بوده‌اند و موجودات پرسلولی واجد بافت به تدریج از آنها حاصل آمده‌اند.

بافتهای گیاهی را به دو گروه عمده تقسیم می‌کنند: **بافتهای مریستمی** و **بافتهای غیرمریستمی**

بافتهای مریستمیــ سلولهای این بافت توانایی تقسیم شدن، سازندگی و سازماندهی دارند. این ویژگیها اهمیت کار بافت مریستم را در زندگی گیاه مشخص می‌سازد. شناسایی آنها به‌وسیلهٔ میکروسکوپ آسان است، زیرا بافت مریستمی‌سلولهای چند وجهی با دیوارهٔ نازک، سیتوپلاسم متراکم و هستهٔ درشت، واکوئلهای ریز داشته و در بین سلولهایش فضاهای خالی وجود ندارد.

بافتهای مریستمی خاستگاه سایر بافتهای گیاهی هستند و در رأس ساقه و ریشه ، در جوانه‌های جانبی و درمحل فعالیت حلقه‌های زاینده (که سبب افزایش قطر ریشه و ساقه می‌شوند) وجود دارند. شما با مکانیسم عمل این مریستمها در فصل سوم کتاب آشنا خواهید شد. شکل ۷ــ ۱ چند سلول مریستمی و محل استقرار مریستمها را نشان می‌دهد.



شکل ۷ ــ ۱ ــ سلولهای مریستمی (الف) محل مریستمها (ب).

بافتهای غیرمریستمیــ به‌بافتهای غیرمریستمی بافتهای دایمی نیز می گویند. سلولهای حاصل از تقسیم بافت مریستم

به تدریج تمایز یافته، هـر دسته شکل ویژه‌ای پیدا می‌کنند و کـار معینی را بـه عهـده مـی‌گیرند. به این ترتیب از بـافت مریستمی بافتهای گوناگون حـاصل می‌آید کـه حالت مریستمی ندارند. بـافتهای غیرمـریستمی عبارتنـد از: پـارانشیم، کـلانشیم، اسکلرانشیم، اپیدرم، پریـدرم، بافت ترشحی و بافتهای هدایت‌کننده.

پارانشیم ــ سلولهای پارانشیمی فراوانترین انواع سلولهـا بوده و تقریباً در همهٔ بخشهای عمدهٔ گیاهان عالی اغـلب به حالت فـعال یافت می‌شونـد. سلولهای ایـن بافت در ابتدای پیدایش کم‌وبیش تـخم‌مرغی شکلـند، اما وقتی تعداد آنـها افزایش می‌یابـد به هم فشار می‌آورنـد و به خاطر دیوارهٔ نازک و نـرمشان تغییر شکـل می‌دهند، به هـمین منـاسبت سلولـهای پارانشـیمی شکـلهای متنوعی حاصـل می‌کنند. سلولهای پارانشـیمی در ابتدا واکوئلهای کوچکـی داشته و پس از مسن شدن در آنها واکوئلـهای بزرگی به وجود می‌آید که حاوی مـواد گوناگونی مانند اسیدهـا و نمکهای محلول و انواعـی از بلورها، هیدراتهای کـربن، تانـنها، مواد پروتـئینی، آلکالوئیـدها (صفحه ۱۸) و آنتوسیانها هستند.

در بین سلولهای پارانشـیم فضاهای کـوچک و بزرگی وجود دارد. در گیـاهان آبزی مانند نیلوفر آبی فضـاهای بین سلولی به حد کافی توسعه یافتـه و پر از هوا می‌شود. این نوع پارانشیم را **آئرانشیم** گوینـد. مهمـترین نوع پارانـشیم، **کلرانشیم** است که سلولهـای آن دارای کلروپلاست است. کلرانشیم بافت اصلی را در برگها، ساقه های سبز و کاسبرگها تشکیل می دهد. نوع دیگری از پارانشیم، **پارانشیم اندوخـته‌ای** است. بخش خوراکی سیب‌زمینی به طور عمـده شامل پارانشیم آمیلوپلاست دار است. همچـنین بخشهای خوراکی مـیوه‌ها و سبزیها دارای پارانشـیم اندوخته‌ای است. سلولهای بافت پارانشیم اغلب زنده‌اند و علاوه بر وظایف گفته شده، در جذب و انتقال مواد در گیاه نقش فعال دارند (شکل ۸ــ۱ الف).

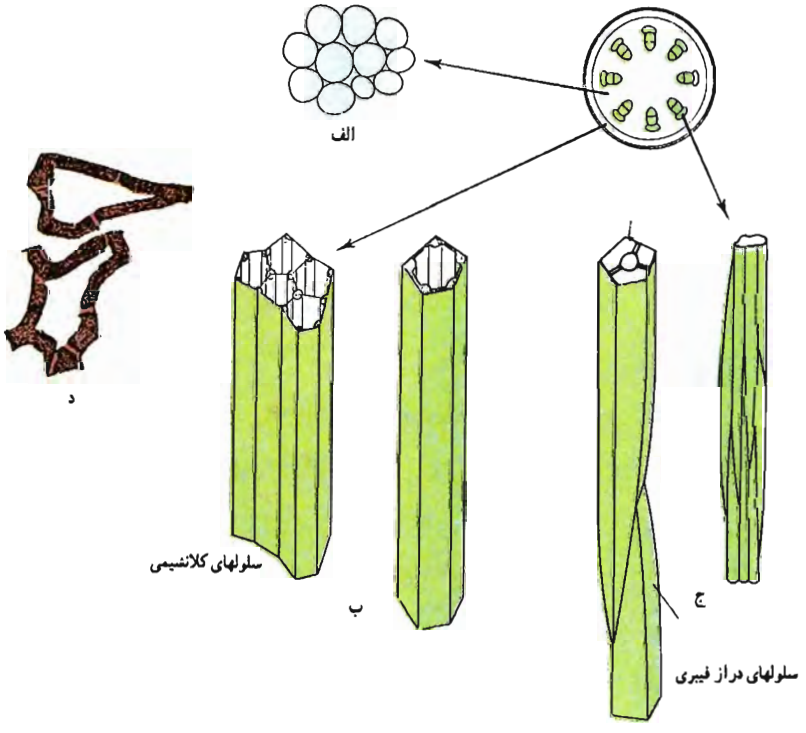
کلانشیم ــ سلولهای این بافـت مانند سلولهای بافت پارانشـیمی زنده‌اند و نسـبت به آنها دیوارهٔ اسکلتی ضـخیـمتـر و طول بیشـتری دارند. از روی همـین تفاوتهـا می‌توان کلانشـیم را از پارانشیم تشخـیص داد. این بافت معمولاً در بخـشهای سطحی بعضی از اندامـها و در زیر اپیدرم (روپوست) قرار می‌گیرد. دیوارهٔ پکتوسلولزی سلولهای کلانشیمی قابل انعطاف و شکل پذیر است و در جایی که وجود دارد مانع رشـد اندام نمی‌شود. بافت کلانشیم، در گلبرگها، برگهـا، دمبرگها، ساقه‌های جـوان و علفی یافت می شود و ضمن انعطاف‌پذیری استحکام آنهـا را نیز فراهم می‌آورد (شکل ۸ــ۱ ب).

اسکلرانشیم ــ سلولهای این بافـت معمولاً دیـوارهٔ ضخیم، خـشن و چوبی شده دارند.

سلولهای آنها در حالت بلوغ مرده‌اند و تنها موجب استحکام اندامها می‌شوند. دو نوع بافت اسکلرانشیمی وجود دارد: اسکلرئیدها و فیبرها.

اسکلرئیدها ؛ دارای شکلهای متنوعی بوده ممکن است به صورت ستاره‌ای، ستون مانند، کرک‌مانند و غیره دیده شوند. اسکلرئیدها ممکن است به طور پراکنده در بین سلولهای سایر بافتها یافت شوند. برای مثال دانه‌های سفتی که در هنگام خوردن گلابی در زیر دندانها احساس می‌کنید، توده‌هایی از سلولهای اسکلرئیدی هستند. این بافت گاهی هم بخشهای محکم و چوبی بعضی از اندامها را به وجود می‌آورند. پوستهٔ سخت هسته آلبالو، زردآلو، هلو و پوستهٔ سخت فندق همگی از بافت اسکلرئیدی درست شده‌اند.

فیبرها ؛ شامل سلولهای کشیده و دوکی شکل با دیوارهٔ ضخیم‌اند. دیوارهٔ آنها ممکن است سلولزی یا چوبی شده باشد. فیبرها همراه دسته‌های آوندی و سایر قسمتهای گیاه یافت می شوند و موجب استحکام آنها می‌شوند. در کتان و کنف فیبرهای سلولزی و طویل به صورت دسته‌های به‌هم فشرده در بین پارانشیم‌های پوستی ساقه قرار دارند. به همین مناسبت از آنها به عنوان الیافی مناسب برای تهیهٔ پارچه‌های کتانی و کنفی و غیره استفاده می‌شود.



شکل ۸ ــ ۱ ــ پارانشیم (الف) کلانشیم (ب) فیبر (ج) و اسکلرئید (د)

اپیدرم ــ خارجی‌ترین لایه سلولها در همه اندامهای جوان گیاه، اپیدرم یا **روپوست** نام دارد (شکل ۳ ــ ۱ الف). از آنجا که سلولهای اپیدرمی به طور مستقیم با محیط بیرون تماس دارند، تغییرات سازشی مخصوصی حاصل کرده و معمولاً شامل چند نوعند. 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 **کوتین** ترشح می‌کنند که در سطح خارجی سلولها رسوب کرده و یک لایه محافظ به نام **کوتیکول** را به‌وجود می‌آورد. هر قدر ضخامت کوتیکول بیشتر باشد، تبخیر آب از طریق سلولهای روپوست کمتر خواهد بود. لایه کوتیکول همچنین از ورود باکتریها و عوامل بیماری‌زای دیگر به درون اندام گیاهی جلوگیری و از سلولها در برابر سرما محافظت می‌کند. جالب آنکه دوام کوتیکول به اندازه‌ای است که توانسته‌اند آن را از گیاهان فسیل که میلیونها سال پیش می‌زیسته‌اند، جدا سازند.

گاهی لایه مومی روی کوتیکول بعضی از گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای مثال از لایه مومی ضخیمی که در کوتیکول نوعی نخل وجود دارد، در ساختن مواد براق‌کننده استفاده می‌کنند.

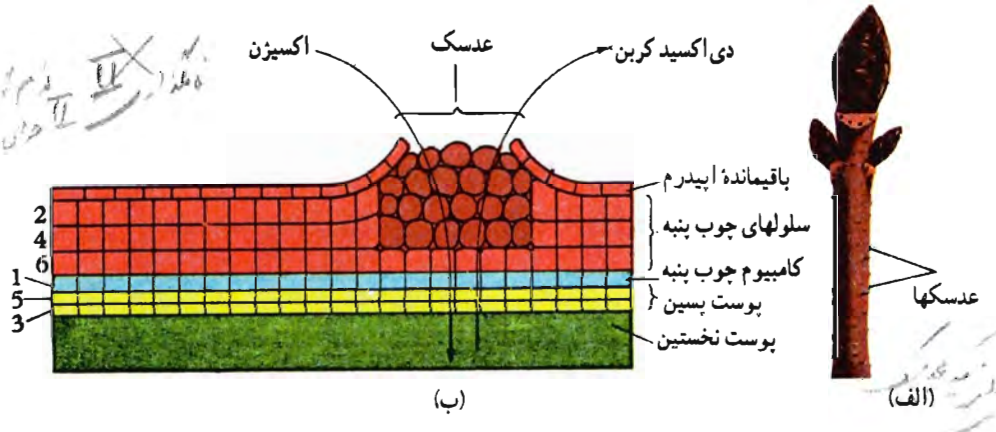
سلولهای اپیدرمی ریشه جوان کوتیکول ندارند و عده‌ای از آنها دارای دنباله‌های ظریفی به نام **تارهای کشنده** هستند که در عمل جذب آب و کانیها نقش اساسی دارند. به علاوه کرکهای روی ساقه‌های جوان و برگها از سلولهای اپیدرمی نتیجه می‌شوند. بعضی کرکها تک‌سلولی و برخی دیگر چندسلولی‌اند. همچنین بعضی سلولهای اپیدرمی خاستگاه سلولهایی به‌نام سلولهای **نگهبان روزنه** (شکل ۴ ــ ۴) هستند.

به منظور مبادله گازها، در اپیدرم برگها و ساقه های جوان، **روزنه‌های هوایی** پدید می‌آیند. هر روزنه هوایی در بین دو سلول لوبیایی شکل به نام سلولهای نگهبان روزنه قرار می‌گیرد. در نهاندانگان سلولهای نگهبان روزنه برخلاف بقیه سلولهای اپیدرمی دارای کلروپلاست‌اند. اما در نهانزادان آوندی همگی سلولهای اپیدرمی معمولاً کلروپلاست دارند.

پریدرم (بافت چوب پنبه‌ای) ــ در ساقهٔ گیاهان درختی پس از مدتی روپوست (اپیدرم) از میان می‌رود و به جای آن بافتی به‌نام **پریدرم** پدید می‌آید. پریدرم بیرونی‌ترین بخش تنهٔ 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. لایهٔ سوبرینی 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 لایهٔ چوب پنبه‌ای قابل توجه است و از آن برای ساختن چوب‌پنبه در بطری استفاده می‌شود.

لایه چوب‌پنبه‌ای نسبت به گازها نفوذ ناپذیر است. بنابراین برای آنکه بین بافتهای داخلی ساقه و محیط اطراف مبادلات گازی انجام گیرد، ساختارهای ویژه‌ای به نام **عدسک** در این بافت به وجود می‌آید. در محل عدسک، سلولها برخلاف سایر جاها بافت پریدرمی، کروی شکل بوده و از هم فاصله دارند و از فواصل بین آنها گازها مبادله می‌شوند. عدسکها به صورت برآمدگیهای کوچک برروی ساقه درختان قابل تشخیص‌اند (شکل ۹ ــ ۱).



شکل ۹ ــ ۱ ــ محل عدسکها روی ساقه (الف) ساختمان عدسک(ب). اعداد روی شکل ب چه چیزی را نشان می‌دهند؟

بافت‌های ترشحی ــ 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 فراورده‌های زاید گیاهی هستند، اما بعضی از این فراورده‌ها برای گیاه نقش حیاتی دارد. بافت ترشحی به شکلهای مختلف دیده می‌شود که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم :

اپیدرم ترشحی ــ مانند، اپیدرم گلبرگهای گل سرخ که درسلولهای آن اسانس ساخته می‌شود.

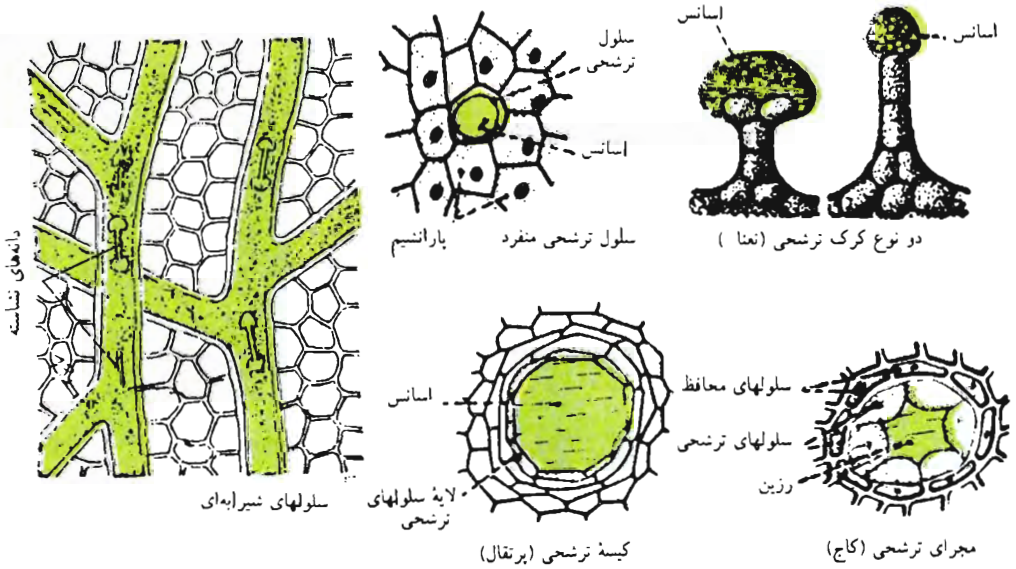
کرکهای ترشحی ــ مانند کرکهای ترشحی نعنا و گزنه که در اولی اسانس نعنا ترشح می‌شود و در دومی اسید فرمیک.

کیسه‌های ترشحی ــ هر کیسه ترشحی شامل سلولهای ترشح‌کننده‌ای است که در اطراف

یک حفره گرد آمده‌اند و ترشحات خود را در آن می‌ریزند. این کیسه‌ها را می‌توانید با برش دادن پوست پرتقال مشاهده کنید. هرگاه پوست پرتقال را در مقابل شعله فشار دهید، ضمن آتش گرفتن اسانسهای بیرون جهیده، صداهایی خواهید شنید که مربوط به ترکیب سریع قطرات اسانس خارج شده با اکسیژن است.

مجاری ترشحی ــ در برگ و ساقهٔ 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.

لوله‌های شیرابه‌دار ــ هرگاه برگ یا ساقه گیاه انجیر را ببرید، از سطح مقطع آنها مایع سفید رنگی به نام **شیرابه** (لاتکس) خارج خواهد شد. این شیرابه در لوله‌های شیرابه‌دار جریان دارد. هر لوله شیرابه‌دار از سلولهای زنده‌ای که دنبال هم قرار گرفته‌اند و یک لوله سراسری را پدید آورده‌اند، درست شده است. دیواره عرضی بین این سلولهااز بین رفته و در مجموع یک لوله شامل تعدادی هسته، سیتوپلاسم و ماده ترشحی حاصل آمده است. در خشخاش چنین لوله‌هایی وجود دارد. گاهی این لوله‌ها بهم متصل شده و شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند مانند مجاری شیرابه‌ای در کاهو (شکل ۱۰ ــ ۱).



شکل ۱۰ ــ ۱ ــ انواعی از بافت ترشحی.

ترشحات گیاهی و اهمیت آنها

تانَنها ــ تانَنها به گروهی از هیدراتهای کربن تعلق دارند. مزه آنها تلخ است و معمولاً در برگها و میوه‌های نرسیده وجود دارد. مزه تلخ چای مربوط به تانن موجود در برگهای این گیاه است. از تانَنها استفاده‌های فراوانی می‌شود. از ترکیب کردن تانَنها با نمکهای آهن، جوهر نوشتن می‌سازند. در صنعت چرم‌سازی به پوست جانوران تانن می‌زنند تا از فساد آن جلوگیری به عمل آید.

اسانس‌ها ــ اسانس‌ها مواد معطری هستند که در بعضی از بافتهای ترشحی ساخته می‌شوند. اسانس‌ها ترکیبهای متفاوتی دارند. اسانس تربانتین در کاج از جنس هیدرات کربن، اسانس گل سرخ و نعنا از جنس الکل و اسانس گل میخک از گروه فنل است. اسانسها را با عمل تقطیر یا با روشهای دیگر از اندامهای گیاه استخراج و برای تهیهٔ گلاب و انواع عطرها و معطر ساختن فراورده‌های بهداشتی و دارویی مورد استفاده قرار می دهند. در ایران اسانس نعنا به نام عرق نعنا برای رفع برخی ناراحتیهای معده استفاده می‌شود. اسانس گل سرخ به نام گلاب به ویژه در قمصر کاشان تهیه می‌شود.

رزین ها ــ همان طور که گفته شد رزینها به مقدار فراوان در مجاری ترشحی گیاهان تیره کاج وجود دارند. رزین زرد رنگ و در آب غیر محلول است، اما در الکل و تربانتین حل می‌شود. اضافه کردن رزین به چوب موجب استحکام و دوام آن خواهد شد. در حال طبیعی رزین با مقداری تربانتین (حلال طبیعی آن) همراه است که ضمن عمل تقطیر آن را جدا می کنند.

صمغها ــ صمغها انواع گوناگون دارند. آنها به وسیله سلولهای مخصوص ترشح می‌شوند و یا از تجزیه دیواره سلولی حاصل می‌آیند. صمغها در الکل حل نمی‌شوند، ولی در آب به حالت ژله یا لعاب مانند در می‌آیند. بیشتر صمغها به گروه هیدراتهای کربن تعلق دارند یکی از گیاهانی که از آنها صمغ استخراج می‌شود آکاسیا یا صمغ عربی است. صمغها در داروسازی مصرف می شوند.

الکالوئیدها ــ الکالوئیدها ترکیبات پیچیده‌نیتروژندار، تلخ مزه و بسیاری از آنها سمی هستند، الکالوئیدها معمولاً در ریشه ساخته شده و از آنجا به اندامهای دیگر گیاه برده می‌شوند. تاکنون ۲۰۰ نوع الکالوئید در گیاهان شناخته شده است که بعضی از آنها عبارتند از: مرفین، نیکوتین، تئین، کافئین، استریکنین، کوکائین، کینین و غیره.

الکالوئیدها اثرات دارویی متفاوتی دارند. مرفین درد را تسکین می‌دهد، کوکائین موجب بی‌حسی موضعی می‌شود، کافئین دانه‌های قهوه و تئین برگهای چای، اثرات آرام بخش دارند و کینین در درمان بیماری مالاریا مؤثر است. در بین گیاهان، تیره خشخاش منبع بسیاری از الکالوئیدهاست. گفته می‌شود، از میوه نارس خشخاش بیش از ۲۴ نوع الکالوئید به دست می‌آید.

شیرابه‌ها (لاتکس‌ها) ــ معمولاً شیری رنگ هستند ولی ممکن است به رنگهای زرد، قرمز و غیره نیز دیده شوند. شیرابه مخلوطی از مواد غذایی و مواد زاید است. مواد غذایی موجود در شیرابه‌ها عبارتند از: قندها، دانه‌های نشاسته، پروتئینها و روغنها. از بین مواد دیگری که در شیرابه‌ها یافت می‌شوند می‌توان از صمغها، رزینها، تانن‌ها، الکالوئیدها، کائوچو و غیره نام برد. به علاوه در شیرابه‌ها نمکهای مختلف، آنزیمها و بعضی مواد سمّی هم یافت می‌شوند.

شیرابهٔ میوهٔ خشخاش تریاک نام دارد که پس از استخراج به صورت خمیری قهوه ای رنگ درمی‌آید. از تریاک همان طور که گفته شد تعداد فراوانی الکالوئید به دست می‌آید که هر کدام استفادهٔ دارویی متفاوتی دارند. از شیرابهٔ گیاهی درختی به نام هِوآ[1] لاستیک تهیه می‌شود. هِوآ در مناطق استوایی مانند ویتنام می‌روید.

بافتهای هدایت کننده

این بافتها شامل آوندهای چوبی و آبکشی هستند.

بافت آوندی چوبی ــ این بافت همانند یک سیستم لوله‌کشی، آب و نمکهای محلول (شیره خام) را در گیاه توزیع می‌کنند و درگیاهان مختلف به صورت آوندهای چوبی و تراکئیدها دیده می‌شود. در ساختار این بافت، سلولهای پارانشیمی و فیبر نیز شرکت دارند.

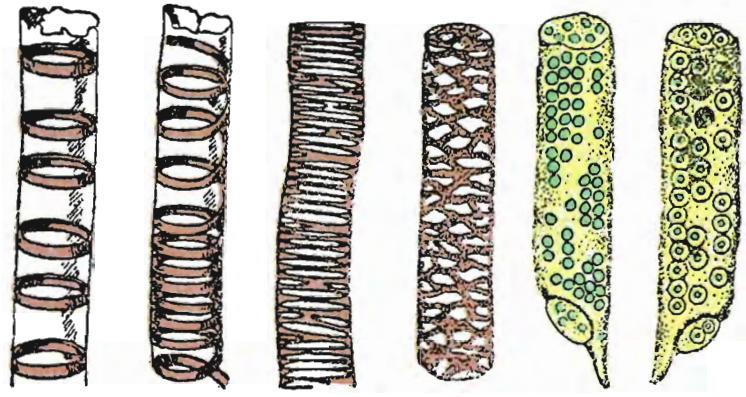
آوندهای چوبی ــ به صورت لوله های باریکی هستند که هرکدام از تعدادی سلول درازکه در عرض بهم چسبیده و در طول در امتداد یکدیگرند، درست شده است. این سلولها در ابتدا زنده بوده، اما وقتی پروتوپلاسم خود را از دست می‌دهند، می میرند و یک لولهٔ توخالی برای عبور شیرهٔ خام حاصل می‌آید. موقعی که سلولهای سازندهٔ آوند چوبی زنده‌اند، موادی از جنس چوب

۱ــ Hevea

از سمت داخل بر روی دیوارهٔ آنها گذاشته می‌شود که به شکلهای مختلف است. بر این اساس آوندهای چوبی را نام‌گذاری می‌کنند (شکل ۱۱ ــ ۱).

تراکئیدها ــ سیستم هدایت شیرهٔ خام در گیاهان ساده‌تر، مانند نهانزادان آوندی و بازدانگان، تراکئید است. هر تراکئید یک سلول دراز، مرده، توخالی و دوکی شکل است. تراکئیدها هم در انتها به هم چسبیده‌اند، اما مانند آوندها دیوارهٔ بین آنها از میان نرفته است و لولهٔ پیوسته‌ای را پدید نمی‌آورند، جریان شیرهٔ خام از تراکئیدی به تراکئید دیگر از طریق منافذ دیواره صورت می‌گیرد. به‌علاوه در دیوارهٔ تراکئیدها، لانهایی وجود دارند که در آنجا جریان شیرهٔ خام سریعتر است.

در دیوارهٔ داخلی تراکئیدها نیز رسوبات چوب به شکلهای نردبانی، قرصی و غیره وجود دارد. تراکئیدهای نردبانی مخصوص نهانزادان آوندی (سرخس) و تراکئیدهای قرصی مخصوص بازدانگان (کاج و سرو) است.



شکل ۱۱ ــ ۱ ــ انواع آوندهای چوبی

بافت آوندی آبکشی ــ این بافت مواد غذایی محلول یا شیرهٔ پرورده را از مراکز ساخت (اندامهای فتوسنتزکننده) مانند برگها و اندامهای سازنده دیگر به سایر بخشهای گیاه انتقال می‌دهد. این بافت نیز از آوندهای آبکشی، سلولهای همراه، سلولهای پارانشیمی و فیبر تشکیل شده است. بخش اصلی بافت همان آوندهای آبکش است. هر آوند آبکشی مانند هر آوند چوبی از سلولهای درازی که در عرض به هم متصل و در طول در یک امتدادند، تشکیل شده است، اما آنچه آوند آبکشی را از آوندهای چوبی متمایز می‌سازد از این قرارند:

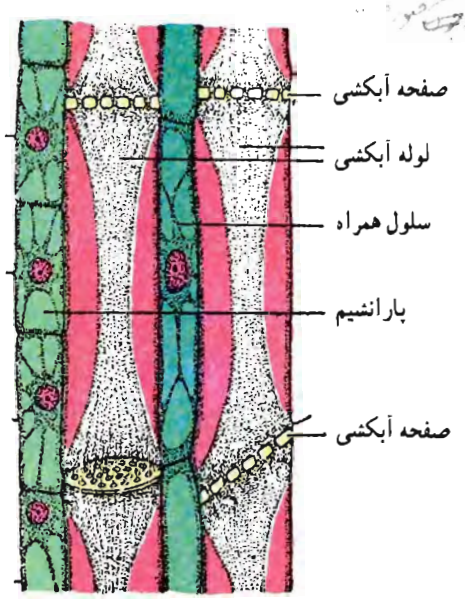
دیواره‌های عرضی بین سلولهای سازنده آوند آبکشی سوراخ سوراخ و شبیه غربال یا آبکش است به همین دلیل این آوندها را غربالی یا آبکشی می‌نامند.

سلولهای سازنده آوند آبکشی در حالت بلوغ زنده‌اند، اما هسته خود را از دست داده‌اند. در این سلولها یک واکوئل مرکزی حجم عمده سلول را اشغال می‌کند و سیتوپلاسم به صورت تیغه نازکی به کناره سلول رانده شده و بین غشای واکوئل و غشای سیتوپلاسمی قرار گرفته است. شیره پرورده در درون واکوئل جای دارد و سیتوپلاسم موجود با فعالیت حیاتی خود به حرکت شیره پرورده در آوند آبکشی کمک می‌کند.

دیوارهٔ آوندهای آبکشی، سلولزی باقی‌مانده و در آن بخشهای چوبی شده به وجود نمی‌آید.

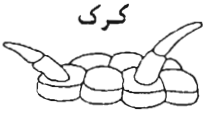
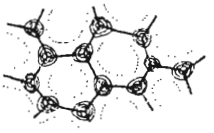
درکنار آوندهای آبکشی نهاندانگان سلولهای زنده و هسته داری به‌نام سلولهای همراه وجود دارد که در کار هدایت شیرهٔ پرورده به آوندهای آبکشی کمک می‌کنند.

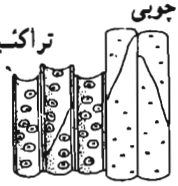
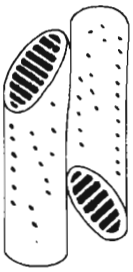
در نهانزادان و بازدانگان سلولهای آبکشی، لوله آبکشی کاملی پدید نمی‌آورند، زیرا سلولها به طور کامل انتها به انتها بهم نمی‌چسبند. بنابراین صفحه سوراخ دار بین سلولها ممکن است در پهلوها پدید آید. در این گیاهان سلولهای همراه نیز وجود ندارد (شکل ۱۲ ــ ۱).



شکل ۱۲ ــ ۱ ــ ساختار آوندهای آبکشی. در شکل بالا کدام یک از بافتهای سازنده یک دسته آبکشی نشان داده نشده است؟

ویژگیهای سلولهای مختلف گیاهان گلدار

نوع سلول و بافت	کار	ساختار
روپوست سلولهای نگهبان روزنه 	تنظیم تبادل گاز و بخار آب میان برگها و محیط	یک جفت سلول لوبیایی شکل که متعلق به‌روپوست می‌باشند و روزنه در میان آنها ایجاد می‌شود.
کرک 	محافظت و جلوگیری از تبخیر زیاد آب	موها یا پولکهایی که از روپوست خارج می‌شوند.
پارانشیم سلولهای پارانشیمی 	فتوسنتز، ذخیرهٔ مواد، هدایت مواد مختلف، بهبود زخمها	سلولهای زندهٔ چند پهلو، که بیشتر آنها دیواره‌های نخستین نازک دارند.
کلانشیم سلولهای کلانشیمی 	استحکام ساقه‌های جوان و برگها	سلولهای زنده‌ای که ضخامت‌دیوارهٔ نخستین آنها بویژه در گوشه‌ها بیشتر است.
اسکلرانشیم فیبرها 	استحکام پوست ساقه و بافتهای هدایت کننده	سلولهای کشیده و بسیار باریک که دیوارهٔ دومین آنها ضخیم شده و بیشتر آنها غیرزنده‌اند.
اسکلروئیدها 	استحکام و محافظت از همگی بخشهای گیاه	سلولهای زنده یا مرده کشیده، که کشیدگی آنها کمتر از سلولهای فیبر است دیوارهٔ دومین آنها ضخیم شده است.

آوند چوبی تراکئیدها 	در گیاهان آوندی آب و مواد کانی را هدایت می‌کند	سلولهای مرده و کشیده که دیوارهٔ آنها لاندار است.
عناصر آوندی 	هدایت کننده‌های اصلی شیرهٔ خام در گیاهان گلدارند.	سلولهای مرده دراز و باریک، اما کوتاهتر از تراکئیدها دیواره‌های آنها لاندار و سوراخدار است، دو سر آنها به صورت لوله‌هایی به یکدیگر متصل است و آوندهای چوبی را تشکیل می‌دهد.
آوند آبکش سلول آبکش سلول همراه 	سلولهای اصلی هدایت کنندهٔ شیره پرورده در گیاهان گلدار به سلولهای آبکشی در هدایت شیره پرورده کمک می‌کند.	سلولهای زندهٔ دراز و باریک که دیوارهٔ نخستین آنها آبکش مانند است، هسته ندارند، دو سر آنها به هم متصل است و آوندهای آبکشی را می‌سازد. سلولهای زنده نسبتاً دراز، دارای دیواره نخستین وچسبیده به‌سلولهای آبکشی هستند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ نقشهای دیواره سلولی در سلولهای گیاهی کدامند؟

۲ ــ واکوئلها چگونه باعث استحکام و تُردی اندامهای جوان گیاه می‌شوند؟

۳ـ مهمترین بخش کلروپلاست کدام است؟ و چرا؟

۴ـ پلاسمودسماتا چیست و چه اهمیتی دارد؟

۵ـ چرا مطالعه سلول در زیست شناسی اهمیت دارد؟

۶ ـ چگونه پلاستها به یکدیگر تبدیل می‌شوند؟

۷ـ اوگلنا و جانداران نظیر آن از چه نظر در مطالعات زیست شناسی اهمیت دارند؟

۸ـ تفاوتهای ساختمانی سلولهای بافت مریستمی و پارانشیمی کدامند؟

۹ـ مشخصات بافت اپیدرمی کدامند؟

II ۱۰ـ کدام بافتها در گیاه نقش استحکامی و کدام نقش حفاظتی دارند؟

۱۱ـ جایگاه بافتهای مریستمی را در درخت زردآلو مشخص کنید.

۱۲ـ چرا آوندهای آبکشی در جریان شیره پرورده نقش فعالی دارند ولی آوندهای چوبی در جریان شیره خام غیرفعالند؟

۱۳ ـ آیا ممکن است که سلولهای آوند چوبی خود مانند سلول زنده انجام وظیفه کنند؟ چرا؟

۱۴ ـ اگر ریشه‌ای را از خاک خارج کنیم و مدتی در معرض هوا قرار دهیم و مجدداً آن را در خاک بکاریم در چه صورت ادامه حیات خواهد داد؟

۱۵ ـ [illegible] گیاهان متعددی وجود دارند که با علم به این مکانیزم می‌توانند و چگونه این گیاهان را از نظر تمایز سلولی مورد نظر قرار دهید.

۱۶ ـ هنگامی که شاخه بریده می‌شود، در محل شکستگی چه رخ می‌دهد؟

۱۷ ـ [illegible] چرا [illegible] سلول [illegible] چرا؟

۱۸ ـ [illegible]

۲

اندامهای رویا

از مجموع چند بافت یک اندام پدید می‌آید. در گیاهان عالی (گیاهان دانه‌دار) اندامهای رویا و زایا وجود دارند. اندامهای رویا شامل ریشه، ساقه و برگ و اندامهای زایا شامل گل، میوه و دانه است. ریشه، ساقه و برگ را از آن جهت اندامهای رویا می‌نامیم که با جذب آب و نمکها و انجام فتوسنتز سبب ماده‌سازی، رشد و رویش گیاه می‌شوند. در گیاهان دانه‌دار محصول فعالیت اندامهای زایا تشکیل سلول تخم و سپس دانه است.

ریشه

به استثنای خزه گیان و چند گونه از نهانزادان آوندی که فاقد ریشه‌اند، در بقیه گیاهان، این اندام به شکلهای مختلف وجود دارد. در اینجا، به بررسی ساختار ریشهٔ گیاهان نهاندانه که فراوانترین گیاهان روی زمین هستند، می‌پردازیم.

در ریشه و ساقه نهاندانگان دو لپه‌ای دو نوع ساختار ممکن است وجود داشته باشد ساختار نخستین و ساختار پسین. ساختار نخستین، ساختمانی است که در ابتدا در ریشه و ساقه وجود دارد و ساختار پسین، ساختاری است که در نتیجه رشد قطری ساقه و یا ریشه در این اندامها پدید می‌آیند. در واقع در گیاهان چوبی (غیر علفی) ضمن رشد و نمو قطری، بافتهای جدیدی ساخته و به بافتهای قبلی ضمیمه می‌شود. این بافتهای جدید که در مجموع ساختار پسین نامیده می‌شوند در فصل سوم مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

ساختمان نخستین ریشه

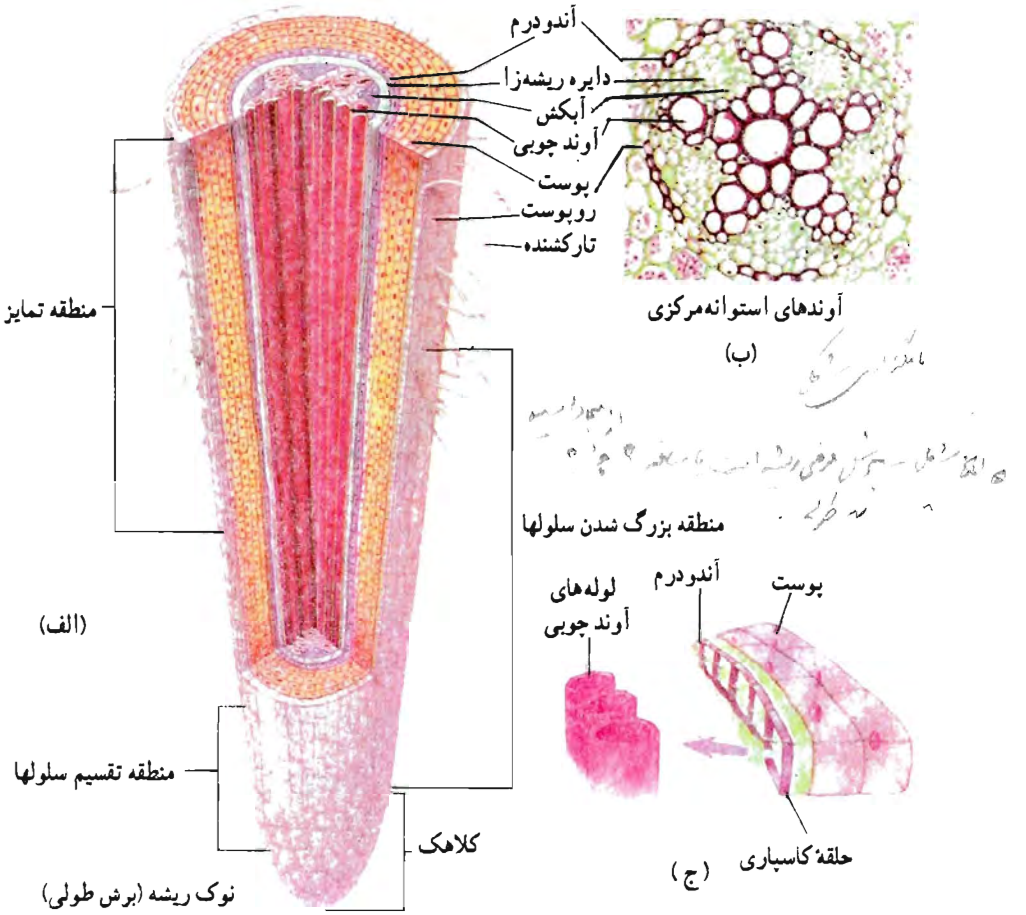
برای مشاهدهٔ ساختمان نخستین ریشه برشهای عرضی نازکی از منطقهٔ تارهای کشنده یک ریشه نورسته آماده کرده و پس از رنگ‌آمیزی در زیر میکروسکوپ مشاهده می‌کنیم. شما ضمن کارهای آزمایشگاهی با این روشها به طور عملی آشنا خواهید شد. در این مشاهدات بخشهای زیر را به ترتیب از بیرون به درون تشخیص خواهیم داد.

لایه تارهای کشنده ــ این لایه از یک ردیف سلول به وجود آمده است. عده‌ای از سلولهای این لایه دارای دنباله‌های تار مانندی به نام تارهای کشنده‌اند.

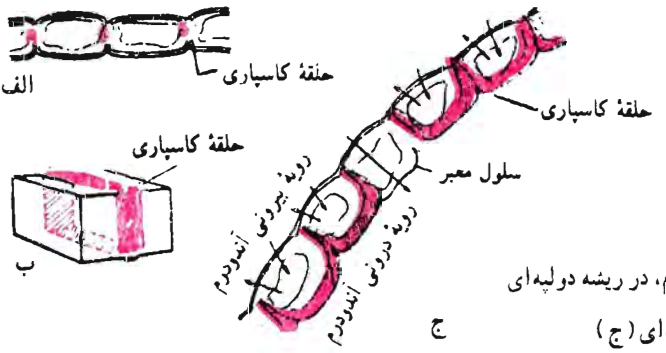
این تارها سطح تماس ریشه را با خاک برای جذب آب و یونهای نمکهای کانی افزایش می‌دهند. تارهای کشنده در جوانی فعال و در پیری از میان می‌روند و به جای آنها تارهای جدیدی از سمت پایین‌تر ریشه به وجود می‌آیند، بنابراین ریزش آنها از بالا و پیدایش آنها از پایین محور ریشه است (شکل ۱ ــ ۲). در جاهایی که لایه تارهای کشنده می‌افتد، بافت چوب‌پنبه‌ای جایگزین می‌شود.

پوست ــ این بخش، از لایه‌های سلولهای پارانشیمی تشکیل شده است و به طور معمول بیشترین حجم ریشه جوان را تشکیل می‌دهد. درونی‌ترین لایه پوست، **درون پوست** یا **آندودرم** نام دارد. آندودرم به طور معمول شامل یک لایه سلول به شکل مکعب مستطیل بوده و استوانهٔ مرکزی را احاطه می‌کند. در دو لپه‌ایها یک قاب چوب پنبه‌ای به نام نوار **کاسپاری** سطوح جانبی هر سلول آندودرمی را فرا می‌گیرد. در این سلولها دو سطحی که یکی رو به پوست و دیگری رو به استوانه مرکزی قرار دارند، سلولزی هستند و عبور مواد محلول از پوست به استوانه مرکزی از میان آنها انجام می‌شود. در تک لپه‌ایها نوار کاسپاری رشد بیشتری دارد و اغلب به شکل نعل اسب بوده و مانع جریان شیرهٔ خام از تارهای کشنده به سمت آوندها می‌شوند. سازگاری جالبی که در این قبیل گیاهان پدید آمده تشکیل سلولهای **معبر** در بین سلولهای آندودرمی است. این سلولها که در مجاور رأس آوندهای چوبی پدید می‌آیند، دارای دیوارهٔ سلولزی نازک بوده و عبور شیرهٔ خام را از پوست به آوندها مقدور می‌سازند (شکل ۲ ــ ۲).

استوانه مرکزی ــ این بخش، از لایه ریشه‌زا که مجاور آندودرم است شروع می‌شود. در استوانه مرکزی دسته‌های آوندهای چوبی و آبکشی به صورت یک در میان قرار گرفته‌اند. در هر دسته آوندهای چوبی، عناصر چوبی قطورتر به سمت مرکز و عناصر چوبی باریک‌تر به سمت خارج قرار دارند. در تک لپه‌ایها تعداد دسته‌های آوندی به نسبت دولپه‌ایها فراوان‌ترند. بخش دیگری از استوانه مرکزی را پارانشیمهای مغزی اشغال کرده است که معمولاً بخش مرکزی و فضای بین دسته‌های آوندی را پر می‌کنند.



شکل ۱ ــ ۲ ــ ساختمان بافت شناسی ریشه (ساختمان نخستین): ساختار ریشه در برش طولی و عرضی (الف). ساختمان استوانه مرکزی (ب). وضعیت آندودرم (ج)



شکل ۲ ــ ۲ ــ لایهٔ آندودرم، در ریشه دولپه‌ای (الف و ب) و تک لپه‌ای (ج)

ساقه

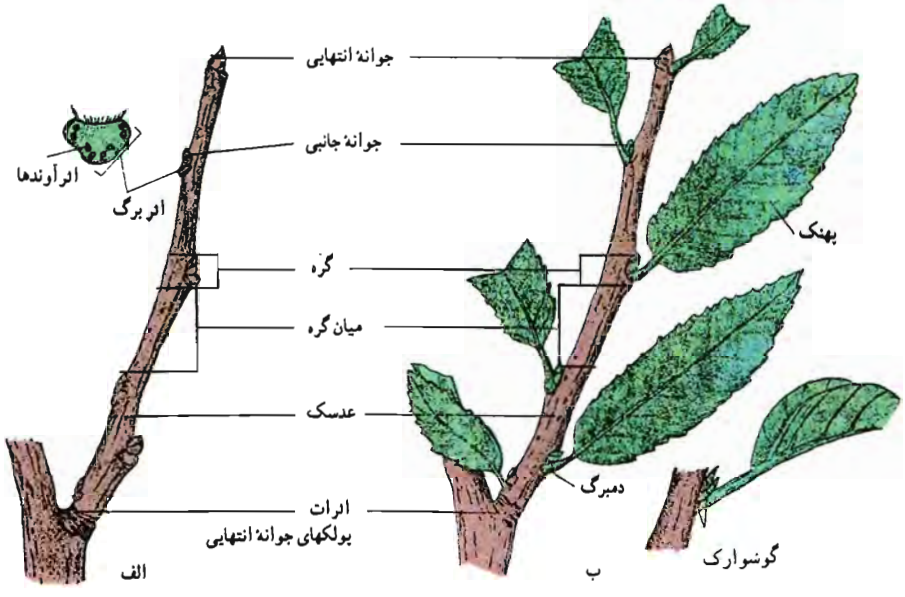
در بین گیاهان تنها خزه گیان ساقهٔ حقیقی ندارند. ساقهٔ هوایی گیاهان حامل جوانهٔ انتهایی، جوانه‌های کناری، برگها، گلها و میوه‌هاست. این اندام انتقال شیره‌های گیاهی را نیز به عهده دارد.

مشخصات ظاهری یک ساقه ــ در روی ساقه، برگها، جوانه‌ها و برآمدگیهایی به نام **گره** دیده می‌شود. گره به محلی گفته می‌شود که برگ یا برگها از آنجا به ساقه متصل می‌شوند. فاصله دو گره متوالی را **میان گره** می‌گویند.

در روی ساقه دو نوع جوانه دیده می‌شود: **جوانه‌های جانبی** و **جوانه انتهایی**. جوانه‌های جانبی در محل زاویه‌ای که دمبرگ با ساقه می‌سازد قرار دارند. این جوانه‌ها ممکن است خاستگاه محورهای فرعی یا گل باشند. هر جوانه به وسیله پولکهایی که همان برگهای تغییر شکل یافته‌اند، حفاظت می‌شود.

جوانه انتهایی اغلب درنوک ساقهٔ اصلی یا شاخه‌ها پدید می‌آید و به جوانه‌های جانبی شباهت دارد ولی کمی بزرگتر است. همان طور که خواهید خواند، جوانه انتهایی با تولید بافتهای جدید موجب افزایش طول ساقه می‌شود. پولکهای حفاظتی اطراف جوانه انتهایی در فصل بهار می‌افتند ولی اثرات آنها در پایین این جوانه باقی می‌ماند. از روی این اثرات می‌توان عمر یک شاخهٔ چند ساله را تعیین کرد (شکل ۳ ــ ۲).

ساختار نخستین ساقهــ برای مشاهده ساختمان نخستین ساقه دو لپه‌ای، برشی عرضی



شکل ۳ ــ ۲ ــ شکل ظاهری یک شاخه: در زمستان (الف) و در بهار (ب) .

از منطقهٔ نزدیک به رأس شاخهٔ جوان تهیه و در زیر میکروسکوپ مشاهده می‌کنیم. ساختار نخستین ساقه تا حدود زیادی با ساختار نخستین ریشه شباهت دارد. در اینجا نیز بخشهای سازنده از خارج به داخل شامل روپوست، پوست و استوانهٔ مرکزی است.

روپوست یا **اپیدرم**، این لایه که ساقه جوان را از خارج پوشانده، به طور معمول شامل یک ردیف سلول زنده است که سطح خارجی آنها کوتینی شده است.

پوست مانند پوست ریشه به طور معمول شامل بافت پارانشیم است. در ساقه های علفی سبز رنگ سلولهای این بافت کلروپلاست دارند. داخلی‌ترین لایه پوست را **آندودرم** می‌نامند که استوانه مرکزی را در بر می‌گیرد. سلولهای آندودرم ساقه برخلاف آندودرم ریشه چندان تمایز حاصل نمی‌کنند.

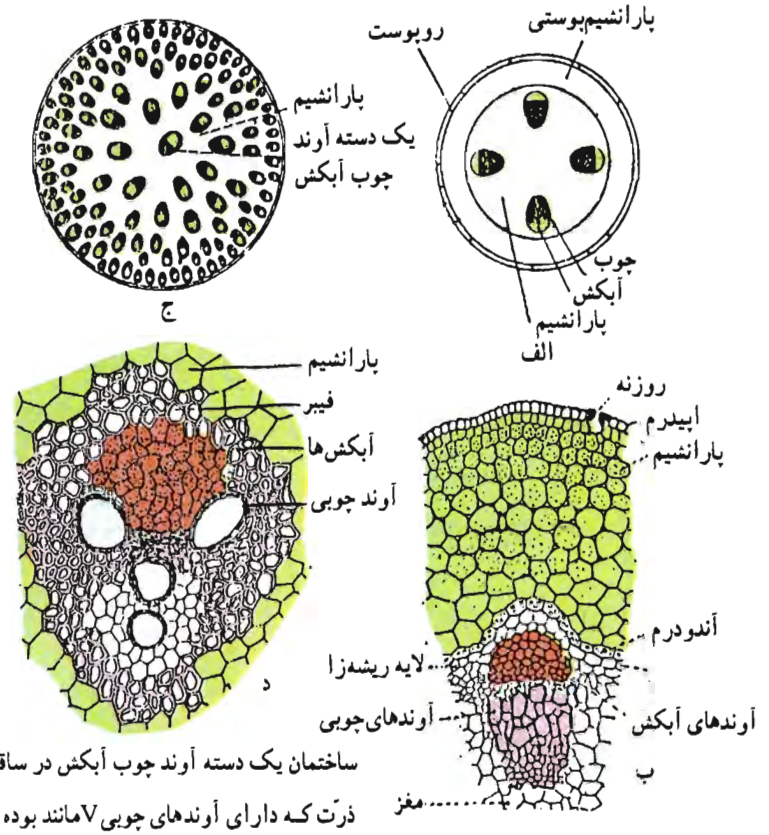
استوانهٔ مرکزی ساقه به نسبت بزرگتر از ریشه است ولی در اصول ساختمانی با آن شباهت دارد. بیرونی‌ترین لایه استوانه مرکزی، **لایه ریشه‌زاست**. این لایه پس از آندودرم قرار دارد و معمولاً از چند لایه سلول درست شده است. دسته‌های آوند چوبی و آبکشی ساقه در دولپه‌ایها بر روی یک دایره (در برش عرضی) طوری قرار گرفته‌اند که هر دسته آوند آبکش به سمت خارج و روی قاعدهٔ دسته آوندهای چوبی قرار می‌گیرد. در اینجا آوندهای چوبی قطورتر نسبت به آوندهای چوبی باریکتر خارجی‌ترند و این درست خلاف وضع قرار گرفتن آوندهای چوبی در ریشه است. بقیه فضای استوانه مرکزی را بافت پارانشیم مغزی پر می‌کند.

ساختمان ساقه تک لپه‌ایها نسبت به دو لپه ایها تفاوتهایی دارد. بعضی از این تفاوتها از این قرار هستند :

ـ تعداد دسته‌های آوندی در ساقه تک لپه‌ایها فراوانتر بوده و در روی دایره‌های هم مرکز قرار دارند. همان‌طور که در شکل ۴ ـ ۲، ج مشاهده می‌کنید، به‌طور معمول تعداد دسته‌های آوندی در سمت خارج بیشتر و اندازه آنها کوچکتر است.

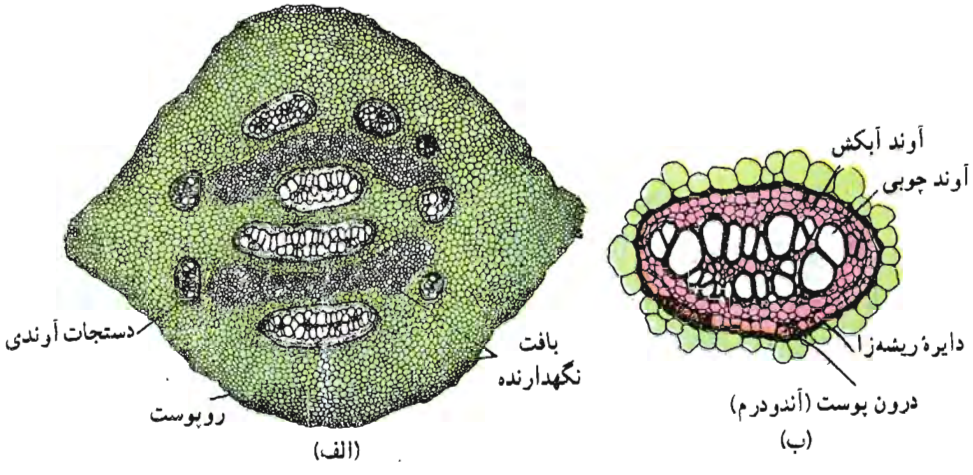
ـ نازک بودن پوست و گاهی غیر مشخص بودن مرز بین پوست و استوانه مرکزی در تک‌لپه‌ایها از تفاوتهای دیگر بین ساقه تک لپه‌ای و دولپه‌ای است.

باید توجه داشت که ساختار ساقه در هر گروه از گیاهان کم و بیش با ساختار گروه دیگر تفاوت دارد. برای مثال در مقطع عرضی ساقهٔ زیرزمینی سرخس معمولی ساختاری مشابه شکل ۵ ـ ۲، الف مشاهده می‌شود. همان‌طورکه می‌بینید در این گیاهان تعدادی استوانه مرکزی، یا **استل** وجود دارد. به اجزای ساختمانی یک استل سرخس توجه کنید. چه تفاوتهایی بین این استل و استل (استوانه مرکزی) دو لپه‌ایها تشخیص می‌دهید؟



ساختمان یک دسته آوند چوب آبکش در ساقهٔ ذرّت کـه دارای آوندهای چوبی V مانند بوده ، آوندهای آبکش را در برگرفته‌اند.

شکل ۴ ــ ۲ ــ طرح کلی ساختار ساقهٔ دولپه‌ای (الف) ، ساختار بافت‌شناسی ساقه دولپه‌ای (ب).
طرح سادهٔ ساقه خرما (ج) یک دسته آوند چوبی و آبکشی در ذرت (د)



شکل ۵ ــ ۲ ــ برش عرضی ساقهٔ زیرزمینی یک سرخس (الف)، بافتهای سازنده یک استل (ب).

برگ

در زیست‌شناسی سال اول با بخشهای ظاهری یک برگ و گوناگونی اینَ اندام آشنا شدید. در فصل «رشد و نمو گیاهان» خاستگاه برگها را مطالعه خواهید کرد. در این قسمت ساختار درونی برگ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ساختار برگ

بیشتر برگها دارای پهنک و دمبرگ هستند و در برخی نیام و گوشوارک نیز دیده می‌شود. نیام به بخش نسبتاً پهن پایین دمبرگ گفته می‌شود، که کم و بیش ساقه را در بر می‌گیرد. گوشوارکها ضمایمی هستند که در محل اتصال دمبرگ به ساقه در بعضی گیاهان دیده می‌شوند.

ساختار پهنک ــ در برش عرضی پهنک سه بخش مشخص وجود دارد که عبارتند از روپوست، میانبرگ و دسته‌های آوندی.

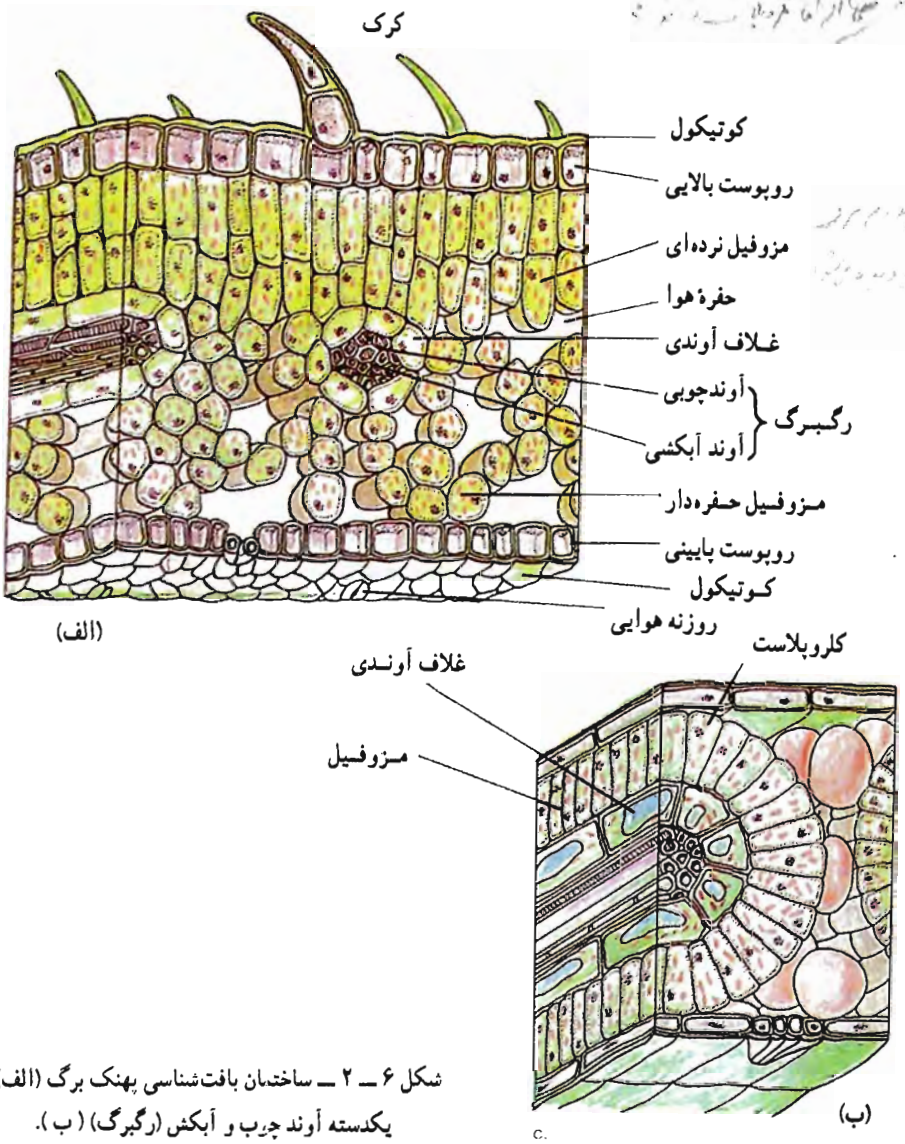
روپوست ــ این بافت سطح زبرین و زیرین پهنک برگ را پوشانده است. شما تاکنون با مشخصات عمومی سلولهای روپوست در پیدازادان آشنا شده‌اید. این سلولها در بعضی نهانزادان آوندی مانند سرخس‌ها دارای کلروپلاست‌اند و به خاطر زیستن در محیط مرطوب لایه کوتینی نازکی دارند. برگها جایگاه اصلی و عمدهٔ فرایند تنفس و فتوسنتزاند، به همین مناسبت تعداد فراوانی روزنه‌های هوایی در روپوست به ویژه در روپوست زیرین وجود دارد.

سلولهای روپوست در برگها خُاستگاه انواع کرکها هستند. هر کرک از یک یا تعدادی سلول به وجود می‌آید. کرکها بیشتر نقش حفاظتی دارند و به ویژه در مناطق خشک از تبخیر سریع آب جلوگیری می‌کنند. از نوک کرکهای گیاه گزنه اسید فرمیک ترشح می‌شود که برای گیاه جنبه دفاعی دارد. کرکهای روی برگهای گیاه گوشتخوار دروزرا به عنوان تله برای شکار حشرات کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

میانبرگ (مزوفیل) ــ به پارانشیمی که بین روپوست زبرین و زیرین را پر می‌کند میانبرگ می‌گویند. در میانبرگ اکثر برگها دو نوع پارانشیم نرده‌ای و اسفنجی وجود دارد. میانبرگ نرده‌ای شامل سلولهای استوانه‌ای شکل است که در یک یا چند ردیف در زیر اپیدرم بالایی قرار دارند. سلولهای میانبرگ اسفنجی که به طور معمول کروی هستند در زیر پارانشیمهای نرده‌ای قرار دارند و بین آنها حفره‌های بین سلولی دیده می‌شود. ترتیب قرار گرفتن این پارانشیمها به موقعیت برگ بر روی شاخه بستگی دارد. در دو لپه‌ایها که برگها به طور معمول به صورت افقی قرار دارند، پارانشیم نرده‌ای در سمت بالا و پارانشیم اسفنجی در سمت پایین

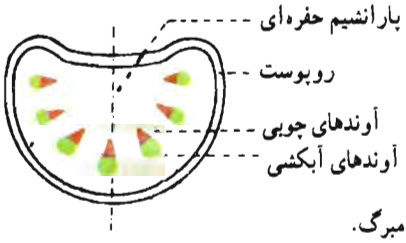
قرار می‌گیرد. در برگهایی که عوامل محیطی بر دو سطح آنها تأثیر یکسانی دارد مانند برگهای بسیاری از تک لپه‌ایها، میانبرگ معمولاً از نوع اسفنجی است (شکل ۶ ــ ۲).

دسته‌های آوندی ــ دسته‌های آوندی، رگبرگهای برگ را می‌سازند. در هر دسته آوندی، وضعیت قرار گرفتن آوندهای چوبی و آبکشی نسبت به هم،همانند ساقه است؛ بدین ترتیب که آوندهای چوبی روی آوندهای آبکشی قرار می‌گیرند. در بعضی برگها هر دستهٔ آوند چوبی و آبکشی متوسط به‌وسیله یک لایهٔ سلولی کلروپلاست‌دار، به‌نام غلاف آوندی، احاطه می‌شود.



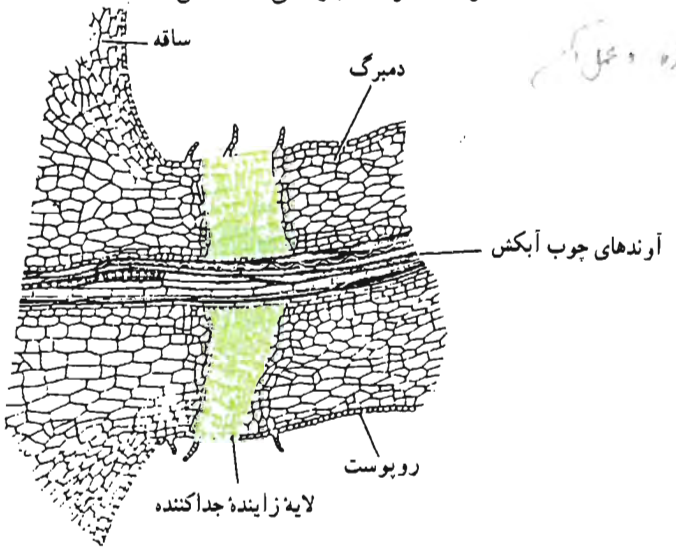
شکل ۶ ــ ۲ ــ ساختمان بافت‌شناسی پهنک برگ (الف).
یکدسته آوند چوب و آبکش (رگبرگ) (ب).

دمبرگ و در صورت وجود، نیام ساختاری مشابه پهنک برگ دارند. شکل ۷ ــ ۲ طرح ساده ساختار یک دمبرگ را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌کنید، در ساختار دمبرگ از بیرون به درون بافتهای روپوست، پارانشیم و دسته‌های آوندی وجود دارند. پارانشیم کلروپلاست‌دار دمبرگ از نوع اسفنجی (حفره‌ای) است. دسته های آوندی کناری نسبت به سطحی که دمبرگ را در طول دو نیم می‌کند، حالت تقارن (تقارن دو طرفی) دارند. آیا چنین تقارنی در ساختار پهنک هم مشاهده می‌شود؟



شکل ۷ ــ ۲ ــ طرحی از ساختمان دمبرگ.

دوام و ریزش برگها ــ برگها عمر کوتاهی دارند، عده‌ای که خزان شونده نام گرفته‌اند، با فرا رسیدن فصل پاییز و یا فصل خشک شروع به ریزش می‌کنند و عده‌ای دیگر که آنها را پایا و پردوام گوییم، بیش از یک سال بر روی گیاه دوام می‌آورند و در سال بعد به‌تدریج می‌ریزند. علت ریزش برگها نتیجهٔ تشکیل یک لایه زایندهٔ جداکننده در دمبرگ است. این لایه تحت تأثیر عوامل بیرونی مانند کوتاه شدن روزها و سرما و غیره به‌وجود می‌آید (شکل ۸ ــ ۲).



شکل ۸ ــ ۲ ــ تشکیل لایهٔ زایندهٔ جداکننده در دمبرگ.

لایهٔ زایندهٔ جداکننده به سمت پهنک سلولهای پارانشیمی و به سمت ساقه سلولهای چوب‌پنبه‌ای می‌سازد. در اثر ترشح آنزیم و انحلال پکتین، سلولهای پارانشیمی از یکدیگر جدا می‌شوند و اتصال پهنک به ساقه تنها از راه آوند برقرار است. در این صورت در اثر عوامل مکانیکی، برگ فرو می‌افتد. سلولهای چوب پنبه‌ای که در مقطع قرار دارند نقش محافظ را داشته و به سلولهای چوب‌پنبه‌ای ساقه متصل می‌شوند.

ریزاندن برگ اهمیت اقتصادی مهمی دارد. برای مثال جهت برداشت ساقه‌های نیشکر و به‌خاطر این که در برگها قندی وجود ندارد، به کمک مشعل‌هایی مزرعه را آتش می‌زنند، زیرا اگر ساقه‌ها را با برگ به کارخانه بیاورند، دستگاهها آسیب فراوان می‌بینند. همچنین در مزارع پنبه اگر قبل از برداشت، برگها خزان شوند، در کار جمع‌آوری تسهیلاتی به‌وجود می‌آید و خرده‌های برگ با الیاف پنبه مخلوط نمی‌شود.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ مزیت عمدهٔ تارهای کشندهٔ ریشه چیست؟

۲ ــ جدولی دو ستونی تشکیل دهید عنوان یک ستون را «ساختار نخستین ریشه گیاهان دولپه‌ای» و عنوان ستون دیگر را «ساختار نخستین ساقه گیاهان دولپه‌ای» انتخاب کنید. سپس تمام بخش‌های سازنده استوانه مرکزی و پوست را در این دو اندام مقایسه کنید.

۳ ــ بافتهای سازندهٔ یک استل در سرخس کدامند؟

۴ ــ ساختمان ساقه گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای چه تفاوتهایی با هم دارند؟

۵ ــ میانبرگ در برگ گیاهان دولپه‌ای چگونه است؟

۶ ــ چرا روپوست زبرین برگ با روپوست زیرین آن متفاوت است؟

۷ ــ تفاوتهای ساختاری سلولهای معبر و سلولهای دیگر آندودرمی در ریشه گیاهان تک‌لپه کدامند؟

۳

رشد و نمو در گیاهان

فرایند رشد و نمو شامل همه رویدادهایی می‌شود که به ساخته شدن یک جاندار کامل با همه اجزای پیکرش می‌انجامد. بر این اساس رشد و نمو هم جنبهٔ کمّی دارد و هم جنبهٔ کیفی. جنبه کمّی این فرایند را رشد[۱] و جنبهٔ کیفی آن را نمو[۲] گویند. رشد شامل بزرگ شدن بخشهای تشکیل‌دهندهٔ یک موجود زنده است. این بزرگ شدن برگشت‌ناپذیر است. بنابراین بزرگ شدن سلولها در اثر پدیدهٔ تورژسانس رشد به شمار نمی‌آید، زیرا سلول با از دست دادن آب دوباره به اندازه اولیه خود برمی‌گردد. بنابراین رشد شامل بزرگ شدن موجود زنده است که با افزایش تعداد سلولهای بدن و یا با افزایش برگشت‌ناپذیر ابعاد آنها صورت می‌گیرد.

نمو شامل گذشتن از مراحل مختلف است که هر مرحله ویژگیهای خاص خود را دارد و با مراحل دیگر از لحاظ کیفی متفاوت است . برای مثال در زندگی یک گیاه مراحل مختلفی را مشاهده می‌کنیم : پس از طی مرحلهٔ رویانی ، گیاهک به طور غیر فعال در داخل دانه مستقر است، در مرحله رویش دانه، فعالیتهای حیاتی شدید می‌شوند و پس از مدتی اندامهای مختلف گیاه پدید می‌آیند، آنگاه مرحله گل دادن فرامی‌رسد که ضمن آن بعضی از جوانه ها به گل تبدیل می‌شوند و سرانجام پس از گرده افشانی، در گل، میوه و سپس دانه به وجود می‌آیند. باید توجه داشت که رشد و نمو اغلب همراه یکدیگرند و به طور هماهنگ با هم انجام می گیرند.

---

۱ ـ Growth ۲ ـ Development

مراحل رشد و نمو

در گیاهان، رشد در همه مناطق گیاه انجام نمی‌گیرد، بلکه مخصوص بخشهایی به نام مناطق رشد و نمو است. مناطق رشد و نمو عبارتند 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 این مناطق رشد و تمایز طی مراحل زیر انجام می‌شود :

۱ ــ **مرحلهٔ تکثیر** ، در این مرحله سلولهای مریستمی به سرعت تقسیم می‌شوند و برتعداد خود می‌افزایند .

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

۳ ــ **مرحلهٔ تمایز** ، در این مرحله، هر دسته از سلولها به تناسب کاری که انجام خواهند داد تغییر ساختار می‌دهند و بافتهای گوناگون را پدید می‌آورند.

رشد نخستین و رشد پسین

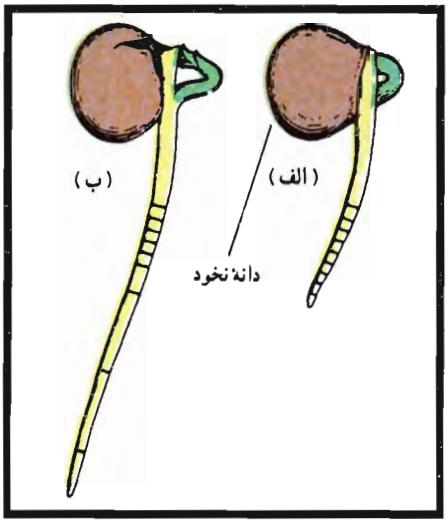
رشد نخستین بیشتر شامل رشد طولی ریشه و ساقه و پیدایش شاخه‌ها و ریشه‌های فرعی است. با این توصیف رشد نخستین در همه گیاهان چوبی و علفی عمومیت دارد. رشد پسین همان‌طور که قبلاً هم اشاره کردیم شامل افزایش قطر ریشه و ساقه است. نهانزادان آوندی و اغلب نهاندانگان تک لپه‌ای رشد قطری ندارند و در آنها ساختمان پسین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

رشد طولی ریشه

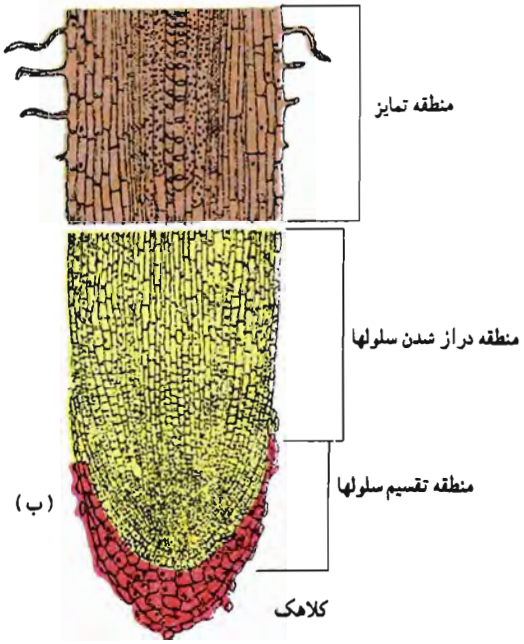
برای مشخص کردن منطقه رشد طولی در ریشه، انتهای یک ریشه در حال رشد را به‌وسیله مرکب مخصوص میلیمتر به میلیمتر علامت‌گذاری می‌کنیم. پس از چند روز مشاهده می‌شود که حداکثر رشد معمولاً در میلیمتر دوم و سوم صورت گرفته و بخشهای مربوط به کلاهک و تارهای کشنده ثابت باقی مانده است. به این دلیل گفته می‌شود که تمرکز رشد ریشه نزدیک به انتهاست (شکل ۱ ــ۳).

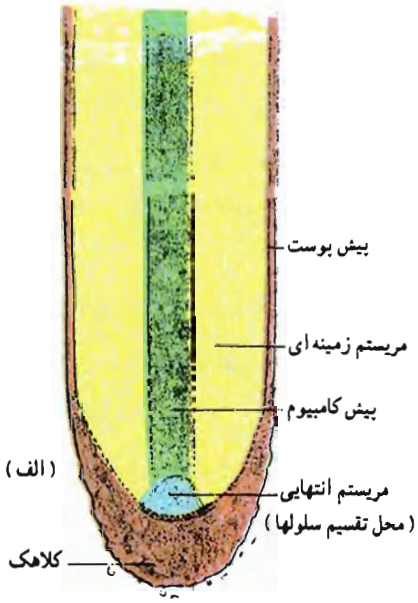
در برش طولی و میکروسکوپی نوک یک ریشهٔ نورسته (شکل۲ ــ۳) به ترتیب از پایین به

بالا کلاهک ، منطقه تقسیم سلولی، منطقه رشد طولی سلولها، منطقه تمایز یا منطقه تارهای کشنده مشاهده می‌شوند. سلولهای مریستمی در منطقه تقسیم واقعند. این سلولها به وسیلهٔ سلولهای اولیه‌ای بنام سلولهای بنیادی تولید می‌شوند. در نهانزادان آوندی یک سلول بنیادی، در اغلب بازدانگان دو ردیف و در نهاندانگان چند ردیف سلول بنیادی وجود دارد. سلولهای بنیادی منشأ مریستم انتهایی و مریستم انتهایی خاستگاه کلاهک، پیش‌پوست، مریستم زمینه‌ای و پیش کامبیوم هستند. از تمایز و تغییر شکل پیش‌پوست، روپوست ریشه، از مریستم زمینه‌ای پوست و از پیش کامبیوم استوانه مرکزی حاصل می‌شود.



شکل ۱ــ ۳ ــ رشد طولی در ریشه در منطقه‌ای نزدیک به انتهاست.

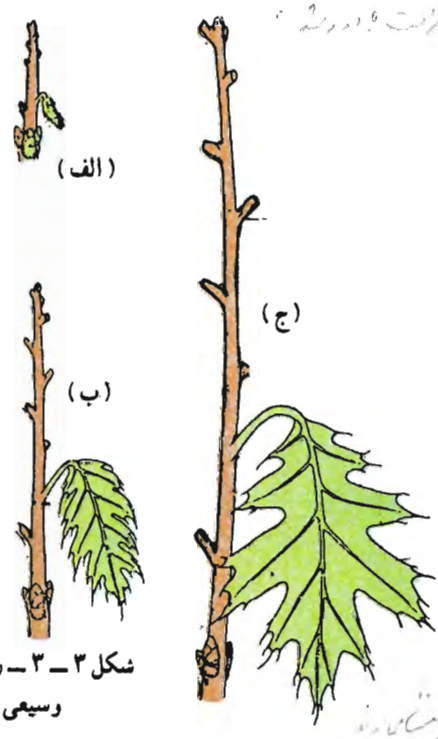




شکل ۲ ــ ۳ ــ برش طولی انتهای ریشه یک گیاه دولپه‌ای. نمایش مناطق پیش‌مریستمی (الف) ساختار بافت شناختی (ب)

رشد طولی ساقه

برای مشاهده رشد طولی در ساقه،ساقهٔ نورسته‌ای را در روی گیاه مطابق شکل ۳ ــ ۳ آماده کرده و طول آن را برحسب میلیمتر اندازه می‌گیریم . آنگاه آن را به حال خود می‌گذاریم و در فواصل زمانی‌معین مجدداً طول آن را می‌سنجیم. مشاهده می‌شود که رشد طولی درنوک‌ساقه و در منطقهٔ وسیعتری به طول چند ده سانتیمتر انجام می‌شود.



شکل ۳ ــ ۳ ــ رشد طولی ساقه در منطقه نسبتاً وسیعی در نوک ساقه صورت می‌گیرد

در برش طولی محور جوانهٔ انتهایی نیز سلولهای مریستمی دیده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴ــ ۳ مشاهده می‌کنید، سلولهای این منطقه ابتدا با تقسیمات مکرر خود افزایش می‌یابند و سپس با رشد و تمایز خود بافتهای گوناگون ساقه را پدید می‌آورند.

در بخش رشد و تمایز سلولهای انتهای ساقه‌نیز سه منطقه مریستمی قابل تشخیص است. این سه منطقه عبارتند از پیش پوست یا پروتودرم،مریستم زمینه‌ای و پیش کامبیوم.از پیش پوست اپیدرم، از مریستم زمینه‌ای پوست و از پیش کامبیوم بافتهای آوندی حاصل می‌شوند.

نوک ساقه مریستمهای گوناگونی دارد که از تحول آنها برگها، گل‌ها و شاخه‌ها پدید می‌آیند؛ به همین مناسبت، ساخت و کار آن را به طور جداگانه مورد مطالعه قرار می‌دهیم .

شکل ۴ ــ ۳ ــ نمایش مناطق تکثیر، رشد و تمایز در انتهای ساقه

ساخت و کار مریستم نوک ساقه

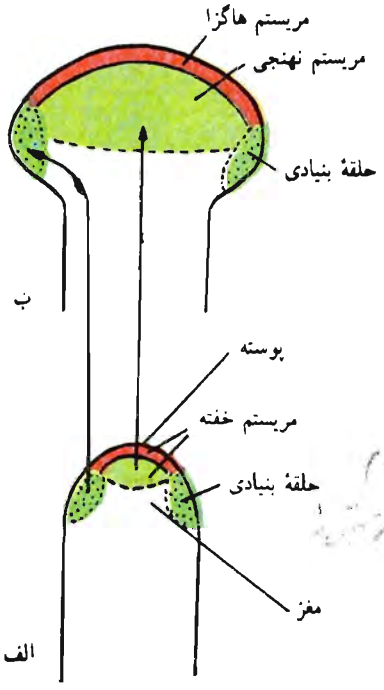
در نوک ساقه انواعی از سلولهای مریستمی که از دیدگاه سلول شناسی با یکدیگر متفاوتند دیده می شود (شکل ۵ ــ ۳) . در بیرونی ترین بخش جوانهٔ انتهایی چند لایه سلول سطحی به نام پوسته و در زیر آن توده‌ای از سلولهای مریستمی به‌نام مریستم مغز و در بین پوسته و مغز، مریستم دیگری به‌نام مریستم خفته وجود دارد. مریستم خفته شامل پیش مریستم هاگزا و پیش مریستم

نهنج‌زا ست. این مریستمها در هنگام فعالیت رویشی گیاه فعالیتی ندارند و به همین جهت به آنها مریستمهای خفته می‌گویند ولی در هنگام گلزایی این مریستمها فعال می‌شوند و بخشهای مختلف گل را به‌وجود می‌آورند ؛ پیش مریستم نهنج‌زا، خاستگاه نهنج، محور گل وگاهی گلبرگ است. و از پیش مریستم هاگزا پرچمها و مادگی پدید می‌آیند.

علاوه براین مریستمها، در کناره های نوک ساقه چند مرکز مریستمی فعال به نام **حلقه بنیادی** دیده می‌شوند. در هنگام رشد طولی ساقه از فعالیت این مریستم برگها به وجود می‌آیند. تشکیل یک برگ موجب می‌شود که تعدادی سلول به صورت مریستمی در کنار آن پدید آید که مریستمهای جانبی یا کناری خوانده می‌شوند. مریستمهای کناری ممکن است خاستگاه جوانه های جانبی مولد شاخه ها باشند. حلقه بنیادی در هنگام گلزایی کاسبرگها و گاهی گلبرگها را پدید می‌آورد.

پیدایش ریشه های فرعی

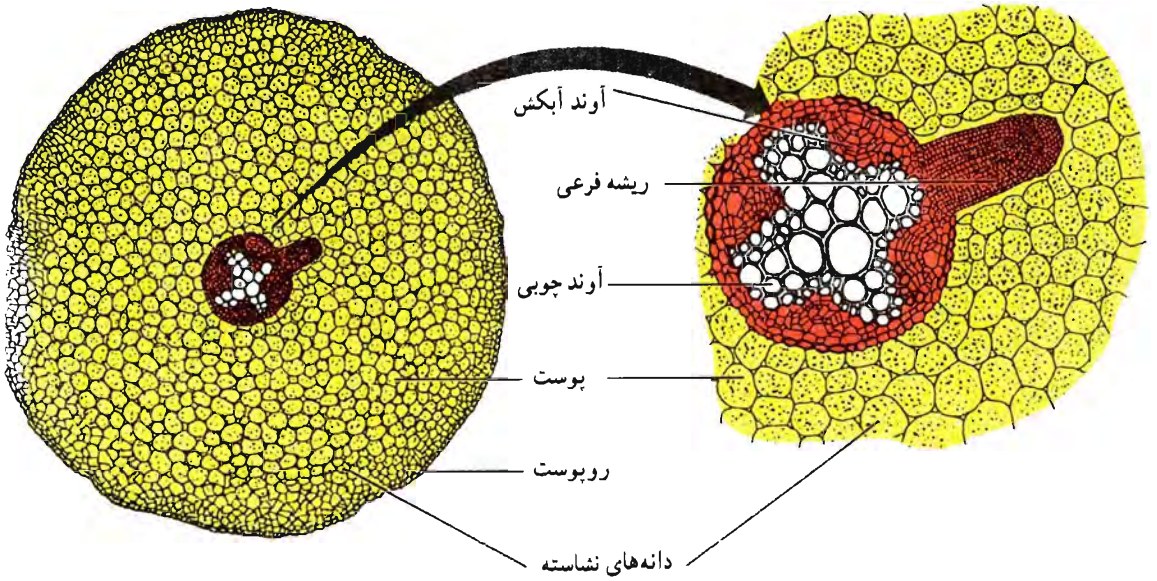
ضمن بررسی و مطالعه ساخت وکار مریستمهای نوک ساقه با نحوهٔ پیدایش برگها،گلها و



شکل ۵ ــ ۳ ــ مریستمهای رأس ساقه آیا می‌دانید مریستم مربوط به مغز چه بخشهایی از ساقه را می‌سازد ؟

شاخه ها آشنا شدید. در اینجا چگونگی پیدایش ریشه های فرعی را بررسی می کنیم.

در برش عرضی ریشه دیدیم که خارجی ترین لایهٔ استوانهٔ مرکزی لایهٔ ریشه زاست. علت نامگذاری این لایه بدین مناسبت است که سلولهای آن پس از تقسیمهای متوالی خاستگاه ریشه های فرعی می‌شوند (شکل ۶ ــ ۳) ؛ به این ترتیب که از تقسیم سلولهای لایهٔ ریشه‌زا که در مقابل آوندهای چوبی قرار دارند سلولهای بنیادی شبیه آنچه نزدیک به انتهای ریشه است به‌وجود می‌آیند. در اثر فعالیت سلولهای بنیادی ریشهٔ فرعی، سلولهای پوست ریشهٔ اصلی هضم شده و ریشه فرعی از آن خارج می‌شود. این ریشه‌ها خود خاستگاهی برای ریشه‌های فرعی دیگرند. در نهانزادان آوندی منشأ ریشه فرعی یکی از سلولهای لایهٔ آندودرمی است.

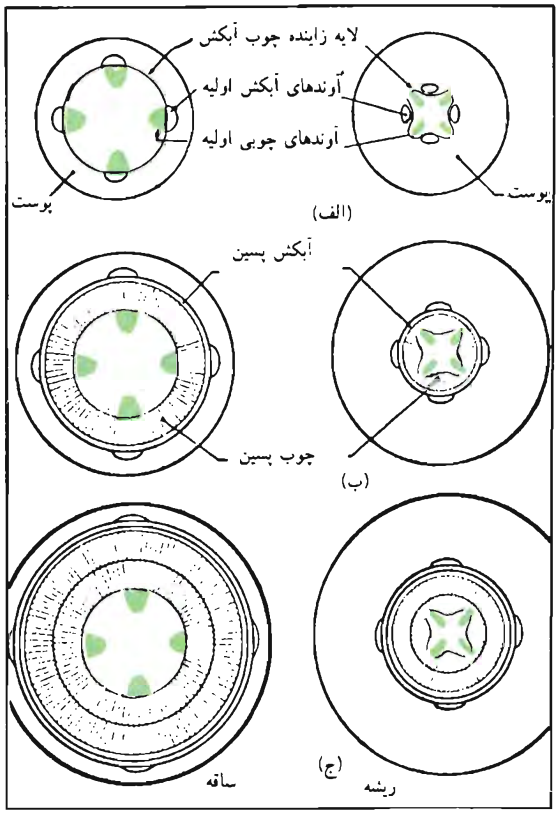


شکل ۶ ــ ۳ ــ پیدایش ریشه فرعی

رشد پسین

رشد پسین مربوط به فعالیت مریستمهای پسین است. فعالیت این مریستمها موجب رشد قطری ساقه و ریشه می‌شود. این مریستمها به صورت دایره (در برش عرضی) و استوانه (در طرح فضایی) در استوانه مرکزی و به صورت نیم حلقه هایی در پوست ریشه و ساقه وجود دارند. مریستم پوست را لایه زایندهٔ **چوب پنبه ــ پوست** و مریستم پسین استوانه مرکزی را لایه زاینده **چوب ــ آبکش** یا **کامبیوم** می‌نامند.

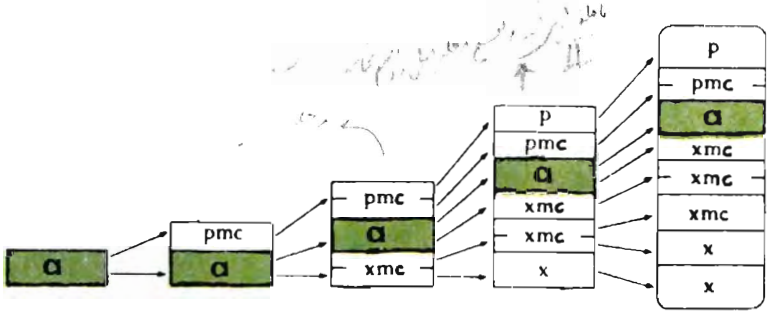
لایهٔ زایندهٔ استوانه مرکزی (کامبیوم) ــ شکل ۷ ــ ۳ موقعیت لایهٔ زایندهٔ استوانهٔ مرکزی و عملکرد آن را پس از دو دوره فعالیت، در ریشه و ساقه نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشاهده می‌کنید سلولهای این لایه در سمت خارج بافتهای آبکشی پسین و درسمت داخل بافتهای چوبی پسین را به وجود می آورند و با این عمل بر قطر استوانه مرکزی می افزایند.



شکل ۷ ــ ۳ ــ مقایسه ساختار پسین ساقه و ریشه و نمایش مراحل مختلف رشد قطری آنها

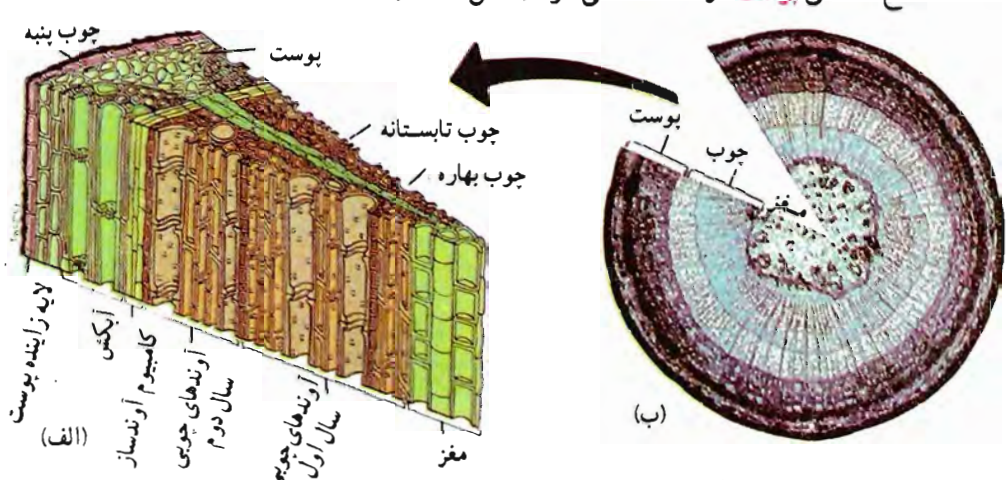
اکنون به شکل ۸ ــ ۳ توجه کنید. این شکل نحوه عمل یک سلول ازسلولهای کامبیوم را نشان می‌دهد. سطح تقسیم هر سلول در صفحه‌ای قرار می‌گیرد که با سطح خارجی ساقه یا ریشه موازی است؛ به این ترتیب به طور متناوب سلولهای جدیدی به سمت خارج و داخل ساخته می‌شوند. سلولهای اولیه که در سمت خارج ساخته می شوند، سلولهای **مادر آبکش** و سلولهای اولیه‌ای که در سمت داخل ساخته می شوند، سلولهای **مادر چوب** نام دارند. این سلولها تا مادام که تمایز حاصل نکرده و به صورت آوند کامل در نیامده‌اند، مانند سلولهای کامبیوم قدرت تقسیم دارند. سلولهای کامبیوم در راستای شعاع ساقه و ریشه نیز تقسیم می‌شوند. این عمل موجب

افزایش قطر حلقه زاینده است و باعث می‌شود ضمن افزایش قطر اندام، حلقه گسیخته نگردد. البته به خاطر داشته باشید که فعالیت سلولهای کامبیوم تنها منجر به تولید عناصر آوندی نمی‌شود، بلکه همراه آوندها، انواع سلولهای پارانشیمی، سلولهای همراه و بافتهای نگهدارنده را نیز به‌وجود می‌آورد.



شکل ۸ ــ ۳ ــ تقسیم سلول کامبیوم(Ci) و تولید سلولهای مادر چوب(Xmc) و مادر آبکش(Pmc) همان طور که مشاهده می‌کنید سلولهای اخیر تا تشکیل عناصر آوندی قابلیت تقسیم دارند، p علامت آوند آبکشی و x علامت آوند چوبی است.

ضخامت چوب پسین جز در موارد استثنا خیلی بیشتر از آبکش پسین است به‌طوری که چوب پسین یک درخت بخش عمدهٔ تنه اصلی گیاه را شامل می شود و مجموع کامبیوم، آبکش‌های پسین، پارانشیمهای پوستی و چوب پنبه قشر نازکی را به وجود می‌آورند که در اصطلاح همگانی **پوست** درخت گفته می‌شود (شکل ۹ ــ ۳).



شکل ۹ ــ ۳ ــ برش سه بُعدی که پوست، لایه زاینده پوست، آبکش، کامبیوم و چوبهای پسین را نشان می‌دهد (الف) سه بخش عمده ساقه چند ساله (ب)

درمناطق معتدل چوبهای پسین برحسب این که در بهار یا در پاییز به‌وجود آیند از نظر ویژگیهای ریختی نسبت به یکدیگر متفاوت‌اند. چوبهای بهاری نسبت به چوبهای پاییزی قطر بیشتر دارند ودرشت‌ترو روشن‌ترند. بنابراین در این مناطق دوایر تیره و روشن مجاور هم نمایندهٔ فعالیت سالانهٔ کامبیوم است و با شمارش دوایر تیره و روشن می توان سن یک گیاه را مشخص کرد.

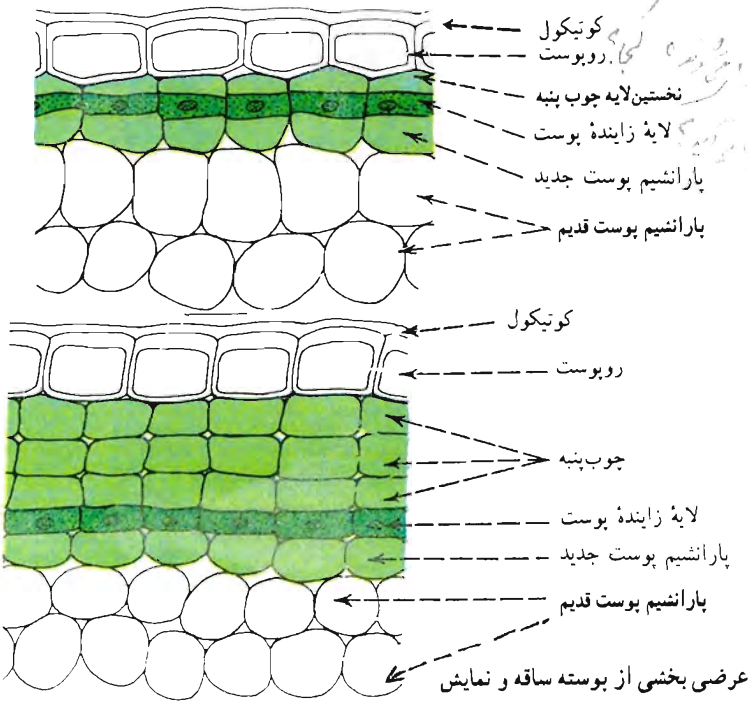
درختی با ساقهٔ غیر عادی

خرما کامبیوم آوندساز ندارد، بنابراین رشد پسین در این گیاه دیده نمی‌شود. اما می‌دانیم که قطر این گیاه پیوسته افزایش می‌یابد. چگونه؟. چرا ساقهٔ خرما برخلاف ساقه گیاهان دیگر که ساقه‌ای مخروطی شکل دارند، استوانه‌ای شکل است؟

در واقع افزایش قطر ساقهٔ نخل توسط دو نوع مریستم انجام می‌شود: مریستم رأس ساقه، که فقط بخش مرکزی ساقه و برگها را می‌سازد و مریستم نخستین ضخیم کننده. مریستم ضخیم کننده نخستین سلولهای باریکی تولید می کند که به سوی پهلوها دراز می‌شوند و بر قطر ساقه می‌افزایند. مریستم ضخیم کننده همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، بلافاصله در زیر برگهای اولیه جای دارد. عملکرد این دو نوع مریستم از یک سو باعث رشد طولی و از سوی دیگر باعث افزایش قطر ساقه می گردد.

لایه زایندهٔ چوب پنبه ــ پوست ــ چوب پنبه و پوست از لایهٔ ویژه‌ای به وجود می‌آید که برخلاف کامبیوم جایگاه مشخصی ندارد و به صورت حلقهٔ پیوسته نبوده و فعالیت آن همیشگی نیست. 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 به وجود آید. از تقسیم سلولهای این لایه از خارج بافت چوب پنبه و از داخل پارانشیمهای پوستی به وجود می آید (شکل ۱۰ــ۳). به علت نفوذ ناپذیر بودن بافت چوب پنبه طبقات سطحی به صورت صفحه، حلقه و نوار از تنه درخت جدا شده و می‌ریزند. درگونه‌ای بلوط فعالیت لایهٔ زایندهٔ پوست منتهی به تشکیل لایه های ستبری از بافت چوب پنبه می‌شود که آن را از سطح گیاه بریده و در صنعت مورد استفاده قرار می‌دهند. به طور کلی بافت چوب پنبه در گیاه به ویژه در بخشهای زیر زمینی نقش حفاظت را به عهده دارد.

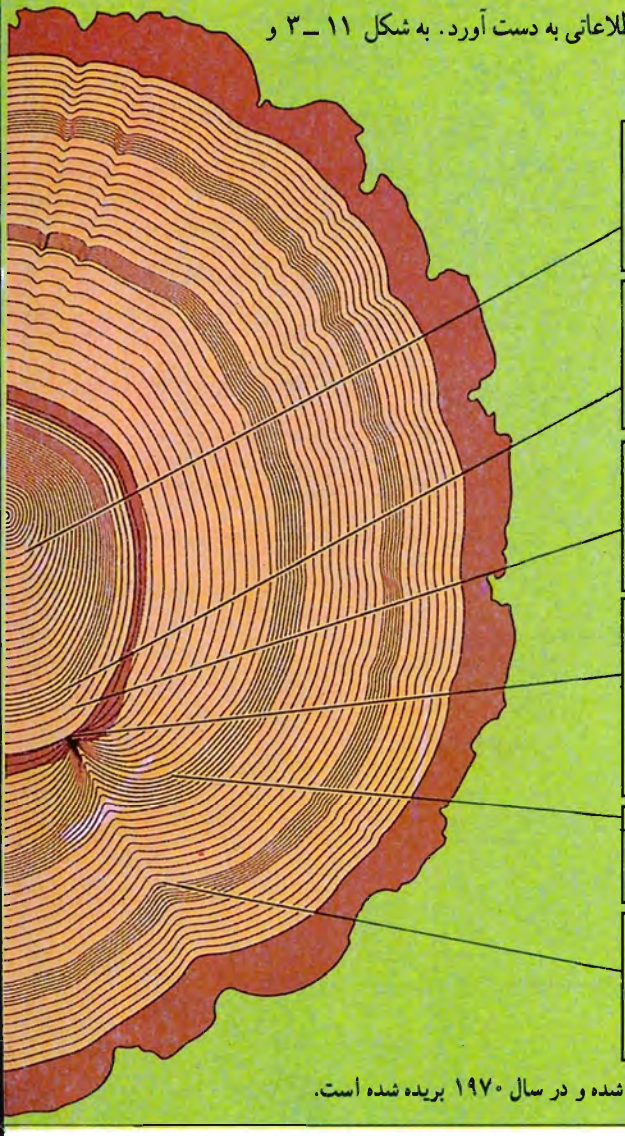
با پیدایش بافتهای چوب پنبه‌ای در سطح خارجی ساقه و ریشه و نفوذ ناپذیر بودن این بافت، تبادلات گازی بین محیط و این اندامها متوقف می شود. به همین مناسبت با پیدایش بافتهای چوب پنبه در پوست، تشکیلاتی به نام **عدسک** به صورت برجستگیهایی در این اندامها به‌وجود می‌آید، که با ساختار آنها آشنا شده‌اید.



شکل ۱۰ ــ۳ــ برش عرضی بخشی از پوسته ساقه و نمایش مراحل فعالیت لایه زاینده پوست. درباره تغییرات انجام شده در پوست ساقه توضیح دهید.

چگونه می‌توان از روی یک درخت، گذشته آن را شناخت؟

از روی برش یک درخت می‌توان مطالب زیادی درباره آن بازگو کرد. از آن جمله می‌توان درباره آب و هوای گذشته و تغییرات آن اطلاعاتی به دست آورد. به شکل ۱۱ ـ ۳ و توضیحات آن توجه کنید.



۱۹۱۴

وقتی درخت ۶ ساله بود، چیزی به آن فشار آورده و آن را خم کرده است. حلقه‌ها اکنون در سمت خمش یافته عریض‌ترند.

۱۹۲۴

درخت مجدداً رشد قایم داشته است. اما گیاهان مجاور هم رشد داشته‌اند. در این حال شاخه‌ها نور و آب کافی دریافت داشته‌اند.

۱۹۲۷

درختان مجاور را بریده‌اند. گیاه نور و آفتاب بیشتر دریافت داشته و رشد سریعتری کرده است.

۱۹۳۰

جنگل آتش گرفته، اما درخت فقط آسیب سطحی دیده است. بعد محل آسیب دیدگی به وسیله بافتهای جدید پوشیده شده است.

۱۹۴۲

حلقه‌های باریک و فشرده نشان دهنده تداوم خشکی هواست.

۱۹۵۷

حلقه‌های باریک می‌توانند به علت حمله نوزاد حشرات و از بین رفتن برگها باشند.

این درخت در سال ۱۹۰۸ کاشته شده و در سال ۱۹۷۰ بریده شده است.

چوب و کاربردهای آن

استفاده از چوب توسط آدمیان به گذشته های بسیار دور مربوط می شود. امروزه استفاده از چوب به حدی متنوع است که شرح همه آنها مقدور نیست و تنها باید به مهمترین کاربردهای آن اشاره کرد. اما قبل از آنکه به کاربردهای آن بپردازیم ،مختصری از ویژگیهای چوب

را شرح می‌دهیم.

در یک درخت زنده ۵۰ درصد وزن چوب را آب تشکیل می‌دهد. اما در هنگام مصرف، مقدارآب چوب به ۱۰ درصد تقلیل می‌یابد. آبگیری از چوب این روزها به طریق پیشرفته در کارخانه ها انجام می‌گیرد به طوری که در چوب ترک یا شکاف پدید نمی آید. بخش خشک چوب از ۶۰ تا ۷۵ درصد سلولز و ۱۵ تا ۲۵ درصد **لیگنین** ساخته شده است.

لیگنین یک ماده آلی است که در سطح داخلی آوندهای چوبی رسوب می‌کند و دیواره آنها را محکم می‌کند. مواد دیگرسازنده چوب که مقدارآنها کم است، عبارتند از: رزین، صمغ، روغن، رنگ، تانن و نشاسته . نسبت مواد سازنده چوب در تصمیم‌گیری برای کاربردهای گوناگون از چوب موثرند. دراستفاده از چوبها تراکم و دوام آنها نیز در نظر گرفته می‌شوند.

فشردگی یا تراکم چوب

فشردگی یا تراکم چوب مهمترین ویژگی فیزیکی آن به شمار می‌رود. از نقطه نظر تکنیکی تراکم هر چوب عبارت است از وزن واحد حجم آن (برای مثال وزن یک سانتیمتر مکعب). وزن چوب در مقایسه با وزن آب هم حجم آن، به صورت کسری از ۱ بیان می‌شود. به خاطر وجود فضاهای خالی زیاد در چوب، وزن مخصوص آنهابه طور نسبی کمتر از ۱ است. وزن مخصوص چوب بین ۰/۴ تا ۱/۴ متغیر است. چوبهایی که وزن مخصوص آنها از ۰/۵ کمترباشد **سبک** و چوبهایی که وزن مخصوص آنها بالای ۰/۷ است، **سنگین** به حساب می‌آیند.

دوام چوب، مقاومت و پایداری آن درمقابل فساد است. برای آنکه آنزیمهای موجودات میکروسکوپی مواد چوب را تجزیه کنند، به رطوبت نیاز دارند، اما از آنجا که آب چوبها گرفته می‌شود، رطوبت موجود در چوب برای فساد آن کافی نیست. ازمواد سازنده چوب، روغنها، رزینها و تانها از فساد چوب جلوگیری می‌کنند. چوبی که ۱۵٪ یا بیشتر تانن داشته باشد می‌تواند پس از افتادن مدتها در کف جنگل بماند و آسیب نبیند.

چوب در بسیاری از کشورها بیشتر در ساختن بناها،در و پنجره، تیر سقف و وسایل خانه مصرف می شود. برای استفاده بیشتراز چوب، چوبهای نامرغوب یا کم دوام را با روکشهای نازکی از چوبهای محکم و بادوام که دارای تزیینات جالب توجه هستند، می‌پوشانند.

استفاده دیگر چوب تهیه خمیر چوب است که از آن کاغذ، فیبر مصنوعی، پلاستیک و لینولئوم ساخته می‌شود. از خرده‌های چوب به کمک چسب مخصوص و پرس کردن آن نئوپان می‌سازند که کاربردهای فراوانی دارد. با انجام اعمال شیمیایی یا گرم کردن چوبها در شرایط کنترل

شده می‌توان از آنها الکل چوب و اسید استیک تهیه کرد، اما تهیه این مواد از منابع دیگر مقرون به صرفه است.

استفاده از چوب در صنعت کشتی‌سازی، چوبهای ارتباطی ریلهای راه آهن، دسته بسیاری از ابزارها، آلات موسیقی، تهیهٔ سلوفان و فیلم عکاسی مثالهایی از کاربرد چوب هستند که ارزش اقتصادی آنها سالانه در بازارهای جهانی به میلیاردها دلار می‌رسد.

در کشورهای درحال توسعه، به‌ویژه در آنهایی که منابع انرژی دیگری ندارند بیش ازنیمی از چوبها به عنوان سوخت (زغال چوب و غیره) مورد استفاده قرار می‌گیرد. درسال ۱۹۸۰ در برزیل هنوز ازچوب جنگلها برای تأمین سوخت استفاده می‌شد. اما این امر تخریب جنگلها و مسایل زیستی مربوط به آن را به دنبال داشت، به همین مناسبت طبق برنامه قطع درختان جنگل تحت کنترل قرار گرفت و استفاده از زغال سنگ و منابع انرژی دیگر جانشین استفاده بی رویه از جنگلها شد. بسیاری از انواع زغال سنگها چوبهایی هستند که ظرف میلیونها سال به صورت کربن تقریباً خالص در آمده‌اند. با آنکه ذخایر زغال‌سنگ و نفت در طبیعت فراوانند، اما مصرف روزافزون آنها به زودی به تمام شدن آنها منجر خواهد شد. بنابراین آدمی باید برای چاره کار منابع انرژی تجدید شونده و قابل اطمینان تری را جستجو کند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ منظور از رشد پسین در ریشه و ساقه چیست ؟

۲ ــ تفاوتهای ریشه های فرعی و شاخه ها از لحاظ خاستگاه کدامند؟

۳ ــ در ضمن رشد و نمو قطری ساقه و ریشه کدام آوند ها جوانترند؟

۴ ــ آیا در برش تنه درختان منطقهٔ استوا، دوایر مربوط به رشد قطری به خوبی منطقهٔ معتدله قابل تشخیص‌اند؟ بحث کنید.

۵ ــ در مورد محل،وضعیت و چگونگی کار لایه زایندهٔ چوب پنبه ــ پوست چه می دانید؟

۶ ــ منطقه رشدطولی‌ریشه و ساقه را ازلحاظ محل، وسعت و نحوه عمل باهم‌مقایسه کنید.

۷ــ درباره اثرات ناگوار قطع بی‌رویه درختان جنگل، تحقیق کنید، مقاله بنویسید و در کلاس ارائه دهید.

۸ ــ تراکم یا فشردگی چوب بر چه اساس سنجیده می‌شود؟

۹ ــ با افزایش قطر ساقه، قطر کامبیوم چگونه افزایش می‌یابد؟

۱۰ ــ مریستمهای رأس ساقه و ریشه کدامند و نقش هرکدام چیست ؟

۴

آب ، خاک و گیاه

تارهای کشندهٔ ریشه آب و مواد محلول را از خاک می‌گیرند و به سلولهای پوست منتقل می‌کنند. سلولهای پوست ریشه این مواد را به آوندهای چوبی می‌رسانند. از درون آوندهای چوبی مواد محلول که **شیرهٔ خام** نام دارد به سوی برگها هدایت می‌شود. در برگها ضمن عمل غذاسازی، شیره خام به **شیرهٔ پرورده** تبدیل شده و از آنجا از راه آوندهای آبکشی در همه بخشهای گیاه توزیع می‌شود. عمل انتقال آب و مواد محلول در گیاه طبق پدیده‌های انتشار، اسمز و انتقال فعّال انجام می‌گیرد.

نقش آب در گیاه

اگر سطح خاک را در یک گلدان به‌وسیله‌ای (مثلاً ورقهٔ آلومینیومی) بپوشانید و آن‌را در زیر یک سرپوش شیشه‌ای در مقابل نور قرار دهید. ملاحظه خواهید کرد که طی یک یا دو ساعت، قطرات آب در سطح داخلی سرپوش پدیدار می‌شود.

در این آزمایش وجود صفحه آلومینیومی مانع خروج بخار آب از سطح خاک است ، بنابراین همهٔ آب تبخیر شده از طریق گیاه دفع گردیده است . بیش از ۹۰ درصد از آبی که وارد گیاه می شود ، به صورت بخار از طریق روزنه های هوایی وکمتر از ۵ درصد آن از طریق لایه کوتیکول (در صورتی که نازک باشد) به اتمسفر بر می گردد. دفع آب به صورت بخار از گیاه **تعرق** نام دارد .

مقدار تعرق بسیار بیشتر از مقداری است که ما ممکن است تصور کنیم. برای مثال هر بوتهٔ ذرت رسیده در هر هفته ۱۵ لیتر آب به‌صورت بخار از دست می‌دهد. یک درخت برای تولید ۰/۴۵ کیلوگرم چوب، حدود ۴۵۰لیترآب مصرف می‌کند و یک درخت پربرگ مانندغان که ۲۰۰/۰۰۰ برگ‌دارد درفصل رویش در هر روز بین ۷۵۰ تا ۳۸۰۰ لیتر آب از دست می‌دهد. اگر قرارمی‌بودآدمی مانندگیاه آب مصرف کند یک انسان متوسط می‌بایست روزانه ۳۸ لیتر آب بنوشد.

چرا در فرایندهای زیستی میزان مصرف آب تا این حد بالاست ؟ آب ۹۰ درصد وزن سلولهای جوان را تشکیل می دهد ، هزاران واکنش آنزیمی و فعالیتهای شیمیایی دیگر در آب رخ می‌دهند . سطوح خارجی سلولهای درون برگ ، یعنی سطوحی که با حفرات داخل برگ تماس دارند باید مرطوب باشند ، زیرا از طریق همین لایه مرطوب است که دی اکسید کربن لازم برای فتوسنتز از هوا به درون سلولهای برگ انتشار می یابد. آب همچنین عامل تورژسانس سلولهاست که خود موجب استحکام و تُردی گیاهان علفی، شاخه و برگهای جوان درختان می‌شود. گیاهان، به ویژه گیاهان نواحی بیابان،با تعرق مقداری آب ، از افزایش گرمای درونی خود می کاهند ، بنابراین آب برای تعدیل گرمای درونی گیاه نیز ضرورت دارد . البته اگر دمای محیط خیلی بالا باشد، روزنه‌های هوایی بسته می‌شوند تا از پژمردگی گیاه جلوگیری کنند. دفع آب به‌صورت بخار از یک سو و جذب آن از سوی دیگر موجب به جریان افتادن شیرهٔ خام و پرورده درگیاه می‌شود. مقدارناچیزی از آب نیز در فرایند فتوسنتز مصرف می‌شود.

شیرهٔ خام و علل صعود آن درآوندهای چوبی

محلول یونی بسیار رقیق به غلظت کمتر از یک گرم در لیتر و pH 5/5 تا ۶ که به وسیله ریشه جذب و در آوندهای چوبی هدایت می شود، **شیره خام** نام دارد . به علت تبادلاتی که میان آوندهای چوبی و سلولهای اطراف صورت می‌گیرد، در شیره خام علاوه بر آنچه که توسط تارهای کشنده جذب شده، مواد متفاوت دیگری نیز موجود است.

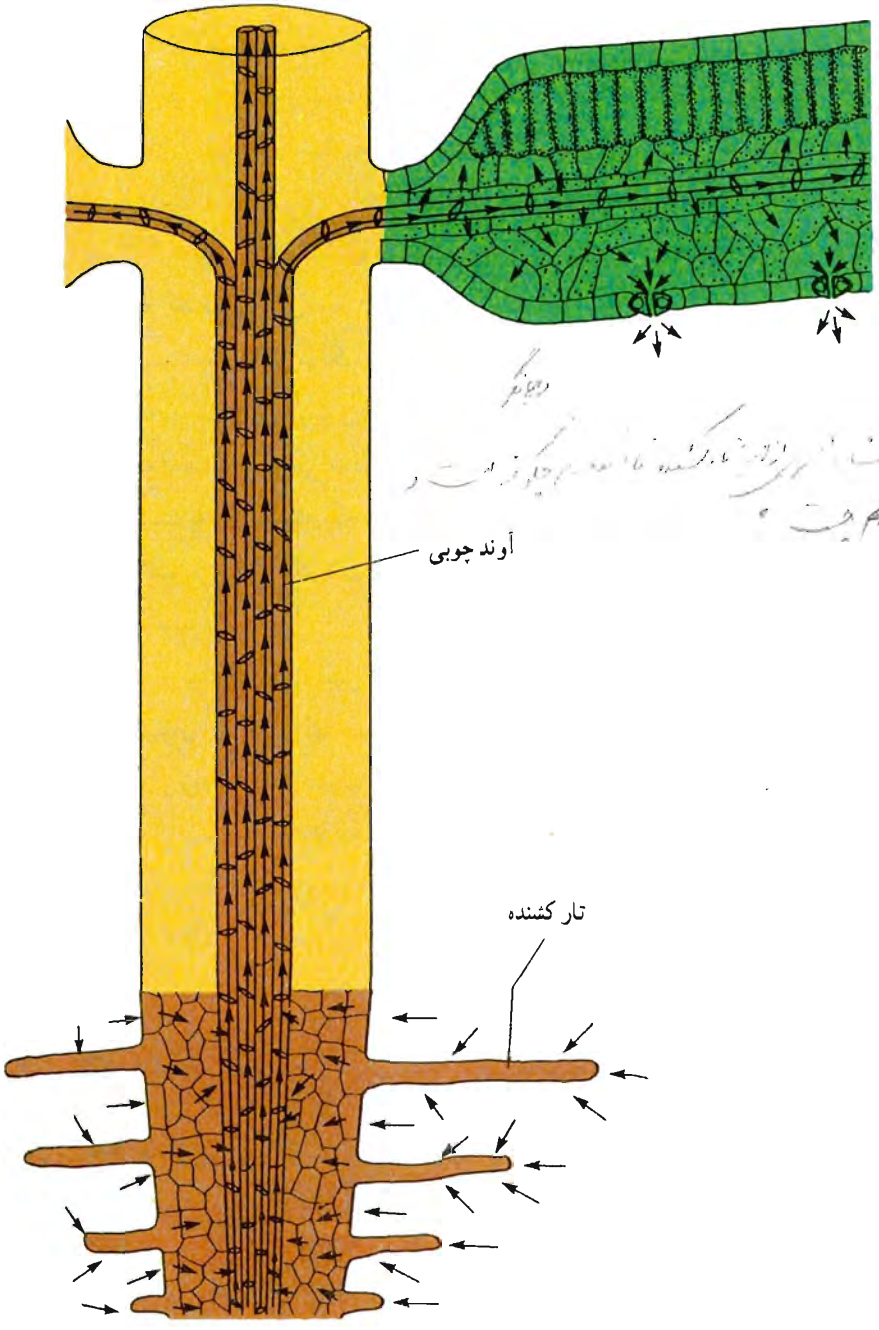
چگونه آب و مواد محلول از ریشه که در عمق ۳ تا ۶ متری یا بیشتر از سطح زمین قرار دارد به برگهایی که ممکن است فاصلهٔ آنها تا زمین دهها متر باشد ، می رسد ؟ می دانیم که آوندهای چوبی در گیاه شبکه پیوسته‌ای را تشکیل می دهند . این لوله ها از ریشه های جوان آغاز شده ، از ساقه می گذرند و سرانجام تا باریکترین رگبرگهای برگ ادامه می یابند . ورود آب و مواد محلول از محیط به این سیستم لوله‌ای پیوسته ، از طریق تارهای کشندهٔ ریشه ، طبق پدیدهٔ اسمز انجام می شود . اینکه چه عواملی باعث صعود شیرهٔ خام در لوله های آوندی می شود از

گذشته‌های دور مورد بحث دانشمندان بوده است . در ابتدا تصور می شد که آوندهای چوبی در عمل هدایت نقش فعال دارند ، ولی چگونگی تکوین این آوندها نشان می دهد که سلولهای تشکیل دهندهٔ آنها به زودی هسته و سیتوپلاسم خود را از دست می دهند و عمل آوندهای چوبی تنها مکانیکی بوده و راهی برای عبور شیرهٔ خام به‌شمار می‌آیند.

آزمایشهای انجام شده نشان می دهد که عوامل موثر در صعود شیرهٔ خام در آوندهای چوبی از این قرارند:

۱ ــ **تعرق**، نیروی کششی که در اثر خروج بخار آب از برگها و ساقه های جوان پدید می‌آید ، دلیل قانع کننده‌ای برای صعود شیرهٔ خام در آوندهای چوبی است . اثر تعرق در صعود شیرهٔ خام به خاصیت چسبندگی مولکولهای آب وابسته است .هر مولکول آب قطبی بوده و از نظر الکتریکی در یک سمت اندکی مثبت و درسمت دیگر اندکی منفی است، به همین مناسبت وقتی سر مثبت یک مولکول آب به سر منفی مولکول دیگر آب نزدیک شود ، یک پیوند هیدروژنی ضعیف، مولکولها را نسبت به هم پیوسته نگه می‌دارد . این خاصیت سبب می شود مولکولهای آب به دیوارهٔ لوله های مویین (لوله های بسیار باریک نظیر آوندهای چوبی) بچسبند و نیز نسبت بهم پیوستگی داشته باشند .

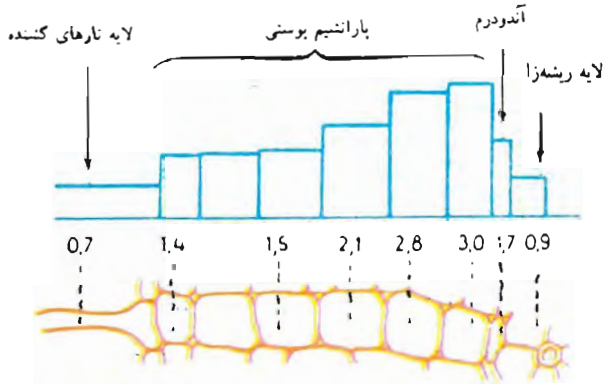
وقتی آب از سلولهای مزوفیل برگ بخار شد، از راه روزنه های هوایی به خارج از گیاه انتشار می‌یابد ، میزان آب آن سلولها نسبت به سلولهای مجاور کاهش می یابد . به این علت آب از سلولهای مجاور از راه اسمز به سلولهایی که آب از دست داده‌اند ، رانده می شود . این عمل در سلولهای مزوفیل ادامه می یابد تا آنکه به یک دسته آوند چوبی برسد . به این ترتیب سلولهای مجاور این آوندها ، آب از دست رفته را از این لوله دریافت می کنند . همان طور که می دانید آوندهای کوچک به آوندهای چوبی بزرگتر و این آوندها به آوندهای اصلی ساقه و آوندهای اخیر به آوندهای چوبی ریشه متصل هستند . بنابراین وقتی یک مولکول آب به صورت بخار از برگ خارج می شود ، ستونی از مولکولهای آب به دنبال آن به حرکت در می آیند و چون بین مولکولهای آب پیوستگی وجود دارد و شبکه آوندهای چوبی نیز پیوسته است ، شیرهٔ خام از ریشه به‌سوی برگها کشیده می‌شود (شکل ۱ــ۴). گاهی پیدایش حبابهای هوا در لوله‌های آوند چوبی پیوستگی مولکولهای آب را بهم می‌زند و مانعی در صعود آب به‌وجود می‌آید. این امر به‌ندرت مشکل‌آفرین است زیرا درصورتی‌که حبابها کوچک باشند به‌زودی حل شده و ازمیان می‌روند، حبابهای بزرگ به ندرت درمعدودی ازلوله‌ها تشکیل می‌شوند.



شکل ۱ ــ ۴ ــ شبکه پیوسته جریان آب در گیاه. آیا همین پیوستگی برای حرکت آب و املاح کافی است؟

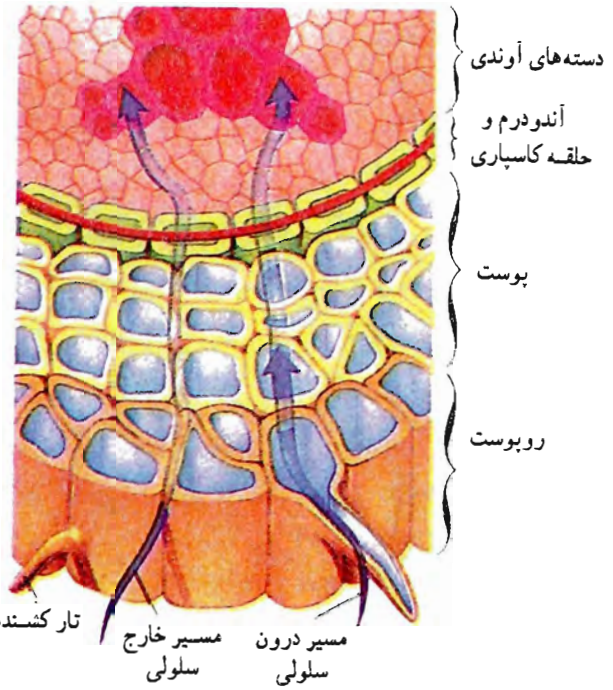
۲ ــ فشار ریشه‌ای، هنگامی که شاخهٔ بعضی درختان را همزمان با آغاز رویش آنها در فصل بهار قطع می‌کنند (هَرَس)، از محل قطع‌شدهٔ آنها آب خارج می‌شود. مقدار این آب در سطح قطع شدهٔ ساقه مو نسبتاً زیادتر است و به آن اشک مو می‌گویند. علت خروج آب را از این شاخه‌ها فشار ریشه‌ای می‌دانند. اثر فشار ریشه‌ای درصعود آب به‌ویژه درتابستان به مراتب کمتر از تعرق است.

فشار ریشه‌ای ، نتیجه فشار اسمزی و فعالیتهای حیاتی سلولهای ریشه به ویژه آندودرم است . هرگاه تغییرات فشار اسمزی را به ترتیب از لایه تارهای کشنده تا سلولهای آندودرم (شکل ۲ ــ۴) بررسی کنیم ، می بینیم که فشار اسمزی تا آندودرم به تدریج افزایش می یابد . بنابراین طبیعی است که حرکت شیره خام ازتارهای کشنده تا درون پوست (آندودرم) بر طبق قوانین اسمزی انجام شود. در سلولهای آندودرم فشار اسمزی ناگهان کاهش می‌یابد و در اینجا حرکت شیرهٔ‌خام مستلزم انتقال فعّال است.سلولهای‌آندودرمی‌به طریق فعّال شیره‌خام‌را ازسلولهای پارانشیم پوست گرفته و به دایره ریشه زا می رانند تا از آنجا وارد آوندهای چوبی شود (شکل ۲ــ۴).



شکل ۲ــ۴ ــ تغییرات فشار اسمزی از لایه تارهای کشنده تا آوندهای چوبی بر حسب اتمسفر

عبور آب بیشتر از راه سیتوپلاسم سلولها و تا اندازه‌ای از فضاهای بین سلولها و دیوارهٔ سلولهاست . آب و نمکهای محلول از راه تارهای کشنده وارد گیاه می شود و از آنجا از راه سلولهای پارانشیم پوستی تا لایه آندودرم پیش می رود . حلقه نفوذ ناپذیر کاسپاری در سلولهای آندودرم سبب می شود که آب و مواد محلول از طریق سیتوپلاسم این سلولها به آوندهای چوبی راه یابند . در اینجاست که سلولهای آندودرمی نقش زیستی خود را به ویژه برای عبور دادن مواد محلول ، ایفا می کنند (شکل ۳ ــ ۴).

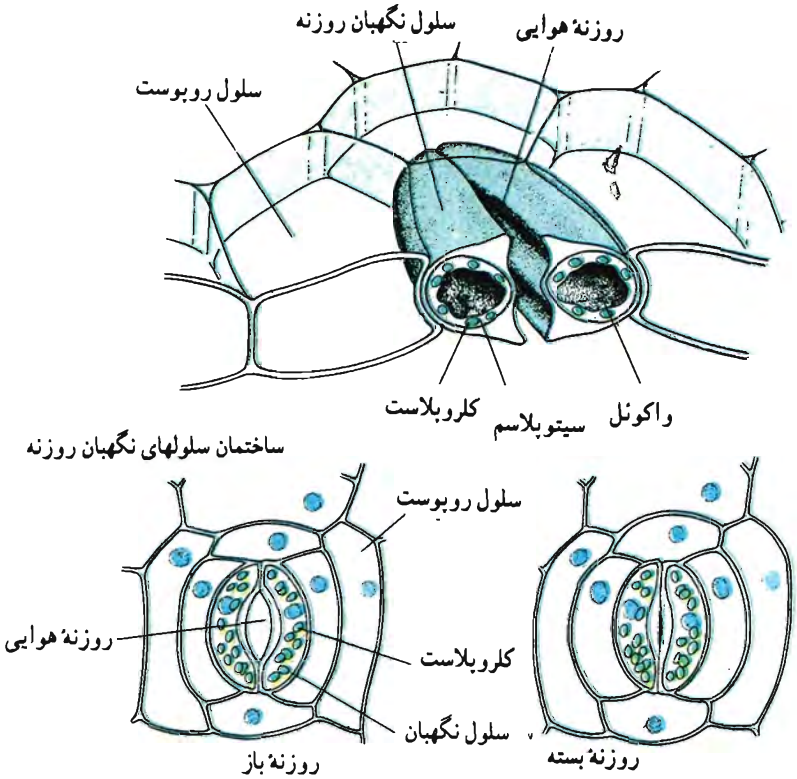


شکل ۳ــ۴ــ آب و یونها ازدو مسیر درون سیتوپلاسمی و برون سیتوپلاسمی از پوست گذشته به آوندهای چوبی می‌رسند. حلقهٔ کاسپاری سبب می‌شود که مواد جذب شده از درون سلولهای آندودرمی بگذرند.

تنظیم مقدار تعرق

در تشکیل هر روزنه هوایی دو سلول لوبیایی شکل به نام سلولهای نگهبان روزنه شرکت می‌کنند. این سلولها دیواره انعطاف‌پذیری دارند و ضخامت آنها در سمت روزنه بیشتر است (شکل ۴ ــ ۴). این تفاوت در ضخامت دیواره سبب می‌شود تا با تغییر مقدار تورژسانس این سلولها، روزنه باز یا بسته شود. وقتی فشار تورژسانس (تورم) سلولها کم باشد، روزنه بسته و زمانی که فشار آن بالا باشد، روزنه باز می‌شود (شکل ۴ ــ ۴).

روش باز شدن روزنه‌های هوایی را می‌توان این چنین توضیح داد: سلولهای نگهبان روزنه به طَریق فعّال از سلولهای اپیدرمی مجاور خود یونهای پتاسیم و کلر را جذب می‌کنند. این امر سبب می‌شود که فشار اسمزی سلولهای نگهبان روزنه بالا رود. در نتیجه این عمل، آب از سلولهای اپیدرمی به سلولهای نگهبان رانده می‌شود و سلولهای نگهبان به حال تورژسانس درمی‌آیند و باز می‌شوند. برای بسته شدن روزنه‌های هوایی عمل عکس انجام می‌شود.



شکل ۴ ــ ۴ ــ مشخصات ساختمان سلولهای نگهبان روزنهٔ هوایی و نمایش باز و بسته شدن آنها، چه ویژگیهای ساختاری این سلولها را برای کاری که انجام می‌دهند سازگار ساخته است؟

عوامل موثر بر تعرق

عوامل مؤثر بر میزان تعرق را می‌توان به دو گروه عوامل محیطی (بیرونی) و عوامل ساختاری (درونی) طبقه بندی کرد .

عوامل بیرونی یا محیطی ــ مهمترین این عوامل عبارتند از :رطوبت نسبی جو ،جریان هوا ،دمای محیط وشدت نور .

میزان یا شدت تعرق با مقدارر**طوبت نسبی** هوا رابطه معکوس دارد ، یعنی هرقدر رطوبت نسبی هوا بیشتر باشد ، میزان تعرق کمتر است . باید توجه داشت که خشکی شدید هوا موجب بسته شدن روزنه های هوایی و کاهش تعرق می شود . **هوای متحرک** یعنی وزش باد هوای مرطوب را جابه جا کرده و هوای خشک را مجاور برگ قرار می دهد و میزان تعرق را بالا می‌برد**نور** به طور معمول بر شدت تعرق اثر مستقیم دارد . معمولاً در روز روزنه های هوایی

برگها باز هستند . این امر سبب می شود که بخار آب موجود در برگ وارد هوا شود . در شب که روزنه ها بسته‌اند، میزان تعرق به مقدار زیاد کاهش می یابد . در حدود ۸۰ درصد از انرژی تابشی خورشید که به برگها می رسد ، ممکن است به وسیلهٔ آنها جذب شود . بخشی از این انرژی دمای برگ را بالا می برد . هنگامی که دمای برگ بالا می رود ، فشار بخار آب در فضاهای بین سلولی نسبت به هوای اطراف فزونی می یابد و بخار آب از برگ خارج می شود . پس با افزایش دما میزان تعرق افزایش می‌یابد.

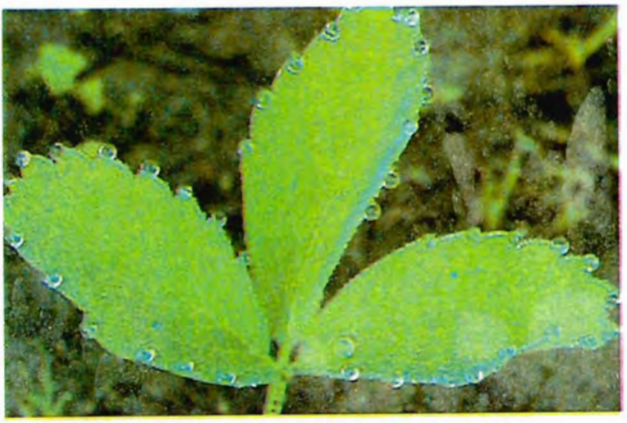
در دمای خیلی بالا مانند خشکی زیاد هوا روزنه ها مسدود می شوند و از شدت تعرق کاسته می شود این عمل گیاهان نوعی سازگاری گیاه در برابر دمای بالا، هوای خشک و جریان شدید باد است و در گیاهان بیابانی بیشتر دیده می‌شود.

عوامل درونی (ساختاری) ــ هرقدر **تعداد برگها**، وسعت آنها و تعداد روزنه‌های هوایی بیشتر باشد میزان تعرق بیشتر خواهد بود. مقداری از تعرق از راه کوتیکول صورت می گیرد. هرقدر **کوتیکول** نازک‌تر باشد، تعرق شدید تر می شود. **موقعیت روزنه‌ها** نیز در شدت تعرق اثردارد. در بعضی از گیاهان روزنه ها در فرورفتگیهای اپیدرم (روپوست) و در زیر تعدادی کرک قرار می‌گیرند. در این حالت میزان تعرق تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می یابد. این موقعیت روزنه ها در چه گیاهانی دیده می شود و نشان دهنده چیست ؟

تعریق ــ هرگاه به دنبال یک روز گرم و مرطوب ، یک شب خنک داشته باشیم قطرات آب از نقاطی در لبه و نوک برگهای بعضی گیاهان خارج می شود. بیرون رفتن آب از گیاه را به حالت آبگون **تعریق** گویند. آزمایش نشان می دهد که محل خروج قطرات آب روزنه های ویژه‌ای به نام **روزنه های آبی** است که هرکدام در نوک یک آوند چوبی قرار دارد. سلولهای سازندهٔ روزنه های آبی دیوارهٔ یکنواخت دارند و همیشه باز هستند. باید به این نکته توجه داشت که تعریق با شبنم تفاوت دارد. پیدایش شبنم به این ترتیب است که بخار آب موجود در جو به سطح سرد اجسام مانند برگها، سنگها و غیره برخورد کرده و به صورت قطراتی متراکم می‌شود. بنابراین پدیدهٔ مزبور ارتباطی با پدیدهٔ تعریق که قطره ها در محل روزنه های آبی موجود در نوک و لبه برگها ظاهر می‌شوند، ندارد (شکل ۵ ــ ۴).

شیرهٔ پرورده و علل حرکت آن

مایعی که در آوندهای آبکشی جریان دارد **شیرهٔ پرورده** نامیده می شود. شیرهٔ پرورده به‌مراتب غلیظتر از شیرهٔ خام است. (غلظت آن حدود ۱۵ تا ۲۵ گرم در لیتر است) زیرا که مقدار

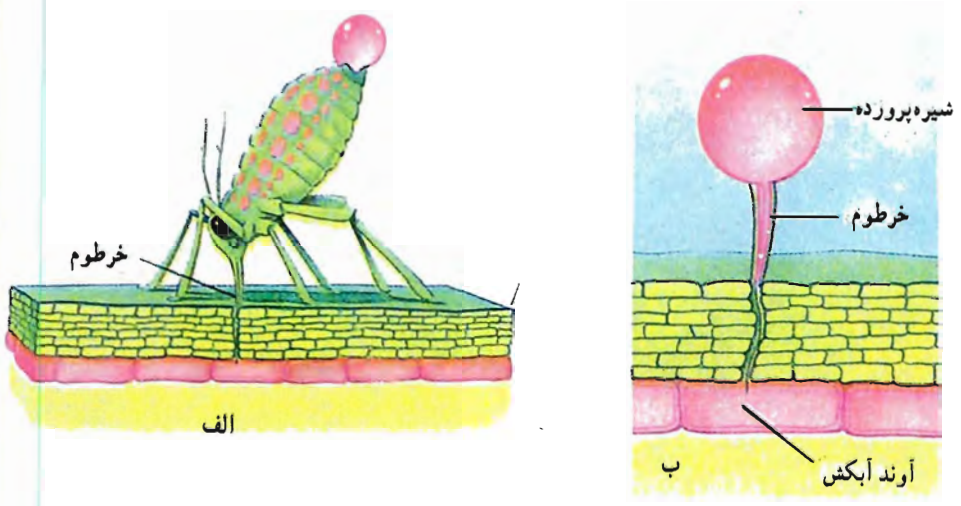


شکل ۵ ــ۴ــ آب ناشی از تعریق برگها در لبه آنها پدید می‌آید.

چشمگیری از آب موجود در شیره خام براثر تعرق از میان می رود و با انجام فتوسنتز در برگ، مقدار دیگری از آب موجود درشیرهٔ خام مصرف شده و ترکیبات آلی به آن اضافه می‌شود. بنابراین شیرهٔ پرورده حاوی ترکیبات آلی فراوان است که ضمن فرایند فتوسنتز در برگها ساخته شده اند. مهمترین ترکیبات موجود در شیرهٔ پرورده مواد قندی به‌ویژه ساکارز است. مواد نیتروژن دار آلی مانند اسیدهای آمینه و عناصری مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم نیز درشیرهٔ پرورده یافت می‌شوند. pH شیرهٔ پرورده از ۷ تا ۸ تغییر می کند.

بیشتراطلاعاتی که دربارهٔ شیرهٔ پرورده به دست آمده به کمک عناصر رادیواکتیو و استفاده از حشرات کوچکی به نام **شته** بوده است. برای مثال یک ماده قندی نشان دار(دارای عنصر رادیو اکتیو) را در زمانی مشخص در نقطهٔ معین به برگ وارد می کنند و زمان رسیدن این ماده را به نقطه دیگر اندازه گرفته و با توجه به فاصله دو نقطه سرعت حرکت شیرهٔ پرورده را محاسبه می‌کنند. شته‌ها که انگل گیاهانند خرطوم لوله مانند و ظریف خود را تا رسیدن به درون آوندهای آبکشی، در برگ یا ساقه جوان فرو می‌برند. فشار تورژسانس موجود در آوندهای آبکشی سبب می‌شود که مایع درون این آوندها وارد خرطوم و سپس دهان و لوله گوارش این حشرات گردد. در مطالعات، شته‌ها را بی حس می کنند و خرطوم آنها را به‌گونه‌ای قطع می کنند که قسمت عمدهٔ آن در جای فرورفته باقی بماند. به این ترتیب مایع درون آوندهای آبکشی به‌طور پیوسته از این لوله‌های ظریف خارج و برای مطالعه و بررسی جمع‌آوری می‌شود (شکل ۶ــ۴).

مدتها تصور می شد که شیرهٔ پرورده در آوند آبکشی ، از سلولی به سلول دیگر به طریق

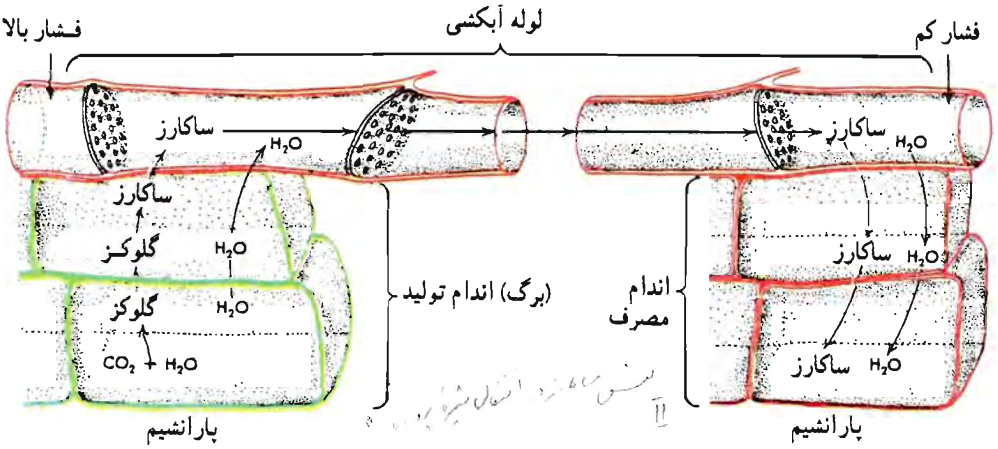


شکل ۶ ــ ۴ ــ شته حشره کوچکی است که خرطوم خود را به درون برگ فرو می‌برد و از شیره پرورده آن استفاده می‌کند (الف) . خرطوم شته از بدن آن جدا شده و شیر پرورده‌ٔ برای مطالعه استخراج شده است (ب) .

انتشار ساده جریان می یابد، اما معلوم شده که سرعت حرکت شیرهٔ پرورده به مراتب بیشتر از سرعت انتشار ساده است (درحدود ۱۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر در ساعت). بنابراین علاوه بر پدیدهٔ انتشار عوامل دیگر در جریان یافتن شیرهٔ پرورده دخالت دارند.

امروزه یکی از راههای جریان شیرهٔ پرورده را به این گونه توضیح می دهند: ابتدا قندهای ساخته شده در سلولهای برگ به طریق انتقال فعّال وارد لوله های آبکشی در باریکترین رگبرگها می‌شود. این امر باعث می‌شود که غلظت در این لوله ها بالا رود و آب به طریق اسمزی وارد آنها شود. فشار تورژسانس که به این ترتیب در لوله های آبکشی برگ پدید می آید، باعث می شود که شیرهٔ پرورده به همین ترتیب در این لوله ها به سوی اندامهای مصرف کننده پیش رود. در اندامهای مصرف کننده، مواد غذایی (به‌طور عمده ساکارز) به‌طریق فعال از نوک آوندهای آبکشی وارد سلولهای این اندامها می‌شود. به‌دنبال این عمل آب نیز از این آوندها خارج و وارد آوندهای چوبی مجاور می‌شود و همراه آنها به برگ می‌رود تا جریان از نو آغاز شود (شکل ۷ ــ ۴).

راه دیگر درنظرگرفتن توانایی زیستی سلولهای آبکشی است. هرگاه سلولهای آبکشی را به کمک گرما یا مواد شیمیایی بکشیم، حرکت شیرهٔ پرورده متوقف می‌شود. این امر نشان می‌دهد که سلولهای زنده آبکشی نیز در هدایت شیرهٔ پرورده نقش فعّال دارند.



شکل ۷ ــ ۴ ــ قند از سلولهای اندام تولید (برگ) با انتقال فعال وارد آوند آبکشی می‌شود و در اندام مصرف‌کننده از آوند خارج می‌گردد. آب هم به طریق اسمزی به دنبال انتقال قند به حرکت در می‌آید و فشار را در آوند آبکشی بالا می‌برد.

خاک

گیاهان مواد مورد نیاز خود را از خاک تأمین می کنند . خاک به طور عمده مخلوطی از ذرات ماسه،رس،گیاخاک،آب،هوا،باکتریهاو سایر موجودات زندهٔ کوچک است.

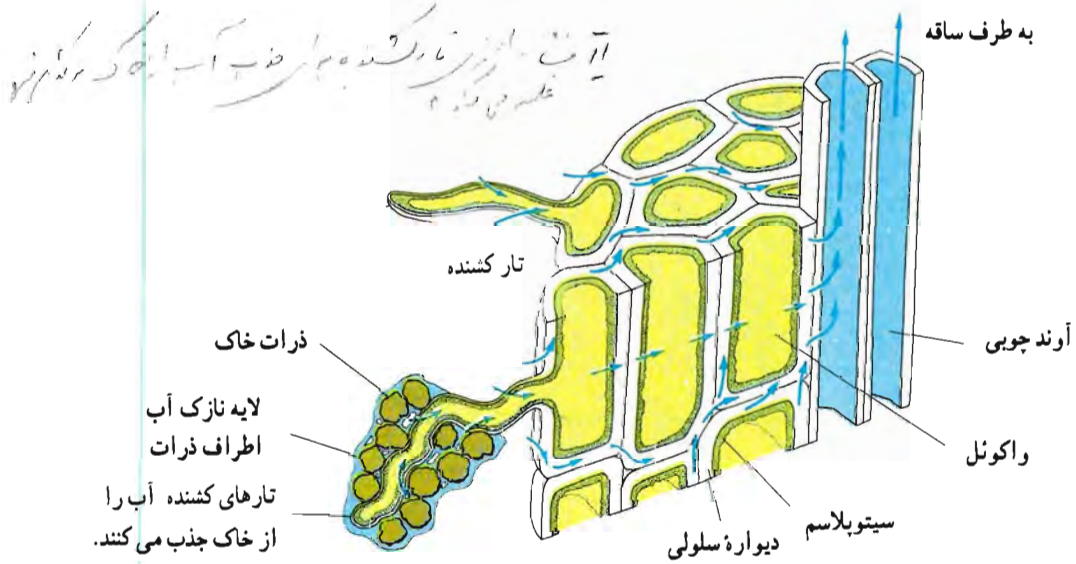
ذرات ماسه و رس ــ این ذرات ازفرسایش وتخریب سنگها به وسیله باد، باران، رودها و یخچالها به وجود آمده اند. ذرات ماسه از ذرات رس درشترند. ترکیب شیمیایی این دو نیز متفاوت است. ماسه به طور عمده از جنس اکسید سیلیسیم است اما رس مخلوطی از اکسید آلومینیوم و اکسید سیلیسیم است. دانه های خاک از مجموع ذرات ماسه و رس که به وسیلهٔ گیاخاک به هم چسبیده‌اند،درست شده است . ساختمان دانه‌ای خاک بویژه از نظر درشتی و ریزی بر قابلیت جذب و نگهداری آب، محتوای هوا و حاصلخیزی اثر دارد.

گیاخاک (هوموس) ــ گیاخاک از فساد مواد آلی مانند بقایای گیاهان و جانوران به‌وجود می‌آید. باغبانها غالباً اصطلاح گیاخاک را برای مواد درشت آلی مانند خاک برگ و خرده‌های گیاهی به کار می‌برند. وقتی خاک شناسان از گیاخاک صحبت می کنند،منظورشان موادآلی است که عملاً جزء خاک شده‌اند. این گیاخاک مانند گیاخاک باغبانی از فساد لاشه گیاهان و جانوران حاصل می‌شود،اما حاصل فساد بیشتری است. دراین حالت هوموس سیاه ــ رنگ و چسب مانند می‌شود و ذرات ماسه و رس را به هم می‌چسباند.

بنابراین گیاخاک کمک مهمی به ساختمان دانه‌ای خاک می کند. گیاخاک دانه درشت رنگ زمین را روشنتر می‌کند. کندن و شخم زدن چنین زمینهایی آسانتر است و بافت اسفنجی آن به نگهداری آب در زمین کمک می کند. گیاخاک به‌وسیله باکتریها تجزیه می‌شوند و نمکهایی از قبیل نیترات و فسفات حاصل می‌آورند که بر حاصلخیزی خاک می‌افزایند.

آب ــ در خاک مرطوب، آب لایه نازکی روی دانه‌های خاک تشکیل می‌دهد (شکل ۸ــ۴). این لایه آب با نیروی چسبندگی آب، به ذرات خاک می‌چسبد.

تارهای کشندهٔ ریشه گیاهان در تماس نزدیک با ذرات خاک قرار می گیرند و لایه آب روی آنها را جذب می کنند. در واقع فشار اسمزی درون سلولهای لایه تارهای کشنده برتر از محیط خارج است و این تفاوت سبب می شود که آب به درون سلولهای این لایه کشیده شود.



شکل ۸ــ۴ــ لایه نازک آب، اطراف تار کشنده را فرا می‌گیرد. از این شکل چه نکات دیگری می‌آموزید؟

هوا ــ هوا فضای بین دانه های خاک را پر می کند . هر قدر دانه های خاک درشتتر باشد، فضاهای هوادار درون آن بزرگتر خواهند بود. هوای موجود در این فضاها، اکسیژن لازم را برای ریشه گیاهان و دیگر جانداران خاک تأمین می کند. درخاکهای پر از آب، این فضاها به وسیلهٔ آب اشغال می شود، در نتیجه ذخیره اکسیژن کاهش می یابد و در این شرایط ریشهٔ بسیاری از گیاهان دچار خفگی می شوند.

نمکهای کانی ــ نمکهای پتاسیم، آهن، منیزیم، فسفاتها، سولفاتها و نیتراتها به شکل محلول

در آب،درخاک وجود دارند. این املاح از ذرات سنگها و نیز در نتیجهٔ عمل باکتریها روی مواد آلی حاصل می‌شوند (چرخه مواد را در کتاب زیست شناسی سال دوم ببینید). این املاح عناصر لازم برای گیاه را تأمین می کنند.

موجودات زندهٔ خاک ــ انواع مختلفی از جانداران کوچک،نظیرکنه ها، حشرات، کرمها،نوزاد حشرات در خاک وجود دارند. همچنین در خاک موجودات میکروسکوپی مانند قارچها و باکتریها یافت می شوند. همهٔ این جانداران در ساختمان و خصوصیات خاک دخالت دارند. اما نقش باکتریها و قارچها از بقیه مهمتر است. چرا؟

انواع خاکها

خاک سنگین ــ خاک سنگین به نسبت زیادی رس دارد و به خاطر ریز بودن ذرات ، ورقهٔ نازک آب آنها را محکمتر از ذرات ماسه به هم می چسباند. این زمینها با گرفتن رطوبت چسبنده می شوند و کندن و شخم‌زدن آنها دشوار می شود. زمینهای سنگین وقتی خشک می‌شوند،کلوخهای سختی را به وجود می آورند که شکستن آنها مشکل است. چون فضای خالی کوچکی در بین ذرات این قبیل خاکها وجود دارد،مقدار هوای آنها کم است. همچنین وجود فضاهای کوچک قابلیت زهکشی این خاکها را کاهش می دهد.

خاک سنگین را می توان با افزودن گیاخاک و آهک و ماسه سبکتر کرد. آهک باعث می‌شود که ذرات رس با هم جمع شوند و فضاهای هوای بزرگتری در خاک پدید آید. گیاخاک و ماسه ساختمان دانه‌ای خاک را بهبود می بخشد.

خاک سبک ــ در خاک سبک مقدار ذرات ماسه بیشتر است . فضاهای بزرگ بین ذرات،جای بیشتری برای نفوذ هوا به وجود می آورند و سبب می شوند که آب به راحتی به درون خاک نفوذ کند. ذرات ماسه به راحتی از هم جدا می شوند،بنابراین کندن و شخم زدن این خاکها آسان است. معایب خاک سبک این است که زود خشک می شود و نمکهای آن به وسیله آب باران به آسانی شسته می شوند. با افزودن هوموس و مقداری رس به این خاکها قابلیت نگهداری آب بهبود می یابد و کمبود نمکهای آن جبران می شود.

خاک زراعتی ــ این خاک بهترین نوع خاک برای بیشتر کارهای کشاورزی است. این خاک به طور متعادل حاوی ذرات ماسه و رس است،مقدار گیاخاک آن زیاد بوده ، ساختمان دانه‌ای خوبی دارد.

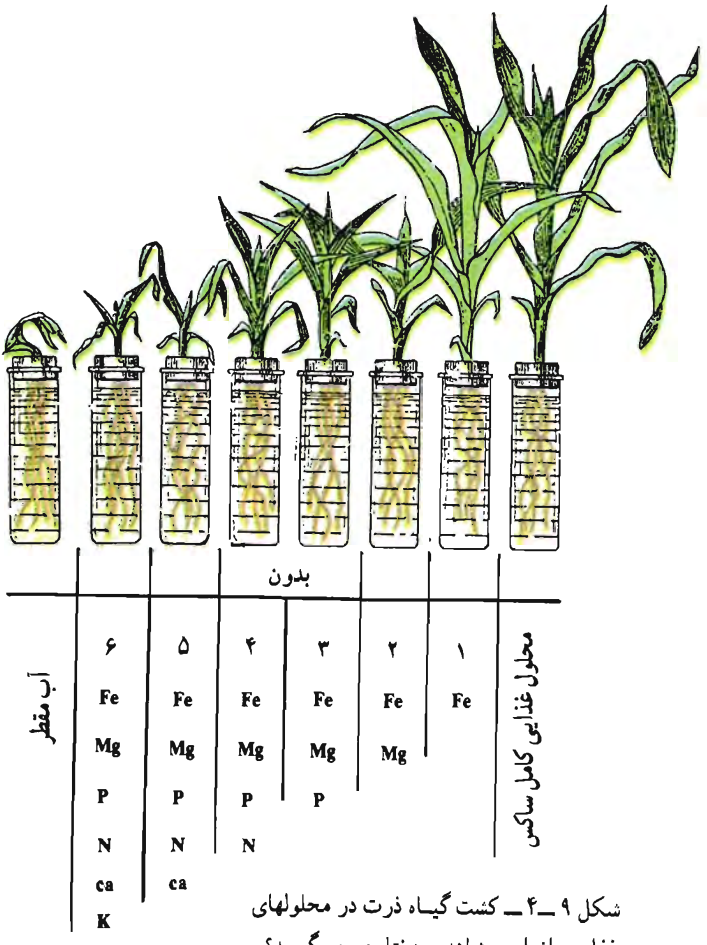
عناصر مورد نیاز گیاه

گفته شد که گیاه بسیاری از عناصر مورد نیاز خود را از خاک می‌گیرد، اما عناصر مورد نیاز گیاه کدامند؟ و نقش هر کدام چیست؟ از راههای متفاوتی می‌توان به نوع عناصر و ترکیب‌های مورد نیاز گیاه پی برد یکی از این راهها سوزاندن گیاه و جمع آوری گازهای متصاعد شده و خاکستر باقی مانده و تجزیهٔ عنصری آنهاست. همچنین به کمک معرفهای شیمیایی و وسایل فیزیکی می توان عناصر موجود در گیاه را معرفی کرد. هنگامی که می بینیم، نیتروژن یکی از عناصر سازندهٔ گیاه است، مرحلهٔ بعدی پی بردن به منابع مورد استفاده و چگونگی ورود این عنصر به درون گیاه است. در این روشها اگر چه به وجود و مقدار عناصر پی می بریم ولی مشخص نیست که یک عنصر به صورت چه ترکیبی در گیاه وجود دارد و به چه صورت وارد گیاه شده و اهمیت فیزیولوژیکی آن چه اندازه است.

روش دیگری که می تواند مکمل روشهای یاد شده باشد، تهیهٔ محیط های غذایی ساختگی است. در این روش گیاه مشخصی را در محیط ساختگی با ترکیب معین پرورش می دهند و وزن گیاه حاصل را در واحد زمان اندازه می گیرند و بهترین محیط کشت را برای پرورش آن گیاه معلوم می‌دارند (شکل ۹ـ۴). همچنین می‌توان با کم کردن و افزایش بعضی از مواد در محیط کشت، درجهٔ اهمیت آن ماده را در رشد و نمو گیاه مورد ارزیابی قرار داد. در کشاورزی نیز از همین روش استفاده می کنند، بدین ترتیب که با انتخاب دو قطعه زمین مشابه و اضافه کردن یک ماده مشخص به یکی از آنها، اهمیت آن ماده را در رشد و نمو گیاهان آن قطعه با مقایسه با قطعهٔ دیگر معلوم می دارند.

گیاهان می‌توانند طی فرایند فتوسنتز از آب و دی اکسید کربن عناصری مانند هیدروژن، اکسیژن و کربن به دست آورند. گیاهان همچنین به بسیاری از عناصر دیگر نیاز دارند که بایستی از محیط خودجذب کنند. به طور کلی از ۹۲ عنصری که در پوستهٔ جامد زمین یافت می‌شوند بیش از ۶۰ عنصر را در گیاهان شناخته‌اند، اما باید توجه داشت که همهٔ این عناصر برای گیاه ارزش فیزیولوژیکی یکسانی ندارند . عناصری هستند که نبودن آنها درگیاه، خسارات عمده‌ای به وجود می آورد و برخی دیگر در تغذیهٔ گیاه نقشی ندارند. همچنین زیادی یک عنصر در گیاه بیانگر میزان اهمیت آن نیست زیرا عناصری به مقدار بسیار کم یافت می شوند که در تغذیهٔ گیاه نقش بسیار مهمی دارند.

فیزیولوژیستها عناصر ضروری برای گیاه را برحسب مقدار آنها در محیط کشت به دو گروه عناصر **کم مقدار** (مانند آهن، مس، روی، بُر، منگنز، وانادیم، کبالت، مولیبدن) و عناصر



شکل ۹ ــ۴ــ کشت گیاه ذرت در محلولهای غذایی. از این مشاهده چه نتایجی می‌گیرید؟

پرمقدار (کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتررژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، فسفر و کلر و در مواردی سیلیسیم و سدیم) تقسیم می کنند. این تقسیم بندی تا حدودی قرار دادی بوده و مرز مشخصی بین این دو گروه وجود ندارد. هردو گروه برای زندگی گیاه ضروری هستند،چه مقدار آنها کم و چه فراوان باشد.

اصلاح خاک

عواملی از قبیل فرسایش،انحلال و برداشت محصول موجب کم شدن مواد غذایی قابل جذب در خاک زراعتی می شوند.

فرسایش در زمینهای شیب دار تحت اثر آبهای جاری و باد صورت می گیرد و در نتیجهٔ آن مقداری از مواد خاک از نقاط مرتفع به جلگه ها منتقل می شود. آبهای فرو رو بعضی ترکیبات محلول نظیر نیتراتها را در خود حل کرده و از سطح زمین به عمق زمین و یا به نقاط دیگر منتقل می کنند. سرانجام برداشت سالانهٔ محصول بیش از دو عامل دیگر در فقر خاک نقش دارد. البته با برگرداندن برگها، ساقه ها و سایر اندامهای گیاهی به خاک می توان تا حدی کمبودهای خاک را جبران کرد. راه دیگر افزودن کود به زمین است که به توضیح آن خواهیم پرداخت.

برای اصلاح خاک زراعتی از کود دادن و روش تناوب کشت استفاده می شود.

کودها

کودها مواد متفاوتی هستند که برای جبران عناصر از دست رفته، به خاک افزوده می‌شوند. کودها انواع مختلف دارند و عبارتند از کودهای: طبیعی، شیمیایی و مرکب.

کودهای آلی یا طبیعی ــ این کودها از بقایای گیاهان و جانوران حاصل می‌آیند اما بلافاصله مورد استفادهٔ گیاهان قرار نمی گیرند بلکه به تدریج طی فرایند شیمیایی تجزیه شده موجبات حاصلخیزی خاک را فراهم می کنند. چون ترکیب کودهای طبیعی نزدیک به ساختار عنصری گیاهان است، استفاده از آنها ساده تر و خسارات ناشی از زیاده روی در مصرف آنها به‌نسبت کمتر است. کودهای آلی انرژی مورد نیاز جانداران میکروسکوپی خاک را تأمین کرده و از اینرو موجبات تحول خاک را فراهم می نمایند. این کودها باعث بالا رفتن مقدار نمکهای خاک، سرعت جذب مواد در ریشه و بالا رفتن کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. برای مثال؛ این کودها، خاکهای رسی و سنگین را نرم و خاکهای ماسه‌ای را چسبنده می سازند. بهترین کودهای طبیعی، اجساد گیاهان و جانوران، فضولات جانوران و انسان و بقایای پوسیدهٔ گیاهان (خاک برگ) است.

کودهای کانی یا شیمیایی ــ با توجه به کمبودهای خاک و نیازهای واقعی کشت، املاح مختلفی را به خاک اضافه می کنند. اگر چه این کودها برخلاف کودهای طبیعی آلودگی ندارند ولی در مقدار مصرف آنها بایستی دقت بیشتری مبذول داشت. به عنوان مثال؛ فراوانی کودهای نیتروژنی موجب پایین آمدن نسبت $\frac{\text{کربن}}{\text{نیتروژن}}$ می‌شود، میزان گلدهی پایین می‌آید و استقامت گیاه در نتیجهٔ کم شدن تولید سلولز و چوب کاهش می‌یابد.

کودهای شیمیایی را به سه گروه کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسی تقسیم می‌کنند (جدول

۱ ــ ۴). در مورد مصرف کودهای شیمیایی بعضی نکات را باید رعایت کرد. نخست آنکه نباید در مصرف آنها زیاده‌روی شود. اگر در تقویت خاک فقط از کودهای شیمیایی استفاده شود، ممکن است ساختمان دانه‌ای خاک خراب شود (چرا؟) چنین خاکی تحت اثر وزش باد به راحتی از جای کنده می شود. دوم آنکه برای افزودن کود شیمیایی به خاک باید زمان مناسب را انتخاب کرد. از آنجا که کودهای نیتراتی و نیتروآمونیاکی به وسیلهٔ آب شسته شده و به بخشهای عمیق خاک

جدول ۱ ــ ۴

نوع کود	مثالها
کودهای نیتروژنی	سولفات آمونیوم ــ کلرورآمونیوم ــ کودهای نیتراتی
کودهای فسفری	سوپر فسفات ــ فسفات‌تری‌کلسیک ــ فسفات مضاعف کلسیم‌و سدیم
کودهای پتاسی	کلروپتاسیم ــ سولفات پتاسیم ــ کلرور منیزیم و پتاسیم

برده می شوند، بهتر است بعد از کشت مصرف شوند، اما کودهای فسفری و پتاسی چون مدت طولانی در خاک باقی می‌مانند مصرف آنها قبل از کشت مانعی ندارد.

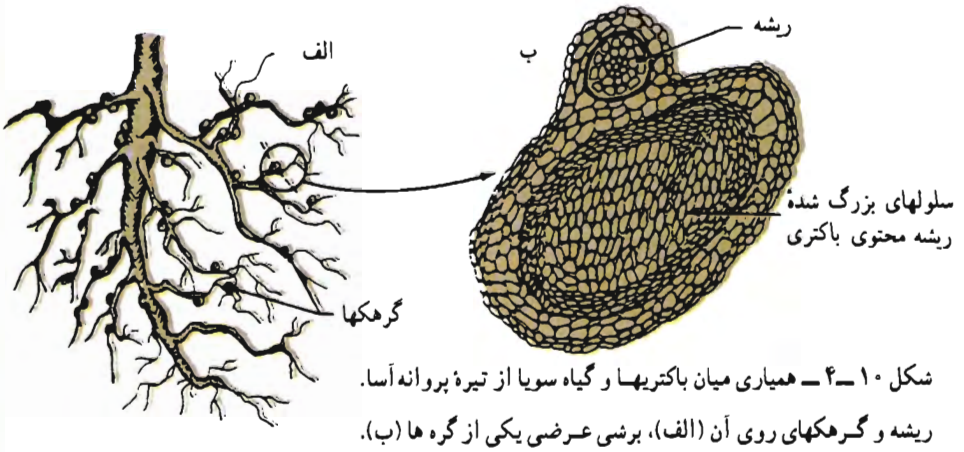
کود مرکب ــ این کود شامل نسبت مشخصی از کودهای آلی و کانی است. به عنوان نمونه، چنانچه مقداری کاه را با کود نیتروژنی اوره (به ازای هرصدکیلوگرم کاه، دوکیلوگرم اوره) مخلوط کرده و مدت چند ماه در زیر خاک نگه داریم، کود مرکب حاصل می آید.

تناوب کشت

محصولات کشاورزی متفاوت ، نیازهای گوناگونی دارند. برای مثال، در کشت گوجه فرنگی و سیب‌زمینی مقدار فراوانی پتاسیم مصرف می کنند. با کاشتن گیاهان متفاوت در سالهای مختلف در یک زمین از کاسته شدن یک دسته به خصوص ازکانیها جلوگیری می‌شود. گیاهان تیره نخود از قبیل لوبیا و شبدر، به‌خاطر داشتن باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن در گرهکهای ریشه، نیتروژن از دست رفتهٔ خاک را جبران می کنند (شکل ۱۰ــ۴).

این باکتریها که ریزوبیوم نام دارند، از طریق تارهای کشنده وارد گیاه شده، در سلولهای مخصوصی جایگزین می‌شوند و به‌سرعت تکثیر می‌یابند. این باکتریها در این حالت قادرند نیتروژن آزاد محیط را گرفته و به کمک ترکیبات آلی که از گیاه می گیرند، پروتئین بسازند. ریشه این گیاهان پس ازمرگ آنها باعث افزایش ترکیبات نیتروژنی خاک می‌شود. بنابراین می‌توان از این گیاهان در تناوب کشت استفاده کرد.

تناوب کشت، شانس ابتلا به بیماریها را در گیاهان کاهش می دهد. برای مثال هرگاه در



شکل ۱۰ ــ ۴ ــ همیاری میان باکتریها و گیاه سویا از تیرهٔ پروانه‌آسا.
ریشه و گرهکهای روی آن (الف)، برشی عرضی یکی از گره ها (ب).

یک مزرعه مکرراً سیب زمینی کاشته شود، جمعیت قارچهایی که موجب بیماری زنگ سیب‌زمینی می‌شوند ، افزایش می‌یابد . حال اگر چند سالی کشت سیب زمینی متوقف شود ، احتمال ابتلاء سیب زمینیهایی که بعد کاشته می‌شوند،کاهش خواهد یافت .

پرسش و خود آزمایی

۱ ــ قسمت عمده آبی که به وسیله ریشه جذب می شود چه سرنوشتی دارد؟
۲ ــ آب چگونه باعث تردی و استحکام اندامهای گیاهان علفی می شود؟
۳ ــ تعرق چگونه باعث صعود شیرهٔ خام در آوندهای چوبی است؟
۴ ــ علت پیدایش حباب هوا در آوندهای چوبی کدام است؟
۵ ــ یک آزمایش طراحی کنید که اثر فشار ریشه‌ای را در صعود شیره خام ثابت کند.
۶ ــ چه عواملی در صعود شیره خام اخلال می کنند؟
۷ ــ اگر حلقهٔ کاسپاری در اطراف سلولهای آندودرمی وجود نمی‌داشت، چه مشکلی برای گیاهان به‌وجود می‌آمد؟
۸ ــ روزنه‌های هوایی چگونه بازوبسته می‌شوند؟
۹ ــ چرا دمای خیلی زیاد شدت تعرق را کاهش می‌دهد؟
۱۰ ــ گیاهان نواحی خشک برای جلوگیری از تعرق شدید چه نوع سازگاریهایی به‌دست آورده‌اند؟
۱۱ ــ چرا غیر از پدیدهٔ انتشار، عوامل دیگر را در انتقال شیرهٔ پرورده مؤثر می‌دانند؟
۱۲ ــ گیاخاک چگونه خاک را اصلاح می کند؟
۱۳ ــ چگونه نقش فیزیولوژیکی عناصر را در گیاه تعیین می کنند؟
۱۴ ــ اهمیت همزیستی میان باکتریهای موجود در گرهکهای ریشهٔ گیاهان تیره‌نخود را بیان کنید.

۵

متابولیسم

سلولهای بدن جانداران برای تأمین انرژی لازم برای ادامهٔ زندگی، مولکولهای غذایی را تجزیه می کنند و انرژی حاصل از این تجزیه در مولکولهای مخصوصی که به اختصار ATP نامیده‌ایم، اندوخته می‌شود. سپس در موقع نیاز مولکولهای ATP تجزیه و انرژی اندوخته‌ای را آزاد می‌سازند. به کمک این انرژی مولکولهای جدید و مورد نیاز در سلول ساخته می‌شوند. این عمل سلول را **ماده‌سازی** می‌گویند که به رشد سلول منجر می‌شود. به مجموعهٔ این واکنشهای شیمیایی پیوسته که ضمن آن انرژی ذخیره، آزاد یا تبدیل می‌شود، **متابولیسم**(سوخت و ساز) می‌گویند مهمترین فرایند زیستی که ضمن آن انرژی لازم برای اعمال حیاتی همهٔ جانداران به دام می‌افتد و ذخیره می‌شود **فتوسنتز** نام دارد که موضوع اصلی این فصل است. موضوع دیگری که در این فصل با آن آشنا می‌شوید **تنفس** است که شامل واکنشهای انرژی زا در درون سلولهاست.

فتوسنتز

امروزه حدود ۹۰ درصد از انرژی لازم برای وسایل نقلیه، کارخانه‌ها، هزاران وسیلهٔ الکتریکی، کامپیوتر و وسایل ارتباطی، مستقیم یا غیرمستقیم، از زغال سنگ و نفت و گاز تأمین می‌شود. انرژی موجود در نفت، گاز و زغال سنگ میلیونها سال پیش به وسیله گیاهان اولیه از نور خورشید گرفته شده و به صورت مواد آلی در آنها ذخیره و سپس در طول میلیونها سال، طی فرایندهایی به انرژی موجود در سوختهای فسیلی تبدیل گردیده است.

انرژی مصرفی در صنایع مختلف یادشده نسبت به انرژی مورد نیاز جانداران روی زمین

بسیار کم اهمیّت به نظر می‌رسد. هرسلول زنده، برای رشد، تولیدمثل، فعالیتهای فیزیکی و انجام واکنشهای شیمیایی به انرژی نیاز دارد و تأمین کنندگان این انرژی، جانداران فتوسنتز کننده‌اند. به‌علاوه اکسیژن لازم برای فرایندهای آزاد سازی انرژی در سلولها نیز در نتیجهٔ فرایند فتوسنتز به‌وجود می‌آید. بنابراین انرژی و اکسیژن لازم برای فعالیتهای زیستی جانداران از جمله انسان از راه فتوسنتز تأمین می‌شود.

فتوسنتز فرایند انرژی اندوزی است که در حضور نور در جانداران سبزینه‌دار رخ می‌دهد. ضمن این فرایند انرژی نور خورشید به دام می افتد و در مولکولهای قند، که از ترکیب CO_2 و H_2O حاصل می آیند، ذخیره می‌شود. وقتی در کلروپلاستها آب و دی‌اکسید کربن با هم ترکیب می‌شوند، قند حاصل می‌آید و اکسیژن به عنوان یک مادهٔ دفعی آزاد و وارد جو می‌شود. فرایند را می‌توان به اختصار این گونه نشان داد:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{انرژی نوری} \xrightarrow[\text{آنزیم}]{\text{کلروفیل}} \underset{\text{قند (گلوکز)}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2$$

فرایند فتوسنتز در کلروپلاستها صورت می‌گیرد و برای انجام آن دی‌اکسیدکربن، آب و نور مورد نیازند. چنانکه کلروپلاستها را سالم از درون سلول بیرون آورده و در شرایط مناسب قرار دهند، فرایند فتوسنتز انجام می‌گیرد و فراورده‌های حاصل از آن تولید می‌شود.

دی‌اکسید کربن ــ مقدار این گاز در جو به طور متوسط حدود ۰/۰۳ درصد است. این گاز از طریق روزنه های هوایی وارد برگ می‌شود، سپس در لایه نازک آبی که دیواره سلولهای میانبرگ را فراگرفته حل و از طریق انتشار وارد سلولها می‌شود و به کلروپلاستها می‌رسد.

مقدار دی‌اکسید کربنی که به‌طور دایم در طول روز به‌وسیله همه گیاهان سبز از جو گرفته می‌شود بسیار زیاد است. برای مثال ۱۰،۰۰۰ بوته‌ذرت که در یک جریب زمین کاشته شده‌اند در فصل رشد بیش از ۲۵۰۰ کیلوگرم کربن در خود ذخیره می‌کنند. برای تأمین این مقدار کربن حدود ۱۱ تن دی‌اکسید کربن لازم است.

دی‌اکسید کربن مصرف شده در فتوسنتز، کربن و اکسیژن موجود در ساختمان قند را تأمین می‌کند.

آب ــ کمتر از ۱٪ از آبی که گیاه جذب می کند در فتوسنتز مصرف می‌شود و بقیه تبخیر و یا در تورژسانس و فعالیتهای زیستی دیگر سلولها به کار می‌رود. با آنکه در دی‌اکسید کربن هم اکسیژن وجود دارد، اما اکسیژنی که در فتوسنتز از گیاه دفع می شود از تجزیهٔ آب حاصل می‌آید. این کار به کمک ایزوتوپ سنگین اکسیژن ($^{18}O_2$) به عنوان ردیاب نشان داده شد. به‌این ترتیب که

اگر در آزمایشی روی جلبکها، از آبی استفاده کنیم که به جای اکسیژن معمولی (O_2^{16}) ایزوتوپ سنگین اکسیژن (O_2^{18}) در خود داشته باشد. پس از انجام واکنشهای فتوسنتز، اکسیژن سنگین آزاد می‌شود.

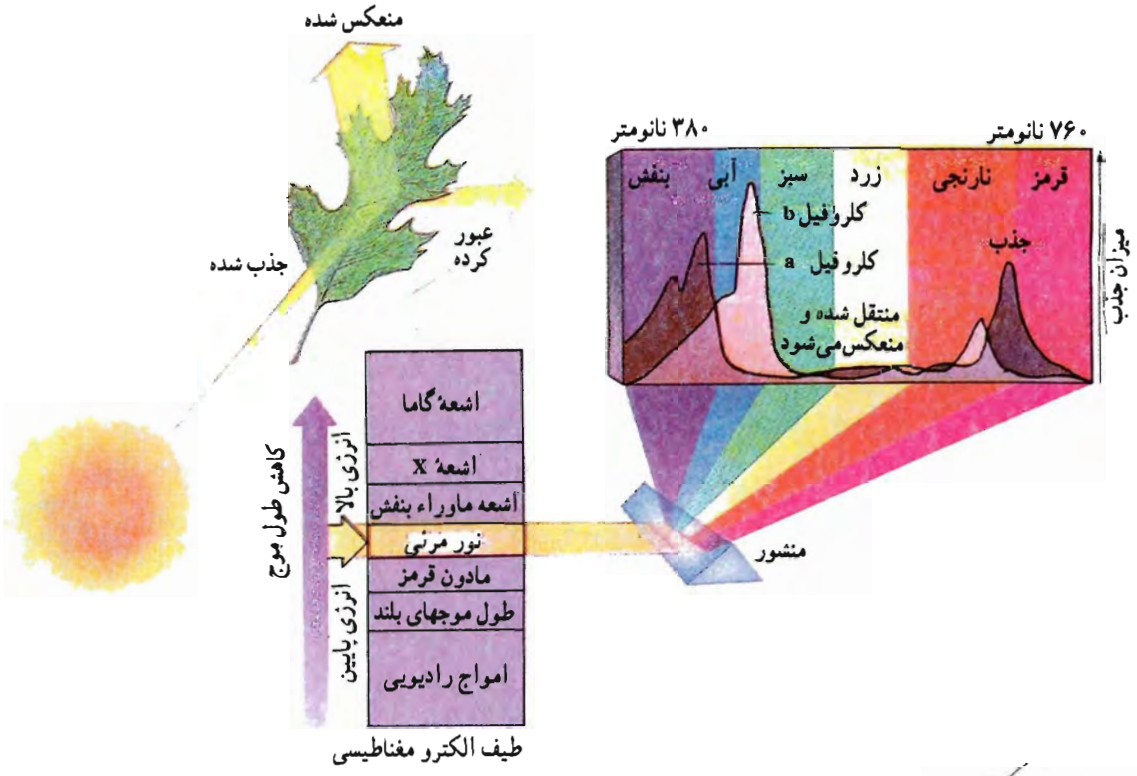
$$6CO_2^{16} + 12H_2O^{18} \xrightarrow{\text{نور و گیاه سبز}} C_6H_{12}O_6^{16} + 6O_2^{18} + 6H_2O^{16}$$

هرگاه مقدار آب در محیط کم باشد، می‌تواند به طور غیرمستقیم برمیزان فتوسنتز اثر بگذارد، زیرا در محیط خشک روزنه‌ها بسته می‌شوند و تأمین دی‌اکسید کربن مختل می شود.

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

رنگیزه‌های برگ قدرت جذب برخی از پرتوهای نور سفید خورشید را دارا هستند. برای نشان دادن این موضوع بین منبع نور و منشور شیشه‌ای، برگ یا محلول الکلی کلروفیل را قرار می‌دهیم. در این حالت بعضی از پرتوهای نور به‌وسیله برگ یا محلول الکلی کلروفیل جذب می‌شود و به جای آنها نوارهای تیره‌ای در مناطق مربوط به آن پرتوها به‌وجود می‌آید. تیرگی این نوارها به میزان جذب هر پرتو نوری بستگی دارد . این نوارها بین ۶۵۰ تا ۷۴۰ و بین ۳۹۰ تا ۵۰۰ نانومتر (هر نانومتر یک هزارم میکرون است)، قرار دارد. از این آزمایش نتیجه می‌شود که برگ یا محلول الکلی کلروفیل تنها می‌تواند این پرتوها را که مربوط به رنگهای قرمز، آبی، نیلی و بنفش است، جذب کند (شکل ۱ ــ ۵).

پس از جذب بعضی از پرتوهای نور خورشید به‌ویژه پرتوهای قرمز به وسیلهٔ رنگیزهٔ کلروفیل واکنشی در مولکولهای آن به وجود می‌آید که به آن واکنش فتوشیمیایی گویند بدین معنی که پس از جذب انرژی فوتونها به وسیلهٔ کلروفیل، یکی از الکترونهای مولکول آن به مدار بالاتر یعنی به سطح انرژی بالاتری منتقل می‌شود. چنین مولکولی را مولکول تحریک شده



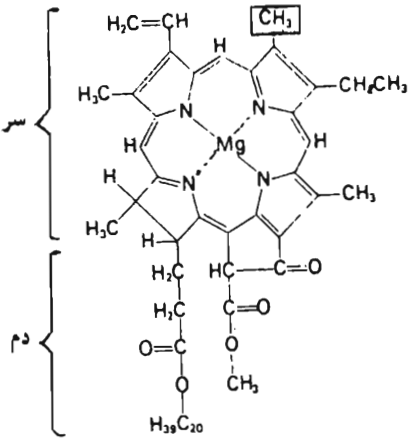
شکل ۱ ــ ۵ ــ طیف امواج الکترو مغناطیسی، نورهای مرئی و طیف جذبی کلروفیلهای a و b.

می‌گوییم. این مولکولها بسیار ناپایدارند و به سرعت انرژی دستاوردی را از دست می‌دهند و به وضع پایدار اولیه باز می‌گردند. این انرژی ممکن است به صورت گرما، نور یا فلوئورسانس، از دست برود ولی در فرایند فتوسنتز این انرژی در واکنشهای شیمیایی یعنی واکنشهای نقل و انتقال الکترون شرکت می‌کند و نتیجهٔ آن ذخیرهٔ این انرژی به‌صورت انرژی شیمیایی در مواد آلی است.

کلروفیل ــ چند نوع کلروفیل شناخته شده است که در همه آنها یک اتم منیزیوم 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 روشن و کلروفیل b سبز متمایل به زرد است. به طور معمول مقدار کلروفیل a در کلروپلاست، سه برابر مقدار کلروفیل b است. کلروفیل b و رنگیزه‌های دیگر، انرژی نور جذب شده را به کلروفیل a منتقل می کنند. این امر سبب می‌شود که فتوسنتز در طیف وسیعتری از نور صورت گیرد. در بعضی جلبکها، کلروفیل b وجود ندارد و به عوض آن کلروفیل c یا d دیده می‌شود.

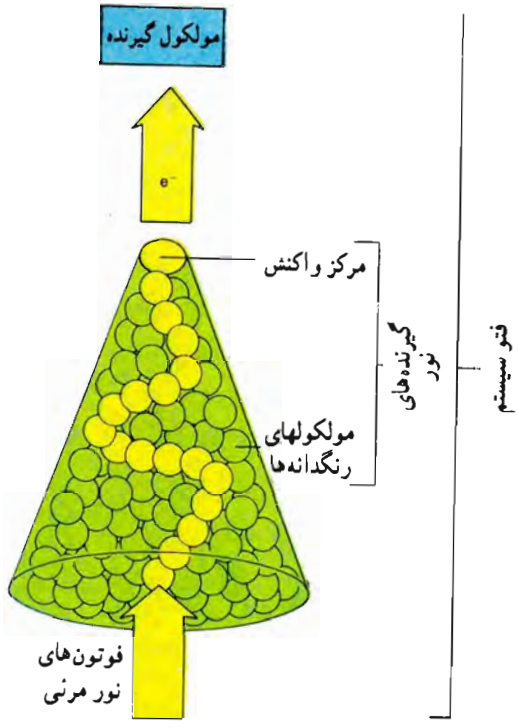
ساختار شیمیایی کلروفیل a شامل یک حلقه و یک دم است. در مرکز حلقه که سر مولکول به حساب می‌آید اتم منیزیم جای دارد. اتم منیزیم قسمتی است که تحت تأثیر نور الکترون آزاد می‌کند. ساختار کلروفیل b همانند کلروفیل a است و تنها به جای CH_3 در حلقه سر $-CHO$ دارد.



شکل ۲ ــ ۵ ــ کلروفیل a .

رنگیزه‌های دیگری که همراه کلروفیل یافت می‌شوند عبارتند از **کاروتنوئیدها** و **فیکوبیلین‌ها**. از کاروتنوئیدها، **کاروتن** (به رنگ نارنجی) و **گزانتوفیل** (به رنگ زرد) معروفند. فیکوبیلین‌ها انواع مختلفی دارند و مسئول پیدایش رنگهای گوناگون در جلبکها هستند.

فتوسیستمهاـ 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 به نام **فتوسیستم** به‌وجود می‌آورند. فتوسیستم‌ها محل به دام 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. دو فتوسیستم وجود دارد، **فتوسیستم ۱** و **فتوسیستم ۲**. فتوسیستم ۱ با طول موج ۷۰۰ نانومتر و فتوسیستم ۲ با طول موج ۶۸۰ نانومتر عمل می‌کند، به‌همین مناسبت آنها را به اختصار به صورت $P_{۷۰۰}$ (فتوسیستم ۱) و $P_{۶۸۰}$ (فتوسیستم ۲) نشان می‌دهند. در هر یک از تیلاکوئیدها صدها عدد از هر نوع فتوسیستم وجود دارد، آیا می‌توانید تعداد آنها را در برگهای یک گیاه حدس بزنید؟ (شکل ۳ ــ ۵).



شکل ۳ ــ ۵ ــ اجزای سازنده یک فتوسیستم

واکنشهای شیمیایی فتوسنتز

یک دسته از واکنشهای فتوسنتز در حضور نور انجام می‌شوند. اینها را **واکنشهای وابسته به نور** (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.

واکنشهای شیمیایی وابسته به نور (واکنشهای روشنایی) ــ در این واکنشها، در اثر برخورد فوتونها به مولکول کلروفیل a ، الکترونهای پر انرژی آزاد می‌شوند. الکترونهای پرانرژی به وسیلهٔ مولکولهای پروتئینی ویژه‌ای به نام **مولکولهای پذیرندهٔ الکترون** و مولکولهای پروتئینی دیگری به نام **مولکولهای ناقل الکترون** دست به‌دست می‌شوند. **سیتوکرومها** (پروتئینهای آهن‌دار) از انواع ناقلین الکترون هستند. روند واکنشهای نوری را می‌توان به شرح زیر به طور ساده بیان کرد.

۱ ــ واکنشها از فتوسیستم ۲ آغاز می‌شوند. وقتی فتوسیستم ۲ انرژی نوری خورشید را

دریافت می‌دارد، الکترونها در مولکولهای کلروفیل a چنان پر انرژی می‌شوند، که این مولکول را ترک می‌کنند. اما کمبود الکترون کلروفیل a به وسیله کدام ماده تأمین می‌شود؟ این ماده آب است که با یونیزاسیون خود الکترون تولید می‌کند. عمل تجزیه آب در حضور نور را **فتولیز** گویند.

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

۲ ــ الکترونهایی که ازفتوسیستم ۲ خارج می‌شوند،به مولکولهای پذیرنده الکترون انتقال می‌یابند و از آنجا به زنجیره‌ای از مولکولهای ناقل الکترون که اغلب از نوع سیتوکروم هستند، وارد می‌شوند. الکترونهایی که وارد سیستم انتقال الکترون می‌شوند، دارای انرژی زیادی هستند و وقتی از آخرین ناقل الکترون خارج می‌شوند، انرژی کمی دارند. وقتی الکترون از یک سیتوکروم وارد سیتوکروم دیگر می‌شود، انرژی خود را از دست می‌دهد تا به کمک آن مولکول ATP ساخته شود.

$$ADP + P_i + \text{انرژی} \rightarrow ATP$$

۳ ــ کلروفیل a در مرکز فتوسیستم ۱ الکترونهای آزاد شده از سیستم ناقل الکترون را دریافت می‌دارد. با برخورد انرژی خورشید به این فتوسیستم، الکترونها مجدداً به بالاترین سطح انرژی خود می‌رسند و از این فتوسیستم خارج می‌شوند و به پذیرنده الکترون می‌روند و به وسیله این پذیرنده به مولکولی به‌نام NADP[1] انتقال می‌یابند، مولکول NADP، یونهای هیدروژن حاصل از تجزیهٔ آب را نیز دریافت می‌کند و طبق واکنش زیر به $NADPH_2$ تبدیل می‌شود.

$$NADP + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NADPH_2$$

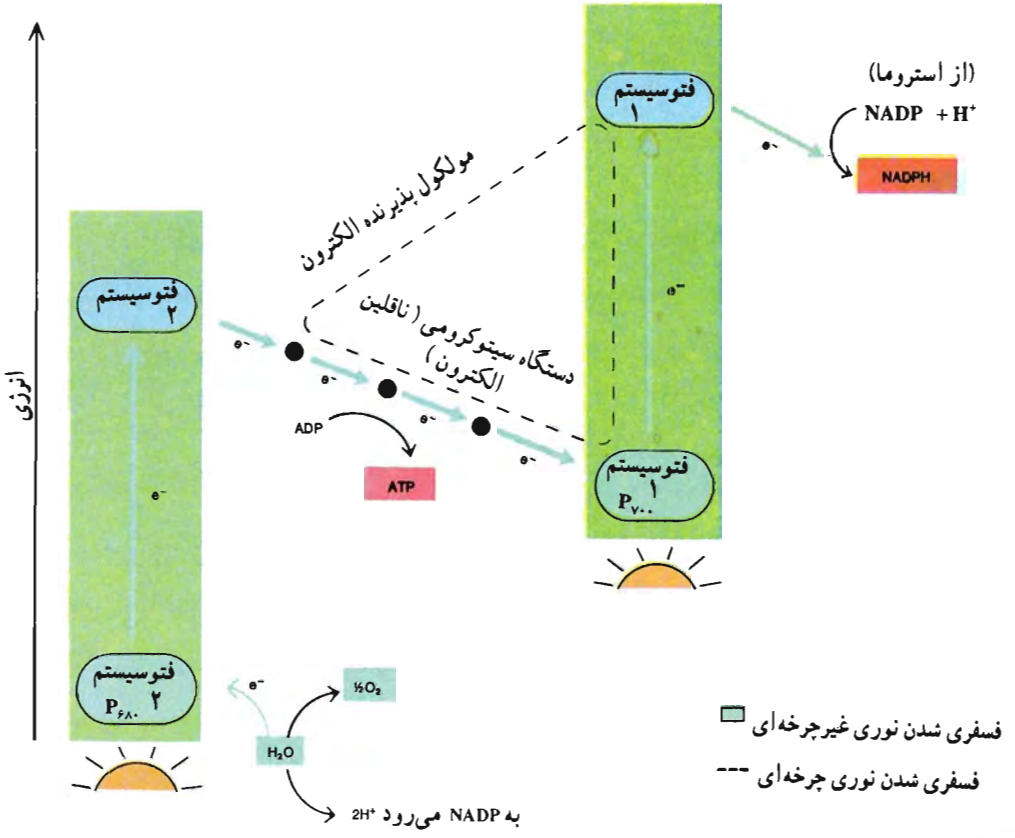
وقایع فوق را **فسفری شدن نوری** به طریق **غیر چرخه‌ای** می‌نامند. زیرا الکترونهای جدا شده از مولکول آب در یک مسیر حرکت کرده و به مولکول NADP می‌رسند. و ضمن این انتقال ATP ساخته می‌شود.

نتیجه آن که در فسفری شدن نوری به طریقه غیر چرخه‌ای، ATP، $NADPH_2$ و O_2 به‌وجود می‌آید و اکسیژن دفع می‌شود. $NADPH_2$ در استرومای کلروپلاست دی‌اکسیدکربن را احیاء می‌کند و ATP انرژی لازم را برای واکنشهای تاریکی تأمین می‌کند.

فسفری شدن نوری به طریقه **چرخه‌ای** نیز انجام می‌شود. زیرا با تابش نور به فتوسیستم ۱ از آن الکترونهایی جدا می‌شوند که پس از گذشتن از زنجیرهٔ انتقال الکترون دوباره به همین فتوسیستم برمی‌گردند. در این مسیر که در شکل با نقطه چین مشخص شده، فقط ATP حاصل می‌شود (شکل ۴ ــ ۵).

---

۱ ــ NADP اصطلاح خلاصه‌شده‌ای برای ماده‌ای به نام نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات است.



شکل ۴ ــ ۵ ــ طرح ساده واکنشهای وابسته به نور

ممکن است تصور کنید انتقال چرخه‌ای الکترون عملی غیرضروری است، زیرا ATP کمی تولید می‌کند و در آن آب یونیزه نمی‌شود. اما این چرخه در جای خود با اهمیت است. وقتی CO_2 محیط به حدی کم باشد که هیدرات کربن ساخته نشود، این چرخه به کار می‌افتد. در این حالت همه NADP موجود در گیاه به صورت $NADPH_2$ درآمده است و NADP آزاد برای گرفتن الکترون وجود ندارد. در این صورت الکترونهای آزاد شده از فتوسیستم ۱ به کجا باید بروند؟ آنها ضمن انتقال چرخه‌ای به خود فتوسیستم ۱ برمی‌گردند. بنابراین انتقال چرخه‌ای الکترون مانند دریچه اطمینانی است که در نبود انتقال غیرچرخه‌ای، مؤثر واقع می‌شود وATP تولید می‌کند.

واکنش‌های مستقل از نور ــ این واکنشها به طور مستقیم به نور وابسته نیستند. در این مرحله CO_2 احیاء و اولین ترکیبات آلی ساخته می‌شوند. برای احیاء دی‌اکسیدکربن هیدروژن و

انرژی لازم است. آیا منبع این هیدروژن و انرژی را می‌شناسید؟

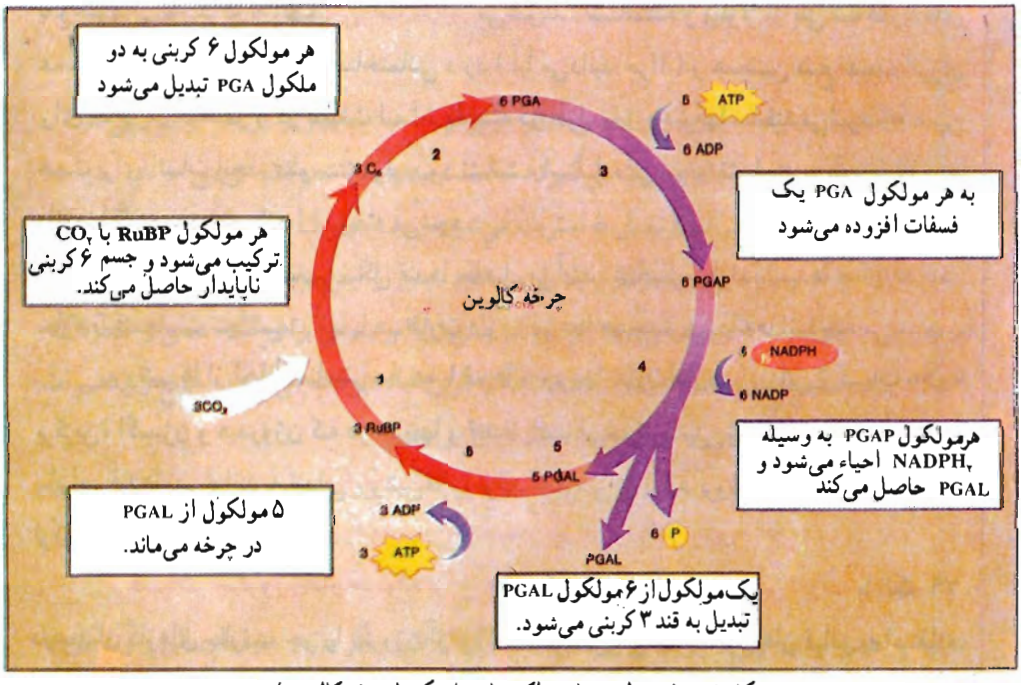
چرخه کالوین ــ احیاء دی‌اکسیدکربن طی یک سری واکنشها به نام چرخه کلوین[1]، در درون استرومای کلروپلاستها صورت می‌گیرند. این واکنشها به صورت چرخه‌ای صورت می‌گیرد و شامل مراحل زیر است:

۱ ــ ابتدا یک مولکول دی‌اکسیدکربن با یک مولکول قند ۵ کربنیِ دو فسفاته (به اختصار RuBP)[2] ترکیب می‌شود و مولکولی ۶ کربنی و ناپایدار پدید می‌آورد.

۲ ــ هر مولکول ۶ کربنی به زودی به دو مولکول ماده ۳ کربنیِ یک فسفاته به نام اسید فسفوگلیسریک (به اختصار PGA) تبدیل می‌شود.

۳ ــ آنگاه به ازاء هر مولکول PGA یک مولکول ATP مصرف می‌شود. نتیجه این واکنش تولید PGAP است که نسبت به PGA یک گروه فسفات بیشتر دارد.

۴ ــ مولکولهای PGAP با مصرف هیدروژنهای $NADPH_2$ احیاء می‌شوند وبا آزاد کردن



شکل ۵ ــ ۵ ــ طرح ساده واکنشهای تاریکی (چرخه کالوین)

---

۱ ــ ملوین کالوین آمریکایی در سال ۱۹۶۱ به خاطر شناخت این واکنشها جایزه نوبل را دریافت کرد.

۲ ــ Ribulose bisphosphate

دستگاه، تعیین می‌شود. طبق قانون دوم ترمودینامیک تبدیل انرژی در هیچ دستگاهی صددرصد نیست، یعنی همه انرژی داده شده به یک دستگاه به انرژی قابل استفاده تبدیل نمی‌شود، در واقع هیچ تبدیلی در انرژی صورت نمی‌گیرد مگر این که همراه آن مقداری از انرژی به صورت گرما هدر رود. براین اساس از کل انرژی خورشیدی که به برگ می تابد حدود ۰/۵ ـ ۳/۵ درصد، در انجام فرایند فتوسنتز مصرف و به صورت انرژی شیمیایی نهفته در مواد آلی مانند هیدراتهای کربن اندوخته می‌شود و بقیه آن به صورتهای مختلف مانند بازتابش، گرما، تبخیر و غیره هدر می‌رود. با توجه به میزان استاندارد بازده در موتورهای معمولی، می‌بینیم که این بازده بسیار پایین است اما باید به خاطر داشته باشیم که انرژی خورشید همیشگی و بسیارعظیم است ودر مجموع با همین بازده کم انرژی لازم برای همهٔ کنشهای زیستی در روی زمین فراهم می‌شود. به‌علاوه فیزیولوژیستها کوشش دارند که این بازده را از طریق برقراری شرایط بهینه برای فتوسنتز بالا ببرند و در این راه موفقیتهای چشمگیری نیز به‌دست آمده است.

فتوسنتز در گیاهان تیره گل ناز

در فصل گذشته اشاره کردیم که روزنه‌های بسیاری گیاهان در روز باز و شب هنگام بسته می‌شوند. اما بعضی گیاهان گوشتی که برای زیستن در محیطهای بسیار خشک سازش یافته‌اند برعکس بیشتر گیاهان در روز، یعنی هنگامی که در اثر هوای بسیار گرم خطر تبخیر شدید آب و خشکی گیاه وجود دارد، روزنه‌های خود را می‌بندند.

در اینجا ممکن است از خود بپرسیم چنین گیاهانی در روز با روزنه‌های بسته خود چگونه CO_2 مورد نیاز را که برای فتوسنتز نیاز دارند تأمین می‌کنند. پاسخ این پرسش در سوخت و ساز غیر عادی این گونه گیاهان است.

شب هنگام، که روزنه‌ها باز هستند CO_2 آزادانه از میان روزنه‌ها وارد برگ می‌شود و به سلولهای میانبرگ می‌رسد و در آنجا اسیدهای آلی (اسیدمالیک و اسید اسپارتیک) تولید می‌کند. این اسیدها سپس در واکوئلهای سلولهای میانبرگ انباشته می‌شوند.

با روشن شدن هوا و بسته شدن روزنه‌ها این اسیدهای آلی شروع به تجزیه شدن می‌کنند و CO_2 آزاد می‌سازند. این CO_2 درون فضای بسته برگ پخش می‌شود و مورد استفادهٔ سلولهای فتوسنتز کننده قرار می‌گیرد.

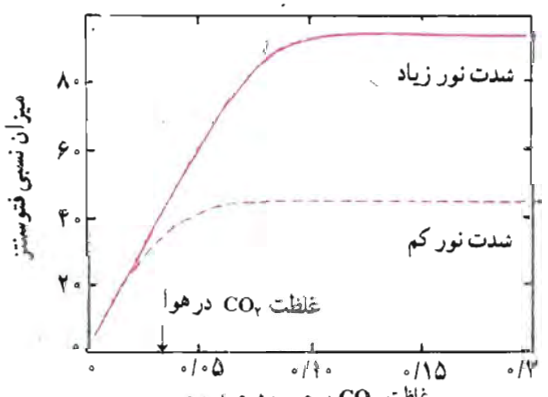
این روش علاوه بر گیاهان تیره گل ناز در بعضی گیاهان دیگر نیز دیده شده است.

عوامل مؤثر بر شدت فتوسنتز

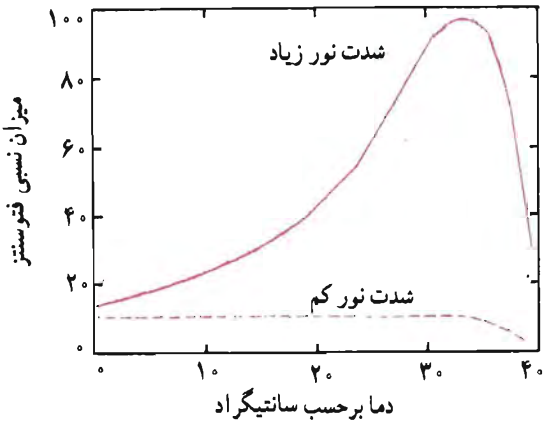
شدت فتوسنتز را از میزان اکسیژنی که در واحد زمان از گیاه متصاعد می شود و یا از میزان دی‌اکسیدکربنی که در واحد زمان جذب گیاه می‌شود، محاسبه می‌کنند. عوامل درونی و عوامل بیرونی در شدت فتوسنتز مؤثرند.

عوامل درونی ــ مهمترین عوامل درونی عبارتند از : نوع ساختار برگ و محتوی کلروفیلی آن، انباشتگی فراورده‌های فتوسنتزی در درون سلولهای حاوی کلروفیل، تأثیر سیتوپلاسم از نظر وجود آنزیمهای ضروری جهت انجام واکنشها و سن اندامهای فتوسنتزکننده. به‌علت تفاوتی که اندامهای فتوسنتزکنندهٔ گیاهان با یکدیگر دارند، چنانچه شرایط خارجی برای آنها کاملاً یکسان باشند، باز هم شدت فتوسنتز در آنها متفاوت خواهد بود.

عوامل برونی ــ این عوامل عبارتند از غلظت CO_2، که افزایش آن به ویژه چنانچه شدت‌نور زیاد باشد بر شدت فتوسنتز می افزاید (شکل ۶ ــ ۵). اثر شدت و کیفیت نور بر گیاهان متفاوت است. گیاهان را از نظر بردباری نسبت به کمیّت نور به سه گروه آفتاب خواه، سایه‌خواه و گیاهانی که به حد متوسطی از شدت نور نیازمندند تقسیم می‌کنند. چون در فرایند فتوسنتز آنزیمهای متعددی شرکت می کنند و در اصل، واکنشها از نوع بیوشیمیایی هستند، دما تأثیر عمده‌ای در شدت فتوسنتز دارد. افزایش دما همراه با افزایش شدت روشنایی بر میزان فتوسنتز می‌افزاید (شکل ۷ ــ ۵). از عوامل بیرونی دیگر می‌توان از آب و میزان مواد کانی در خاک نام برد زیرا با مطالعهٔ نقش آب در واکنشها و با توجه به فرمول کلروفیل و عناصر شرکت کننده در آن نقش عناصر کانی معلوم می‌شود. برای مثال، گیاهانی که دچار کمبود نیتروژن، منیزیم و آهن هستند، برگهای رنگ پریده دارند و در این برگها شدت فتوسنتز پایین است.



شکل ۶ ــ ۵ ــ تأثیر غلظت CO_2 بر میزان فتوسنتز. منحنی را تفسیر کنید.



شکل ۷ ــ ۵ ــ تأثیر دما برمیزان فتوسنتز. به طوری که ملاحظه می‌شود در شدتهای نورکم، دما تأثیری بر فتوسنتز ندارد. در صورتی کـه در شدتهای نـور زیـاد میزان فتوسنتز تحت تأثیر شدت گرما است.

تنفس

گیاهان و سایر جانداران موقعی می‌توانند به زنـدگی ادامه دهند که قدرت تجزیهٔ مولکولهای پیچیدهٔ موادآلی (غذا) و استفاده از انرژی اندوختـه شده در آنها را دارا باشند. عمل اکسیداسیون مواد آلی کـه منتهی به آزاد شـدن انرژی می‌شود مـستلزم 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 می کنید تنفس واقعی یعنی واکنشهای شیمیایی اساسـی که منجربه شکسته شدن مولکولهای مواد آلی و رها شـدن انرژی می‌شـود در درون سـلولهـا انجـام می‌پذیـرد و مـا از آنهـا به عنوان تنفس سلولی نام می‌بریم. بنابراین در برابر فرایند فتوسنتز که به ساخته شدن موادْ آلی منتهی می شود ، فرایند تنفس قراردارد که طی آن مولکولهای حاصل ازعمل فتوسنتزشکسته‌وانرژی‌آزادشده ازآنها صرف فعالیتهای حیاتی مانند ساختن برخی از مواد، جذب و جابه‌جایی مواد محلول و جنبشهای سیتوپلاسمی می‌شود.

در این بخش، مسائلی ازتنفس که ویژهٔ فرمانروی گیاهان است مورد توجه قرار می‌گیرد.

در گیاهان اندامهای ویژه‌ای جهت رساندن اکسیژن به سلولها و انتقال دی‌اکسیدکربن حاصل

از تنفس آنها به خارج، وجود ندارد. تبادل گازها از راه روزنه‌ها، روزنه‌ها و عدسکها انجام می‌پذیرد. در بین سلولهای تشکیل دهندهٔ اندامهای گیاه وجود حفرات کوچک و بزرگ، اتاقکهای زیر روزنه‌ای و سلولهای کروی با حفرات فراوان در زیر عدسکها موجب می‌شوند که تبادلات گازی در گیاه به‌سهولت انجام شود. گازهای حاصل از فرایند تنفس و فتوسنتز برحسب قوانین انتشار گازها بین اندامهای گیاه و محیط خارج مبادله می‌گردد. در ریشه‌ها نیز عمل تنفس با استفاده از هوای موجود بین ذرات خاک انجام می‌شود. چنانچه برای مدت طولانی فضاهای موجود بین ذرات خاک از آب پر شود (آبیاری زیاد) بسیاری از گیاهان دچار خفگی ریشه شده و آثار آن پس از مدتی در بخش هوایی ظاهر می‌شود. از جملهٔ این آثار بی‌رنگ شدن شاخه و برگهای نورسته، ریزش اندامهای تولیدمثلی و توقف در رشد گیاه است. در عده‌ای از گیاهان مردابی انشعاباتی از ریشه به خارج از آب آمده تشکیل اندامهای تنفسی به‌نام **شُش ریشه‌ها** را می‌دهند که برای تبادل هوا کمک مؤثری به‌شمار می‌آیند.

شدت تنفس

مقدار اکسیژن جذب شده و یا دی‌اکسید کربن 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 به مصرف می‌رسد و آب و CO_2 تولید می‌شود، در صورتی که در فتوسنتز آب و CO_2 به مصرف می رسد و اکسیژن و کربوهیدراتها به‌وجود می‌آیند.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \underset{\text{فتوسنتز}}{\overset{\text{تنفس}}{\rightleftharpoons}} 6CO_2 + 6H_2O$$

شواهد مختلف نشان می‌دهد که بخشی از دی‌اکسید کربن دفع شده در عمل تنفس در فرایند فتوسنتز مورد استفاده قرار می گیرد و بخشی از اکسیژن آزاد شده در فتوسنتز، در تنفس مصرف می‌شود. در نور کم شدت این دو فرایند برابر می‌شود و در نتیجه همهٔ O_2 تولید شده صرف تنفس می‌شود و همهٔ CO_2 به وجود آمده، در فتوسنتز مورد مصرف قرار می گیرد. شدت نوری که در آن، این چنین موازنه‌ای برقرار می‌شود **نقطه جبران** نام دارد.

تعریف نقطه جبران

اگر شدت تنفس را در گیاه در تاریکی اندازه‌گیرند، میزان اکسیژن جذب شده بیانگر شدت تنفس است. حال اگر شدت فتوسنتز همین گیاه در روشنایی را بخواهیم از مقدار اکسیژن آزاد

نحوهٔ اندازه‌گیری شدت تنفس

شده معلوم کنیم، چون مقداری از آن در تنفس به کار رفته، عدد حاصل نمی‌تواند نمایانگر شدت فتوسنتز باشد مگر آنکه مقدار اکسیژنی که در تنفس مصرف کرده به آن بیفزاییم. به‌طورکلی باید توجه **داشت که گیاهانی که تحت تأثیر روشنایی کافی قرار دارند میزان اکسیژن رها شده از آنها بین ۵ تا ۱۰ برابر میزان اکسیژن مصرف شده در تنفس است. در نتیجه، گیاهان با وجودی که خود تنفس می کنند منبع تولید اکسیژن و کارخانهٔ بزرگ مصرف CO_2 در طبیعت هستند.**

شدت تنفس در گیاهان مختلف و در یک گیاه برحسب اندامهای مختلف متفاوت است ولی در **هرحال در مقایسه با تنفس جانوران خونگرم، تنفس در گیاهان بسیار ضعیف است. در اندامهای در حال رشد و جوان و در دانه‌های در حال رویش میزان تنفس بالا است. همچنین در گلهای در حال باز شدن و به‌ویژه در اندامهای تولید مثلی تنفس شدید است.**

اثر عوامل درونی و برونی در تنفس

فیزیولوژیستها در پاسخ به اینکه آیا میزان تنفس گیاه در تاریکی و در روشنایی نسبت به هم متفاوت است یا خیر آزمایشهای متعددی انجام داده‌اند، تا اینکه اخیراً مشخص گردید که در بعضی از گیاهان، روشنایی محرک افزایش تنفس است، به این پدیده تنفس نوری گفته می‌شود. فرایند تنفس به شدت، تحت تأثیر دمای محیط است زیرا که در مراحل مختلف تجزیهٔ قند، آنزیمهایی دست‌اندر کارند و واکنشهای شیمیایی متعددی انجام می‌شود که همگی تحت تأثیر دمای محیط قرار دارند. افزایش اکسیژن محیط نیز موجب افزایش شدت تنفس است. به‌طوری که در صفحات قبل دیدیم شدت تنفس برحسب سن و نوع اندامهای مختلف گیاه متفاوت است. افزایش رطوبت به ویژه در دانه‌ها عامل بسیار مهمی در افزایش تنفس و در افزایش فعالیتهای گیاه است.

کسر تنفسی

اگر گازهای تنفسی گیاه را به‌طور دقیق بررسی کنیم می‌بینیم که معمولاً حجم دی‌اکسید کربن 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 می شود را مشخص می‌سازد.

در صورت تجزیه هیدراتهای کربن این کسر برابر یک می‌شود.

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

$$\frac{6CO_2}{6O_2} = 1$$

درتجزیهٔ مواد لیپیدی کسر تنفسی کمتر از یک می‌شود.

$$C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2 \longrightarrow 57CO_2 + 52H_2O$$

$$\frac{57CO_2}{80O_2} = 0/7$$

در تجزیهٔ مواد پروتئینی نیز کسر تنفسی معمولاً کمتر از یک است.

در شکستن مولکول اسیدمالیک کسر تنفسی از یک بیشتر خواهد بود.

$$C_4H_6O_5 + 3O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 3H_2O$$

$$\frac{4CO_2}{3O_2} = 1/33$$

گرما در گیاهان

درفرایند تنفس بخشی از انرژی حاصل صرف کارهای حیاتی گیاه و بخشی دیگر دراندامهای مختلف اندوخته می‌شود (چگونه؟) همچنین درنتیجهٔ این واکنشها مقداری انرژی به صورت گرما از گیاه خارج می شود. .گرمای حاصل برحسب مراحل مختلف رویش گیاه و نوع اندام بسیار متفاوت است. بیشترین حد آن در هنگام جوانه زدن و در هنگام تولید اندامهای زایشی‌است. هنگامی که دانه‌های در حال جوانه زدن و یا گلهای در حال تشکیل مجتمع باشند، گرمای حاصل محسوس‌تر و مشخص‌تر است. اگر درون گل شیپوری که مجموع گلها بر روی محوری قرار گرفته و به وسیله برگهٔ بزرگی احاطه شده، دماسنجی را وارد کنیم نسبت به دمای خارج چند درجه افزایش نشان می‌دهد. به‌طوری که حتی بدون به کار بردن دماسنج با وارد کردن انگشت، بالا بودن درجهٔ دما را می توانیم به خوبی احساس کنیم.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ فرض کنید آب مصرفی در فتوسنتز دارای اکسیژن ۱۸ باشد. در این صورت واکنش کلی فتوسنتز را بنویسید و نشان دهید که اکسیژن دفع شده از آب حاصل می‌آید.

۲ ــ به‌طور خلاصه محصولات انتقال غیرچرخه‌ای الکترون را معرفی کنید و نقش هرکدام را بگویید.

۳ ــ احیای نیترات و نیتریفیکاسیون چه تفاوتی با هم دارند؟

۴ ــ چرا با مصرف دایمی نیتروژن، مقدار این عنصر در خاک تقریباً ثابت باقی می‌ماند؟

۵ ــ چگونه می توان بازدهٔ فتوسنتز را افزایش داد؟(بحث کنید)

۶ ــ عوامل درونی مؤثر برشدت تنفس در گیاه کدامند؟

۷ ــ برای نشان دادن اثرات مقدار CO_2 بر شدت فتوسنتز کدام پارامترها را باید کنترل کرد؟

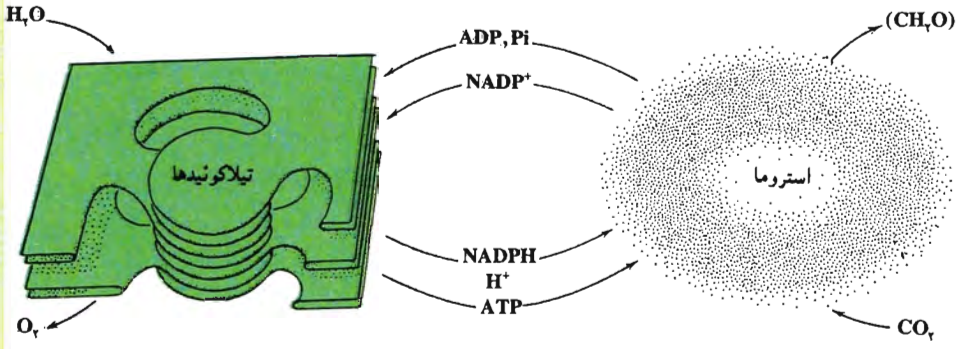
۸ ــ این اصطلاحات را تعریف کنید: نقطه جبران، شدت تنفس، کسرتنفس، شش ریشه.

۹ ــ چرا الکترون رسیده به فتوسیستم ۱ سطح انرژی پایین دارد؟

۱۰ ــ چگونه پروتئینها، در گیاه سنتز می‌شوند؟

۱۱ ــ قسمت عمدهٔ آلدئید فسفو گلیسریک به کدام ماده تبدیل می‌شود؟ چرا؟

۱۲ ــ با توجه به طرح زیر آنچه را می‌فهمید بیان کنید.



۶

تنظیم شیمیایی در گیاهان

گیاهان علاوه بر ساختن مواد غذایی طی فرایند فتوسنتز، کانون ساخت مواد ویژه‌ای هستند که تنظیم کننده، ارتباط دهنده و هماهنگ کنندهٔ فعالیت سلولها در بخشهای مختلف گیاه هستند.

این مواد موجبات تنظیم رشد ریشه، ساقه، برگ، جوانه‌ها و همچنین زمان گل‌دهی، رویش دانه، افتادن برگها، میوه‌ها و سایر فعالیتهای زیستی را فراهم می‌آورند. عمدهٔ این مواد شیمیایی **هورمونهای گیاهی** نامیده می‌شوند.

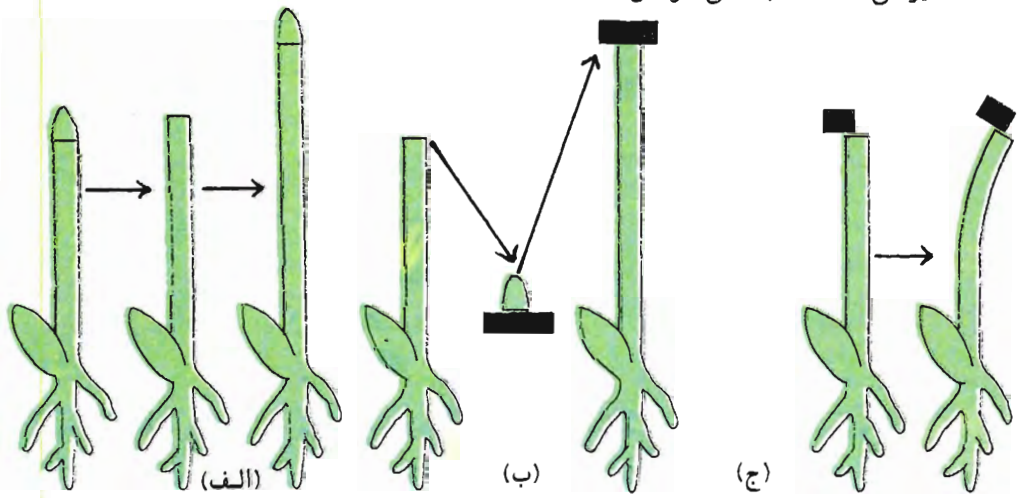
هورمونهای گیاهی شناخته شده با فراوانی بیشتر در بخشهایی مانند مریستمهای نوک ساقه و ریشه، جوانه‌ها، برگهای جوان و دانه‌ها یا میوه‌ها که فعالانه در حال رشد هستند، وجود دارند. بافتهای مریستمی که به طور عمده هورمون‌سازی می‌کنند، برای این کار تخصص حاصل کرده‌اند. اما این تخصص یافتگی درحد تخصص یافتگی غده های هورمون‌ساز جانورانِ نیست، در واقع در گیاهان غدد ترشحی درون‌ریز با اعمال آنچنان اختصاصی مانند آنچه در جانوران وجود دارد، دیده نمی‌شود. در مطالعه هورمونها، جایگاه عمل آنها بسیار مورد توجه است. این جایگاه نقاطی درسطح یادرون سلولهای ویژهٔ یک گیاه است که به‌آنها سلولهای هدف گفته می‌شود و موقعی یک هورمون بر سلول مؤثر خواهد بود که جایگاه پذیرشی در آن سلول داشته باشد.

برخی هورمونها بر رشد اثر تحریک‌کننده دارند. عمده‌ترین اینها عبارتند از: **اکسین‌ها**، **سیتوکینین‌ها** و **جیبرلین‌ها**. برخی دیگر جلوگیرنده رشد گیاه‌اند مانند آبسیزین (اسیدآبسیزیک) و اتیلن.

بر هم کنش هورمونها موجب متعادل شدن رشد اندامهای گیاه می‌شود. لازم به ذکر است که علاوه بر هورمونهای یاد شده، ترکیبات شیمیایی دیگری مانند برخی امینواسیدها و ویتامینها اثراتی مشابه هورمونها دارند.

اکسین‌ها

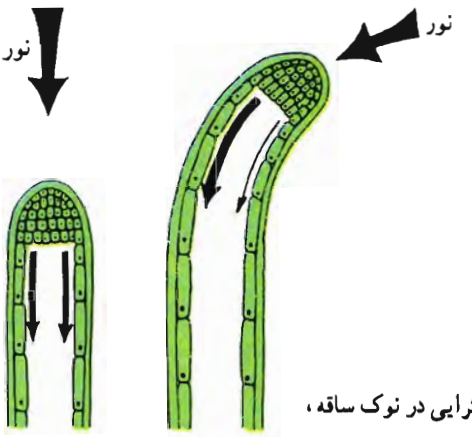
در سال ۱۸۸۱ چارلزداروین زیست‌شناس انگلیسی و فرزندش متوجه شدند که **کولئوپتیل** گیاهان تیرهٔ غلات (غلافی که ساقهٔ نورسته این گیاهان را دربرمی‌گیرند) به سمت نور یک جانبه خم می‌شود. آنها دریافتند که با پوشاندن نوک کولئوپتیل به وسیله یک جسم کدر، این خمیدگی حاصل نمی‌شود. در سال ۱۹۲۶ یک فیزیولوژیست، هلندی به نام «**فریتس وِنت**» تحقیقات داروین را دنبال کرد. او نوک کولئوپتیلهای جُو دو سر را قطع کرد و آنها را بر روی مقداری آگار (ماده ژلاتین مانندی که از جلبکهای قرمز به دست می‌آید) پهن شده، قرار داد. پس از چند ساعت نوک کولئوپتیلها را برداشت و آگار را به صورت مکعبهای بسیار کوچک برش داد. سپس قطعات کوچک آگار را مطابق شکل ۱ ــ ۶ بر روی سطح برش کولئوپتیلهای نوک بریده قرار داد. او مشاهده کرد، هرگاه قطعه آگار تمامی سطح برش را بپوشاند، رشد کولئوپتیل به طور قائم انجام می‌شود. اما اگر قطعه آگار در یک سمت سطح برش قرار گیرد، کولئوپتیل به سمت دیگر خم خواهد شد. او از این آزمایشها نتیجه گرفت که از نوک کولئوپتیلها ماده‌ای ترشح شده و وارد آگار می‌شود و این ماده مسئول خمیدگی در این اندامهاست. ونت این ماده را **اکسین** نامید (از لغت یونانی Auxein به معنی افزایش دادن).



شکل ۱ ــ ۶ ــ آزمایش روی کولئوپتیل جو دو سر: رأس ساقه جدا و دو مرتبه در سر جایش قرار داده شده است و رشد ادامه می‌یابد (الف) ــ اکسین به درون قطعه آگار نفوذ می‌کند. (ب) ــ قطعه‌ای از آگار در یک سمت نوک ساقه قرار داده شده است. نتیجه چیست؟ (ج)

شما ممکن است خم شدن شاخه‌های گیاه گلدانی را به سمت نوری که از پنجره می‌تابد دیده باشید. تجربه بهتر وقتی است که مردم ظرف دانه‌های گندم سبز شده عیدنوروز را در مقابل پنجره قرار می‌دهند. در این صورت همهٔ کولئوپتیلها به سمت نور خم خواهند شد. گرایش ساقهٔ گیاهان به سمت نور یک جانبه را نورگرایی یا **فتوتروپیسم**[1] مثبت می‌گویند. علت نورگرایی مثبت در ساقه را چنین توضیح می‌دهند:

تابش نور یک طرفه سبب می‌شود که اکسین ساخته شده در نوک ساقه، کمی پایین‌تر از نوک، در سمت نور ندیده جمع شود. این عمل باعث می شود که سلولهای سمت نور ندیده نسبت به سمت نور دیده بیشتر رشد کنند و در نتیجه ساقه به سمت نور خم شود (شکل ۲ ــ ۶).



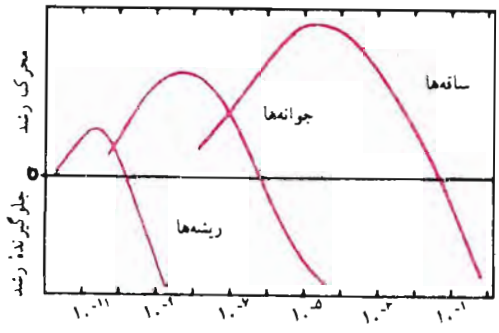
شکل ۲ ـ ۶ ـ نورگرایی در نوک ساقه، شکل را توضیح دهید.

اکسین علاوه بر افزایش رشد طولی سلولها بر فعالیتهای دیگر گیاه نیز اثر دارد. اکسین ریشه‌زایی را تقویت می‌کند. بنابراین در تولید ریشه بر روی قلمه‌هایی که در آنها ریشه‌زایی به سختی صورت می‌گیرد، از اکسین استفاده می‌شود. جوانهٔ انتهایی ساقه با مقدار زیاد اکسین سریع رشد کرده، تا مدتی از رشد عده‌ای از جوانه‌های کناری جلوگیری می‌کند. بنابراین رشد شاخه‌ها تا حدودی تحت کنترل اکسین جوانه انتهایی است. اکسین موجود در پهنک برگ موجب دوام برگ می‌شود و از ریزش آن جلوگیری می‌کند. اکسین گرچه تشکیل گل را به تأخیر می‌اندازد، اما در مواردی موجب تحریک رشد تخمدان و تبدیل آن به میوه می‌شود. این امر موجب شده که در مواردی از اکسین در تولید میوه‌های بی‌دانه استفاده شود. برای این کار از

۱ـ گرایش = Tropism + نور = Photo

گرده‌افشانی جلوگیری به‌عمل می‌آورند و تخمدان را تحت تأثیر اکسین قرار می‌دهند. در این‌حالت تخمدان بدون انجام لقاح تبدیل به میوه بی‌دانه می‌شود.

اکنون معلوم شده که ماده‌ای به نام **اسید اندول استیک** (IAA) تنها اکسین طبیعی فعال است و سایر اسیدهای آلی که نظیر اکسین عمل می‌کنند، به اسید اندول استیک تبدیل می‌شوند. امروزه اسید اندول استیک و بقیه اسیدهای آلی که همانند آن اثر می‌کنند به طور مصنوعی ساخته و در کشاورزی به کار گرفته می‌شوند. برای مثال باغبانان، اکسین را بر روی درختان میوه می‌پاشند تا تولید میوه درآنها به طور یکنواخت انجام شود. اکسین با مقادیر متفاوت بر روی ساقه، ریشه و جوانه‌ها اثر می‌کند. هرگاه مقدار اکسین از حد مورد نیاز بیشتر یا کمتر باشد بر روی اندامهای یاد شده اثر نخواهد کرد. برای مثال اکسین به مقدار بسیار ناچیز باعث رشد ریشه و به‌مقدار زیاد سبب توقف رشد ریشه می‌شود. اکسین مورد نیاز برای رشد جوانه‌ها بیشتراز ریشه و برای رشد ساقه، بیشتر از جوانه‌هاست (شکل ۳ــ۶).



شکل ۳ ــ ۶ ــ اثر غلظت‌های مختلف اکسین بر رشد ریشه‌ها، جوانه‌ها و ساقه‌ها

سیتوکینین‌ها

در سال ۱۹۶۴ در آلبومن شیری نارگیل و ذرت موادی شناخته شد که بر رشد گیاهان اثر مثبت داشتند. این مواد را سیتوکینین نامیدند سیتوکینین‌ها گروهی از ترکیبات طبیعی در گیاهان هستند که به‌ویژه **فرایند تقسیم** سلولها را تشدید می‌کنند.

سیتوکینین ها علاوه بر تقسیم سلولها، بر طویل شدن آنها نیز اثر دارند. این مواد به طور کلی در تمام مراحل رشد گیاهان از رویش دانه تا تشکیل گل و میوه مؤثرند. سیتوکینین‌ها پیرشدن و ریزش برگها را به تعویق می‌اندازند. به همین مناسبت هرگاه بر روی برگهای مسن محلول رقیق سیتوکینین بپاشیم دوام آنها بیشتر خواهد شد و موجبات سنتز کلروفیل در آنها فراهم می‌آید.

جیبرلین‌ها

در سال ۱۹۲۶ دانشمندان ژاپنی نوعی بیماری را در گیاه برنج گزارش دادند که در آن طول بوته دوبرابر طول بوته معمولی می‌شد. بوته‌های بیمار ضعیف بودند و دانه تولید نمی‌کردند. آنها دریافتند که این عوارض در نتیجه آلوده شدن برنج به نوعی قارچ به نام **جیبرلا** است. سپس مادهٔ مؤثر در این قارچ را شناسایی کردند و آن را **جیبرلین** یا **اسیدجیبرلیک** نامیدند.

جیبرلین نه تنها در قارچها یافت می‌شود، بلکه دهها ترکیب مشابه آن را از گونه‌های مختلف گیاهی به دست آورده و یا به طور مصنوعی ساخته‌اند. امروزه جیبرلینها گروه بزرگی را تشکیل می‌دهند که شامل بیش از چهل نوع ماده مختلف می‌شود. جیبرلینها در ریشه، جوانهٔ انتهایی ساقه، جوانهٔ گل و رویان دانه‌های در حال رشد وجود دارند.

جیبرلینها به طور کلی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه از رویش دانه تا تشکیل میوه مؤثرند. همان‌طور که درباره برنج گفته شد، جیبرلین موجب رشد طولی ساقه به ویژه ساقهٔ گیاهان کوتاه قد(پاکوتاه) مانند ذرت، نخود و لوبیای پاکوتاه می‌شود ولی روی انواع پابلند آنها تأثیر چندانی ندارد. بعضی گیاهان مانند کلم دوساله‌اند و در سال دوم گل می‌دهند. هرگاه بر روی گیاه کلم جیبرلین بپاشیم علاوه بر آنکه بسیار طویل می‌شود در سال اوّل گل می‌دهد. بنابراین جیبرلین بر زمان گل‌دهی نیز اثر دارد. جیبرلین موجب بیداری جوانه‌ها و دانه‌های در حال خواب می‌شود. این مواد برخلاف اکسین از ریشه‌زایی جلوگیری می‌کنند و مانع تشکیل ریشه بر روی قلمه‌ها می‌شوند.

(الف) (ب)

شکل ۴ ــ ۶ ــ اثر هورمون جیبرلین در افزایش طول گیاه کلم. رشد گیاه در حالت طبیعی (الف) و بعد از افزودن جیبرلین (ب).

هورمونهای بازدارنده

آبسیزین (اسیدآبسیزیک) و اتیلن بر رشد و نمو اندامهای گیاهی اثر بازدارنده دارند آبسیزین درپلاستها از تغییرکاروتنوئیدها به‌وجود می‌آید. با آنکه می‌توان آن را درهمه‌اندامهای گیاهی یافت، اما به طور ویژه در دیوارهٔ میوه‌های آبدار وجود دارد و از رویش دانه‌ها در داخل میوه جلوگیری به عمل می‌آورد.

اسید آبسیزیک و مشتقات آن در اغلب موارد نقش بازدارندگی داشته و مخالف هورمونهایی که تاکنون خوانده‌اید، عمل می‌کنند. این هورمون موجب ریزش برگها و میوه‌ها شده و به طور عموم از رشد سلولها جلوگیری به عمل می‌آورد، به همین مناسبت از آن به عنوان **هورمون پیری** یاد می‌شود. آبسیزین موجب بسته شدن روزنه‌های هوایی و کاهش عمل تعرق می‌شود و موجبات مقاومت گیاه در برابر کم آبی را فراهم می‌آورد. جلوگیری از تشکیل گل، به‌خواب انداختن جوانه‌ها و دانه‌ها از جمله اثرات دیگر آبسیزین هستند. به همین مناسبت برای به‌تعویق انداختن زمان گل‌دهی می‌توان از آن استفاده کرد.

گاز اتیلن در اغلب موارد عملی همانند آبسیزین دارد. این گاز موجب ریزش برگ، میوه و القاء خواب در جوانه‌ها و دانه‌ها می‌شود. نقش مثبت اتیلن زودرس کردن میوه‌های نارس است. به‌همین مناسبت از این گاز استفاده تجارتی وسیعی می‌شود. برای مثال موزهای سبزرنگ و نرسیده را در این گاز قرار می‌دهند تا زرد و رسیده شوند. همچنین با پیچیدن میوه‌هایی نظیر هلو و گلابی در داخل کاغذ، از خروج گاز اتیلن جلوگیری به عمل می‌آورند و به رسیدن این میوه‌ها سرعت می‌بخشند.

برهم کُنش هورمونهای گیاهی

از مقایسه اسید جیبرلیک، اکسین و سیتوکینین با اسید آبسیزیک و اتیلن نتیجه می‌شود که در بسیاری از موارد این دو گروه عملی مخالف یکدیگر دارند. برای مثال اسید آبسیزیک برخلاف جیبرلین جلوگیرندهٔ رشد و جوانه زدن و محرک خفتگی جوانه‌ها است. همچنین در برگها اسید آبسیزیک موجب ریزش و سیتوکینین موجب دوام آنها می‌شود. در مواردی نشان داده‌اند که فعالیت اسید جیبرلیک درحضور اکسین صورت می‌گیرد، برای مثال درگیاهانی که منابع تولیداکسین (جوانهٔ انتهایی و برگهای جوان و یا نوک کولئوپتیل) آنها را برداشته‌ایم جیبرلین بررشد ساقه بی‌تأثیر است. بنابراین نتیجه می‌شود که رشد و نمو در گیاه حاصل وجود تعادل میان هورمونهاست.

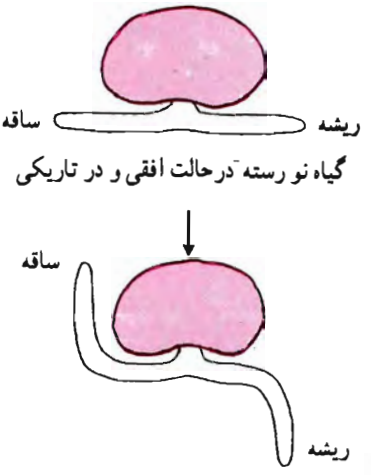
جنبش‌های گیاهی

از گروه خزه‌ها تا گیاهان تکامل یافته، همه در زیستگاه خود ثابت هستند و در ظاهر حرکت محسوسی ندارند ولی با توجه بیشتر و به کمک وسایل مختلف، می‌توان حرکاتی را در آنها به خوبی تشخیص داد. به طور کلی جنبشهای گیاهی به دو گروه فعال و غیر فعال قابل تقسیم هستند. برای مثال، جابه‌جایی سیتوپلاسم و ضمایم درون آن که در سلول همهٔ جانداران کم و بیش وجود دارد و **سیکلوز** نامیده می‌شود، از نوع فعال بوده و بستگی به حیات سلولها دارد. همچنین حرکت سلولهای جنسی نر در خزه‌ها، نهانزادان آوندی و گروهی از بازدانگان، جنبشهایی مانند خمش ساقه و ریشه، جنبشهای برگ، باز و بسته شدن گلها و حرکات دورانی انتهای بعضی از ساقه‌ها از نوع فعالند. در صورتی که جابه‌جایی دانه‌های گرده، اسپور و بذر اگرچه نقش عمده‌ای در توزیع و گسترش گیاهان دارد از نوع غیرفعال بوده و به توسط عوامل خارجی مانند جانوران، باد، آب و غیره انجام می‌شود. همچنین جنبشهایی مانند باز شدن هاگدانها و میوه‌ها و غیره که در اثر تغییرات میزان رطوبت هواست، مکانیسمی فیزیکی داشته، نتیجهٔ تغییر در وضع دیوارهٔ سلولها می‌باشد و ارتباطی با زنده یا مرده بودن آنها ندارد.

جنبشهای فعال را می‌توان به دو گروه **خود به خودی** و **القایی** تقسیم کرد. این جنبشها اغلب درنتیجهٔ رشد نابرابر دو طرف یک اندام و یا نتیجهٔ از دست‌دادن و یا گرفتن آب یعنی، تغییردر حجم سلولهاست. جنبشهای خود به خودی در نتیجهٔ محرکهای درونی و مستقل از تأثیر عوامل فیزیکی محیط صورت می‌گیرد، در صورتی که گروه دوم یعنی، جنبشهای القایی همان‌طور که از نام آن برمی‌آید ناشی از تأثیر محرکهای بیرونی مانند نور، گرما، نیروی جاذبه و غیره است.

جنبشهای خود به خودی ــ رشد مارپیچی نوک اندامهایی مانند ساقه‌ها، پیچکها و غیره که کمابیش در مسیری مدور در فضا صورت می‌گیرد و **پیچش** (نوتاسیون) نامیده می‌شود، جزء این گروه است. باید اضافه کرد که بکار بردن یک عامل خارجی مانند اسید جیبرلیک روی بعضی از اندامها نیز موجب نوتاسیون می‌شود. در نوک ساقهٔ گیاهان پیچنده و پیچکهای گیاهان بالارونده نوتاسیون به خوبی قابل مشاهده است. جنبش نوتاسیون به این علت به وجود می‌آید که در هر زمان سرعت رشد در سمتی از اندام بیشتر از سمت دیگر است و به این ترتیب نوک ساقه در حال رشد، مسیر مارپیچی را طی می‌کند. وقتی نوک ساقه به جسم باریکی مانند شاخه برخورد کند، حرکت نوسانی به صورت پیچش حول شاخه یا در جهت عقربه ساعت یا خلاف جهت آن ادامه پیدا می‌کند.

جنبشهای القایی ــ همان طور که گفتیم بروز این جنبشها به محرک‌های خارجی وابسته



شکل ۵ ــ ۶ ــ دلیل زمین گرایی مثبت در ریشه و زمین گرایی منفی را در ساقه بیان کنید.

است تروپیسم‌ها (گرایش‌ها) و ناستی‌ها (تنجشها[1]) از مهمترین این جنبشها هستند.

تروپیسم‌ها (گرایش‌ها) به جهت محرک خارجی وابسته‌اند و برحسب نوع محرک آنها را طبقه‌بندی می‌کنند. **نورگرایی** (فتوتروپیسم) و **زمین‌گرایی** (ژئوتروپیسم) از مهمترین انواع گرایشها به شمار می‌آیند.

پاسخ اندامهای مختلف را نسبت به روشنایی **نورگرایی** می‌نامیم. شما تاکنون با نورگرایی درساقه آشنا شده‌اید. نورگرایی درساقه مثبت است، یعنی ساقه به سمت نور خم می‌شود. ریشه‌ها برخلاف ساقه یا به محرک نور پاسخ نمی‌دهندو یا نسبت به‌آن گرایش منفی‌ظاهر می‌کنند یعنی‌درجهت مخالف نور خم می‌شوند. اغلب برگها نسبت به نور طوری قرار می‌گیرند تا پرتوهای روشنایی به‌طور عمودی بر آنها بتابد.

همان گونه که گفته شد، علت گرایش انتهای ساقه به سمت نور، تجمع اکسین بیشتر در سمت نور ندیدهٔ این اندام است. در این صورت چرا نورگرایی در ریشه منفی است؟ دلیلش آن است که سلولهای ریشه نسبت به مقدار بسیار اندک اکسین واکنش نشان می‌دهند و رشد می‌کنند و رشد آنها نسبت به مقدار زیاد این هورمون، متوقف یا کند می‌شود. در نتیجه تراکم اکسین زیاد در سمت نور ندیدهٔ ریشه، سبب می‌شود که این قسمت نسبت به سمت نور دیده رشد کمتری داشته باشد و ریشه به سمت مخالف نور خم گردد.

۱ـ فشرده شدن و به خود پیچیدن در اثر دست مالیدن و لمس کردن.

زمین گرایی (ژئوتروپیسم) واکنش ریشه و ساقه نسبت به نیروی جاذبهٔ زمین است. هرگاه گیاه نو رستهٔ گندم را به وضع افقی قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که پس از مدتی ریشه به سوی زمین خم می‌شود و ساقه در جهت مخالف نیروی جاذبه رویش می‌کند. گفته می‌شود زمین‌گرایی در ریشه مثبت و در ساقه منفی است. در وضعیت افقی، مقدار اکسین در نیمهٔ پایینی انتهای ریشه و ساقه بیشتر جمع می‌شود. این امر سبب خم شدن ساقه به سمت بالا و ریشه به سمت پایین می‌شود.

جنبشهای تنجشی (ناستی‌ها) ــ این جنبشها تحت تأثیر محرکهای محیط بروز می‌کنند اما جهت مشخص ندارند. برگهای یک نوع گیاه به نام گل ابریشم شبها جمع می‌شوند. این گیاه را به این مناسبت گیاه **شب خُسب** می‌گویند. برگهای گیاه دیگر به‌نام **گیاه حساس** (میموزا) در اثر تکان یا ضربه ظرف چند ثانیه جمع می‌شوند. برگ گیاهان گوشتخوار نیز در اثر تماس حشرات جمع شده و حشره را به دام می‌اندازد. اینها مثالهایی از جنبشهای تنجشی هستند، آیا شما مثالهای دیگری سراغ دارید؟ به طور کلی مکانیسم این جنبشها را مربوط به جریان یونهای K^+ ، Cl^- ، Ca^{++} ، H^+ و قندها در سلولها می‌دانند. این امر سبب می‌شود که غلظت درون سلولها در یک سمت اندام بالا رود و سلولها با گرفتن آب تورژسانس کنند. به این ترتیب اندازه سلولها در دو سمت اندام متفاوت می‌شود و خمیدگی را حاصل می‌کند. اکسین، اتیلن و احتمالاً سایر هورمونها در این مکانیسمها نقش دارند. اما به هر حال هنوز نکات مبهمی در مورد حرکات تنجشی وجود دارد.

شکل ۶ ــ ۶ ــ لرزه تنجشی در برگ گیاه حساس. سمت چپ برگ در وضع عادی. سمت راست برگی که تحریک شده است.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ هورمونهای گیاهی به طور عمده در کدام بخشها یافت می‌شوند؟

۲ ــ چگونه اکسین سبب خمیده شدن ساقه نورسته به سوی نور یک سویه می‌شود ؟

۳ ــ باغداران به چه منظوری نوک ساقه‌های جوان (نهال) را قطع می‌کنند؟

۴ ــ چرا نورگرایی ساقه مثبت و نورگرایی ریشه منفی است؟

۵ ــ اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها برای رشد ریشه و ساقه بر روی کدام فرایندها تأثیر می‌گذارند؟

۶ ــ با یک آزمایش نشان دهید که جیبرلین زمان گل‌دهی را جلو می‌اندازد؟

۷ ــ کدام هورمون را هورمون پیری می‌نامند و چرا؟

۸ ــ فرایند تروپیسم چه نتایجی برای گیاهان دارد ؟

۹ ــ منظور از «بر هم کنش هورمونها» چیست؟

۱۰ ــ علت جنبشهای تنجشی چگونه بیان می‌شود؟

۱۱ ــ هورمونهای گیاهی و جانوری را مقایسه کرده و نتیجه‌گیری کنید.

۱۲ ــ در کشاورزی چه استفاده‌هایی از هورمونها می‌شود ؟ (تحقیق کنید).

۷

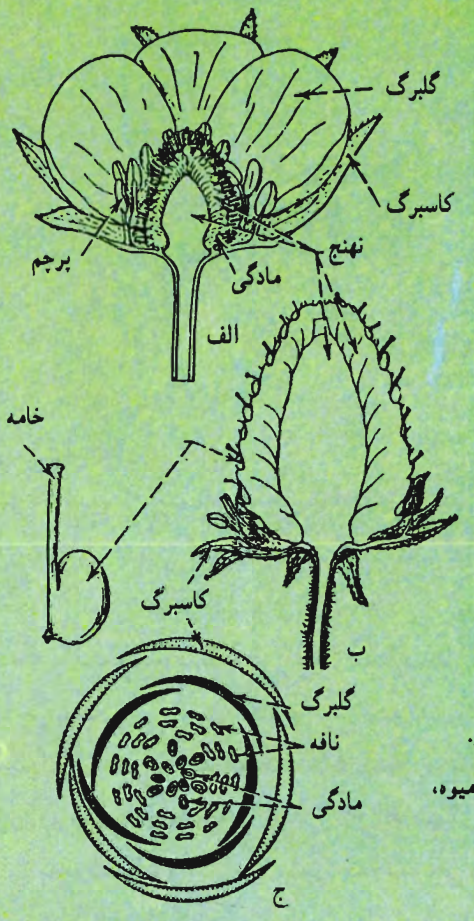
دستگاه زایای گیاه

در نهاندانگان گل و میوه و دانه دستگاه زایا را تشکیل می‌دهند. شما در کتاب زیست‌شناسی سال اول خواندید که یک گل کامل از اندامهای پوششی، اندامهای زایا، نهنج و دمگل تشکیل‌شده است. اندامهای پوششی گل شامل کاسبرگها و گلبرگها و اندامهای زایا شامل پرچمها (اندامهای نر) و مادگی هستند،دمگل دنباله‌ای است که گل را به محور گل آذین متصل می‌کند و نهنج به نوک دمگل گفته می‌شود که محل اتصال قطعات گل است.تعداد و وضع قطعات گل در گیاهان مختلف متفاوت است و از این تفاوتها برای رده بندی گیاهان استفاده می‌شود.آنچه در سال اول درباره گلها، میوه‌ها و دانه‌ها آموختید بیشتر جنبه ریخت‌شناسی (توصیف وضع ظاهری) داشتند. امسال با ویژگیهای ساختاری و طرز کار اندامهای نر و ماده گل آشنا خواهید شد.بنابراین اطلاعاتی که به دست خواهید آورد بیشتر جنبه تشریحی و فیزیولوژیکی دارند.

به خاطر اهمیت گل در شناسایی گیاهان نهاندانه، گیاه شناسان راههایی را برای نشان دادن ویژگیهای گل پیشنهاد کرده اند، مانند تهیهٔ برش طولی و رونگارهٔ گل.

رونگارهٔ گل: هرگاه صفحه‌ای فرضی پوششهای گل را به‌طور افقی در بخش میانی و پرچمها را از ناحیه بساک و مادگی را از ناحیهٔ تخمدان برش دهد و تصویر برشهای به‌دست آمده را به همان ترتیبی که بر روی گل قرار دارند روی صفحه‌ای افقی رسم کنیم، رونگارهٔ آن گل به‌دست می‌آید (شکل ۱ــ۷). به‌طوری که در شکل ملاحظه می شود در رونگاره تعداد، وضعیت قرار گرفتن، پیوستگی و آزاد بودن، منظم یا نامنظم بودن قطعات تشکیل دهندهٔ گل

همچنین ویژگیهای تشریحی بساک و تخمدان به‌آسانی مشخص می‌شود.



شکل ۱ــ۷ــ گل ومیوهٔ توت فرنگی.
الف ــ برش طولی گل، ب ــ برش طولی میوه،
ج ــ رونگارهٔ گل.

پرچمها یا نافه (اندامهای نر)

هر پرچم به‌طور معمول از **میله** و **بساک** درست شده است. میله در سمت پایین معمولاً به نهنج چسبیده و در سمت بالا به بخش حجیمی به نام بساک ختم می‌شود. بساک جوان از سلولهای پارانشیمی مشابه شکیل شده است، اما کم کم در بساک چهار گروه سلولی به نام **سلولهای مادر میکروسپور** در چهار گوشه آن متمایز می‌شوند. وقتی بساک می‌رسد، از این چهار توده سلولی چهار کیسه گرده حاصل می‌آید. در بساک رسیده از خارج به داخل بخشهای زیر دیده می‌شوند :

۱ ــ اپیدرم یا روپوست که شامل یک ردیف سلول کوتینی شده است و بافت محافظ

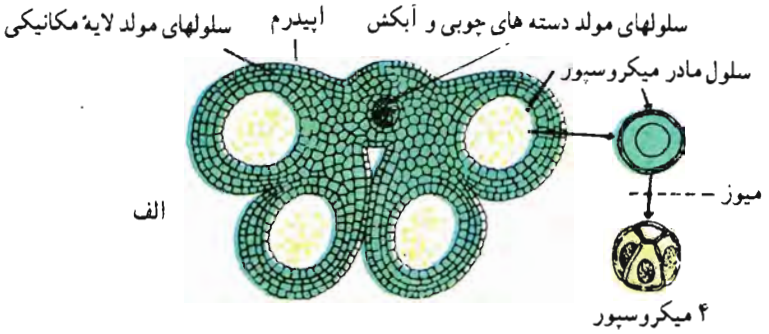
بساک را تشکیل می‌دهد.

۲ــ لایه مکانیکی که شامل یک ردیف سلول است. دیواره خارجی این سلولها سلولزی و نازک و بقیه دیواره های آن چوبی و ضخیم است .

۳ ــ یک یا چند لایه سلولهای غذا دهنده که اطراف هر کیسه گرده را احاطه کرده اند .

۴ ــ دانه‌های گرده که داخل کیسه‌های گرده را پر کرده‌اند.

۵ ــ بین چهار کیسه گرده را بافت پارانشیمی پر کرده است . در این بافت یک دسته آوند چوب آبکش وجود دارد که ادامه آوندهای چوب آبکش میله است (شکل ۲ ــ ۷) .



شکل ۲ ــ ۷ ــ بساک نارس (الف) بساک رسیدهٔ (ب) . چه تفاوتهایی بین ساختمان بساک‌رسیده و بساک‌نارس مشاهده می‌کنید؟

ساختمان دانه گرده

هر دانه گرده جسمی میکروسکوپی است که از اجزای زیر درست شده است .

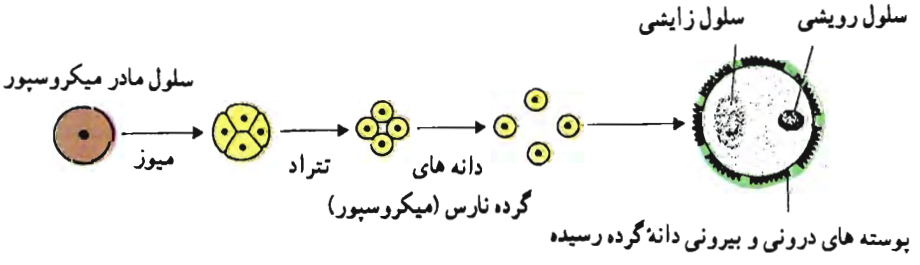
۱ ــ **پوسته‌ها**ــ دو پوسته دانه گرده را احاطه می‌کنند. پوسته خارجی منفذ دارد و از جنس کوتین است و به آن **اگزین** می‌گویند .سطح خارجی این پوسته ناهموار بوده و در گونه‌های مختلف شکلهای گوناگون دارد و در تشخیص نوع گیاه موثر است. پوسته داخلی از جنس

سلولز است و **انتین** نام دارد .

۲ ــ سلولها ــ دو سلول به نام سلولهای رویشی و زایشی در درون هردانهٔ گرده جای دارند. سلول رویشی بزرگتر است و سلول زایشی را در برگرفته است. به طور معمول در سیتوپلاسم این سلولها رنگیزه کاروتنوئیدی وجود دارند که رنگ دانه های گرده را سبب می‌شوند. دانه‌های گردهٔ بعضی گیاهان در هوا پراکنده شده و با ورود به مجاری تنفسی بعضی افراد حالت آلرژی یا حساسیت در آنها به‌وجود می‌آورند.

دانه‌های گرده چگونه در کیسه‌های گرده ساخته می‌شوند؟ درداخل هرکیسه گرده سلولهای دیپلوئید (۲n کروموزومی) به نام سلولهای **مادر میکروسپور** یا مادر دانهٔ گرده وجود دارند. هر کدام از این سلولها با تقسیم میوزی چهار سلول (nکروموزومی) هاپلوئید به نام **میکروسپور** به‌وجود می‌آورد. سپس هسته هر میکروسپور به طریق میتوز تقسیم می‌شود و دو هسته پدید می‌آورد. یکی‌از این هسته‌ها با مقداری سیتوپلاسم سلول زایشی را به‌وجود می‌آورد و هسته دیگر با بقیه سیتوپلاسم به سلول رویشی تبدیل می‌شود. سپس با به‌وجود آمدن پوسته‌های داخلی (**انتین**)و خارجی (**اگزین**) ، هر میکروسپور به یک دانه گرده یا **گامتوفیت نر** تبدیل می‌شود (شکل ۳ ــ ۷).

شکفتن بساک ــ در هنگامی که میکروسپور تبدیل به دانه گرده می‌شود، بساک نیز تغییراتی حاصل کرده، به بساک رسیده تبدیل می‌شود. لایه مکانیکی بساک که تنها دیوارهٔ خارجی سلولهای آن نازک باقی مانده است در اثر خشکی هوا بیش از دیواره های دیگر، آب خود را از دست داده و جمع می‌شود و در نتیجه بساک را پاره می‌کند. شکفتن بساک همیشه با ایجاد شکاف انجام نمی‌شود، گاهی شکوفایی بساک با پدید آمدن روزن (مانند سیب زمینی) و گاهی با ایجاد دریچه (مانند زرشک) صورت می‌گیرد. در اکوسیستم‌های آبی، خشکی هوا در شکفتن بساک دخالتی ندارد، بنابراین مکانیسم شکفتن بساک در همه گیاهان به یک صورت نیست.



شکل ۳ ــ ۷ ــ مراحل پیدایش دانهٔ گرده. دانهٔ گردهٔ رسیده با میکروسپور چه تفاوتهایی دارد؟

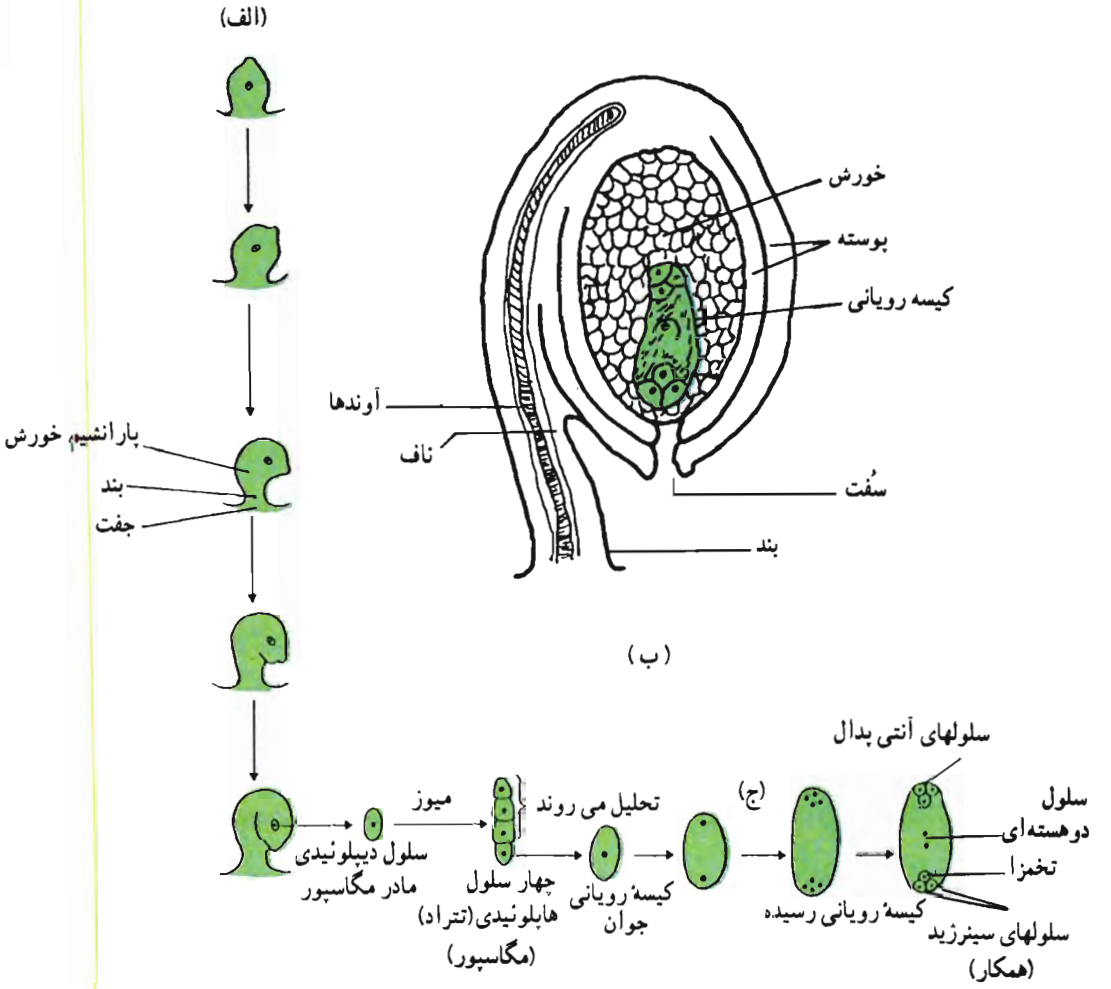
مادگی

واحدهای سازندهٔ مادگی **برچه** نام دارند. هربرچه ساختمانی همانند برگ دارد و می‌توان آن را یک برگ تغییر شکل یافته به حساب آورد. مادگی ممکن است از یک یا چند برچه درست شده باشد که در حالت اول آن را **ساده** و در حالت دوم **مرکب** می‌نامند. در مادگی مرکب ممکن است برچه‌ها از هم جدا (آلاله و توت فرنگی) و یا به هم پیوسته باشند (زنبق، پامچال، اطلسی). در هر برچه سه بخش **تخمدان**، **خامه** و **کلاله** وجود دارد. تخمدان بخش حجیم برچه است و در درون آن ساختارهایی به نام **تخمک** پدید می‌آیند. تخمکها حامل گامتهای ماده‌اند. خامه ستون باریکی است که از سلولهای پارانشیمی ساخته شده و از آن رگبرگی می‌گذرد. در بخشی از خامه بافت مغذی وجود دارد که لوله گرده از آن راه به تخمک می‌رسد. کلاله بخش پهن انتهایی خامه است. سلولهای ترشحی کلاله ماده چسبناکی را می‌سازند که برای رویش دانه‌های گرده محیط مناسبی را پدید می‌آورد.

ساختمان تخمک

به‌طور معمول هر تخمک از **جسم تخمک** و **بند** درست شده است. جسم تخمک در یک یا دو پوسته محصور است. این پوسته‌ها در نوک تخمک به هم نمی‌رسند و سوراخی به نام **سُفت** را پدید می‌آورند. در درون تخمک دو بخش مشاهده می‌شود: **پارانشیم خورش** و **کیسهٔ رویانی**. پارانشیم خورش (نوسل) کیسه رویانی را در بر گرفته است. در بسیاری از کیسه‌های رویانی، تعدادی سلول وجود دارد. سه تا از این سلولها در قطب دور از سفت قرار دارند و به آنها سلولهای **آنتی‌پُدال** می‌گویند. سه سلول هم در قطبی از کیسه رویانی که مجاور سفت است قرار گرفته‌اند، اینها شامل یک سلول در وسط به نام سلول **تخمزا** و دو سلول به نام **همکار** (سینرژید) هستند. بالاخره یک سلول **دو هسته‌ای** در وسط کیسه رویانی جای گرفته است.

بند دنباله‌ای است که تخمک را به دیوارهٔ تخمدان متصل می‌کند. محل اتصال جسم تخمک به بند **ناف** نام دارد و محل اتصال بند به دیوارهٔ تخمدان کمی برآمده بوده و **جفت** نامیده می‌شود. یک دسته آوند چوب آبکش(از انشعابات دسته های چوب آبکش برچه ها) از طریق بند وارد تخمک شده و در قاعده تخمک منشعب می‌شود (شکل ۴ ــ ۷).



شکل ۴ ــ ۷ ــ مراحل پیدایش تخمک (الف) یک تخمک رسیده (ب) و
مراحل پیدایش کیسهٔ رویانی در تخمک (ج)

تخمکها چگونه ساخته می‌شوند؟

ابتدا در دیوارهٔ تخمدان در محلی به نام جفت یک برآمدگی پدیدار می‌شود. این برآمدگی شامل توده‌ای از سلولهاست که بعدها پارانشیم خورش را پدید می‌آورند. سپس در سمت خارج این تودهٔ سلولی دو پوستهٔ به وجود می‌آیند. همزمان با این تغییرات یکی از سلولهای خورش از بقیه متمایز می‌گردد. این سلول که مانند سایر سلولهای پارانشیم خورش، $2n$ کروموزومی است، سلول **مادرمگاسپور** نام دارد. سلول مادرمگاسپور با تقسیم میوز چهار سلول n کروموزومی به نام **مگاسپور** تولید می‌کند. یکی از این چهار سلول بزرگ می‌شود و سه سلول دیگر از بین می‌روند.

هستهٔ سلول باقیمانده (مگاسپور) سه‌بار به طریق میتوز تقسیم می‌شود و ۸ هسته n کروموزومی حاصل می‌کند. سرانجام هر کدام از این هسته‌ها با مقداری سیتوپلاسم تبدیل به یک سلول می‌شود. در هر قطب سلول مگاسپور ۳ سلول قرار می‌گیرد و دو تای دیگر در مرکز آن سلول دوهسته‌ای را به وجود می‌آورند. اکنون سلول بزرگ مگاسپور شامل ۷ سلول است و آن را **کیسه رویانی (گامتوفیت مادگی)** می‌نامیم.

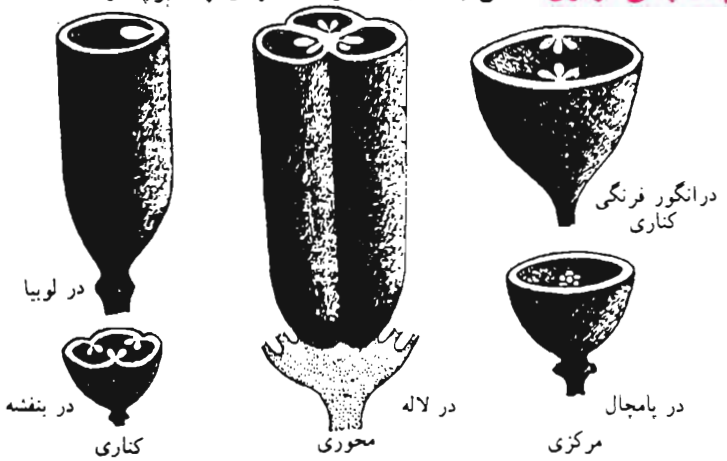
جفت بندی و انواع آن

ترتیب استقرار تخمکها را در درون تخمدان **جفت بندی** می‌گویند. انواع جفت بندی از این قرارند :

جفت بندی کناری ــ در این جفت بندی، تخمکها در سطح داخلی تخمدان قرار می‌گیرند. در تخمدان لوبیا که از یک برچه تشکیل شده، تخمکها در محل اتصال دو لبهٔ برچه قراردارند و دربنفشه که از سه برچه تشکیل شده، کنار هر برچه به کنار برچهٔ دیگر متصل می‌شود و به این‌ترتیب مادگی سه برچه‌ای تک خانه به وجود می‌آید و تخمکها در کنارهٔ تخمدان در محل اتصال برچه‌ها قرار می‌گیرند.

جفت بندی محوری ــ دراین جفت بندی کناره های برچه های تشکیل دهندهٔ مادگی در وسط تخمدان به یکدیگر پیوسته و محور میانی تخمدان را تشکیل می‌دهند. بنابراین به تعداد برچه‌ها در داخل تخمدان حفره به وجود می آید و تخمکها به صورت ردیفهایی در طول محور میانی قرار می‌گیرند مانند گیاهان تیرهٔ سوسن.

جفت بندی مرکزی ــ این جفت بندی در مادگیهای چند برچه و تک خانه مانند پامچال



شکل ۵ــ۷ ــ انواع جفت بندیها

وجود دارد. تخمکها بر روی ستون آزاد در مرکز تخمدان که از رشد قاعدهٔ محل اتصال برچه ها حاصل آمده، قرار می‌گیرند (شکل ۵ ــ ۷) .

گرده افشانی و آمیزش گامتها

گرده افشانی عبارت است از انتقال دانه های گرده پرچم یک گل به روی کلاله مادگی همان گل یا گل دیگری از همان گونه. گرده افشانی ممکن است به طور **مستقیم** یا **غیرمستقیم** انجام شود. در گرده افشانی مستقیم، دانه‌های گرده یک گل به روی مادگی همان گل یا گل دیگری که برروی همان گیاه قرار دارد، انتقال می‌یابد این نوع گرده افشانی به طور معمول در یک گل **هرمافرودیت** (گلی که هم پرچم و هم مادگی دارد) که پرچمها و مادگی آن با هم می‌رسند، انجام می‌شود. همچنین در مواردی مانند گل نخود که گلبرگها فضای مسدودی به وجود آورده و پرچمها و مادگی در آن جای می‌گیرند، اجباراً گرده افشانی مستقیم انجام می‌دهند. همان طور که مشاهده می کنید در گرده افشانی مستقیم تنها یک والد در پدید آوردن گیاهان جدید نقش دارد. به همین مناسبت نسل حاصل به هم و به والد خود شباهت بیشتری دارند و تنوع و گوناگونی بین آنها کم است. چنین گیاهانی در برابر شرایط متحول محیط شانس بقای کمتری دارند. به همین مناسبت این نوع گرده افشانی در طبیعت کمتر است. از سوی دیگر هرگاه گرده افشانی بین دو گل (تک جنسی یا هرمافرودیت) از یک گونه که در روی دو گیاه مجزا قرار دارند، انجام گیرد، گرده افشانی را غیرمستقیم می‌گویند. در این حالت دو والد در پیدایش نسل جدید شرکت می‌کنند و در نتیجه نسل حاصل متنوعتر بوده، موقعیت مناسبتری برای سازش با محیط را دارا می شوند. چرا؟ گرده افشانی غیرمستقیم به کمک حشرات، باد، آب، جانوران دیگر و به طور مصنوعی به وسیله آدمی انجام می‌گیرد، اما گرده افشانی به وسیله حشرات و باد عمومیت بیشتری دارد.

گرده افشانی به وسیلهٔ حشرات در بین گیاهان بسیار رایج است. گلهایی که به کمک حشرات گرده افشانی می کنند، سازگاریهای خاصی حاصل کرده اند. این گلها با رنگ، بو و نوش یا شهد خود حشرات را به سوی خود جلب می کنند. نوش در نوشگاه ساخته می‌شود. نوشگاه در نقاط مختلف از جمله در پای گلبرگها، پرچمها و بر روی بخشهایی از نهنج و غیره قرار دارند. نوش از ترشحات گیاهی است و در آن مواد قندی وجود دارد، پروانه ها، زنبوران بویژه زنبور عسل غذای خود را از نوش گلها تأمین می‌کنند. اندازهٔ گلها اغلب با جثهٔ حشره هماهنگی دارد، به طوری که حشره به راحتی در درون گل به گونه‌ای جای می‌گیرد که بدنش با دانه های گرده و مادگی تماس پیدا می‌کند (شکل ۶ ــ ۷).

شکل ۶ ــ ۷ ــ گرده افشانی در گل سالویا

بسیاری از گیاهان بوته ای و درختان برای عمل گرده افشانی به حشرات نیاز ندارند. دانه‌های گرده گل این گیاهان در هوا پخش شده، به وسیله باد حمل می‌شوند. اما در این حال بیشتر دانه‌های گرده هدر می‌روند ، با وجود این بعضی به دام کلاله‌های گلهای رسیده می‌افتند. گرده افشانی به وسیله باد بیشتر در گیاهانی صورت می‌گیرد که دارای گلهای نر و گلهای ماده‌اند و این گلها روی درختان جداگانه قرار دارند. در این قبیل گلها، پرچمها که اغلب خارج از گل قرار دارند به‌وسیلهٔ باد تکانده شده، دانه های گرده خود را آزاد می سازند. دانه های گرده این گلها بسیار فراوان بوده، صاف و سبک‌اند و مسافتهای طولانی را همراه باد طی می کنند. کلاله‌ها اغلب دارای انشعابات پرمانند بوده و خارج از گل قرار می‌گیرند. این وضعیت شانس کلاله ها را برای به دام

انداختن دانه های گرده که به وسیلهٔ باد حمل می‌شوند، افزایش می دهد. در گلهایی که به وسیلهٔ باد گرده افشانی می‌کنند ، گلبرگها یا وجود ندارند و یا بسیار کوچکند و نوش گل وجود ندارد (چرا؟).

آمیزش

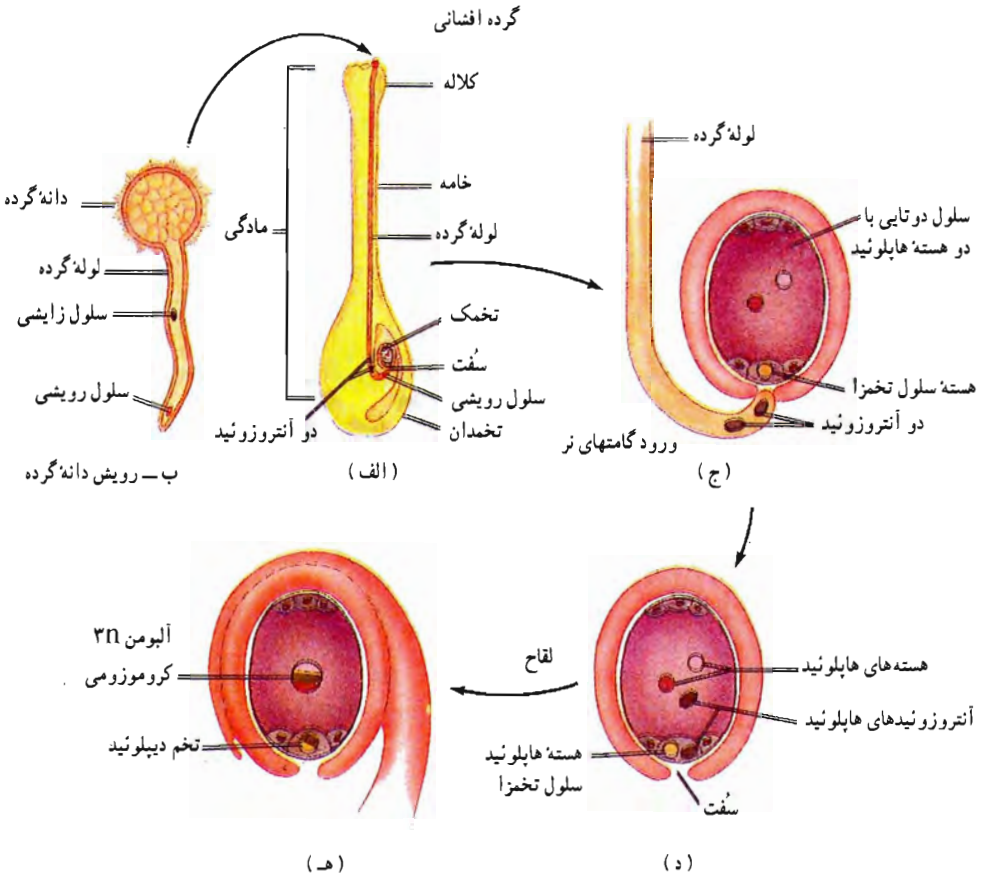
آمیزش عبارت است از ترکیب گامت ماده با گامت نر. محصول آمیزش، سلول تخم است. سلول تخم با تقسیمات متوالی و تحولاتی که حاصل می‌کند رویان را پدید می‌آورد. پس از آن که دانه های گرده برروی کلاله مادگی نشستند، در صورتی که شرایط محیط مناسب باشد، آب جذب می‌کنند، و محتویات هرکدام از آنها به صورت لوله ای به نام لولهٔ گرده، از یکی از روزنهای پوسته خارج می‌گردد. هرلوله گرده از طریق بافت مخصوصی که در خامه وجود دارد به سوی تخمدان نفوذ می کند و خود را به دهانهٔ سفت یک تخمک می رساند. سپس لوله گرده وارد تخمک می‌شود. ضمن رویش لوله گرده، هستهٔ سلول رویشی تحلیل می‌رود و هستهٔ سلول زایشی به طریق میتوز تقسیم می شود و دو سلول حاصل می‌آورد. هرکدام از سلولهای اخیر یک گامت نر یا آنتروزوئید است. پس لولهٔ گرده‌ای که وارد تخمک می‌شود دارای دو گامت نر است. در داخل کیسه رویانی یکی از آنتروزوئیدها با سلول تخمزا و آنتروزوئید دیگر با سلول دوهسته‌ای ترکیب می‌شود. نتیجهٔ این دو آمیزش (لقاح مضاعف) به وجود آمدن تخم اصلی (۲n کروموزومی) و تخم ضمیمه (۳n کروموزومی) است (شکل ۷ـ۷).

پدید آمدن دانه

پس از آمیزش، یک سری تغییرات در تخمک صورت می‌گیرد و طی این تغییرات تخمک به دانه تبدیل می‌شود. در این فرایند از تخم اصلی رویان دانه و از تخم ضمیمه، اندوخته (آلبومن) دانه به وجود می آید. پوسته های تخمک هم در محل سفت به هم می رسند و پس از تغییراتی به پوسته دانه تبدیل می شوند.

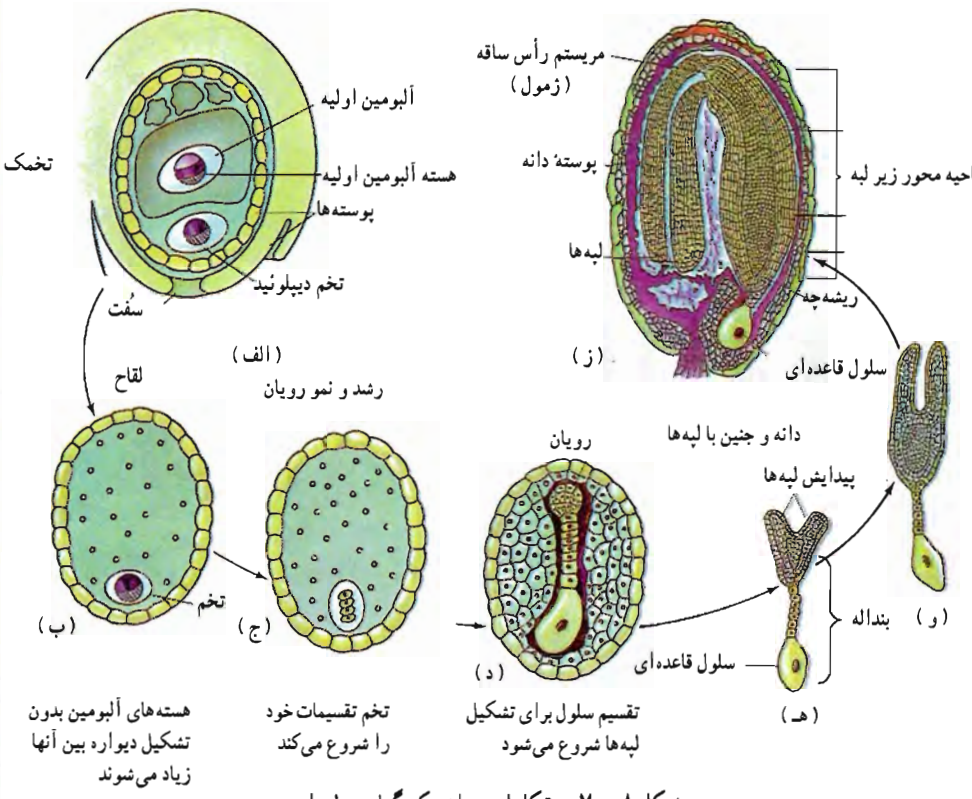
پدید آمدن رویان

تخم اصلی با اولین تقسیم خود دو سلول نامساوی حاصل می کند. یکی از این سلولها که در سمت سفت قرار دارد، پس از تعدادی تقسیم یک ردیف سلول به نام بندانه یا سوسپانسور به وجود می آورد. همزمان با تقسیم سلول اول، سلول دوم نیز تقسیم شده و سلولهای همانندی را به



شکل ۷ ــ ۷ ــ ورود لوله‌های گرده از خامه به سوی تخمک (الف)
رویش لوله گرده و انجام لقاح مضاعف (ب تا هـ)

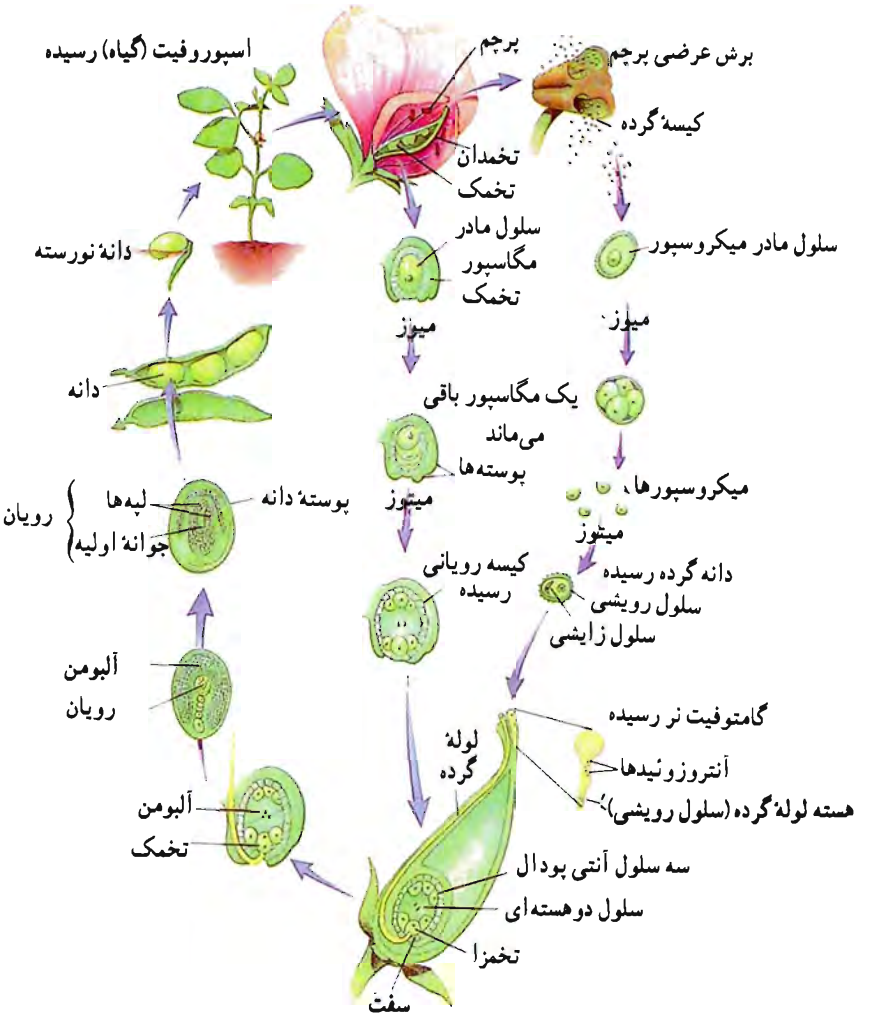
نام **پیش رویان** تولید می کند. بندالـه پیش رویان را به درون کیسـه رویانی می راند و در ضـمن به وسیله سلول بزرگ تحتانی خود از تخـمک غذا گرفتـه و در اختیار رویان در حـال تشکیل، قرار می‌دهد. سلولهای پیش رویان در جهات مختلف تقسیم می‌شوند و رویان کروی شکلی را به وجود می آورند. در مرحلهٔ بعد، تقسیمات ادامه می یابند و رویان به شکل قلب درمی آید. در رویان قلبی شکل مانند شکل (۸ــ ۷) **ریشه چه**، **ساقه چه** (**محور زیرلپه**)، **جوانهٔ اولیه** (**ژمول**) و یک یا دو **لپه** متمایز می‌شوند.



شکل ۸ ــ ۷ ــ تکامل رویان یک گیاه دو لپه‌ای.

پیدایش آلبومن

تخم ضمیمه نیز همراه با تقسیمات تخم اصلی، پس از تقسیمات متوالی، بافت ویژه ای به نام **آلبومن** را می‌سازد که در حقیقت همان اندوختهٔ دانه بوده، بعدها مورد استفادهٔ رویان قرار می‌گیرد. تشکیل آلبومن به این ترتیب است که هستهٔ تخم ضمیمه پی در پی تقسیم شده و اطراف دیوارهٔ کیسهٔ رویانی را اشغال می‌کند در حالی که بخش میانی کیسهٔ رویانی دارای مقداری سیتوپلاسم مُحتوی مواد غذایی و واکوئل است. هسته های حاصل از تخم ضمیمه به تکثیر خود ادامه داده تمام حجم کیسهٔ رویانی را اشغال می کنند. در برخی از آلبومنها هسته ها و سیتوپلاسم اطراف آنها دیواره بندی نمی شوند و **آلبومن هسته‌ای** به وجود می آید ولی در بعضی دیگر در آنها دیواره هایی به وجود آمده و به سلولهای مشخصی تفکیک می شوند، در این صورت **آلبومن سلولی** حاصل می آید. در عده‌ای دیگر بخشی از آلبومن هسته‌ای، و بخش دیگر سلولی است. لایهٔ بیرونی آلبومن در بسیاری از گیاهان با ترشح آنزیمهایی تمام خورش داخل تخمک را به مصرف خود رسانده و به این ترتیب خورش در اغلب موارد کاملاً از میان می رود.



شکل ۹ ــ ۷ ــ چرخه زندگی یک گیاه گلدار. مراحل چرخه را توضیح دهید.

به‌طوری که ملاحظه می‌شود تخم ضمیمه از اندوختهٔ کیسهٔ رویانی استفاده می‌کند و تکثیر می‌یابد و معمولاً تمام سلولهای خورش را نیز به مصرف می‌رساند. آلبومن غذای مناسبی را برای رویان فراهم می‌آورد و سرانجام مورد تغذیهٔ رویان قرار می‌گیرد.

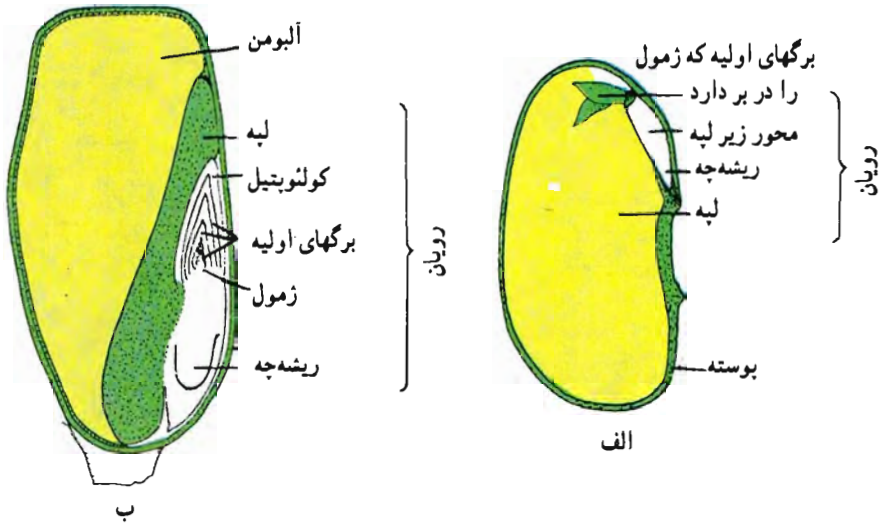
ساختمان دانه در نهاندانگان

پوسته، اندوخته و رویان (جنین یا گیاهک) سه بخش اصلی سازنده هر دانه به شمار می‌آیند. مهمترین بخش دانه، رویان است. رویان به طور معمول شامل محوری است که یک انتهای آن

جوانه اولیه (ژمول) و انتهای دیگرش **ریشه‌چه** نام دارد. این محور به نام **محور زیر لپه ــ ریشه‌چه** نامیده می‌شود. اجزای دیگر رویان **لپه‌ها** هستند که به تعداد یک یا دو عدد به محور آن چسبیده‌اند.

اندوختهٔ دانه **آلبومن** نام دارد. در برخی از دانه‌ها مانند دانه‌های لوبیا، نخود و عدس، رویان به کمک آنزیمهای خود آلبومن را هضم می‌کند و مواد غذایی آلبومن جذب لپه‌ها می‌شوند. در این صورت لپه‌ها بزرگ شده و تمامی فضای دانه را اشغال می‌کنند. به این قبیل دانه‌ها، **بدون آلبومن** می‌گویند. در گروه دیگری از دانه‌ها، لپه‌ها کوچکند و آلبومن فضای داخل دانه را پر می‌کند. اینها را دانه‌های **آلبومن‌دار** می‌گویند. کرچک، ذرت و گندم از این نوع هستند. (شکل ۱۰ ــ ۷ ــ الف) اجزای دانه لوبیا و (شکل ۱۰ ــ ۷ ــ ب) اجزای دانه ذرت را نشان می‌دهند.

پوستهٔ دانه خارجی‌ترین بخش آن است. پوستهٔ دانه ممکن است کرک، خار یا بال داشته باشد. این اجزا انتشار دانه را آسان می‌سازند.



شکل ۱۰ ــ ۷ ــ ساختمان دانه‌ها، دانهٔ لوبیا (الف) و دانهٔ ذرت (ب).

خفتگی دانه‌ها

به طور معمول هنگامی که دانه‌ای از گیاه مادری جدا می‌شود قدرت رویش ندارد و دارای زندگی نهفته است. در این حالت مبادلات ماده و انرژی بین دانه و محیط بیرونی به کمترین حد ممکن می‌رسد. زندگی نهفته یا خفتگی دانه حتی در شرایط مناسب برای روییدن دانه ادامه پیدا می‌کند تا آنکه شرایط پدیدآورندهٔ حالت خفتگی از بین برود. خفتگی در دانه‌ها ممکن است عوامل

متفاوتی داشته باشد این عوامل عبارتند از:

۱ ــ **عوامل ساختمانی** ــ در بعضی از گیاهان تیرهٔ باقلا پوستهٔ دانه آن قدر ضخیم و محکم و نفوذناپذیر است که از جذب آب و اکسیژن جلوگیری می‌کند. حالت خفتگی در این قبیل دانه‌ها را می‌توان به طور مصنوعی از بین برد. برای این کار در پوستهٔ دانه شکاف مختصری ایجاد می‌کنند یا آن را به کمک ماسه یا شن می‌سایند. در طبیعت، پوستهٔ چنین دانه‌هایی به کمک فرسایشی که به تدریج در خاک اتفاق می‌افتد یا در بعضی موارد با عملکرد باکتریها، از بین می‌رود و دانه‌ها از حالت خفتگی بیرون آمده، قدرت رویش خود را به دست می‌آورند.

۲ ــ **عوامل فیزیولوژیک** ــ خفتگی در دانه ممکن است ناشی از عوامل بازدارنده رشد باشد که در پوستهٔ دانه، درون دانه و یا درون میوه موجودند. در بسیاری از گیاهان بیابانی عوامل بازدارنده رشد در پوسته دانه جای دارند. برای رویش چنین دانه‌هایی باید ابتدا مادهٔ بازدارنده با باریدن باران کافی شسته شود. وجود ماده بازدارنده رشد در پوستهٔ این دانه‌ها برای حفظ گونه‌های آنها نقش ارزنده‌ای دارد، زیرا تا مادام که باران به حد کافی نبارد، دانه رویش خود را آغاز نمی‌کند. در میوه‌های آبدار، مانند سیب، گوجه‌فرنگی و مرکبات عوامل بازدارندهٔ رویش دانه در درون میوه‌هاست، وقتی این قبیل دانه‌ها از میوه خارج و شسته شوند، به زودی رویش خود را آغاز می‌کنند.

در بسیاری از گیاهان چوبی مناطق معتدل رویش دانه‌ها به محرکهای خاص وابسته است. این محرکهای درونی وقتی عمل می‌کنند که دانه برای مدتی (حداقل ۶ ــ ۴ هفته) در محیط سرد و مرطوب قرار گیرد. حالت خفتگی در چنین دانه‌هایی را با قرار دادن آنها در ماسهٔ مرطوب و نگهداشتن آنها در یخچال می‌توان از بین برد.

عده‌ای از دانه‌ها در زندگی نهفتگی محتوی مقادیر بسیار کمی آنزیم هستند که به‌تدریج مقدار آن افزایش یافته، در هنگام رویش فراوان و فعال می‌شوند. به علاوه هورمونهای گیاهی نیز در حالت خفتگی دانه اثر دارند. برخی از این هورمونها عامل خواب دانه‌ها و برخی دیگر محرک بیداری آنها هستند.

شرایط رویش دانه‌ها

برای رویش دانه باید شرایط درونی و بیرونی مناسب باشند.

شرایط درونی ــ شرایط درونی به وضعیت درونی دانه مربوط می‌شود. دانه باید رسیده و سالم باشد و از نظر فیزیولوژیکی توان رویش خود را حفظ کرده و دوران خفتگی را گذرانده

باشد. در صورت این آمادگیها به شرط مناسب بودن شرایط بیرونی، دانه رویش خود را آغاز می‌کند.

شرایط بیرونی ــ از جمله شرایط محیطی که بر رویش دانه اثر دارند عبارتند از **رطوبت**، **دمای مناسب**، **اکسیژن** و بود و نبود **روشنایی**.

رطوبت: بعضی از دانه‌ها قبل از ریشه‌زدن‌ده برابر یا بیشترنسبت به وزن خود آب جذب می‌کنند. پس از جذب آب، آنزیمهای داخل پروتوپلاسم سلولها فعال می‌شوندو هرکدام وظیفهٔ خود را انجام می‌دهند. بعضی از آنزیمها پروتئین‌های ذخیره شده را به اسیدهای آمینه، برخی چربیها را به اسید چرب و گلیسرول و گروهی دیگر نشاسته را به قندهای ساده تبدیل می‌کند.

اکسیژن : در مراحل اولیه رویش، اکسیژن مورد نیاز از فضای موجود در خاک گرفته می‌شود. اکسیژن برای فرایند تنفس لازم است. تنفس انرژی مورد نیاز را برای همهٔ فعالیتهای شیمیایی داخل سلول تهیه می‌کند. در موقع رویش دانه فرایند تنفس خیلی شدید است و اگر خاک به خاطر کوبیده شدن و آبیاری زیاد دچار کمبود اکسیژن شده باشد، رشد دانه متوقف می‌شود.

دما: بیشتر واکنشهای شیمیایی درون بدن موجود زنده با افزایش دما تسریع می‌شوند، اما دمای بالاتر از ۴۵° بسیاری آنزیمها را از بین می‌برد و در فعالیتهای زیستی نقش بازدارنده دارد. بهترین دما برای رویش دانه‌ها بین ۳۰ ــ ۲۰ درجه سانتیگراد است.

روشنایی: نقش روشنایی در رویش دانه‌ها بستگی به نوع گیاه دارد. دانه‌های بعضی گیاهان مانند سِس و داروَاش نمونه‌هایی از کاهوها در تاریکی نمی‌رویند. دانه‌های دیگر مانند دانه‌های سیاه دانه و بعضی شقایق‌ها فقط در تاریکی رویش خود را آغاز می‌کنند. برخی دیگر از دانه‌ها مانند دانه‌های غلات نسبت به نور بی‌تفاوتند، یعنی در بودیا نبود روشنایی رویش خود را شروع می‌کنند.

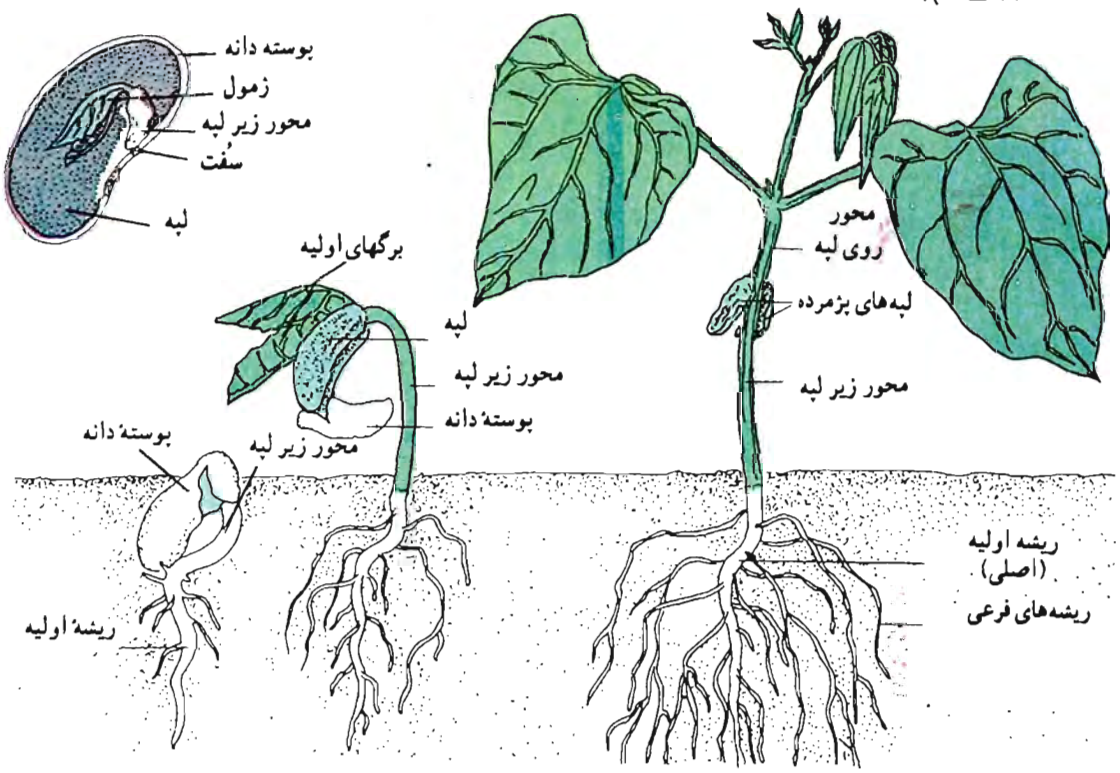
مراحل رویش دانه

وقتی همه شرایط مهیا باشد، دانهٔ کاشته شده رویش خود را آغاز می‌کند. دراین هنگام هربخش از رویان دانه، اندام معینی از گیاه جدید را پدید می‌آورد و اندوختهٔ دانه صرف تأمین غذای دانه در حال رویش می‌شود.

رویش دانه در دولپه‌ایها ــ دانه دو لپه‌ای مانند لوبیا ابتدا آب جذب می‌کند و متورم می‌شود. بعد از سه تا چهار روز، ریشه‌چه پوسته دانه را پاره و با رشد خود به درون ذرات خاک و ماسه نفوذ می‌کند. نوک ریشهٔ گیاه نو رسته **کلاهک** نام دارد که از بافت چوب پنبه‌ای است و نقش حفاظتی دارد. از اطراف ریشه اصلی، انشعاباتی به نام ریشه‌های فرعی خارج شده و به

نگهداری گیاه در زمین کمک می‌کنند. کمی بالاتر از کلاهک در روی ریشهٔ اصلی و ریشه‌های فرعی زواید ظریفی به نام تارهای کشنده به وجود می‌آیند این تارها با ذرات خاک تماس نزدیک داشته و آب را از فضاهای بین آنها جذب می‌کنند.

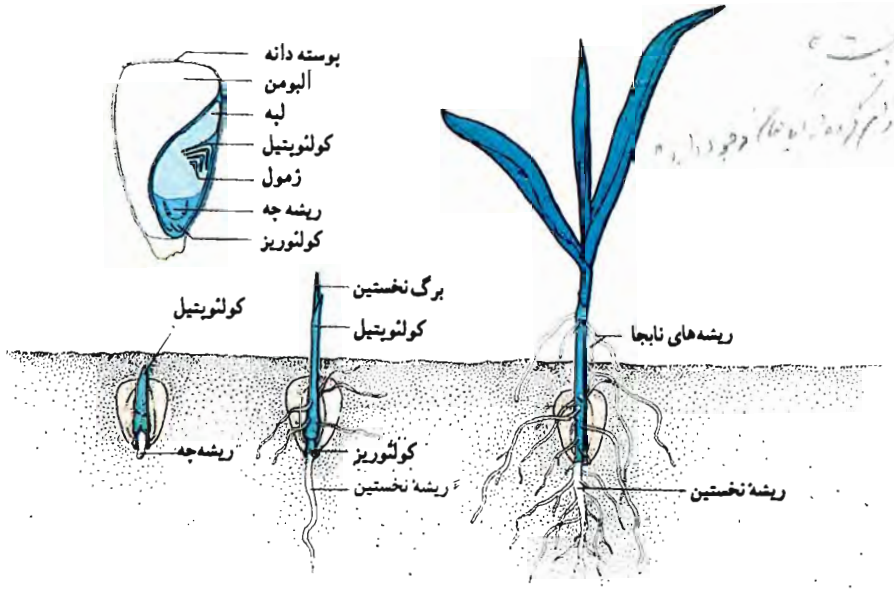
سپس **محور زیر لپه** که در بالای ریشه‌چه قرار دارد، رویش خود را آغاز می‌کند. این محور ممکن است رشد سریعی داشته و با رشد خود لپه‌ها را از خاک بیرون آورد. چنین رویشی را رویش **رو زمینی** می‌نامند. در خارج از زمین اندوخته لپه‌ها تدریجاً به مصرف می‌رسد و همزمان با آن برگهای اولیه بزرگ و زمول فعالیت خود را آغاز می‌کند. از فعالیت سلولهای زمول **محور روی لپه‌ای** به وجود می‌آید که خود بعدها حامل شاخه‌ها و برگهای گیاه می‌شود (شکل ۱۱ ــ ۷).



شکل ۱۱ ــ ۷ ــ مراحل رویش دانهٔ لوبیا

برخلاف دانه‌های رو زمینی، درعده‌ای از دو لپه‌ایها، مانند نخود محور زیر لپه رشدچندانی ندارد و در نتیجه قادر نیست دانه را از خاک خارج سازد. بنابراین رویش دانه‌هایی مانند نخود **زیر زمینی** نام دارد.

رویش دانه در تک لپه‌ایها ــ لپه در این گیاهان به شکلهای مختلف درمی‌آید اما نقش آن در همه حال رساندن مواد غذایی دانه به رویان است. شکل ۱۲ ــ ۷ مراحل رویش در یک دانه تک لپه‌ای (ذرت) را نشان می‌دهد. دانه ذرت دارای نیامهایی است که در ابتدای مرحلهٔ رویش، ریشه و ساقهٔ جوان را در خود محفوظ نگه می‌دارند. نیامی که ساقه و برگ اولیه را در خارج از خاک در برمی‌گیرد، **کولئوپتیل** و نیامی که ریشه نورسته را در خود نگه می دارد **کولئوریز** نام دارد. این نیامها چندان رشدی ندارند و در مراحل اولیهٔ رشد گیاه نورسته پاره شده، ریشه و ساقه از آنها خارج می‌شود.



شکل ۱۲ ــ ۷ ــ مراحل رویش دانهٔ ذرت

تشکیل میوه

در مدتی که رشد و نمو تخمک در جریان است تغییراتی نیز در بخشهای مختلف تخمدان به وجود می‌آید و این اندام تبدیل به **میوه** می‌شود. دیوارهٔ میوه که از تغییرات دیوارهٔ تخمدان حاصل می شود و **پیرابر** نام دارد شامل سه بخش کم و بیش مشخص **برون بر**، **میان بر** و **درون‌بر** است که ساختمان آن برحسب نوع میوه‌ها متفاوت است. برون بر، که از پوستهٔ خارجی تخمدان حاصل می آید در گوجه فرنگی صاف و در هلو کرکدار و در برخی زایدهٔ بال مانند دارد. میان‌بر، که از پارانشیمهای میانی تخمدان به‌وجود می‌آید نیز در میوه‌ها مختلف است و اغلب

بخش خوراکی میوه را تشکیل می‌دهد. درون‌بر، که در حقیقت از پوستهٔ درونی تخمدان به‌وجود می‌آید در میوه‌هایی مثل گوجه‌فرنگی و انگور نامشخص و در میوه‌هایی مثل هلو و زردآلو چوبی و سخت می‌شود. در میوه‌هایی مثل فندق سه پوستهٔ میوه به هم چسبیده‌اند، ولی بین آنها و دانه فاصله وجود دارد و در میوه‌هایی مثل میوهٔ گندم بخشهای دیوارهٔ میوه (پیرابر) به یکدیگر و به دانه پیوسته و یکی شده‌اند. در هنگام تشکیل میوه، اجزای گل مانند کاسبرگها، گلبرگها، پرچمها، خامه، کلاله و نهنج یا پلاسیده شده می‌ریزند و یا به صورت خشک در محل خود باقی می‌مانند و یا تغییراتی در آنها پدیدار شده گوشتی و آبدار می‌شوند، مانند نهنج گلابی و کاسبرگهای توت سفید.

میوه‌ها دانه‌ها را در خود نگه‌می‌دارند، از آنها حفاظت می کنند و به انتشار آنها کمک می‌کنند.

رمز موفقیت گیاهان نهاندانه

نهاندانگان فراوانترین، متنوعترین و گسترده ترین گیاهان روی زمین هستند. گونه های مختلف این گیاهان در کوهستانها، جلگه ها، بیابانها، زمینهای شور وشیرین و حتی در آبهای کم عمق یافت می شوند. تاکنون بیش از ۲۳۵۰۰۰ گونه گیاه نهاندانه شناخته شده‌اند در حالی که مجموع گونه های خزه گیان، نهانزادان آوندی و بازدانگان حدود ۳۰۳۴۰ گونه گزارش شده است. اکنون می‌توان پرسش کرد که دلایل گسترش جغرافیایی و گوناگونی نهاندانگان چیست. از مهمترین عوامل سازگارکنندهٔ نهاندانگان با محیط، روش تولیدمثل و ساختار دانه‌های آنهاست. نهانزادان بی‌آوند (خزه‌گیان) و نهانزادان آوندی دارای گامتهای نر تاژک‌دار هستند و برای رسیدن گامت نر به گامت ماده آب ضرورت دارد. بنابراین، این گروه‌های گیاهی به طور معمول در زیستگاه‌های مرطوب زندگی می‌کنند. در نتیجه این گیاهان گسترش جغرافیایی و گوناگونی چندانی نشان نمی‌دهند. از سوی دیگر نهاندانگان آنتروزوئیدهای تاژک‌دار ندارند. گامت نر آنها به وسیله لوله گرده که در روی کلاله رویش می‌یابد به گامت ماده می‌رسد. این مکانیسم تولید مثل سازش‌یافته‌ترین و کاملترین روش تکثیر در عالم گیاهان است و انجام آن در هر شرایطی امکان‌پذیر است، به همین مناسبت نهاندانگان در زیستگاههای مختلف زندگی کرده و تولیدمثل می کنند. تشکیل دانه و استقرار دانه در داخل میوه مسدود یکی دیگر از ویژگیهای سازگارکنندهٔ نهاندانگان است. در دانه رویان و اندوخته کافی برای رویش آن وجود دارد و این سازمان به وسیلهٔ پوستهٔ دانه محافظت می‌شود. دانه ها خود در داخل میوه قرار می گیرند و به کمک آن بیشتر حفاظت شده و انتشار می یابند. علاوه براین، دانه ها می‌توانند شرایط بسیار نامناسب را تحمل کرده و

هنگام برقراری اوضاع مناسب ادامهٔ حیات گونه را تأمین کنند. حال می‌توانید بگویید که چرا در محیط‌های نامناسب مانند بیابانها نسبت گیاهان یک ساله بسیار بیشتر از چند ساله‌هاست؟

کلون کردن گیاهان

کلون کردن عبارت است از تولید یک موجود زنده به طریق ژنتیکی، به‌طوری که موجود زنده جدید، کاملاً همتای موجود زنده اولیه باشد. بنابراین قلمه‌زدن، خوابانیدن و پیوندزدن که در باغبانی رواج دارند، همگی مثالهایی از **کلون کردن** هستند. اما اخیراً مفهوم کلون کردن دقیق‌تر و اختصاصی‌تر شده است. شما با آزمایشهای زیر با مفهوم جدید کلون‌کردن بهتر آشنا می‌شوید.

اولین آزمایش به وسیله یک دانشمند آمریکایی انجام شد. او قطعه کوچکی از ریشه هویج را جدا کرد و در ظرفی که حاوی مواد غذایی بود (محیط کشت) پرورش داد. سلولها در محیط کشت تقسیم شدند و توده‌ای از سلولهای نامتمایز پدید آوردند. کاری این چنین که با سلولهای گیاهی یا جانوری انجام می‌گیرد، «کشت بافت» نام دارد.

او سپس از تودهٔ سلولی پدید آمده، یک سلول را جدا کرد و در محیط کشت مجزایی پرورش داد. حادثه جالبی اتفاق افتاد. سلول تقسیم شده نمو کرد و به رویان کوچکی تبدیل شد. این رویان تکامل یافت و به گیاه جدیدی تبدیل شد. در واقع سلول جدا شده مانند سلول تخم اصلی در هویج عمل کرد و رویان جدید به‌وجود آورد.

مزیت عمده این روش آن است که از یک گیاه واحد اولیه می‌توان تعداد زیادی گیاه همتا به وجود آورد. اگر گیاه اصلی دارای گلهای زیبایی است، یا مواد شیمیایی قابل استفاده‌ای دارد و یا میوه فراوانتر یا بهتری می‌دهد، با کلون کردن آن‌می‌توان تعداد فراوانی از آن را تولید کرد. به این طریق امروز بسیاری از گیاهان مفید را زیاد می‌کنند و مورد استفاده قرار می‌دهند. با به دست آوردن این اطلاعات آیا می‌توانید راه جدیدی برای زیاد کردن ذرت‌هایی که دانه‌های پرچربی دارند، طراحی و پیشنهاد کنید؟

پرسش و خودآزمایی

۱ــ چه تفاوتهایی بین ساختمان بساک جوان و بساک رسیده وجود دارد؟

۲ــ میکروسپور با دانه گرده چه تفاوتهایی دارد؟

۳ــ بساک چگونه شکفته می شود؟ چندنوع شکوفایی بساک را ذکر کنید.

۴ــ مراحل پیدایش کیسهٔ رویانی در تخمک چگونه است؟

۵ــ برچه چیست؟ انواع برچه ها را در گیاهان مختلف معرفی کنید.

۶ــ گیاهانی که با باد گرده افشانی می کنند چه سازگاریهایی حاصل کرده اند؟

۷ــ نحوه تبدیل پیش رویان به رویان را توضیح دهید.

۸ــ چرا به پارانشیم داخل تخمک «پارانشیم خورش» می گویند؟

۹ ــ اساسی‌ترین بخش دانه کدام است؟ چرا؟

۱۰ ــ برای هر یک از عوامل مکانیکی و فیزیولوژیکی که موجب خفتگی دانه می‌شوند، یک مثال بزنید.

۱۱ ــ رطوبت در رویش دانه چگونه اثر می کند؟

۱۲ ــ علت گسترش و گوناگونی نهاندانگان را توضیح دهید.

۱۳ ــ چرا وقتی در تشکیل دانه دو فرد شرکت دارند نسبت به موقعی که یک فرد شرکت می کند، برتری و امتیاز بیشتری در نظر می گیریم؟

۸

تناوب نسل و فرگشت[1] گیاهان

در طول زندگی هر گیاه دو مرحله به‌طور متناوب تکرار می‌شود ، مرحلهٔ تولید هاگ و مرحلهٔ تولید گامت. مرحله‌ای از زندگی گیاه یا نسلی که **هاگ** (اسپور) را تولید می کند **اسپوروفیت** نام دارد و مرحله یا نسلی که گامتها را پدید می‌آورد **گامتوفیت** نامیده می‌شود : تکرار نسل گامتوفیت و اسپوروفیت به‌دنبال هم **تناوب نسل** نام دارد. نسل گامتوفیت n کروموزومی و نسل اسپوروفیت ۲n کروموزومی است.

علت پیدایش نسل n کروموزومی در چرخهٔ زندگی گیاهان چیست؟ علت آن است که از یک گیاه ۲n کروموزومی (**دیپلوئیدی**) درنتیجه تقسیم میوز گامت به وجود نمی آید، بلکه سلولهای n کروموزومی (**هاپلوئیدی**) به نام هاگ (اسپور) تولید می‌شوند که برخلاف گامت توانایی تقسیم دارد و از تکثیر آن گیاه جدیدی به‌نام **گامتوفیت** حاصل می‌آید. روی گیاه گامتوفیت اندامهای جنسی پدید می‌آیند که به نوبه خود گامت‌ها را تولید می کنند. بنابراین گرچه هاگ تولید شده به‌وسیله گیاه، n کروموزومی است، ولی برخلاف گامت، قدرت آمیزش ندارد و می‌تواند تکثیر یابد و گیاه مولد گامت را به‌وجود آورد. در صورتی که در جانوران سلولهای حاصل از تقسیم میوز مستقیماً تبدیل به گامت می‌شوند و گامتها آماده آمیزش‌اند و قدرت تکثیر ندارند. در نتیجه در جانوران تناوب نسل وجود ندارد.

میوز و آمیزش دو واقعه مهم هستند که دو مرحله اسپوروفیتی و گامتوفیتی را از هم جدا

۱ـ فرهنگستان برای واژهٔ تکامل ، فرگشت را پیشنهاد کرده است.

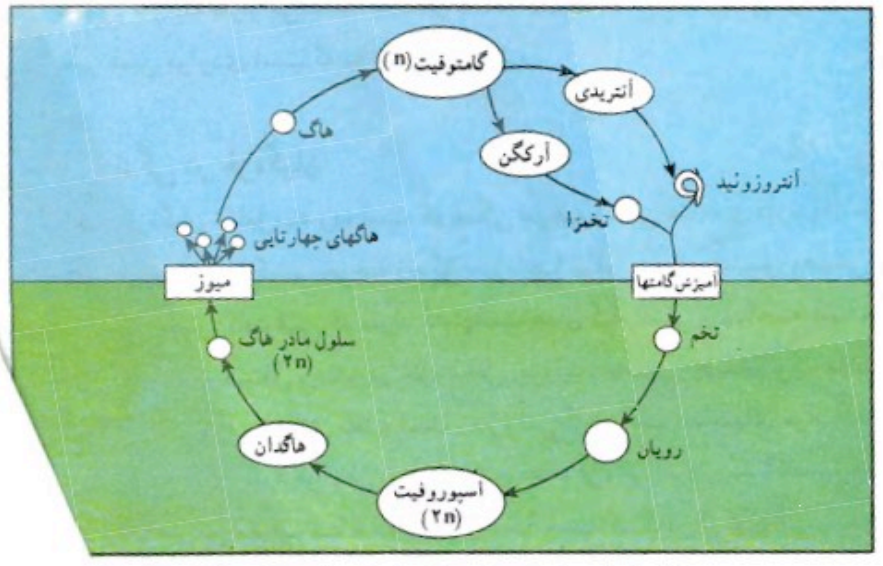
می‌کنند باتقسیم میوز هاگها پدید می‌آیند و با رویش هاگها دورهٔ گامتوفیتی شروع می‌شود .

لقاح (آمیزش) منجر به تولید تخم ۲n کروموزومی می‌شود و با رویش تخم مرحلهٔ اسپوروفیتی آغاز می‌شود .

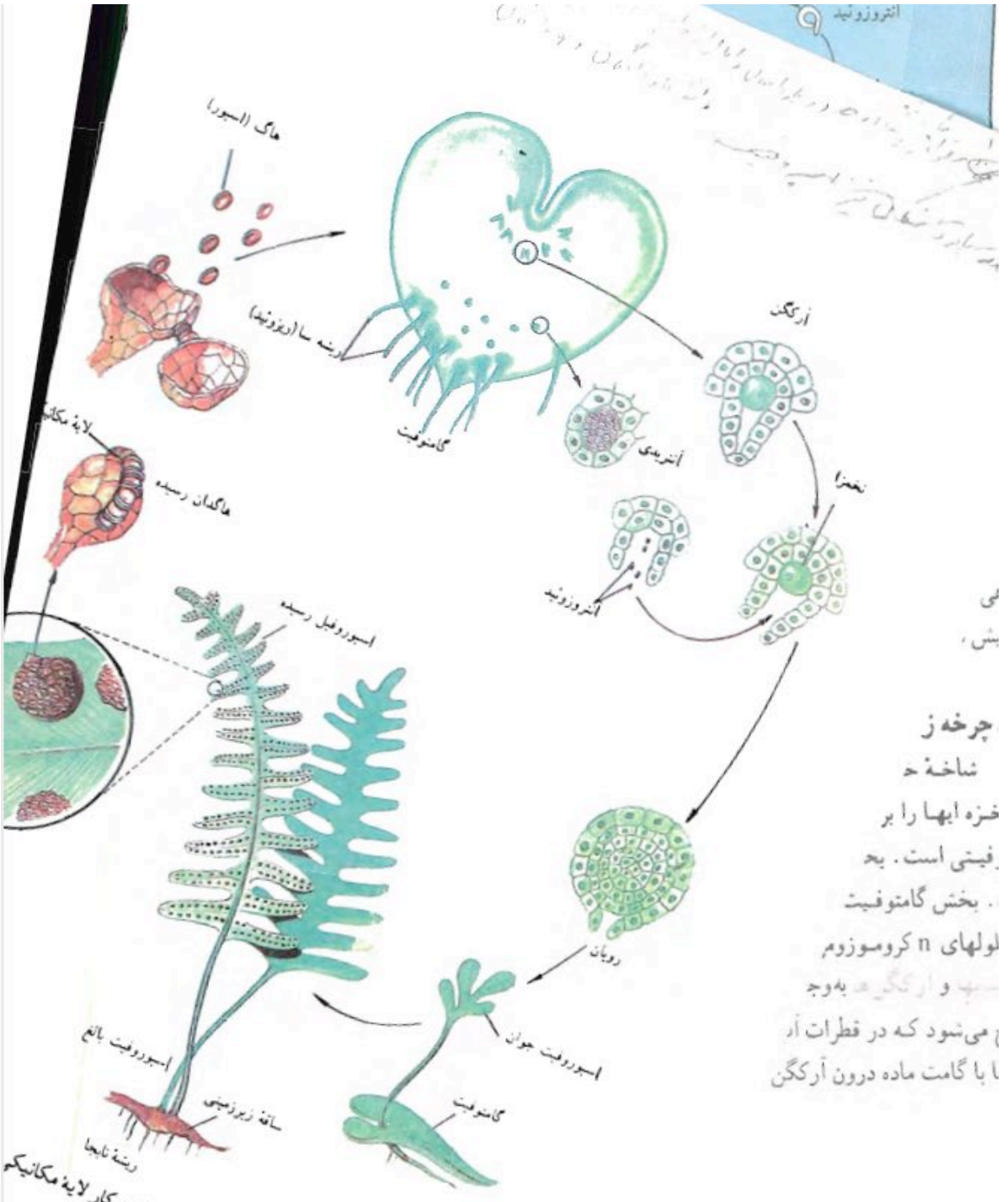
در مرحله اسپوروفیت اندامی که هاگدانها را به‌وجود می‌آورد **اسپوروفیل** نام دارد. در هاگدان (**اسپورانژ**) سلولهای ۲n کروموزومی به‌نام سلول مادر هاگ وجود دارند. این سلولها با تقسیم میوز اسپورها یا هاگها را به‌وجود می‌آورند.

عده‌ای از گیاهان تنها یک نوع هاگ و یک نوع گامتوفیت و عده‌ای دیگر دو نوع هاگ و دو نوع گامتوفیت تولید می‌کنند (شکلهای ۱ــ۸ و ۲ــ۸) چنانچه از اسپوروفیت تنها یک نوع هاگ حاصل شود، آن را **جورهاگ** (خزه‌ها و سرخسها) و چنانچه دو نوع هاگ حاصل شود آن را **ناجورهاگ** (بازدانگان و نهاندانگان) گویند . در حالت ناجورهاگی، هاگ کوچک را **میکروسپور** و هاگ بزرگ را **مگاسپور** گویند . میکروسپور مولد گامتوفیت نر (**میکروگامتوفیت**) و مگاسپور مولد گامتوفیت ماده (**مگاگامتوفیت**) است . در گامتوفیت نر اندام جنسی‌نر و در گامتوفیت ماده اندام جنسی ماده پدید می‌آید . در حالت جورهاگی ممکن است از هر هاگ یک نوع گامتوفیت به‌وجود آید که هم دارای اندام جنسی نر و هم دارای اندام جنسی ماده باشد و یا دو نوع گامتوفیت نر و ماده پدید آید .

معمولاً در حالت ناجورهاگی، اسپوروفیل و هاگدانها نیز دو نوع خواهند بود .



شکل ۱ــ۸ ــ طرح چرخهٔ زندگی یک گیاه آوندی جورهاگ



شکل ۴ ـ ۸ ـ چرخهٔ زندگی سرخس. آیا می‌توانید کار لایهٔ مکانیکم

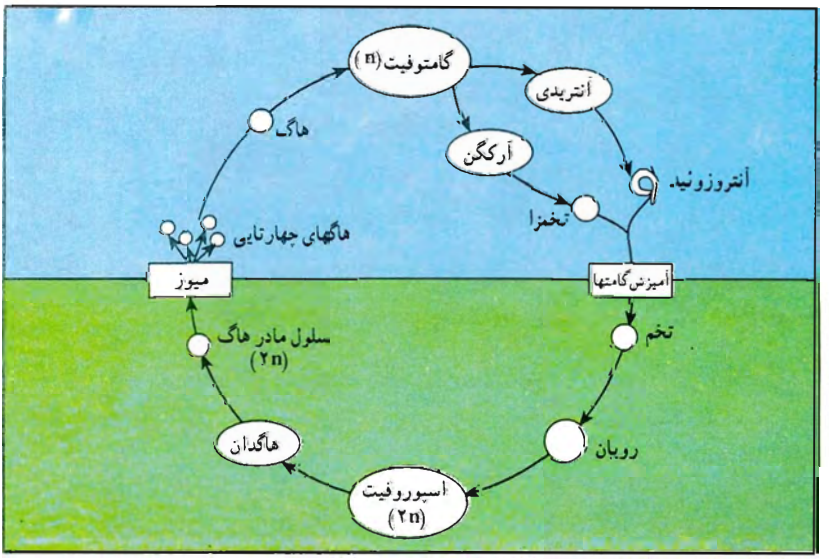
می‌کنند باتقسیم میوز هاگها پدید می‌آیند و با رویش هاگها دورهٔ گامتوفیتی شروع می‌شود .

لقاح (آمیزش) منجر به تولید تخم 2n کروموزومی می‌شود و با رویش تخم مرحلهٔ اسپوروفیتی آغاز می‌شود .

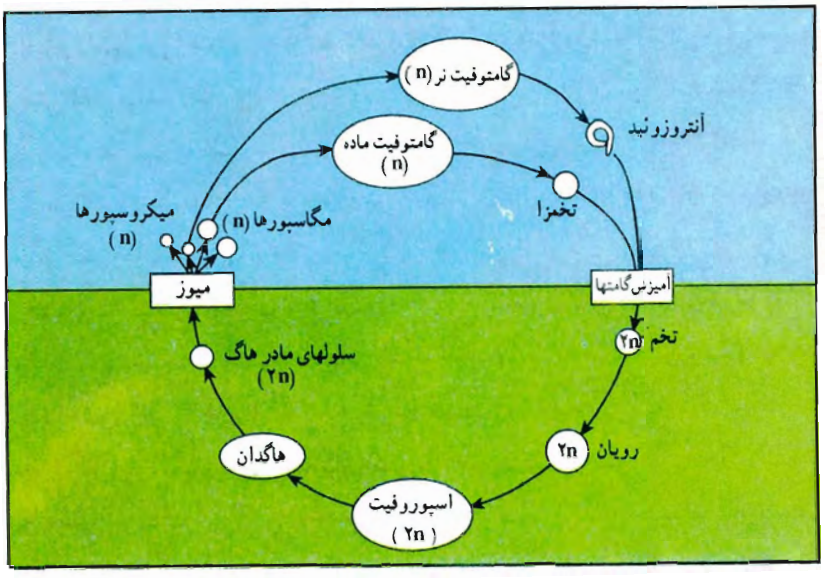
در مرحله اسپوروفیت اندامی که هاگدانها را به‌وجود می‌آورد **اسپوروفیل** نام دارد. در هاگدان (**اسپورانژ**) سلولهای 2n کروموزومی به‌نام سلول مادر هاگ وجود دارند. این سلولها با تقسیم میوز اسپورها یا هاگها را به‌وجود می‌آورند.

عده‌ای از گیاهان تنها یک نوع هاگ و یک نوع گامتوفیت و عده‌ای دیگر دو نوع هاگ و دو نوع گامتوفیت تولید می‌کنند (شکلهای ۱ــ۸ و ۲ــ۸) چنانچه از اسپوروفیت تنها یک نوع هاگ حاصل شود، آن را **جورهاگ** (خزه‌ها و سرخسها) و چنانچه دو نوع هاگ حاصل شود آن را **ناجورهاگ** (بازدانگان و نهاندانگان) گویند. در حالت ناجورهاگی، هاگ کوچک را **میکروسپور** و هاگ بزرگ را **مگاسپور** گویند. میکروسپور مولد گامتوفیت نر (**میکروگامتوفیت**) و مگاسپور مولد گامتوفیت ماده (**مگاگامتوفیت**) است. در گامتوفیت نر اندام جنسی‌نر و در گامتوفیت ماده اندام جنسی ماده پدید می‌آید. در حالت جورهاگی ممکن است از هر هاگ یک نوع گامتوفیت به‌وجود آید که هم دارای اندام جنسی نر و هم دارای اندام جنسی ماده باشد و یا دو نوع گامتوفیت نر و ماده پدید آید.

معمولاً در حالت ناجورهاگی، اسپوروفیل و هاگدانها نیز دو نوع خواهند بود.



شکل ۱ــ۸ ــ طرح چرخهٔ زندگی یک گیاه آوندی جورهاگ



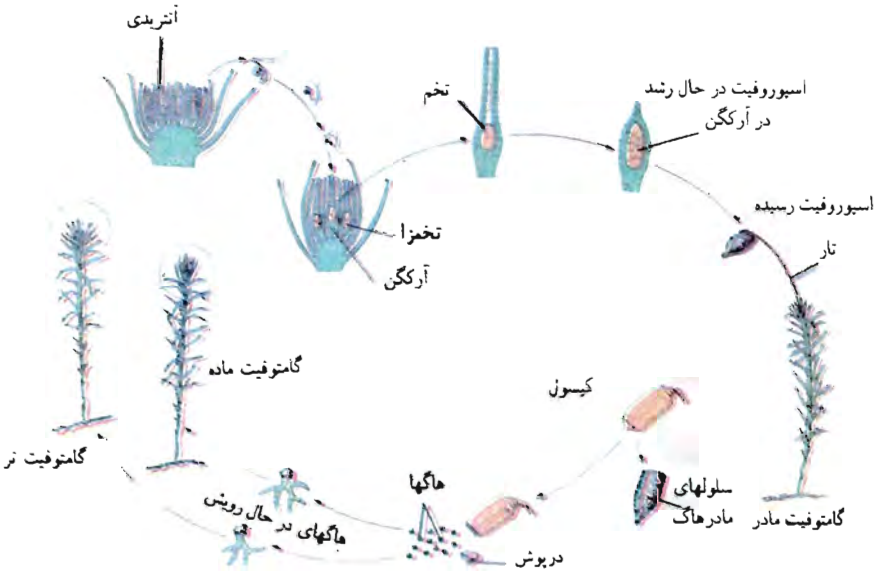
شکل ۲ــ۸ ــ طرح چرخهٔ زندگی یک گیاه آوندی ناجورهاگ، برای ساده شدن، میکروسپورها و مگاسپورها را طوری نشان داده‌ایم که هر دو حاصل یک میوز هستند.

حال که با اصول کلی تناوب نسل در گیاهان آشنا شدید، چرخهٔ زندگی بعضی از گروههای گیاهی را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. به‌خاطر داشته باشید که چرخهٔ زندگی در گیاهان دیگر کمابیش نظیر همین مواردی است که مطالعه خواهید کرد.

۱ــ چرخه زندگی در خزه‌گیان

شاخهٔ خزه‌گیان شامل سه رده است که همگی چرخهٔ زندگی همانندی دارند. از میان آنها ردهٔ خزه ایها را بررسی می‌کنیم. چرخهٔ زندگی خزه‌ایها شامل بخش اسپوروفیتی و بخش گامتوفیتی است. بخش گامتوفیتی که مولد گامتهاست همان گیاه اصلی و شناخته شده یعنی خزه است. بخش گامتوفیت مستقل بوده و در خزه شامل ریزوئید، محور و ضمایم برگ مانند است و از سلولهای n کروموزومی تشکیل یافته است. در رأس گامتوفیت اندامهای مولد گامت یعنی آنتریدیها و آرکگن‌ها به‌وجود می‌آیند. از هر آنتریدی تعداد فراوانی آنتروزوئید (گامت نر) دو تاژکی خارج می‌شود که در قطرات آب شنا کرده به طرف مادهٔ چسبناک گردن آرکگن می‌روند. یکی از گامتها با گامت ماده درون آرکگن ترکیب می‌شود و تخمی را به‌وجود می‌آورد که رشد خود را در

رأس خزه شروع می کند و به پایان می‌رساند. از رشد تخم، نسل اسپوروفیت به‌وجود می‌آید که از سه قسمت پایه، تار و کپسول تشکیل شده است. در کپسول، سلولهای مادر هاگ با تقسیم میوز، تعداد فراوانی هاگ تولید می‌کنند که هر یک پس از رویش گامتوفیت جدید (گیاه جدید) را پدید می‌آورند. بنابراین در خزه‌گیان اسپوروفیت که بر روی گامتوفیت زندگی و از آن تغذیه می‌کند مستقل نیست و به گامتوفیت وابستگی کامل دارد، در صورتی که گامتوفیت، گیاه اصلی را تشکیل می‌دهد و مستقل است (شکل ۳ ــ ۸).

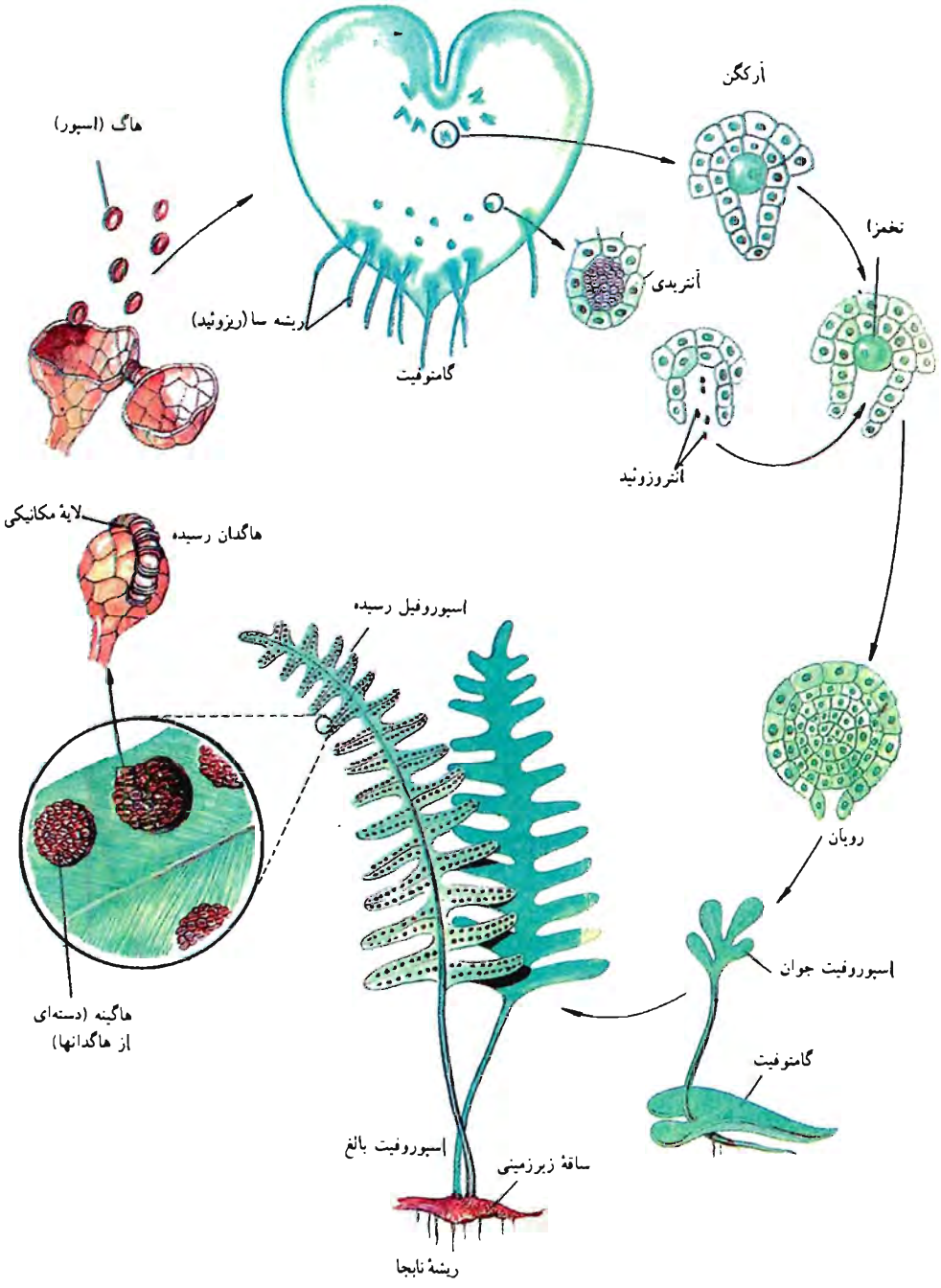


شکل ۳ ــ ۸ ــ چرخه زندگی خزه معمولی. مرحله گامتوفیت را روی شکل مشخص کنید.

۲ــ چرخهٔ زندگی در نهانزادان آوندی

اسپوروفیت در نهانزادان آوندی (برخلاف خزه‌گیان)، گیاه اصلی را تشکیل می‌دهد و تنها در ابتدای رویش بر روی گامتوفیت زندگی و از آن تغذیه می‌کند، ولی به‌زودی مستقل می‌شود. گامتوفیت این گروه مانند خزه‌ها ازرشد و نمو هاگ به‌وجود می‌آید و کاملاً مستقل است.

از نهانزادان آوندی به شرح دوره‌های اسپوروفیتی و گامتوفیتی سرخس می‌پردازیم. به طوری که در شکل مشخص شده اسپوروفیت بالغ سرخس شامل ساقه، ریشه و برگهاست. هر برگ یک اسپوروفیل است. در پشت برگها لکه‌هایی به نام هاگینه به‌وجود می‌آید که شامل تعدادی هاگدان است. سلولهای مادر هاگ که درون هاگدان قرار دارند با تقسیم میوز تعداد



شکل ۴ ــ ۸ ــ چرخهٔ زندگی سرخس. آیا می‌توانید کار لایهٔ مکانیکی روی هاگدان را حدس بزنید؟

فراوانی هاگ به‌وجود می‌آورند که پس از پاره‌شدن هاگدان منتشر می‌شوند، از رویش هر هاگ بخش گامتوفیتی سرخس یعنی **پروتال** پدید می‌آید. گامتوفیت از ابتدا زندگی مستقل داشته، موادغذایی را به‌وسیلهٔ ریشه‌ساهای خود جذب و با عمل فتوسنتز مواد آلی مورد نیاز خود را تأمین می‌کند. در زیر گامتوفیت بالغ اندامهای جنسی یعنی آنتریدی و آرکگن پدید می‌آید که از نظر اصول ساختمانی شبیه اندامهای جنسی در خزه هستند و مولد گامتهای نر و ماده‌اند. آنتروزوئیدهای سرخس دارای تاژکهای متعددی هستند و به وسیلهٔ ترشحات گردن آرکگن جلب می‌شوند. سرانجام یکی از آنها با تخمزا آمیزش می‌کند و آن را بارور می‌سازد. سلول تخم که برروی گامتوفیت به‌وجود می‌آید، مراحل ابتدایی رویش خود زا بر روی گامتوفیت می‌گذراند و از مواد غذایی آن استفاده می‌کند و پس از مدت کوتاهی مستقل می‌شود. بنابراین، اسپوروفیت جوان در مراحل اولیه زندگی به‌پروتال (گامتوفیت) وابسته است.

۳ــ چرخه زندگی در پیدازادان

پیدازادان یا گیاهان دانه‌دار شامل دو گروه بازدانگان و نهاندانگان هستند. در بازدانگان برچه‌ها گسترده بوده، دانه‌ها بر روی آنها قرار می‌گیرند. در ادامه، تناوب نسل را در گیاه بازدانه کاج مورد مطالعه قرار می‌دهیم. بررسی دوره‌های زندگی در نهاندانگان را به‌عهده خود شما می‌گذاریم تا براساس درک مفاهیم این فصل طرحی از چرخهٔ زندگی آنها را رسم کنید

تناوب نسل در کاجــ تناوب نسل در همه بازدانگان کم و بیش شبیه به کاج است اندامهای جنسی در کاج شامل مخروطهای نر و مخروطهای ماده‌اند.

شما احتمالاً مخروطهای ماده کاج را بارها وبارها دیده‌اید، شاید هم با استفاده از آنها چیزهایی درست کرده باشید. مخروط ماده شامل یک محور و پولکهای چسبیده به آن است. روی هر پولک دو تخمک پدید می‌آید. تخمکها در سال اول نارس‌اند و هر کدام شامل پارانشیم خورش، یک پوسته و سوراخ سفت است. در سال دوم در وسط پارانشیم خورش، بافتی n کروموزومی به‌نام **آندوسپرم** پدید می‌آید که همان **مگاگامتوفیت** است. در درون آندوسپرم چند آرکگن ساخته می‌شود. سلول n کروموزومی مولد آندوسپرم، **مگاسپور** نام دارد که خود ازتقسیم میوزی سلولی به نام سلول مادر مگاسپور (یکی از سلولهای پارانشیم خورش) حاصل آمده است.

مخروطهای نر به‌شکل چندتایی و به‌رنگ نارنجی در نوک بعضی از شاخه‌ها پدید می‌آیند. هر مخروط نر از پولکهایی پوشیده شده است که هرکدام آنها به جای یک پرچم

هستند. در زیر هر پولک دو کیسه گرده قرار دارد. در داخل کیسه گرده سلولهای 2n کروموزومی مادر میکروسپور قراردارند که با تقسیم میوزی میکروسپورها را به وجود می‌آورند. هسته هر میکروسپور به‌طریق میتوز دوبار تقسیم می‌شود و چهار هسته در داخل میکروسپور پدید می‌آورد. این چهار هسته در داخل میکروسپور به چهار سلول تبدیل می‌شوند که عبارتند از دو سلول پروتالی، یک سلول رویشی، یک سلول زایشی. همزمان با این تغییرات دو پوستهٔ اگزین و انتین این مجموعه سلولی را از خارج محصور می‌کنند و دانه گرده پدید می‌آید. پوسته اگزین در طرفین دانه گرده کمی از انتین فاصله می‌گیرد و در این فاصله هوا اندوخته می‌شود. کیسه‌های هوادار در دانهٔ گرده موجب سبکی و سهولت پراکندگی آنهاست. دانه‌های گرده همان میکروگامتوفیت‌ها هستند و وقتی از کیسهٔ گرده آزاد می‌شوند، غبار زردی از درختان کاج فرو می‌ریزد. دانه‌های گرده به تخمکها می‌رسند و در فضایی که در بالای تخمک وجود دارد (اتاق دانهٔ گرده) حدود یک‌سال باقی می‌مانند و آنگاه لولهٔ گرده را به‌وجود می‌آورند، پس از آن تخمکها هم می‌رسند و لقاح انجام می‌شود.

در هر لوله گرده از تقسیم سلول زایشی آنتروزوئیدها حاصل می‌آیند که یکی از آنها باقی می‌ماند. هر آنتروزوئید همراه لوله گرده به یک آرکگن وارد می‌شود و با سلول تخمزا آمیزش می‌کند. با وجود چند آرکگن، تنها از تخمی که در یکی از آنها به وجود می‌آید، رویان حاصل می‌شود.

تخمک کاج پس از آمیزش کم کم تبدیل به دانه می‌شود. هر دانهٔ کاج از یک پوسته، آندوسپرم، رویان و یک بال تشکیل شده است. رویان همان اسپوروفیت جوان است و در هنگام رویش از اندوخته که همان آندوسپرم (گامتوفیت) است تغذیه می‌کند.

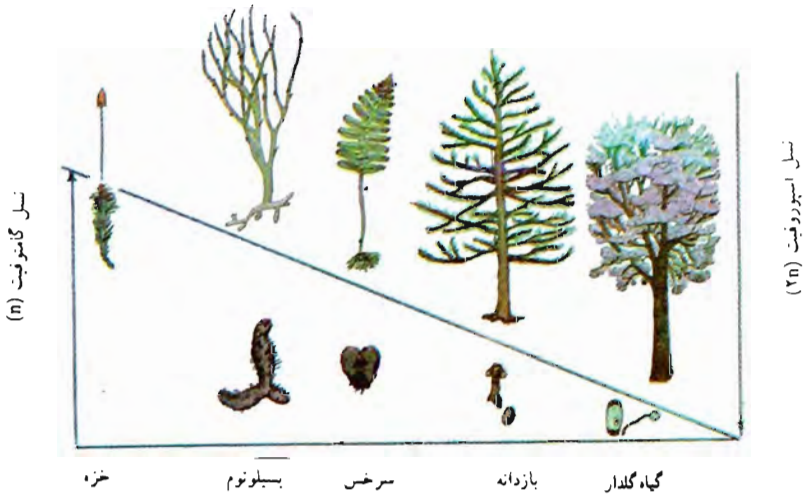
همان‌طور که مشاهده می کنید در زندگی بازدانگان نیز دو نسل وجود دارد. نسل اسپوروفیت همان گیاه کامل کاج است که در روی تنهٔ اصلی آن دو نوع شاخه، برگهای پولک‌مانند و سوزنی و مخروط‌های نر و ماده وجود دارد. نسل اسپوروفیت تنها در مرحلهٔ رویانی و در هنگام رویش به نسل گامتوفیت (آندوسپرم) وابسته است (چگونه؟) و در بقیه ایام مستقل و همان گیاه اصلی است. نسل گامتوفیت برعکس نسل اسپوروفیت، کوچک و میکروسکوپی است و تشخیص آن به اطلاعات دقیقتری نیاز دارد. درواقع دانه گرده و آندوسپرم به‌ترتیب گامتوفیت نر و گامتوفیت ماده‌اند. گیاه گامتوفیت بر روی اسپوروفیت زیست می‌کند و به آن وابسته است (شکل ۵ ـ ۸).

شکل ۵ ــ ۸ ــ مراحل چرخه زندگی کاج. مرحلهٔ میکروگامتوفیتی و مگاگامتوفیتی را در روی شکل مشخص کنید.

تحول در چرخهٔ زندگی گیاهان

مقایسه چرخهٔ زندگی گیاهان دو مسئله را روشن می‌سازد. نخست آنکه همه گیاهان در طول زندگی مراحل مشابهی را طی می کنند و مکانیسم آمیزش در همهٔ آنها یکسان است. این مشابهت‌ها نشان می‌دهند که گیاهان با هم خویشاوندی دارند و تأیید می کنند که گیاهان می توانند دارای اجداد مشترکی باشند. دوم آنکه تناوب نسل در بین گیاهان از ساده‌ترین شکل شروع و به پیچیده‌ترین حالت خاتمه می‌پذیرد. در گیاهان ابتدایی مانند خزه‌گیان، گامتوفیت (گیاه n کروموزومی) گیاه اصلی است و استقلال دارد، اما اسپوروفیت مختصر و وابسته به گامتوفیت است. در سرخسها گامتوفیت مستقل بوده و اسپوروفیت تنها در ابتدای رویش وابسته به گامتوفیت است و به‌زودی مستقل می‌شود. در این گیاهان قسمت اصلی و عمدهٔ زندگی رااسپوروفیت تشکیل می‌دهد. در پیدازادان مانند بازدانگان و نهاندانگان، گیاه گامتوفیت بسیار مختصر و غیر مشخص است و گیاه اصلی که تمامی دوره زندگی را تشکیل می‌دهد، اسپوروفیت

است. می‌بینید که مرحلهٔ گامتوفیت از گیاهان ساده تا گیاهان عالی تدریجاً مختصرتر می‌شود و در عوض مرحلهٔ اسپوروفیت مشخص‌تر، طولانی‌تر شده و در نهایت گیاه اصلی را می‌سازد. شکی نیست که نسل ۲n کروموزومی (اسپوروفیت) بیش از نسل n کروموزومی کارآیی دارد و سازش‌پذیری آن بیشتر است. چرا؟ شکل ۶ ــ ۸ تحول نسلها را در گیاهان نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۸ ــ جهت مسیرهای تکاملی اسپوروفیت و گامتوفیت در گروههای مختلف گیاهان

فرگشت گیاهان

یکی از موضوعهای جالب در دانش زیست‌شناسی فرگشت جانداران است که درسده های اخیر فکر زیست‌شناسان را به خود مشغول داشته است. آیا تاکنون از خود پرسیده‌اید:

ــ کدام یک از گروههای گیاهی زودتر و کدام‌یک دیرتر روی کره زمین پدیدار شده‌اند؟

ــ خلقت این گروهها مستقل بوده یا روابط خویشاوندی دور و نزدیک با یکدیگر داشته‌اند؟

ــ از بدو پیدایش تاکنون، گیاهان دارای ویژگیهای ثابتی بوده اند یا به‌تدریج خصوصیات متفاوتی پیدا کرده‌اند ؟

ــ آیا دامنهٔ گسترش گیاهان در گذشته و حال همانند بوده است؟

ــ آیا گیاهان در همین زیستگاههای فعلی ساکن بوده‌اند یا از زیستگاههای دیگری آمده‌اند؟

ـ آیا گونه‌هایی که تاکنون در طبیعت ظاهر شده‌اند محدود به گونه‌های امروزی هستند؟

ـ آیا گونه‌های موجود تغییر خواهند کرد و اگر دگرگونی حاصل کنند، جهت این تغییرات در چه راستایی خواهد بود؟

پاسخ به این پرسشها و پرسشهای دیگری که در فکر جستجوگر انسان مطرح می‌شود به عهده زیست‌شناسان است. آنان باید به استناد مدارک علمی به پاسخ منطقی و قانع‌کننده بپردازند. اگرچه طی سده‌های اخیر زیست‌شناسان توانسته‌اند اطلاعات با ارزشی را جمع‌آوری کنند ولی با همهٔ این تلاشها، نکات مبهم فراوانی نیز وجود دارد که امید است در آینده معلوم شود.

مدارک مورد استفاده برای اثبات فرگشت در گیاهان ـ در بررسی چرخهٔ زندگی گیاهان با همانندیهای فراوان گروههای مختلف گیاهان چه از نظر ساختار و چه از نظر عمل آشنا شدیم و به این واقعیت رسیدیم که اگر چه در صورت ظاهر میان گیاهان تفاوتهای فراوان می‌بینیم، اما در فرایندهای مختلف زیستی همگی دارای روند مشترک و وحدت عمل هستند. این همانندیها دلیل بر خویشاوندی گروههای مختلف گیاهان بوده و نشان می‌دهد که همه گیاهان می‌توانند از نیاکان مشترکی حاصل شده باشند. مدارک دیگر از بررسی **سنگواره‌ها** به‌دست می‌آیند. سنگواره (فسیل) به آثار و بقایای جانداران بسیار گذشته که در بین ته‌نشستها محفوظ مانده‌اند، گفته می‌شود. از مطالعهٔ سنگواره ها اطلاعات ارزشمندی در مورد چگونگی زندگی گیاهان در دوره‌های قبل ،چگونگی تغییر آنها و پیدایش گونه‌های امروزی به‌دست آمده است. از مطالعه فسیل‌ها نتایج مستقیم‌تری به‌دست می آیند که همگی تغییر و فرگشت گیاهان را تأیید می‌کنند. با این بررسیها نخست درمی‌یابیم که گیاهان اولیه‌ای که در روی زمین پدیدار شده اند با گیاهان امروزی تفاوت فاحش داشته‌اند و این امر نشان می‌دهد که گیاهان اولیه تا رسیدن به اشکال امروزی تغییرات فراوانی حاصل کرده‌اند. دوم آنکه آثار گیاهی که در ته‌نشستهای قدیمی‌تر یافت شده‌اند به‌مراتب ساده‌تر از سنگواره‌های ته‌نشستهای جدیدتر (دوران‌های جدیدتر) هستند و این حقیقت نشان می‌دهد که گیاهان اولیه شکلهای ساده تر داشته‌اند و به تدریج به شکلهای پیچیده‌تر امروزی درآمده‌اند. برای مثال در دوران پالئوزوئیک زمین‌شناسی،آثار نهانزادان آوندی بسیار فراوانند در حالی که اثری از نهاندانگان (گیاهان عالی‌تر) وجود ندارد. برعکس در دوران سنوزوئیک زمین‌شناسی آثار نهاندانگان بسیار فراوان و متنوع‌اند، ولی سنگواره های نهانزادان آوندی اندک هستند. نتیجه سوم با مشاهده سنگواره‌های **حد واسط**، که ویژگیهای مشترک دو گروه مختلف رانشان می‌دهند، اشتقاق یک گروه را از گروه

دیگر روشن می‌سازند. برای مثال سنگوارهٔ **سرخسهای دانه‌دار**، احتمال اشتقاق گیاهان دانه‌دار را از نهانزادان آوندی نشان می‌دهد، زیرا این گیاهان ازیک‌سو ویژگیهای سرخس ها (گروهی از نهانزادان آوندی) و از سوی دیگر خصوصیات گیاهان بازدانه را دارا هستند.

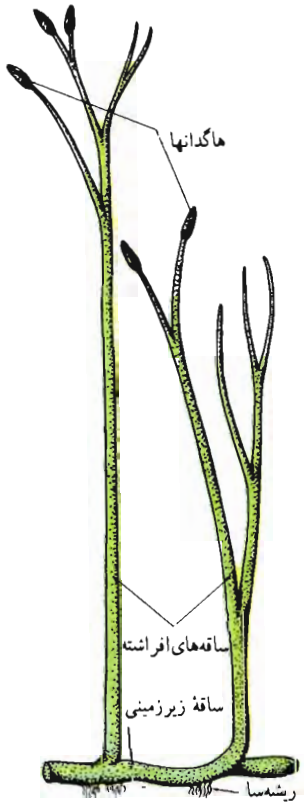
خاستگاه گروههای گیاهی

الف ــ خاستگاه خزه‌گیان ــ همانندیهای فراوانی که بین این گروه و برخی ازجلبکهای سبز بویژه در مرحلهٔ رویش هاگ، وجود رنگیزه‌های فتوسنتزی، اجزای دیوارهٔ سلول، اندوختهٔ غذایی و سلولهای جنسی وجود دارد، احتمال مشتق شدن رده‌های مختلف خزه‌گیان را از گروههای متفاوت جلبکهای سبز قوت می‌بخشد. قدیمی‌ترین سنگواره‌ای که از خزه‌گیان در دست است شباهت آنها را با جلبکها نشان می‌دهد. در دگرگونی جلبک به خزه، تغییرات عمده‌ای که مستلزم انتقال از آب به خشکی و تغییر گامتوفیت و اسپوروفیت که در جلبکها هم‌شکل و مستقل است، به اسپوروفیت وابسته به گامتوفیت می‌باشد، صورت گرفته است. خزه‌گیان دارای سازمان پیشرفته‌تری نسبت به جلبکها هستند و سلولهایشان تمایز یافته‌ترند. از مجموع پژوهشهای به‌عمل آمده دربارهٔ خزه‌گیان به این نتیجه رسیده‌اند که هیچ رده‌ای از آنها از ردهٔ دیگر به وجود نیامده و هیچ گروهی نیز از آنها مشتق نشده است.

ب ــ خاستگاه گروه نهانزادان آوندی ــ قدیمی‌ترین گیاهان آوندی که تاکنون در طبیعت یافت شده مربوط به گروهی به‌نام **پسیلوفیتالها**ست. به احتمال زیاد این گروه نیز به‌طور مستقیم از جلبکهای سبز مشتق شده اند. تمایز تراکئیدها در ساقه، وجود سلولهای روزنه در اپیدرم، کوتینی شدن هاگها وغیره در نمونه‌های سنگواره که نشانهٔ سازش آن با شرایط خشکی است، این گروه را از جلبکها متمایز می‌سازند. مقایسه سنگواره‌های آنها در دوره‌های دوران پالئوزوئیک فرگشت و گسترش آنها را نشان می‌دهد. گونه‌ای از این گروه به نام رینیا (شکل ۷ ــ ۸) در زیستگاه اصلی خود به وسیلهٔ خاکسترهای آتشفشان پوشیده شده و کاملترین سنگواره گیاهی اواسط دوران پالئوزوئیک را تشکیل می‌دهد. ریخت خارجی و ویژگیهای تشریحی این گیاه مورد مطالعهٔ دقیق قرار گرفته است.

گیاه رینیا دارای ساقهٔ زیرزمینی استوانه‌ای است که از آن ساقه‌های راست استوانه‌ای با انشعابات دوشاخه‌ای خارج می‌شود. هاگدانهای گیاه در نوک شاخه‌ها قرار دارد و حاوی هاگهای کوتینی شده است. قطر شاخه‌های آن به ۶ میلیمتر و طول آن به ۵۰ سانتیمتر می رسد. در استوانه مرکزی گیاه تراکئیدهایی دیده می‌شود و در بین سلولهای روپوست دارای روزنه

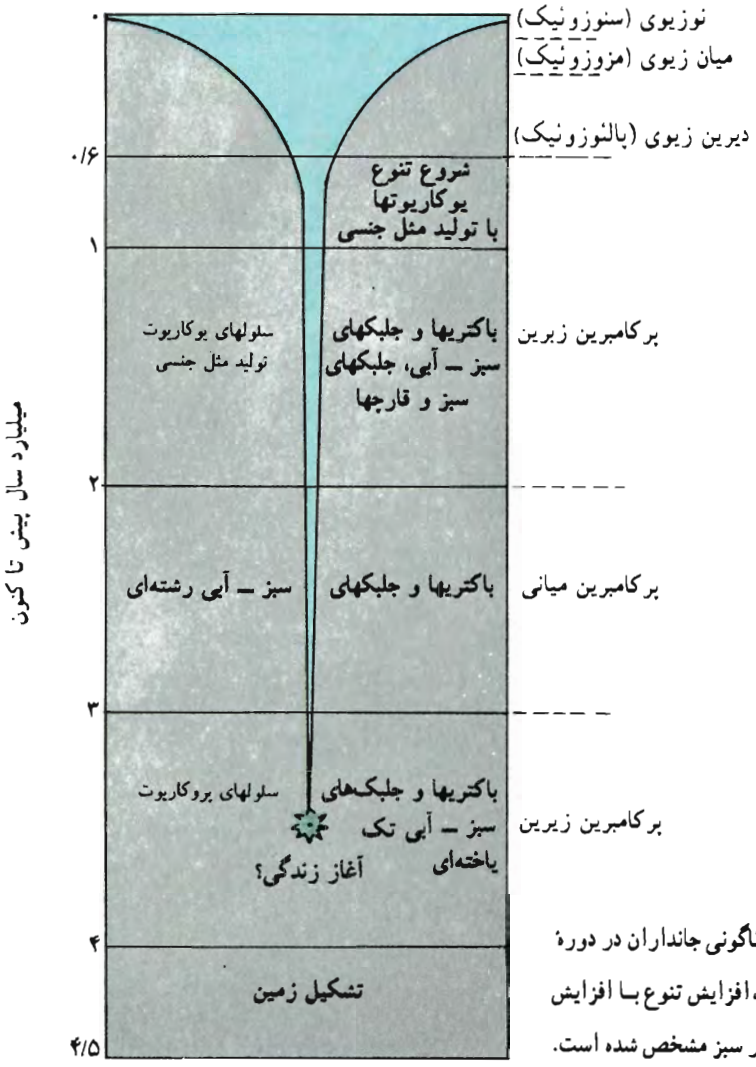
بوده‌است همـچنین فاقد ریشـه و برگ بوده، آب و مواد غذایی به وسـیلهٔ ریشه‌ساها (ریـزوئیدها)ی گیاه جذب می‌شده است (شکل ۸ ــ ۸).



شکل ۷ــ۸ ــ سیمای گیاه رینیا که در ۳۰۰ میلیون سال پیش زندگی می‌کرده است.

دربارهٔ خاسـتگاه دم‌اسبـیان نکات مـبهم بسـیار است. گونه هایـی از این گروه در اواسط و اواخر دوران پالئوزوئیک زمین‌شناسی یافت شده و گسـترش فراوان داشته‌اند، اما امروز تنها یک سرده (جنس) از آنها باقی مانده است.

پنجه‌گرگـیان و سرخسها نیـز در اواسط دوران پالئوزوئیک پیدا شده و گسـترش یافته‌اند. خاسـتگاه این گروه را سـیلوفیتالها می دانند. سـرخسهـای دانه‌دار گروهی بوده‌اند که ویژگـیهای حدواسط سرخسـها و بازدانگان را داشـته‌اند و تا حدودی شبـیه سرخسهـای امروزی بوده‌اند. بر روی برگ سرخسهای دانه‌دار به جای هاگ دانه تشکیل می‌شده است. از این سرخسها گونه های متـعددی می‌زیسته اند کـه همگی از میان رفـته اند. بسیاری از تبـارشناسان معـتقدند که خـاستگاه سرخسها و سرخسهای دانه‌دار نیز گروه پسیلوفیتالها بوده‌اند.



شکل ۸ ـ۸ ـ گوناگونی جانداران در دورهٔ کامبرین، افزایش تنوع با افزایش پهنای نوار سبز مشخص شده است.

ج ـ **خاستگاه بازدانگان**ـ عده‌ای از بازدانگان امروزی مانند **سیکاس**ها ویژگیهای اجدادی خود را تا حدودی حفظ کرده‌اند. اینها بسیاری ازویژگیهای سرخسهای دانه‌دار را دارند و احتمالاً از آنها منشأ گرفته‌اند. گروه دیگری از بازدانگان مانند تیره افدراسه تمایز بیشتری حاصل کرده و به نهاندانگان نزدیک شده‌اند. خاستگاه این گروه و بقیه بازدانگان را گروهی به نام **کوردائیت**ها می‌دانند که در دوران پالئوزوئیک زمین‌شناسی زیست می‌کرده‌اند. کوردائیت ها تنها در دوران پالئوزوئیک می‌زیسته‌اند و سپس از میان رفته‌اند، منشأ آنها را

نهانزادان آوندی می‌دانند.

د ــ **خاستگاه نهاندانگان** ــ شاید نهاندانگان در اوایل دوران مزوزوئیک زمین‌شناسی ظاهر شده باشند، اما فسیل نهاندانگان واقعی در اواخر دوران مزوزوئیک زمین‌شناسی یافت شده‌اند. در این دوران پیوسته گلبرگها و تک‌لپه‌ایها بسیار نادر بوده‌اند، اما این گروهها و گروههای دیگری که امروز زیست می‌کنند در اوایل دوران سنوزوئیک زمین‌شناسی پدیدار شده‌اند. به اعتقاد بسیاری از زیست‌شناسان، گروههای مختلف نهاندانگان از دولپه‌ایهای ابتدایی به نام **ماگنولی‌ئیده** مشتق شده اند.

پرسش و خودآزمایی

۱ــ علت نامگذاری دو مرحله از زندگی گیاهان به نامهای اسپوروفیت و گامتوفیت چیست؟

۲ــ تفاوت اسپور (هاگ) و گامت چیست؟

۳ــ اصطلاحات اسپوروفیل و اسپورانژ را تعریف و رابطه آنها را بیان کنید.

۴ــ در نهاندانگان مگاسپوروفیل و مگاسپورانژ کدامند؟

۵ــ در کدام اندام کاج گامتوفیت در کنار اسپوروفیت قرار گرفته است؟

۶ــ با اطلاعاتی که درباره مراحل گامتوفیتی و اسپوروفیتی به‌دست آورده اید، طرح ساده‌ای از چرخهٔ زندگی نهاندانگان رسم کنید.

۷ــ داده های فسیل‌شناسی چگونه تغییر و فرگشت را در گیاهان ثابت می‌کنند ؟

۸ــ رینیا با نهانزادان فعلی چه تفاوتهایی دارد؟

۹ــ چه تغییراتی موجب سازش گیاهان با زیستگاههای خشکی می‌شود؟

۱۰ــ تفاوت لقاح در بازدانگان و نهاندانگان چیست؟

۱۱ــ تناوب نسل در خزه‌گیان را با گیاهان بازدانه مقایسه کنید.

۱۲ــ چه دلایلی وجود دارد که خاستگاه خزه‌گیان را جلبک‌های سبز معرفی کنند؟

۱۳ ــ هاگدانهای نر و مادهٔ کاج کدامند؟

۱۴ ــ اندوسپرم کاج با چه بخشی از سرخس همتایی دارد؟

۹

زیست‌شناسی گیاهی، اهمیت و کاربردهای گیاهان

شاید برای شما تاکنون فرصتی پیش نیامده که به اهمیت و نقش گیاهان در زندگی آدمی و سایر موجودات فکر کرده باشید. این فصل از کتاب اختصاص به همین موضوع دارد ؛ پس فرصتی است برای اندیشیدن دربارهٔ اهمیت گیاهان. بدیهی است زمانی می‌توانیم اهمیت چیزی را متوجه شویم و برای آن کمابیش ارزش قائل شویم که میزان تأثیر آن را در زندگی مادی و معنوی خود مورد ارزیابی قرار دهیم. دربارهٔ گیاهان نیز لازم است همین ارزیابی انجام شود.

زمانی که درک کنیم نه تنها زندگی ما بلکه زندگی تمام جانوران و بسیاری از گروههای موجودات زنده مرهون وجود گیاهان است، آن وقت قدر و قیمت آنها برایمان آشکار می‌شود و متوجه می‌شویم که یک درخت تناور چه نقشی در بهبود محیط زیست ما دارد. بهترین شاخص برای درک اهمیت گیاهان این است که از خود پرسش کنیم که در نبود آنها چه وضعی پیش خواهد آمد. آیا در نبود گیاهان غذا که برای زندگی ما لازم است فراهم می شود؟ به طور مسلم پاسخ منفی است. دیگر هیچ غذایی از منابع گیاهی و یا حیوانی وجود نخواهد داشت، زیرا اگر گیاهی نباشد، جانوری هم نخواهد بود و انسانی نیز در روی زمین باقی نخواهد ماند.

گیاهان علاوه بر تأمین غذا و پوشاک، اکسیژن لازم برای تنفس ما را نیز فراهم می سازند. درحقیقت، هر جنگل، باغ و درخت به‌مثابهٔ کانونهای تولید اکسیژن به شمار می‌آیند. کره زمین در ابتدای پیدایش فاقد اکسیژن بوده است و تنها پیدایش جانداران سبزینه‌دار بودند که با تولید اکسیژن زندگی را برای موجودات هوازی فراهم ساختند. تمام سوختهای فسیلی از نفت و گاز

گرفته تا تورب و زغال سنگ و سایر مواد سوختنی، که متأسفانه امروز بشر آنها را به حد اسراف مورد استفاده قرار می دهد، حاصل فعالیت گیاهان و آغازیان سبزینه‌داری بوده است که در دوره‌های مختلف زمین شناسی می زیسته‌اند.

حال که متوجهٔ اهمیت گیاهان شدیم، لازم است که استفاده صحیح و معقول از این برکت الهی را فراگیریم و همان‌طور که آنها خادمین ما هستند ما هم به آنها توجه بیشتری مبذول داریم و تا زمانی که هستند و هستیم قدر و قیمتشان را بدانیم، زیرا آنها هستند که نیازهای مادی و معنوی ما را برآورده می‌سازند. در جایی که گیاه وجود دارد زندگی، شادی و سلامتی و زیبایی نیز هست. درختان جلوه‌های آفرینش هستند، پس تیشه زدن بر ریشهٔ آنها جرمی نابخشودنی است.

در این فصل به اختصار از گیاهان به‌عنوان منبع تأمین غذا، پوشاک، دارو و... آگاهی پیدا خواهید کرد و سپس توضیح می‌دهیم که مطالعهٔ گیاهان از دیدگاههای مختلف شامل چه بخشهایی از علوم‌زیستی می‌شود. باشد شما نیز به یکی از زمینه‌های مربوط به گیاه‌شناسی علاقه‌مند شوید و با پژوهش و کشف شیوه‌های نو در استفادهٔ صحیح از گیاهان منشأ خدمتی در جهت خودکفایی کشور عزیزمان، ایران، شوید.

گیاهان به‌عنوان منبع تأمین غذا، پوشاک و تزیین

تاکنون کلیاتی را از رده‌بندی گیاهان خوانده‌اید، فرمانرو گیاهان شامل خزه‌گیان، نهانزادان آوندی، بازدانگان و نهاندانگان است. تقریباً همهٔ گیاهان می‌توانند انرژی نورانی را به انرژی شیمیایی تبدیل کرده و در اختیار جاندارانی که این توانایی را ندارند قرار دهند. بنابراین گیاهان تأمین کنندهٔ انرژی برای سایر جانداران فاقد کلروفیل هستند که توانایی ساختن مواد آلی مورد نیاز خود را ندارند. طی فرایند فتوسنتز در گیاهان مواد آلی مانند کربوهیدراتها (قند و نشاسته)، پروتئینها و چربیها و ویتامینها که مواد غذایی و ضروری برای زندگی ما و سایر گروهها هستند فراهم می‌آید. اگرچه همهٔ گونه‌های گیاهی که تعداد آنها به حدود ۲۷۰۰۰۰ می‌رسد، فراهم آورنده این مواد هستند ولی کاربرد آنها یکسان نیست؛ عده‌ای سرشار از مواد غذایی و منبع اندوختن این مواد در بخشهای مختلف خود هستند و گروههایی از نظر دارویی، صنعتی و زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و سرانجام گروههایی وجود دارند که هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند و به طور مسلم حاوی مواد ناشناخته‌ای هستند که در آینده کاربرد آنها معلوم خواهد شد. دراینجا گونه‌هایی از گیاهان را که در حال حاضر منبع تأمین غذا و پوشاک‌اند و برای تزیین به‌کار می‌روند باختصار توضیح می‌دهیم.

تیره‌هایی از گیاهان که از نظر اقتصادی اهمیت بیشتری دارند

۱ــ گندمیان، تیرهٔ بزرگی از گیاهان تک‌لپه‌ای هستند که در اغلب نقاط جهان از مناطق گرمسیر تا مناطق قطبی و از پایین‌ترین سرزمینها تا مرتفع‌ترین کوهها، تا جایی که امکان رویش گیاهان وجود دارد، پراکنده‌اند؛ زیرا گندمیان دارای ویژگیهایی هستند که در مقابل تنشهای حاصل از عوامل فیزیکی محیط و عوامل زیستی بردباری چشمگیری از خود نشان می‌دهند. بسیاری از گندمیان مورد چرای دامها و دانهٔ آنها خوراک انسان، دام و پرندگان است. دانه‌های گندم، برنج و ذرت خوراک عمدهٔ مردم جهان را تشکیل می‌دهند.

الف ــ گندم ــ یکی از عمده‌ترین غلاتی که از حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل تاکنون مورد استفاده انسان قرار گرفته است گندم است. این گیاه با آب و هوای نیمه‌خشک و سرد سازگار است. بخش عمدهٔ اندوخته دانهٔ گندم را هیدراتهای کربن و قسمتی از آن را پروتئین، مقدار کمی چربی و تعدادی ویتامین تشکیل می‌دهد. گندم امروزی حاصل گزینشهای متعدد و اصلاحات ژنتیکی متعدد است. از دیدگاه کشاورزی چهار ویژگی عمده در گندم مورد توجه است:

ــ شمارهٔ گل آذینها در واحد سطح کشتزار.

ــ شمارهٔ سنبلک (واحد گل آذین گندمیان) های هر گل آذین.

ــ شمارهٔ گلهای روی هر سنبلک که دانه تولید می کنند.

ــ وزن هر دانهٔ تولید شده.

سه ویژگی آخر مربوط به ژنتیک گیاه است و پرورش‌دهندگان و اصلاح‌کنندگان توانسته‌اند از راه دورگه‌گیری (هیبریداسیون) ارقام (جورهای) بهتری را به‌دست آورند، ولی ویژگی اول را از راه اصلاح شرایط فیزیکی، مانند اصلاح خاک و نحوهٔ آبیاری و غیره محقق می‌سازند.

از نظر فیزیولوژیکی دو نوع گندم پاییزی و بهاری وجود دارد. گندم پاییزی را در اوایل پاییز می‌کارند. این گندم در طی پاییز جوانه زده و در زمستان به‌حالت رویشی و لمیده بر روی زمین‌باقی می‌ماند و در طی این مدت پایه‌های جدید فراوانی از آن حاصل می‌آید. گندم بهاری که در بهار کاشته می‌شود و حالت افراشته دارد، کمتر تولید پایه‌های جدید می‌کند. گندم پاییزی نیاز به تحمل یک دوره سرما دارد تا محصول خوبی تولید کند. گندمها از نظر ژنتیکی متفاوت‌اند و از دو رگه‌گیری بین بعضی از ارقام گندم با گونه‌های دیگر موفق شده‌اند که گندمی با ویژگیهای بهتر به‌دست آورند.

ب ــ برنج ــ دومین محصول غله از نظر اهمیت برنج است. اگرچه تنها در نقاطی کاشته می‌شود که دارای رطوبت و گرمای کافی است ولی محصول آن با گندم برابری می کند و علت آن

برداشت دوبار برنج در سال در بسیاری از نقاط است. گونهٔ برنج دارای ارقام متعددی است که هر یک ویژگیهای متفاوتی دارند، بخش عمدهٔ اندوختهٔ برنج نشاسته و میزان پروتئین آن کم است. برنج، خوراک نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. چگونگی کشت آن بسیار متنوع است؛ در مناطقی که آب فراوان است بخش عمدهٔ رویش گیاه در آب صورت می گیرد؛ ابتدا دانهٔ برنج را در خزانه کاشته و دانه نورستهٔ آن را پس از چندی در زمینهای پر از آب نشا می‌کنند. پس از خوشه‌بندی زمانی که دانه‌ها درحال رسیدن هستند، با عمل زه‌کشی آب را از شالیزار خارج می‌کنند. در مناطقی که آب در اختیار نیست شالیکاری به روش غیر آبی نیز انجام می‌شود.

ج ــ ذرت ــ این گیاه بومی آمریکاست و تا قبل از قرن پانزدهم اروپاییان آن را نمی شناختند ولی در مدت ۴۰۰ سال کشت آن در بسیاری از نقاط جهان رایج شد به‌طوری که امروزه سومین محصول غله جهان به‌شمار می‌آید. ذرت گیاهی است تک‌پایه (گلهای نر و ماده بر روی یک گیاه) که گل آذین نر در بالا و گل‌آذین ماده در پایین است. گلهای ماده بر روی محوری قرار گرفته‌اند و به وسیلهٔ برگه‌های بزرگی احاطه می‌شوند که پس از دانه‌زایی به آن بلال گویند. کلاله و خامهٔ گلهای ماده به شکل رشته‌های بلندی (کاکل ذرت) به بیرون از برگه‌ها راه پیدا کرده‌اند و عمل گرده‌افشانی به خوبی امکان‌پذیر است. ذرت‌های امروزی انواع هیبریدهای اصلاح‌شده‌ای هستند که از نظر مرغوبیت قابل‌مقایسه با پایه‌های اولیه نیستند.

از ذرتهای گزینش یافته و اصلاح شده مقادیر قابل توجهی روغن به دست می‌آورند که در آشپزخانه و در ساختن مارگارین (کره گیاهی) مصرف می‌شود. از دانه‌های ذرت در تهیهٔ الکل نیز استفاده می‌شود.

د ــ نیشکر ــ گیاهی است که در نقاط گرمسیر و مرطوب می روید. این گیاه دارای گونه‌های وحشی و نیز گونه‌های کشت شده است که در حال حاضر چند گونه از آن رواج یافته است. نیشکر دارای ساقه‌هایی محکم و بند بند است که در آن مقادیر قابل توجهی ساکارز وجود دارد، ولی در برگهای آن میزان قند ناچیز است و از این‌رو در موقع درو برگها را قطع و یا می‌سوزانند. معمولاً از ریزوم گیاه برای تکثیر استفاده می‌شود. در کارخانه مواد قندی موجود در ساقه استخراج و از آن قند و شکر تهیه می‌شود.

هـ ــ جو ــ نیز دارای گونه‌های متعددی است و یکی از غلات مورد استفاده انسان و دام است. این گیاه نیز از نظر فیزیولوژیکی مانند گندم دارای دو نوع پاییزی و بهاری است. یکی از اهداف اصلاح‌کنندگان جو این است که جو دارای قدی کوتاه باشد، زیرا که ۷۰ درصد کربوهیدراتهای موجود در آن در بخش انتهایی گیاه جمع می‌شود؛ به سخن دیگر، جوهای کوتاه

قد به همان اندازه بلکه بیشتر تولید محصول می کنند که جوهای پا بلند. فایدهٔ دیگر این عمل این است که درو کردن جوهای پا کوتاه آسانتر انجام می‌شود.

۲ــ **پروانه آساها** (**حبوبات**)، تیرهٔ پروانه‌آسا گروه بزرگی از گیاهان نهاندانهٔ دولپه‌ای به شمار می‌آیند. عده‌ای از آنها تولید دانه‌هایی می‌کنند که ارزش غذایی فراوانی دارند و گروهی علوفه‌ای هستند. یکی دیگر از فواید آنها وجود باکتریهای ریزوبیوم است که بر روی ریشهٔ آنها به حالت همزیستی به سر برده، تولید گره‌هایی بر روی ریشه می‌کنند. این باکتریها می‌توانند نیتروژن آزاد هوا را جذب کرده، هم به گیاه کمک کنند و هم به‌عنوان کود نیتروژندار موجب حاصلخیزی زمین شوند.

از دیدگاه بهره‌برداری، گیاهان این تیره را می‌توان به روش زیر تقسیم کرد:

ــ گیاهانی که برای دانه کشت می‌شوند و محصول آنها مورد استفادهٔ انسان و دام است، مانند نخود.

ــ گیاهانی که برای علوفه کشت می شوند و به صورت تازه یا سیلو شده خوراک دام را تشکیل می‌دهند، مانند یونجه.

ــ گیاهانی که از دانه آنها برای روغن کشی استفاده می شود و سپس باقیماندهٔ آن به مصرف دام یا انسان می‌رسد، مانند سویا.

ــ گیاهانی که از چوب و الوار آنها استفاده می‌شود، مانند اقاقیا.

در این قسمت تعدادی از این گیاهان را به اختصار توضیح می‌دهیم.

الف ــ سویا ــ این گیاه یکی از مهمترین گیاهان تیرهٔ پروانه‌آساست که بویژه به خاطر داشتن روغن (حدود ۲۵ درصد) و پروتئین (حدود ۵۰ درصد) فراوان، کشت آن در بسیاری از نقاط جهان معمول گردیده است. روغن آن هم مصرف خوراکی و هم مصرف صنعتی دارد و یکی از مهمترین روغنها در تولید مارگارین است و به خاطر داشتن اسیدهای چرب اشباع نشده جزء روغنهای خشک بوده، در صنعت رنگ‌سازی استفاده می شود. این روغن دارای مقدار قابل توجهی ویتامین E است و به خاطر داشتن استرول در صنعت داروسازی برای تهیه هورمونهای استروئیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از روغن‌گیری از دانه‌ها، باقیماندهٔ آن سرشار از مواد پروتئینی است. پودر سویای روغن گرفته را گاهی با آرد گندم برای غنی ساختن مواد پروتئینی آن و اغلب با گوشت مخلوط و مصرف می کنند.

ب ــ بادام زمینی ــ میوه‌های این گیاه در زیر زمین تشکیل می‌شود. دانه‌های درون آن حدود ۷۵ درصد از وزن کلی میوه را تشکیل می‌دهد. دانه ها حاوی مواد روغنی، پروتئینی، قند و

نشاسته است. به طور کلی حدود صدها محصول از بادام زمینی به دست می‌آورند که از میان آنها می‌توان از سُس، شامپو، کِرم، روغن ماشین، روغن جلا، رنگ، چسب، پلاستیک، صابون، صمغ، رزین، ویتامین و غیره نام برد. گاهی خام یا بو دادهٔ بادام زمینی مانند پسته و بادام به عنوان آجیل مصرف می شود.

ج ــ از **محصولات دیگر این تیره** ــ نخود، نخود سبز (فرنگی)، لوبیا، عدس، ماش، باقلا و غیره را نام می‌بریم. همچنین بسیاری از گیاهان تیره پروانه‌آسا مانند شبدر، یونجه، اسپرس به مصرف خوراک دام و شنبلیله به مصرف خوراک انسان می‌رسد. و از گونه‌ای گون، کتیرا به دست می‌آید که مصارف پزشکی فراوان دارد.

۳ــ **گیاهان تیرهٔ سیب‌زمینی**، گیاهان این تیره اغلب به صورت علفی، بوته‌ای و به ندرت درختچه‌ای هستند. سردهٔ سیب‌زمینی (Solanum) مهمترین سردهٔ این تیره است. سیب‌زمینی دارای ساقه‌های زیرزمینی رونده است که در بخش انتهایی برخی از آنها مواد نشاسته‌ای جمع شده و به غده تبدیل می شوند. هر غده شامل چشمها، یعنی جوانه‌های مربوط به بخش انتهایی ساقهٔ رونده است. این گیاه از راه غده تکثیر می‌شود ولی از راه دانه نیز می توان آن را تکثیر کرد در اغلب نقاط جهان، بویژه در ایرلند، مصرف آن رایج است.

از نمونه‌های خوراکی تیرهٔ سیب‌زمینی، بادنجان، گوجه‌فرنگی و انواع فلفل را نام می بریم. در صنعت از برگهای توتون و تنباکو برای تهیهٔ سیگار و تنباکو استفاده می شود. گل اطلسی را به عنوان زینتی و از نمونه‌هایی مانند بلادُن، تاتوره و غیره استفاده دارویی می‌شود.

۴ــ **نخلها**، گیاهان این تیره نقش عمده‌ای در زندگی آدمی داشته و برای انسان منبع غذا، پوشاک، مصالح ساختمان و غیره هستند. اگر چه معمولاً تک‌لپه‌ایها گیاهانی علفی‌اند، ولی معدودی از تک‌لپه‌ایها مانند این تیره درختی هستند. نخلها ویژهٔ مناطق گرمسیری بوده ولی گونه‌هایی از آن در مناطق معتدل نیز وجود دارند. برگهٔ چوبی بزرگی به نام چَمْچه گل‌آذین نر و گل‌آذین ماده را دربر گرفته است. از گونه‌ای نخل، روغن تهیه می‌شود. میوهٔ رسیدهٔ خرما دارای ۷۰ درصد مواد قندی است. برگها و الیاف خرما نیز مصارف مختلفی دارند.

نارگیل در مناطق گرمسیری می‌روید. از الیاف آن و از اندوختهٔ دانه که بسیار مغذی و حاوی ویتامینهای مختلف است استفاده می‌شود. اندوخته دانهٔ آن ابتدا مایع و سپس سخت می‌شود. از روغن نارگیل در شیرینی‌سازی، تهیهٔ غذا، صابون‌سازی و غیره استفاده می شود.

۵ــ **تیرهٔ موز**، موز گیاهی چند ساله است که گاهی به حدود ۶ متر می‌رسد. میوه موز از راه بکرزایی تشکیل می‌شود و به ندرت ممکن است دانه‌ای در آن یافت شود. تکثیر موز از راه

جداسازی پاجوشهای گیاه انجام می‌شود.

۶ــ **تیرهٔ کدو**، شامل انواع کدو، هندوانه، خربزه، طالبی، گرمک، خیار است که همگی یکساله، بالا رونده و یا خزنده و بوته‌ای بوده، میوه‌های سته تولید می کنند.

۷ــ **تیرهٔ چلیپائیان** (شب‌بو)، تیرهٔ بسیار بزرگی از گیاهان دولپه‌ای و دارای انتشار بسیار وسیعی هستند. کلم، شلغم، انواع ترب به عنوان سبزی مصرف می شوند. از دانهٔ منداب روغن و از خردل به عنوان چاشنی استفاده می‌شود.

۸ــ **تیرهٔ گل ستارگان** (آفتابگردان)،گیاهانی از این تیره مانند کوکب، مینا، داودی و امثال آنها زینتی و عده‌ای مانند کاهو، ترخون و شنگ به عنوان سبزی و از برخی مانند دانهٔ آفتاب‌گردان روغن تهیه می شود.

۹ــ **تیرهٔ چغندر**، بیشتر این گیاهان شورپسند هستند و در زمینهایی که غلظت نمک آنجا بالاست می رویند. اکثر گیاهان این تیره علفی ولی عده‌ای بوته‌ای و معدودی درختچه‌ای هستند. گروهی مانند اسفناج به عنوان سبزی، گروهی مانند چغندرقند منبع تهیهٔ قند می باشند.

۱۰ــ **تیرهٔ پنیرکیان**، انواعی از گیاهان این تیره از نظر صنعتی، زینتی و دارویی مورد استفاده‌اند. مهمترین آنها پنبه است که به حالت بوته‌ای یا درختچه‌ای بوده دارای حدود ۳۰گونه است، ولی تنها چهارگونهٔ آن اهمیت صنعتی دارند. از گلهای پنبه میوهٔ کپسول حاصل می‌آید که آنرا غوزه گویند و سطح دانه‌های درون آن را الیاف بلند و سلولزی پوشانده است. از این دانه‌ها پنبه به دست می‌آید. از دانه‌های پنبه روغن نیز استخراج می‌شود. همچنین از رشته‌های سلولزی ساقه کنف الیافی استخراج می‌شود که از آنها در صنعت نساجی استفاده می کنند.

۱۱ــ **گیاهان تیرهٔ نعنا**، این تیره از گیاهان پیوسته گلبرگ دولپه‌ای هستند که در بین آنها بسیاری از گیاهان دارویی یافت می شود. همچنین از گونه هایی مانند ریحان، مرزه، نعنا به عنوان سبزی استفاده می شود. از عده‌ای اسانس و عرق تهیه می کنند.

۱۲ــ **تیرهٔ مرکبات**، یکی از معروفترین سرده های آن سیتروس (Citrus) است که گونه‌های آن به‌نام عمومی مرکبات مشهور هستند. مرکبات علاوه بر داشتن مواد قندی و پروتئین و عناصری مانند کلسیم، آهن، دارای ویتامینهای A، B_1 و بویژه سرشار از ویتامین C هستند. گونه‌های مهم سردهٔ سیتروس عبارتند از: نارنج، لیموترش، پرتقال، نارنگی، گریپ‌فروت، بادرنگ، بالنگ.

۱۳ــ **تیرهٔ گلسرخیان**، بخش عمدهٔ میوه‌هایی که مصرف می کنیم مانند انواع سیب، گلابی، به، زالزالک، ازگیل، گوجه، آلوچه، آلو، هلو، شلیل، شفتالو، آلبالو، گیلاس، قیسی، توت

فرنگی و تمشک همه جزء این گروه بشمار می‌آیند. این میوه‌ها سرشار از مواد غذایی و انواعی از ویتامینها هستند. انواعی از گیاهان این تیره مانند نسترن، گل سرخ و امثال آن به عنوان گیاهان زینتی مورد استفاده‌اند.

۱۴ــ **تیرهٔ چتریان**، بسیاری از آنها خواص دارویی دارند. عده‌ای مانند هویج، کرفس، جعفری، گشنیز، شبت و غیره به عنوان سبزی مورد استفاده‌اند، شوکران که گیاهی سمی است جزء این تیره به شمار می‌آید.

۱۵ــ **تیره پسته**، از مهمترین گیاهان این تیره پسته است که کاشت آن در کشور ما بسیار رایج است. سرده پسته دارای گونه‌های متعددی است که بیشتر در ارتفاعات و کوهستانهای نسبتاً خشک می رویند. پسته اهلی دارای ارقام متفاوت و میوهٔ آن از نوع شفت است. پس از جدا کردن برون‌بر و میان‌بر میوه، درون‌بر آنرا که محتوی دانه است به صورت خام یا بو داده به فروش می رسانند. از پایه های پسته وحشی که در بسیاری از نقاط ایران می رویند برای پیوند زدن و تکثیر پسته اهلی استفاده می کنند. از گیاهان دیگر این تیره سماق است که میوهٔ ساییده آن به عنوان چاشنی مصرف می شود.

۱۶ــ **تیرهٔ سوسن**، تک‌لپه‌ایهایی هستند که بسیاری از آنها مانند لاله و سنبل زینتی و عده‌ای مانند سیر، پیاز، تره، موسیر و غیره خوراکی هستند.

سایر گیاهان پراهمیت

گیاهانی که از آنها به‌عنوان آشامیدنی استفاده می‌شود، از برگ بوتهٔ چای پس از عملیاتی که روی آن انجام می‌شود، محصول چای به دست می‌آید که حدود نیمی از مردم جهان از آن استفاده می‌کنند. قهوه درختچه‌ای است از تیرهٔ روناس که در نقاط گرم و مرطوب به عمل می‌آید. از دانهٔ آن پس از بو دادن، قهوه به‌دست می‌آید. کاکائو درختچه‌ای است که از دانه‌های آن که به‌بزرگی دانهٔ باقلاست، پودر کاکائو تهیه می‌شود.

گیاهانی که به‌عنوان ادویه مصرف می‌شوند، از زمانهای بسیار دور برای خوش‌طعم کردن و معطر کردن غذا ادویه مورد استفاده بوده است. مهمترین آنها عبارتند از زعفران که کلالهٔ گل آن در آشپزخانه و در شیرینی‌سازی مصرف می‌شود. پوست درخت دارچین مصرف ادویه‌ای دارد. ساقهٔ زیرزمینی گیاه زنجبیل نیز در غذا، نوشابه و در شیرینی‌سازی مصرف می‌شود. فلفل سفید و سیاه در تند کردن غذا به‌کار می‌روند؛ فلفل سیاه را از میوه و فلفل سفید را از دانه به‌دست می‌آورند. از میوهٔ وانیل در شیرینی و بستنی‌سازی استفاده می‌شود.

گیاهان مخدر، از برگ تنباکو و توتون به‌عنوان دخانیات و از برگهای بوته‌ای به نام اریتروکسیلون کوکا، کوکائین به دست می‌آید و پس از استخراج مادهٔ مخدر از برگ، باقیمانده را به‌عنوان اسانس (کوکا) به‌نوشابه‌ها می‌افزایند. از میوهٔ خشخاش پس از تیغ زدن شیرابه‌ای به‌دست می‌آید که همان تریاک است.

گیاهان شیرابه‌دار، تعدادی از گیاهان دارای شیرابه هستند که در صنعت لاستیک‌سازی و تهیهٔ کائوچو از آنها استفاده می‌شود، مانند هوآ از تیرهٔ فرفیون که دارای گونه‌های فراوان هستند و حدود ۹۹ درصد از مواد لاستیکی طبیعی در جهان از آنها به دست می‌آید.

مواد چوبی، از بسیاری از گیاهان، به‌عنوان سوخت، چوبهای نجاری، الوار، خمیر کاغذ نئوپان و مانند آنها استفاده می‌شود که در همین کتاب در فصل مربوط به ساختار پسین ساقه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

داروهای گیاهی، امروزه در تمام کشورهای جهان گرایش به سمت مصرف داروهای گیاهی به طور روزافزون بیشتر می‌شود، زیرا بسیاری از داروهای شیمیایی عوارض نامطلوبی به‌بار می‌آورند به طوری که برخی از آنها را سموم مخفی نامگذاری کرده‌اند. در میان داروهای طب سنتی حدود ۲۰ هزار نوع گیاهان شفابخش وجود دارد که سازمان بهداشت جهانی فهرست آنها را اعلام داشته است. فهرستی از گیاهان دارویی محل زندگی خود را تهیه کنید.

شاخه‌های مختلف زیست‌شناسی گیاهی

از آنچه در این فصل مطالعه شد، بخوبی درمی‌یابیم گیاهان در جنبه‌های گوناگون زندگی آدمی اثر می‌گذارند؛ این کاربردها باعث شده است زیست‌شناسی گیاهی از رشته‌های مهم علوم پایه به‌شمار آید، به گونه‌ای که امروزه پژوهشگران بسیاری در شاخه‌های مختلف آن به‌کار مشغول هستند.

زیست‌شناسی گیاهی، امروزه به دلیل گستردگی به شاخه‌هایی چند تقسیم می‌شود، برخی از این شاخه‌ها به قرار زیرند:

۱ ــ **رده‌بندی**، دانش مطالعهٔ همانندیها و تفاوتهای گیاهان و تعیین روابط خویشاوندی و نامگذاری آنهاست. در این علم از همهٔ اطلاعات زیستی برای یک رده‌بندی صحیح استفاده می‌شود.

۲ ــ **ریخت‌شناسی**، بررسی ویژگیهای ظاهری و کالبدشکافی گیاه موضوع دانش ریخت‌شناسی است. بخشی از این دانش که مربوط به چگونگی به‌وجود آمدن و عوامل مؤثر در ریخت گیاه است ریخت‌زایی گفته می‌شود.

۳ ــ **سلول‌شناسی**، به مطالعه دربارهٔ ساختار، رشد، تولید مثل و رفتار سلول می‌پردازد و چون این واحدهای حیاتی اساس کار یک جاندار به‌شمار می‌آیند، شناخت اجزای تشکیل‌دهنده و مطالعهٔ عمل آنها در زیست‌شناسی اهمیت ویژه‌ای داراست.

۴ ــ **بافت‌شناسی**، مطالعهٔ انواع بافتهای تشکیل‌دهندهٔ اندامها و ویژگیهای آنها مربوط به دانش بافت‌شناسی است.

۵ ــ **فیزیولوژی**، مطالعهٔ نحوهٔ کار و فعالیت گیاهان است. در این راستا، مجموع فرایندهای گیاه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای مثال به‌علت اهمیتی که فرایند فتوسنتز در ساخته‌شدن مواد مختلف دارد، امروزه هزاران پژوهشگر در زمینهٔ چگونگی انجام فرایند فتوسنتز به مطالعه مشغولند. این فیزیولوژیستها درصدد یافتن پاسخهایی برای این پرسشها هستند که چطور با تغییر شرایط بیرونی و بهینه‌سازی محیط، می‌توان راندمان تولید مواد را در گیاهان بالا برد و غذای بیشتری به‌دست آورد و یا از چه راههایی می‌توان یک محصول خاص را در گیاه افزایش داد، رابطهٔ فتوسنتز با فرایندهای دیگر از چه قرار است و مانند آنها.

۶ ــ **رویان‌شناسی**، بررسی مراحل مختلف رشد و تکثیر سلول تخم و تمایز یاخته‌ها از یکدیگر و تشکیل رویان در انواع گیاهان مربوط به دانش رویان‌شناسی است.

۷ ــ **ژنتیک**، در این دانش چگونگی انتقال صفات وراثتی از یک نسل به نسل دیگر مورد مطالعه است و در ضمن بخش دیگری از این دانش به نام مهندسی ژنتیک به اصلاح نواقص ژنتیکی و درنتیجه به بهترسازی نژاد گیاهان می‌پردازد.

۸ ــ **زیست شیمی گیاهی**، شناخت فراورده‌های ساخته شده و چگونگی استخراج آنها از گیاه و اثر این فراورده‌ها بر فعالیت خود گیاه مولد و جانداران دیگر است.

۹ ــ **جغرافیای گیاهی**، به بررسی چگونگی پخش و انتشار گیاهان در کره زمین می‌پردازد و عوامل مختلفی که در انتشار گیاهان مؤثر هستند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۰ ــ **فرگشت (تکامل)**، در این شاخه از دانش زیست‌شناسی گیاهی، خاستگاه و روند تغییر و گوناگون شدن گیاهان بررسی می‌شود.

۱۱ ــ **بوم‌شناسی (اکولوژی)**، علم مطالعهٔ روابط همه جانبهٔ گیاهان با عوامل فیزیکی و زیستی محیط است. به کمک این دانش می‌توان مشکلات زیست محیطی را به‌روش علمی از میان برداشت؛ برای مثال، به چه روشی می‌توان از زمینهای شور استفاده کرد؟ چه گیاهانی مناسب برای این مناطق هستند؟ و یا برای مبارزه با پیشروی کویرها چه بایستی کرد؟ برای حفظ خاک چه اقداماتی باید انجام داد؟ بهره‌برداری صحیح از جنگلها و مراتع چگونه باید انجام شود تا به تجدید حیات این منابع آسیبی وارد نیاید؟

پرسش و خودآزمایی

۱ــ گاهی پس از کمی رشد (تولید ساقه و برگ) مزارع گندم را غلتک می‌زنند، دلیلش چیست؟

۲ــ مراحل کشت برنج را در مناطق پرآب به ترتیب توضیح دهید.

۳ــ بلال چه بخشی از گیاه ذرت است؟ ساختمان آن را توضیح دهید.

۴ــ مزایای سوزاندن برگها در مزارع نیشکر چیست؟

۵ــ چرا اصلاح کنندگان گیاه، جو پاکوتاه را بر جوهای پابلند ترجیح می‌دهند؟

۶ــ سیب‌زمینی چه اندامی است؟ ساختار آن را توضیح دهید.

۷ــ دانه‌های پنبه چه مشخصات و چه مصارفی دارند؟

۸ــ به چه علت پسته اهلی را روی پایه پسته وحشی پیوند می زنند؟

۹ــ زعفران، دارچین، فلفل سفید و زنجبیل هر کدام چه بخشهایی از گیاه هستند؟