

## پودمان ۵

### نقش اندام‌های گیاهی



## واحد یادگیری ۸

### نقش اندام‌های گیاهی

#### فیزیولوژی سوخت و ساز و تنفس

آیا می‌دانید که:

- مصرف خوراکی، چه ضرورتی دارد؟
- کدام موجود زنده، به خوراکی نیاز ندارد؟
- با تغییر نوع کار و سن، نوع و مقدار خوراکی مورد نیاز یک فرد، چگونه تغییر می‌کند؟
- غذای سالم و امنیت غذایی چیست؟
- چگونه می‌توان با حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی، خوراک سالم و کافی تولید کرد؟

#### تعریف فیزیولوژی گیاهی:

فیزیولوژی، دانشی است که وظایف یا عملکرد موجودات زنده را بررسی می‌کند. در فیزیولوژی گیاهی اعمال حیاتی، فرایندهای رشد و نمو، متابولیسم و تولید مثل گیاهان مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با این تعریف می‌توان نتیجه گرفت که در فیزیولوژی گیاهی مطالب گسترده و گاه پیچیده‌ای مطرح می‌شوند. در این کتاب ضمن شرح مختصری در باره ساختمان و اندام‌های گیاه، به زبان ساده به موضوعاتی از قبیل ساختمان اندام‌ها، جذب و انتقال مواد غذایی، فتوسنتز، واکنش و حساسیت گیاهان، تنفس، تعریق و تعرق خواهیم پرداخت. نتایج حاصل از مطالعاتی که در فیزیولوژی گیاهی صورت گرفته، باعث توسعه و پیشرفت کشاورزی شده و آن را با استفاده از سایر شاخه‌های علوم نظیر فیزیک و شیمی از صورت ابتدایی خود به صورت کاملاً پیشرفته امروزی، مبدل ساخته است.



اندام‌های اصلی یک گیاه

#### اندام‌های گیاهان

گیاهان دارای اندام‌های مختلفی هستند. اغلب از چهار عضو اصلی ریشه، ساقه، برگ‌ها و گل تشکیل یافته‌اند. ریشه‌ها آب و املاح را از خاک جذب کرده و آن را انتقال می‌دهند. ریشه برای افزایش سطح خود، جهت جذب شیره خام (آب و مواد معدنی) بیشتر از زمین، انشعابات ریزی به نام تارهای کشنده دارد. ساقه محل استقرار اندام‌های هوایی است و ضمناً از طریق آوندهایی که دارد شیره خام را به برگ‌ها انتقال می‌دهد. ریشه در بعضی از گیاهان کار مهم دیگری هم انجام می‌دهد و آن اندوختن ماده‌های غذایی است، مانند هویج و چغندر. برگ‌ها انرژی لازم را از خورشید گرفته و با استفاده از آب و دی‌اکسید کربن موجود در هوا طی عملی به نام فتوسنتز اکسیژن و مواد قندی تولید می‌کنند. وظیفه دیگر برگ‌ها انجام عمل تبخیر آب از گیاه است که باعث جذب آب از طریق ریشه به برگ‌ها می‌شود.

## شکل و اندام‌های گیاهان بر حسب نوع و گونه آنها

**الف) ریشه:** همان‌طور که می‌دانید ریشه معمولاً در خاک قرار دارد و موجب استقرار گیاه در زمین می‌شود. در برش طولی ریشه گیاهان بخش‌های زیر قابل مشاهده است:

**۱- کلاهک:** قسمت انتهایی ریشه را کلاهک ریشه می‌نامند. یاخته‌های واقع در رأس و قسمت خارجی کلاهک به تدریج و دائماً در اثر تماس با خاک و عوامل محیطی به صورت پوسته‌های نازکی جدا شده و درعین حال به‌طور دائم نیز توسط یاخته‌های مریستمی ریشه ساخته می‌شوند.

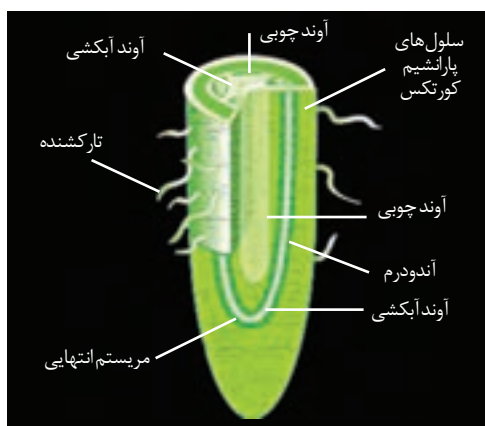
**۲- ناحیه تقسیم سلولی یا مریستمی:** سلول‌های حاصل از تقسیم این منطقه ضمن تمایز یابی سلول‌های مختلف ریشه را به وجود می‌آورند.

**۳- منطقه رشد طولی:** بلافاصله پس از ناحیه تقسیم سلولی، تقسیم سلول‌ها متوقف می‌شود؛ اما در مقابل سلول‌ها درازتر شده و رشد خود را کامل می‌کنند.

**۴- منطقه تارهای کشنده:** بیشتر مواد غذایی گیاه از این منطقه جذب می‌شود. این کار توسط تارهای کشنده موجود در این ناحیه صورت می‌گیرد. از تغییر شکل و ساختمان یاخته‌های داخلی این منطقه بافت‌های مختلفی ایجاد می‌شوند و لذا این منطقه را ناحیه تمایز یابی نیز می‌نامند. به مرور که نوک ریشه از میان ذرات خاک عبور می‌کند، تارهای کشنده می‌ریزند و تارهای جدیدی جایگزین آنها می‌شوند.



برش طولی و اجزای ریشه



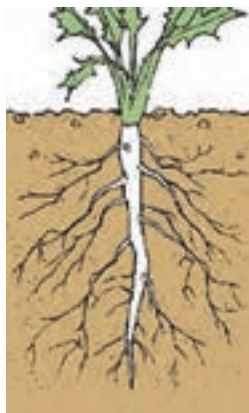
### منشأ ریشه‌های جانبی

ریشه‌های جانبی و یا انشعابات ریشه به‌طور کلی در بازدانگان و نهاندانگان از یاخته‌های دایره محیطیه نشأت می‌گیرند. غالباً انشعابات ریشه از نقطه مقابل دستجات آوند چوبی اولیه نشأت می‌گیرند. ریشه اصلی گیاهان به انشعابات به نام ریشه‌های فرعی منشعب می‌شوند. برخی از ریشه‌ها در خود مواد غذایی را ذخیره می‌کنند؛ مانند هویج و چغندر.

## انواع ریشه

**ریشه‌های راست:** بعضی از گیاهان یک ریشه اصلی بزرگ و چند ریشه فرعی کوچک دارند. این گونه ریشه‌ها را ریشه راست نامیده‌اند، مانند ریشه گیاهان چغندر، هویج و ترب.

**ریشه‌های افشان:** بعضی از گیاهان چند ریشه اصلی دارند که به یک اندازه هستند. این گونه ریشه‌ها را ریشه افشان نامیده‌اند، مانند ریشه گیاهان گندم، ذرت و برنج.



ریشه راست و ریشه افشان

**ریشه نابجا:** اگر ریشه ظاهرشده، حاصل رشد ریشه‌چه گیاهک دانه نبوده، یا روی اندام‌های دیگری مانند ساقه، برگ، لپه‌ها و حتی پوشش گل پیدا شود، آن را ریشه نابجا می‌گویند. ریشه‌های نابجا مانند ریشه‌های فرعی منشأ درونی داشته، فقط در برخی از گیاهان مانند علف چشمه، منشأ آنها خارجی است. ریشه نابجا ممکن است کار جذب مواد از زمین را به‌عهده نداشته باشد، مثلاً سبب نگاه‌داری گیاه به درخت دیگر شود، مانند عشقه تعداد کمتری از گیاهان استعداد تولید ریشه‌های نابجا را دارند، مثلاً در مخروطیان ریشه نابجا به ندرت به‌وجود می‌آید.

## ساختمان درونی ریشه

مقطع عرضی ریشه از خارج به داخل به شرح زیر می‌باشد:

**۱- اپیدرم<sup>۱</sup> یا بشره:** از یک ردیف سلول‌های پارانشیمی تشکیل شده است که دارای دیواره نازک، متراکم و فشرده بدون فضای بین سلولی هستند. از بعضی نقاط آن تارهای کشنده نشئت می‌گیرند. تارهای کشنده یاخته‌های اپیدرمی هستند که در قسمت‌های جانبی ریشه تشکیل می‌گردند. این بخش از ریشه بسیار نازک است و بیشتر در حدود دو سانتی‌متری نوک ریشه‌های اصلی و فرعی قرار دارند. شمار آنها بسیار زیاد است و عموماً با کندن گیاه از خاک، در زمین باقی می‌مانند.

**۲- پوست:** ناحیه پوست یا کورتکس<sup>۲</sup> از سلول‌های پارانشیمی کروی یا چند ضلعی با فضاهای بین سلولی ساخته

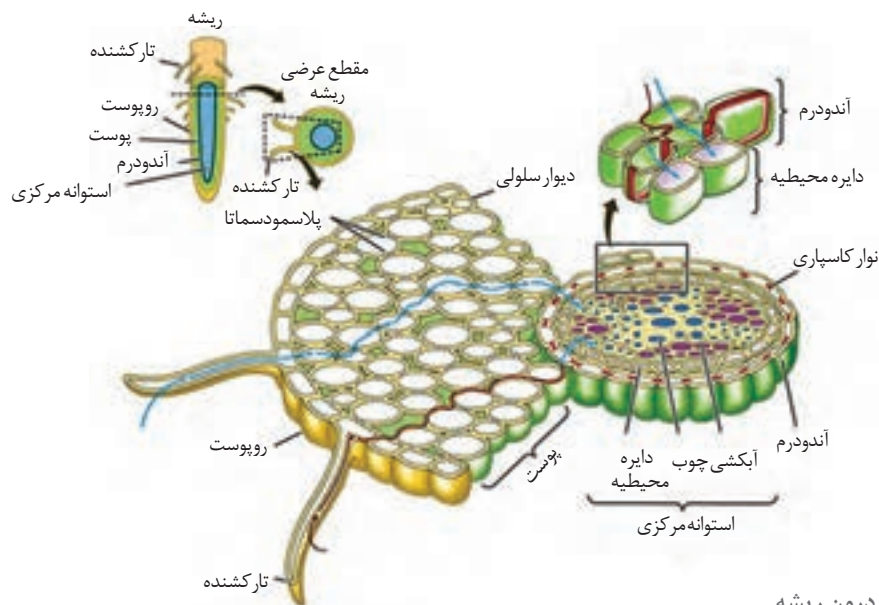
۱- Epiderm

۲- Cortex

شده است. در این لایه محافظ که بافت‌های درونی را از آسیب‌های بیرونی حفظ می‌کند، دانه‌های نشاسته به فراوانی دیده می‌شوند. درونی‌ترین لایه مشخص پوست، آندودرم<sup>۱</sup> (درون پوست) نام دارد. سلول‌های آندودرم زنده‌اند. آندودرم معمولاً جدار نازکی دارد؛ به جز در قسمت دیوارهای شعاعی و عرضی یاخته که ضخیم و کوتینی یا چوب پنبه‌ای شده و اصطلاحاً آن را نوار کاسپاری<sup>۲</sup> می‌نامند. این نوار یا رشته دور تا دور یاخته‌های آندودرمی را در جهت دیواره‌های شعاعی و عرضی یاخته فراگرفته است. ورود آب به درون گیاه تنها از طریق پلاسمورسم‌ها و یاخته‌های فاقد چنین دیواره ضخیمی صورت می‌گیرد.

**۳- استوانه مرکزی:** داخلی‌ترین بخش برش عرضی ریشه استوانه مرکزی نام دارد. خارجی‌ترین لایه استوانه مرکزی را دایره محیطیه تشکیل می‌دهد. این لایه ابتدا از تغییر شکل لایه خارجی لایه زاینده استوانه مرکزی به وجود آمده و به صورت نسبتاً غیرفعال مریستمی باقی می‌ماند. سپس هنگام فعالیت ثانویه ریشه، از این منطقه ریشه‌های جانبی ناشی می‌شوند. یاخته‌های خارجی دایره محیطیه منتهی به تشکیل لایه زاینده آوندی شده و قسمت‌های دیگر لایه زاینده چوب پنبه را تشکیل می‌دهند. درون استوانه مرکزی دسته‌های آوند چوب و آبکش به صورت یک در میان قرار دارند.

دسته‌های آوندی در استوانه مرکزی قرار دارند که به دو صورت آوندهای چوبی و آوندهای آبکشی دیده می‌شوند که به ترتیب وظیفه انتقال شیره خام و شیره گیاهی پرورده را به عهده دارند. بین دو دسته آوند چوبی و آبکشی یک یا چند لایه سلول به نام لایه زاینده چوب آبکشی تشکیل می‌گردد. مغز در ریشه جوان متشکل از سلول‌های پارانشیمی متراکم و فشرده در بخش میانی استوانه مرکزی قرار دارد و با بلوغ ریشه مغز از بین رفته و عناصر چوبی جایگزین آن می‌شوند.



مسیر انتقال آب و مواد معدنی به درون ریشه

۱- Endodermis  
۲- Casparian strip

نقش اصلی ریشه، جذب آب و یون‌های معدنی از خاک است. تارهای کشنده در اصل سلول‌های روپوستی طویل‌شده‌ای هستند که سطح وسیعی را برای جذب آب فراهم می‌کنند.

## جذب آب از طریق اسمز:

آب از طریق فشار اسمزی وارد سلول‌های تارهای کشنده می‌شود. به محض ورود آب به سلول تارکشنده پتانسیل آب سلول تارکشنده افزایش می‌یابد. حال آب از این سلول به سلول مجاور آن منتقل می‌شود و این فرایند در عرض ریشه تکرار می‌شود تا آب وارد آوند چوبی شود. آب در عرض ریشه از چند مسیر عبور می‌کند: مسیر پروتوپلاستیک و مسیر غیر پروتوپلاستیک.

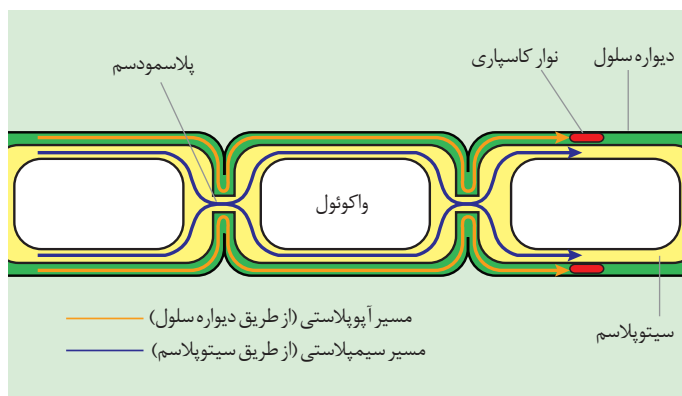
### مسیر پروتوپلاستی (سیمپلاستیک)<sup>۱</sup>

آب و مواد محلول در آنکه از خاک وارد سیتوپلاسم سلول‌های تار کشنده شده‌اند، از طریق سیتوپلاسم یک سلول به سیتوپلاسم سلول مجاور وارد می‌شود. به این مسیر، که در آن پروتوپلاست زنده دخالت دارد، مسیر سیمپلاستیک می‌گویند.

### مسیر غیر پروتوپلاستی (آپوپلاستیک)<sup>۲</sup>

این مسیر، از دیواره سلول‌ها و فضای بین سلول‌ها عبور می‌کند و وارد سلول نمی‌شود. مسیر آپوپلاستیک کاملاً قابل نفوذ است و می‌تواند آب را در عرض پوست تا محل درون پوست حرکت دهد. در محل درون پوست، چوب پنبه موجود در نوار کاسپاری، از حرکت آب و یون‌های معدنی در مسیر غیر پروتوپلاستی جلوگیری می‌کند. از این رو آب و یون‌ها مجبور به ورود به درون سیتوپلاسم می‌شوند. همان‌طور که قبلاً گفته شد، در برش عرضی ریشه گیاهان، لایه‌ای موسوم به آندودرم وجود دارد. در برخی از بخش‌های این لایه، معمولاً مواد خاصی بر روی دیواره سلولی انباشته می‌شوند که از نظر ترکیب با سایر بخش‌های دیواره سلولی متفاوت هستند. این لایه به

نوار کاسپاری موسوم است و عملکرد آن ممانعت از عبور غیرفعال موادی مانند آب و محلول‌های معدنی به درون جریان آوندهای چوب و آبکش است. نوار کاسپاری راهی را برای کنترل ورود آب و یون‌های معدنی به درون آوند چوبی فراهم می‌کند.



دو مسیر انتقال آب و مواد غذایی در گیاه

۱- Symplastic

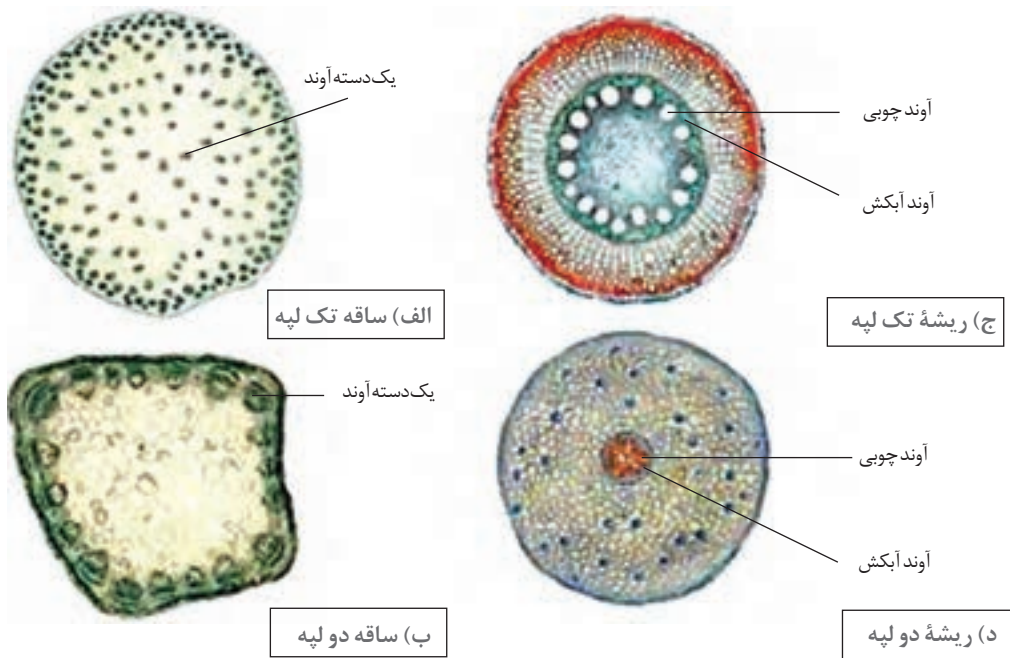
۲- Apoplastic



**مقایسه ساختمان درونی ریشه گیاهان تک لپه‌ای و دولپه‌ای:** همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌کنید، در ریشه گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود:

۱) ریشه تک‌لپه‌ای‌ها برخلاف دولپه‌ای‌ها یک استوانه توپر را در مرکز تشکیل نمی‌دهد.

۲) بافت چوب و آبکش در تک‌لپه‌ای‌ها به صورت دستجات مجزا و یک در میان در اطراف مغز میانی قرار گرفته‌اند، اما در دولپه‌ای‌ها در مرکز استوانه آوندی بافت چوب به صورت ستاره‌ای شکل قرار گرفته‌اند و آوند آبکش بین بازوهای آن قرار دارند.



مقایسه برش عرضی ریشه و ساقه گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای

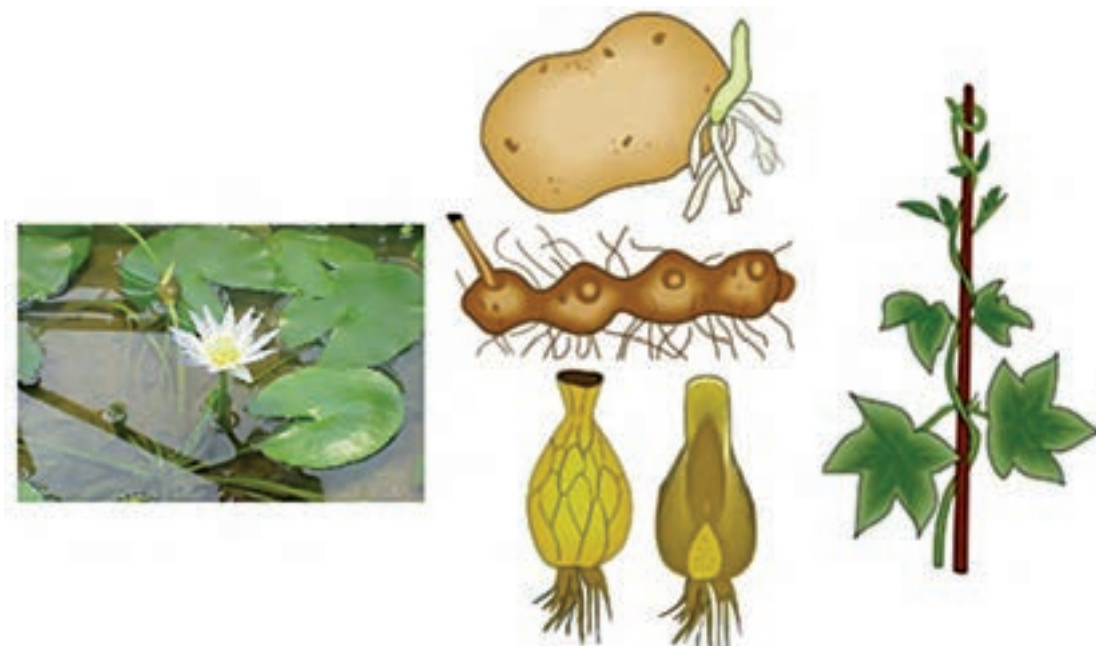
**ب) ساقه:** ساقه بخشی از محور اصلی گیاه است که معمولاً بیرون از خاک و به‌طور قائم در فضا قرار دارد. ساقه نقش‌های مهمی را به شرح زیر در گیاه ایفا می‌کند:

- ۱- **نگاهداری:** ساقه به گیاه استحکام می‌بخشد و برگ‌ها را به وسیله شاخه‌ها در سطوح مختلف نگاه می‌دارد.
- ۲- **هدایت:** ساقه مسیر انتقال آب و نمک‌های کانی از ریشه به برگ‌هاست. همچنین موادی که در برگ‌ها ساخته می‌شوند از ساقه به ریشه و دیگر اندام‌های گیاه پخش می‌شوند.
- ۳- **تولید بافت‌های جدید:** از طریق مریستم‌های راسی و جانبی بافت‌های جدید تولید می‌کند.
- ۴- **اندوختن مواد:** ساقه‌های بعضی گیاهان قادرند مواد گوناگون را در بافت‌های خود ذخیره کنند، مثلاً ساقه نیشکر، قند ذخیره می‌کند.

۵- فتوسنتز: یاخته‌های سطحی ساقه‌های جوان دارای کلروفیل هستند و در نتیجه می‌توانند همانند برگ عمل فتوسنتز را انجام دهند. ساقه اغلب مخروطی شکل است؛ یعنی در ناحیه‌ای که در سطح خاک قرار دارد، قطر بیشتری داشته و در انتها باریک می‌شود. بعضی از گیاهان نیز ساقه استوانه‌ای دارند. ساقه‌ها عموماً از لحاظ بافت نگاهدارنده، غنی هستند؛ اما ساقه‌های آبی نیازی به بافت نگهدارنده ندارند و از این رو نرم هستند.

## انواع ساقه

ساقه‌ها را از نظر محیط زندگی به سه نوع تقسیم می‌کنند: ساقه‌های آبی، ساقه‌های هوایی و ساقه‌های زیرزمینی. ساقه‌های هوایی و زیرزمینی نیز بر حسب طول عمر، نوع گیاه و نیاز به حفاظت در برابر تغییرات اقلیمی محیط و نحوه رشد دارای انواع مختلفی هستند.



ساقه هوایی (راست)، زیرزمینی (وسط) و آبی (چپ)

■ **ساقه بازدانگان و دو لپه‌ای‌های چوبی:** برای یادآوری در اینجا ابتدا باید به طور خلاصه توضیح دهیم که در نهاندانگان تخمک درون تخمدان بسته است ولی در بازدانه تخمک در سطح فلس قرار دارد (شکل صفحه بعد).



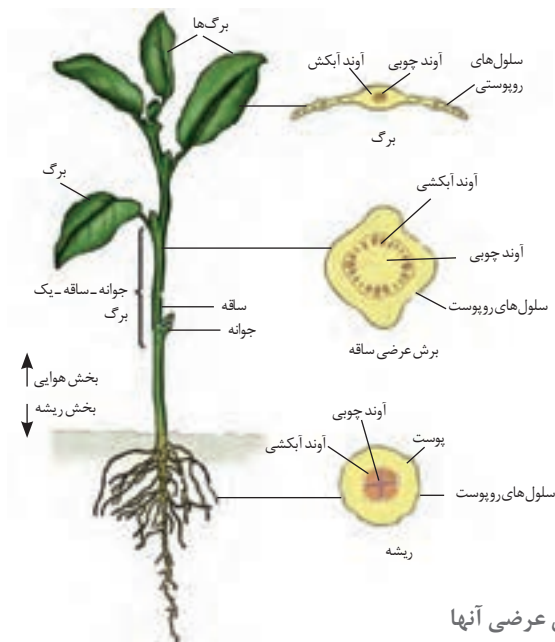


میوه کاج (راست) که جزو بازدانگان و سیب (چپ) که جزو نهاندانگان است



در ساقه‌های چوبی مانند گردو، سیب، کاج، و بلوط در نوک شاخه جوانه‌ای به نام جوانه انتهایی و در طول شاخه جوانه‌های جانبی وجود دارند و در پایین هر جوانه اثر آوند و اثر برگ دیده می‌شود. در طول ساقه‌های چوبی در محل ارتباط بافت‌های آوندی برگ و جوانه گره وجود دارد و در سطح ساقه برآمدگی‌های کوچکی به نام عدسک دیده می‌شود.

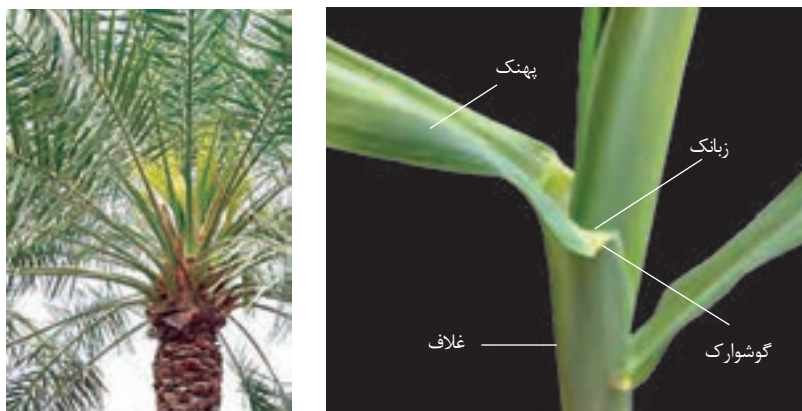
انواع جوانه در یک گیاه چوبی



■ **ساقه گیاهان دولپه‌ای علفی:** ساختار ظاهری این گیاهان شبیه به ساقه جوان گیاهان چوبی است؛ اما جوانه‌ها برهنه و در سراسر عمر گیاه فعال‌اند. برگ‌های این گیاهان نمی‌ریزند و در نتیجه اثر برگ‌ها و اثر بافت‌های آنها روی ساقه دیده نمی‌شود. از این نوع ساقه‌ها می‌توان لوبیا، آفتابگردان و شمعدانی را نام برد.

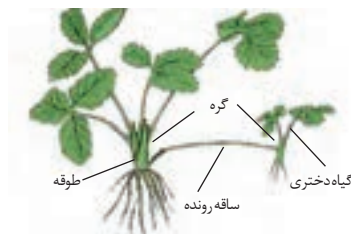
اندام‌های گیاهان دولپه‌ای و برش عرضی آنها

■ **ساقه گیاهان تک لپه‌ای:** مانند ذرت و نخل. در ذرت ساقه با غلاف برگ‌ها پوشیده شده است. اگر غلاف را جدا کنیم در ساقه آن گره و میان‌گره دیده می‌شود. مقطع عرضی ساقه در محل گره‌ها کمابیش تخم‌مرغی شکل و در یک نقطه فرورفته است. در ساقه نخل‌ها جوانه انتهایی مخروطی شکل بسیار بزرگی وجود دارد که برگ‌های جدید و گل از آن تولید می‌شوند. اگر نقطه رشد انتهایی آسیب ببیند گیاه می‌میرد. برگ‌ها نزدیک به هم در بالای ساقه تولید می‌شوند. ساقه نخل رشد قطری ندارد و قطر آن از بالا به پایین یکسان است.



برگ و ساقه ذرت (راست) و انتهای ساقه نخل (چپ)

■ **ساقه‌های تغییر شکل یافته:** این تغییر شکل ساقه اغلب با تغییر نقش آن همراه است و در هر شکل و نقشی ویژگی‌های ساختاری خود را داراست؛ یعنی گره، میان‌گره و بافت‌های مشخصی دارد. از مهم‌ترین ساقه‌های تغییر شکل یافته می‌توان ساقه هوایی رونده توت‌فرنگی و زنبق، ساقه زیرزمینی سیب زمینی و پیاز، ساقه پیچنده مانند پیچک انگور، نیلوفر، ساقه گوشتی مانند کاکتوس و فرفیون، ساقه برگ‌نما مانند کوله خاس و مارچوبه و بالاخره ساقه خارنما مانند پیراکانتا و لالک را ذکر نمود. لازم به یادآوری است که در گیاهانی مانند زرشک و افاقیا، خارها از تغییر شکل برگ‌ها حاصل آمده‌اند.



انواع ساقه، به ترتیب از راست به چپ: توت‌فرنگی، سیب زمینی و انگور



انواع ساقه، به ترتیب از راست به چپ: کاکتوس، کوله خاس و پیراکانتا

## ساختمان درونی ساقه

در ساقه گیاهان دولپه‌ای از خارج به داخل، بخش‌های زیر دیده می‌شوند: روپوست، پوست و مغز است. **روپوست یا اپیدرم:** این لایه ساقه جوان را از خارج می‌پوشاند. معمولاً از یک ردیف سلول زنده تشکیل می‌شود که سطح خارجی آنها کوتینی شده است. ماده کوتین یا کوتیکول<sup>۱</sup> از تبخیر آب، حمله میکروب‌ها و اثر سرما بر سلول‌های زیرین محافظت می‌کند.

**پوست:** مانند پوست ریشه معمولاً شامل بافت پارانشیم است. در ساقه‌های علفی سبزرنگ سلول‌های این بافت دارای کلروپلاست<sup>۲</sup> می‌باشد. داخلی‌ترین لایه پوست را آندودرم می‌نامند که مغز ساقه را در بر می‌گیرد. سلول‌های آندودرم ساقه برخلاف آندودرم ریشه چندان تمایز نیافته‌اند.

**مغز:** مغز ساقه بزرگ‌تر از ریشه است ولی از نظر ساختمانی به آن شباهت دارد. در برش عرضی ساقه گیاهان دولپه‌ای دسته‌های آوند چوبی و آبکشی روی یک دایره طوری به نحوی قرار گرفته‌اند که هر دسته آوند آبکش در سمت خارج و دسته آوندهای چوبی در داخل جای دارند. بقیه مغز را بافت پارانشیم مغزی پر می‌کند. ساختمان ساقه گیاهان تک‌لپه‌ای نسبت به دو لپه‌ای‌ها تفاوت‌هایی دارد. بعضی از این تفاوت‌ها به شرح زیرند: - تعداد دسته‌های آوندی در ساقه گیاهان تک‌لپه‌ای در مقایسه با دولپه‌ای‌ها فراوان‌تر بوده و در روی دایره‌های متحدالمرکز قرار دارند. معمولاً تعداد دسته‌های آوندی در سمت خارج بیشتر و اندازه آنها کوچک‌تر است. نازک بودن پوست و گاهی غیر مشخص بودن مرز بین پوست و مغز در تک‌لپه‌ای‌ها از تفاوت‌های دیگر بین ساقه تک‌لپه‌ای و دو لپه‌ای است.

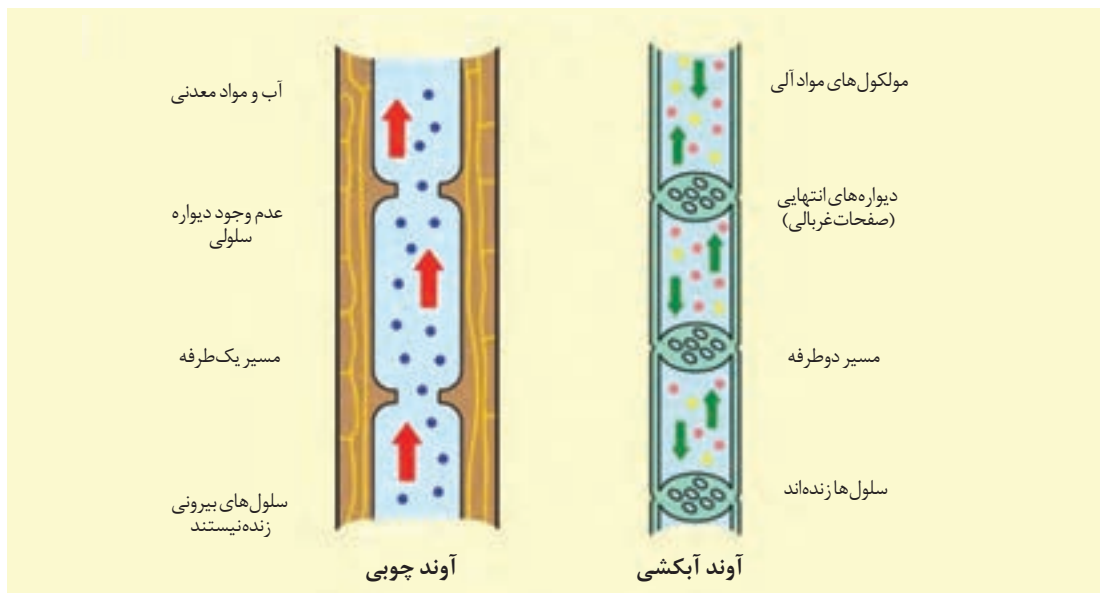
## آوندها

آوندهای چوبی و آبکشی، هدایت شیره گیاهی را در گیاه به عهده دارند. آوندهای چوبی، در قسمت استوانه مرکزی (مغز) ریشه و ساقه قرار دارند و از سلول‌های مرده و طویل شده‌ای تشکیل یافته‌اند که به دنبال هم چیده شده و آب و املاحی را که از ریشه جذب می‌شود و شیره خام نام دارد به برگ‌ها یعنی محل غذاسازی هدایت می‌کنند. در دیواره سلولزی آوندهای چوبی به منظور استحکام یافتن آنها، مقداری چوب رسوب می‌کند. آوندهای آبکش از برگ شروع شده و به همه قسمت‌های گیاه، به ویژه محل‌های رشد، فعالیت و ذخیره‌سازی (از قبیل نوک ریشه، ساقه، گل و میوه) ادامه می‌یابند. آوندهای آبکش، سلول‌های زنده دارند و واکوئل درون این سلول‌ها، حاوی شیره غلیظی به نام شیره پرورده است که در نتیجه فرایند فتوسنتز در برگ ساخته می‌شود. این ماده، غذای سلول‌های مختلف گیاه است و مازاد آن بر حسب نوع گیاه، در ریشه‌های ستبر، ساقه‌ها (نیشکر، سیب‌زمینی و...)، برگ‌های ذخیره‌ای (پیاز)، میوه و دانه ذخیره می‌شود. همان‌طور که در شکل صفحه بعد مشاهده می‌کنید، مسیر حرکت آب و مواد معدنی در آوندهای چوبی به سمت

۱- Cuticle

۲- Chloroplast

بالا صورت می‌گیرد و انتقال مواد آلی در آوندهای آبکشی انجام می‌گیرد که مسیر حرکت آنها از برگ‌ها به سمت اندام‌های مصرف‌کننده و ذخیره‌ای است.

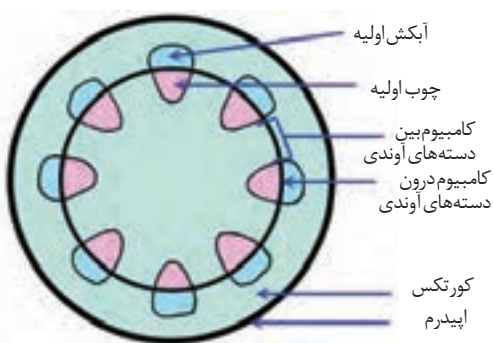


آوندهای چوبی و آبکشی و مسیر حرکت آب و مواد غذایی در آنها

## رشد ساقه

ساقه گیاهان به دو صورت طولی و قطری رشد می‌کنند. این عمل توسط سلول‌های فعال نوعی بافت به نام بافت مریستم<sup>۱</sup> یا زاینده انجام می‌گیرد. این بافت، در نوک ریشه و نوک ساقه گیاهان علفی و پایا قرار گرفته و با تولید سلول‌هایی بر طول این اندام‌ها می‌افزاید. در گیاهان چوبی و بازدانگان، در داخل استوانه مرکزی و بین آوندهای

چوبی و آبکش، مریستم دیگری به نام کامبیوم<sup>۲</sup> دیده می‌شود که از خارج، آوند آبکش و از داخل، آوند چوبی می‌سازد. دیواره دو انتهای سلول‌های آوند آبکشی مانند آبکش سوراخ دارند. سلول‌های بافت چوبی محتوای خود را از دست داده و دیواره‌های انتهایی بین آنها از بین می‌روند و در نتیجه آوندهایی را به وجود می‌آورند که آب از آنها به آسانی عبور می‌کند. لایه زاینده یا کامبیوم و بافت آبکشی به طرف خارج ساقه رانده شده و بر قطر ساقه افزوده می‌شود.

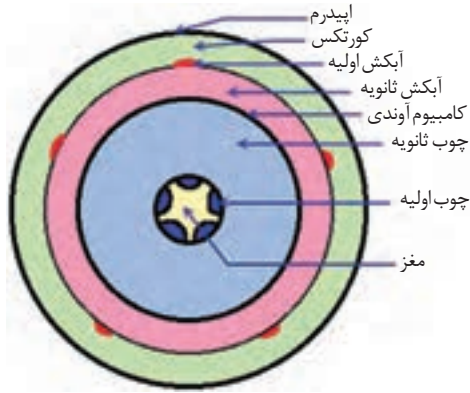


برش عرضی ساقه و محل کامبیوم آوندی و دسته‌های آوندی در گیاهان چوبی و بازدانگان

- ۱- Meristem
- ۲- Cambium



**حلقه‌های سالیانه:** اگر در ساقه گیاهان چوبی دو لپه‌ای و یا مخروطیان یک برش عرضی تهیه کنیم، حلقه‌های متحدالمرکزی خواهیم دید که به آنها حلقه‌های رشد سالانه می‌گویند.



ساختمان پسین ساقه و رشد قطری آن

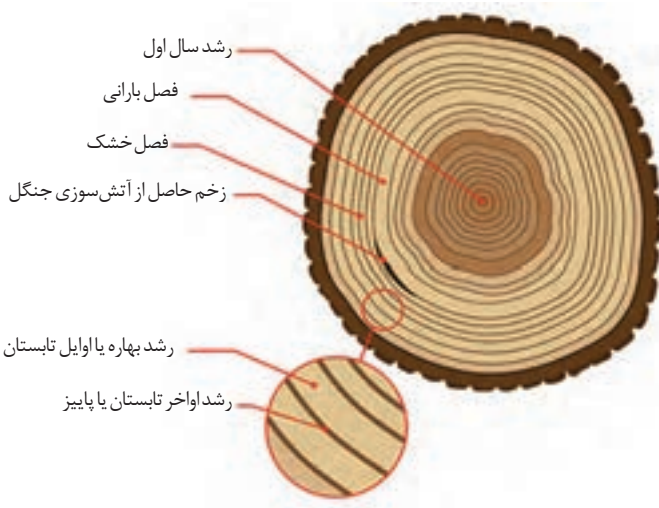
این حلقه‌ها لایه‌های ضخیم چوب پسین هستند و در واقع آوندهای چوبی از کار افتاده مربوط به سال‌های قبل می‌باشند. هر حلقه نتیجه فعالیت یک سال کامبیوم است و از دو قسمت تیره و روشن تشکیل شده است. در قسمت‌های روشن که در بهار ایجاد شده‌اند، سلول‌ها بزرگ‌تر و دیواره آنها نازک‌تر است. در قسمت‌های تیره که در تابستان و پاییز ساخته شده‌اند، آوندها به صورت فشرده قرار دارند.

با شمارش حلقه‌های سالیانه می‌توان به سن درخت پی برد. در موقع شمارش باید فقط یا حلقه‌های روشن و یا فقط حلقه‌های تیره شمرده شوند. تعداد حلقه‌های روشن یا تعداد حلقه‌های تیره (هر کدام به تنهایی) برابر تعداد سال‌های عمر یک درخت است.

چون اغلب گیاهان در سال اول زندگی، چوب پسین و حلقه سالانه ندارند، بعد از شمارش تعداد حلقه‌های روشن، به عدد حاصل یک سال دیگر هم باید اضافه کنیم، مثلاً اگر در برش عرضی یک درخت فرضی ۴ حلقه روشن دیده شود، عمر تقریبی این درخت ۵ سال است.

حلقه‌های سالیانه فقط در درختان مناطق معتدل که فصول مشخص (فصول متناوب گرم و سرد) دارند و فقط در ساقه‌های چوبی گیاهان دو لپه‌ای و مخروطیان دیده می‌شوند. در بیشتر تک لپه‌ای‌ها، ساقه ساختار اولیه خود را تا پایان حیات گیاه حفظ کرده، تشکیلات پسین و رشد قطری در آن ظاهر نمی‌شود.

تغییر عوامل محیطی مانند: نور، دما، باران، رطوبت، خاک، آتش‌سوزی، هجوم آفات و رقابت سبب تغییر در حلقه‌های سالانه می‌شوند. با کمک حلقه‌های سالانه علاوه بر تعیین عمر درخت می‌توان به شرایط محیطی گذشته زندگی گیاه هم پی برد.



حلقه‌های رشد در ساقه یک گیاه

دولپه‌ای

بافت چوبی یک درخت بخش عمده تنه اصلی گیاه را شامل می‌شود و در مجموع کامبیوم، آوند آبکش، پارانشیم‌های پوستی و چوب پنبه قشر نازکی را به وجود می‌آورند که در اصطلاح همگانی پوست درخت گفته می‌شود. رشد قطری ساقه در گیاهان یک ساله و علفی وجود ندارد و یا کمتر محسوس است و اگر در آنها بافت‌های ثانوی به وجود آید، ناچیز و فاقد اهمیت بوده، هیچ‌گاه ساختار اولیه ساقه را در آنها کاملاً حذف نمی‌کند، به خصوص که پارانشیم پوستی و مغز اولیه در آنها به همان حالت اولیه باقی می‌مانند. بنابراین ساختار ثانوی در گیاهان یک ساله و علفی حالت نهفته داشته و به خصوص ساقه حالت علفی خود را حفظ می‌کند.

**ج) برگ:** برگ‌ها اندام‌های پهن و سبز رنگی هستند که با نظم و ترتیب ویژه‌ای روی ساقه گیاهان قرار دارند. **اجزای ظاهری برگ:** برگ‌ها را می‌توان در اشکال و اندازه‌های مختلف پیدا کرد. بیشتر برگ‌ها پهن، صاف و معمولاً به رنگ سبزند. بعضی از گیاهان، به‌عنوان مثال مخروطیان، دارای برگ‌هایی با اشکالی مانند سوزن یا فلس می‌باشند.

نقش‌هایی که برگ‌ها در گیاهان به عهده دارند به شرح زیرند:

- **تعرق:** دفع آب به حالت بخار از سطح برگ را تعرق می‌گویند.
- **تعریق:** دفع آب به صورت مایع از سطح برگ را تعریق می‌نامند.
- **فتوسنتز:** فرایندی است که در آن گیاهان سبز در برابر نور خورشید و با استفاده از دی‌اکسیدکربن هوا و همچنین آب، گلوکز می‌سازند و اکسیژن آزاد می‌کنند.
- **تنفس:** فرایند آزادسازی انرژی شیمیایی مواد غذایی را به کمک اکسیژن تنفس می‌گویند.

در بخش‌های بعدی این کتاب در باره اعمال حیاتی فوق توضیح بیشتری داده خواهد شد. شکل برگ به گونه‌ای است که بهترین تناسب را با زیستگاه گیاه داشته باشد و فتوسنتز را به حداکثر برساند. در یک برگ قسمت‌های عمده‌ای که با چشم می‌توان دید عبارت‌اند از:

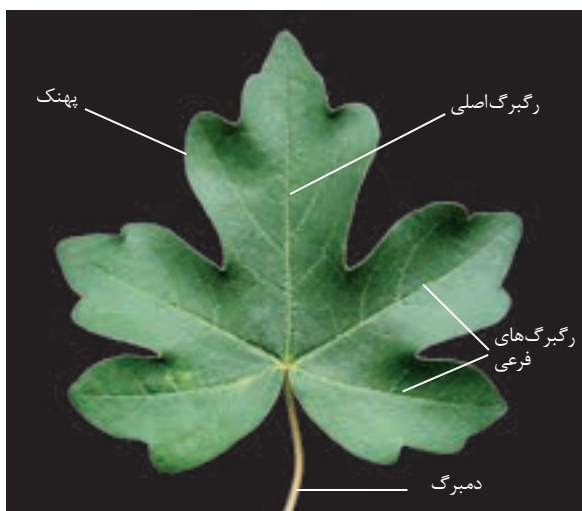
□ پهنک

□ رگبرگ اصلی

□ رگبرگ‌های فرعی

□ دمبرگ

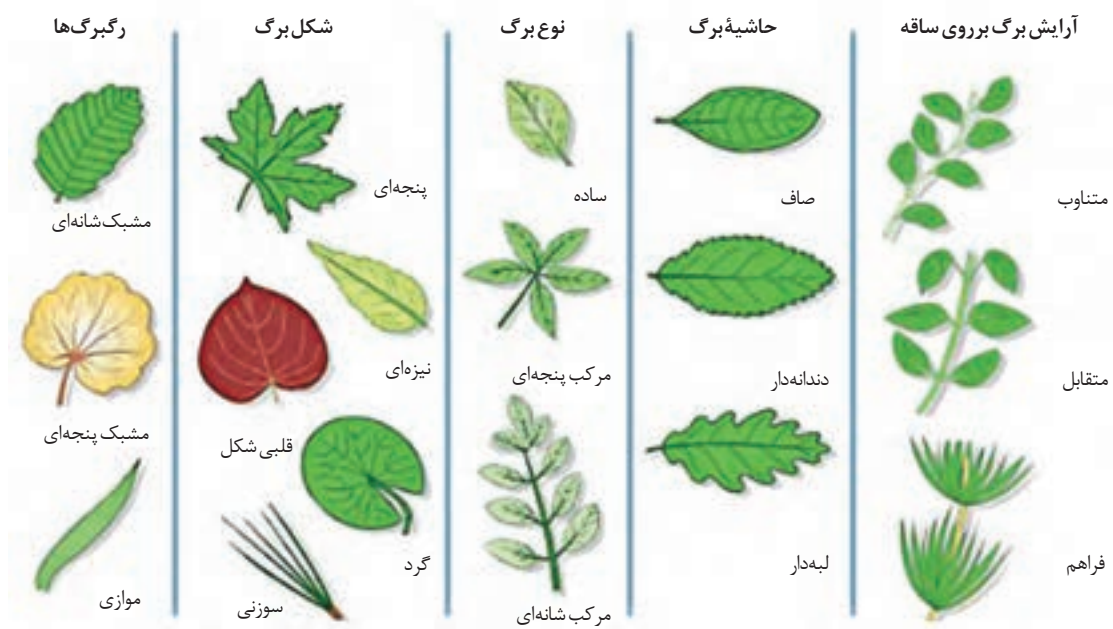
در بعضی از انواع برگ، ساختار برگ ماندی در قاعده برگ دیده می‌شود که آن را گوشوارک می‌گویند.



بخش‌های مختلف یک برگ



**اشکال برگ:** برگ‌ها به اشکال متنوعی مانند دایره، بیضی، نیزه، پنجه، قلب و امثال آن دیده می‌شوند. اما به‌طور کلی می‌توان آنها را به سه گروه تقسیم کرد: برگ‌های پهن، برگ‌های باریک و برگ‌های سوزنی تقسیم نمود. طول بیشتر برگ‌ها بین ۲/۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. اما برگ بعضی از گیاهان بسیار بزرگ است، برای مثال در مرداب انزلی، قطر برگ‌های دایره‌ای نیلوفر آبی گاه به بیش از ۵۰ سانتی‌متر نیز می‌رسند. برگ‌ها یا ساده هستند یا مرکب. برگ‌گی که بیش از یک پهنک داشته باشد، برگ مرکب است و پهنک‌های برگ مرکب را برگچه می‌نامند. برگچه‌های برگ مرکب به‌صورت پریا پنجه روی ساقه قرار می‌گیرند. نحوه استقرار و لبه برگ‌ها و همچنین طرح رگبرگ‌های پهنک برگ‌ها گوناگون است (شکل زیر).



اشکال مختلف برگ



**تغییر شکل برگ‌ها:** اگرچه عمل اصلی برگ، فتوسنتز می‌باشد؛ ولی در بعضی از گیاهان، برگ‌ها برای انجام اعمال اختصاصی خاص به اشکال دیگری نظیر خار، پیچک، فلس جوانه و پیاز درآمده‌اند.

تغییر شکل برگ به اندام‌های دیگر: خار در کاکتوس (شکل چپ)، پیچک در نخودفرنگی (شکل، راست)



تغییر شکل برگ به اندام‌های دیگر: اندام گوشت‌خوار در گیاه نپنتس (شکل چپ) و فلس در پیاز (شکل راست)

## ساختمان برگ

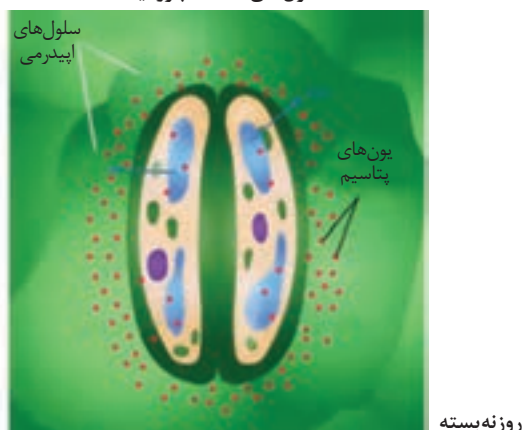
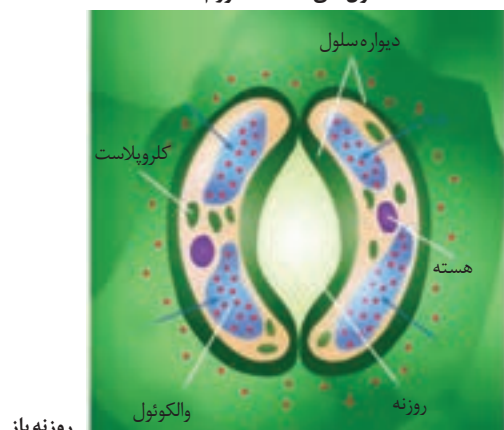
در بررسی ساختار تشریحی برگ در گیاهان دو لپه‌ای بخش‌های زیر قابل تشخیص هستند:

۱- اپیدرم: لایه نازکی است که هر دو سطح رویی و زیرین برگ را می‌پوشاند. دیواره‌های بیرونی سلول‌های اپیدرمی ضخیم و آغشته به ماده مومی به نام کوتین<sup>۱</sup> می‌باشد. اپیدرم با وجود پوستک از ورود عوامل بیماری‌زا به درون برگ و نیز از آسیب مکانیکی بر بافت‌های درونی برگ ممانعت می‌کند. از طرف دیگر از اتلاف آب در برگ‌ها جلوگیری می‌نماید. در بعضی از برگ‌ها بر روی اپیدرم زوئیدی به نام کرک وجود دارد.

اپیدرم تحتانی معمولاً حاوی سوراخ‌هایی به نام روزنه است که در تبادل گازهای فتوسنتزی نقش دارند. روزنه از دو سلول لوبیایی شکل به نام سلول‌های پشتیبان احاطه شده است. با تنظیم سوراخ روزنه، تبادل گازها و اتلاف آب را کنترل می‌شود. تغییرات فشار آب سلول‌های محافظ باعث باز و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. محدود شدن روزنه‌ها به سطح تحتانی برگ، نمونه دیگری از سازگاری برگ‌ها در جهت کاهش اتلاف آب می‌باشد.

سلول‌های محافظ (متورم)

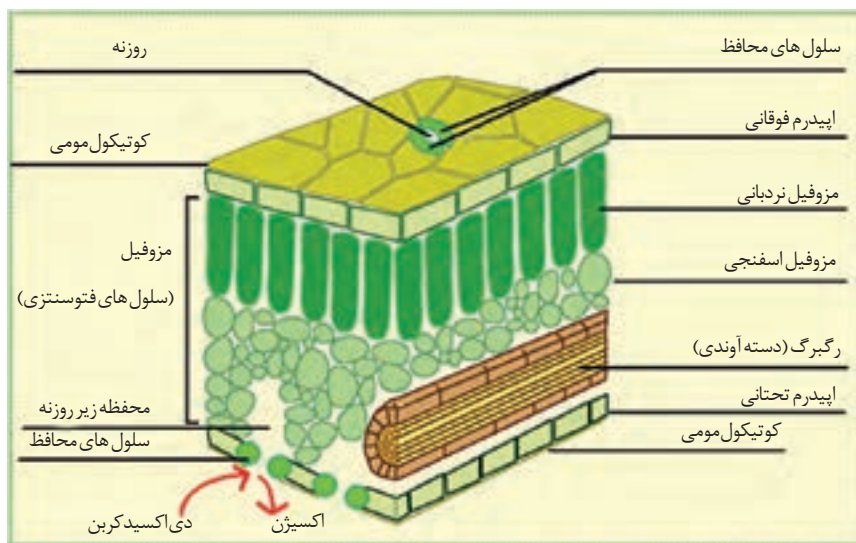
سلول‌های محافظ (چروکیده)



روزنه در دو حالت بسته و باز

در برگ‌های شناور بر سطح آب، روزنه‌ها به اپیدرم فوقانی برگ محدود می‌شوند. در برگ‌های آبی روزنه وجود ندارد و در برگ‌های گیاهان خشکی‌زی روزنه‌ها عمقی و یا در درون فرورفتگی‌های برگ قرار گرفته‌اند.

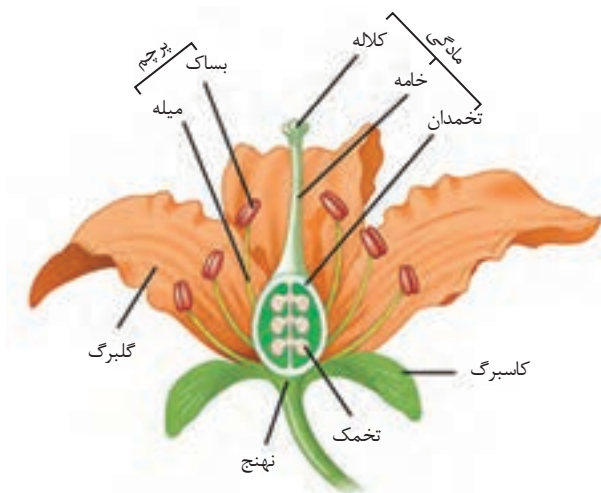
**۲- مزوفیل:** بافت فتوسنتزی برگ، مزوفیل یا میان‌برگ نام دارد که از دولایه فوقانی و تحتانی تشکیل شده است: لایه فتوسنتزی فوقانی، لایه نرده‌ای نام داشته و از ۱ تا ۳ لایه سلول استوانه‌ای تشکیل شده است که محکم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و لایه اصلی فتوسنتزکننده برگ محسوب می‌شوند. بخش تحتانی، لایه اسفنجی نام دارد که از تعدادی سلول‌های پراکنده و نامنظم تشکیل یافته است. در فواصل بین آنها فضاهای متخلخل، شبیه به حالت اسفنج مشاهده می‌شود. این فضاها به انتشار سریع گازها و در نتیجه تبادل گازهای فتوسنتزی کمک می‌کنند. برگ‌هایی که در برابر نور مستقیم خورشید نمو پیدا می‌کنند، در مقایسه با برگ‌های نمو یافته در سایه، دارای پارانشیم نردبانی متراکم‌تری هستند. در سلول‌های بافت نردبانی و اسفنجی هر دو کلروپلاست وجود دارد؛ ولی در لایه اسفنجی نسبت به بافت پارانشیم نردبانی کمتر نمو یافته‌اند و به همین دلیل سطح فوقانی برگ رنگ سبز تیره‌تری نسبت به سطح تحتانی دارد. بخشی از عملکرد رگبرگ میانی و رگبرگ‌های جانبی استحکام بخشیدن به برگ است.



ساختمان برگ

**۳- رگبرگ‌ها:** رگبرگ‌ها از بافت آوندی تشکیل شده‌اند. بافت آوندی حاوی ساختارهای لوله‌ای شکلی به نام آوند چوبی و لیفی هستند که مسیرهای جریان آب و مواد غذایی در سراسر برگ‌ها را فراهم می‌سازند. در دسته‌های آوندی درون برگ آبکش همیشه به طرف اپیدرم تحتانی و چوب به سمت اپیدرم فوقانی قرار دارد. در برخی موارد، حلقه چوب با حلقه‌ای از آبکش احاطه شده است.

د) گل: در گیاهان گل دار اندام زایشی گیاه است که در اندازه، شکل و رنگ های مختلف مشاهده می شود. با نگاهی به یک گل، چهار بخش عمده زیر را می توان در آن تشخیص داد. هر یک از این بخش ها در یک حلقه مجزا قرار گرفته اند.



اجزای گل

□ **کاسبرگ:** کاسبرگ ها دارای ساختمانی تقریباً مشابه برگ های باشند و به عنوان پوششی از تبخیر سریع جلوگیری کرده و از قسمت های داخلی گل محافظت می کنند. رنگ بیشتر کاسبرگ ها سبز است ولی در بعضی قهوه ای و فلس مانند بوده و در برخی دیگر ممکن است رنگی باشد. به مجموعه کاسبرگ ها کاسه گل گفته می شود.

□ **گلبرگ:** گلبرگ ها با رنگ های جذابی که دارند حشرات را به سوی خود جلب می کنند. همچنین گلبرگ ها در قاعده یا نزدیک قاعده شان دارای غدد ترشحاتی هستند که حشرات و برخی از پرندگان از آن تغذیه می کنند. به مجموعه گلبرگ ها جام گل گفته می شوند.

□ **پرچم:** عضو نر گیاه محسوب می شود. هر پرچم از یک بساک یا قسمت حامل گرده و یک میله یا پایه تشکیل می گردد. با رسیدن گرده ها، بساک باز شده و گرده ها از آن آزاد می شوند. گرده معمولاً توسط حشرات، باد و عواملی نظیر آنها به سوی کلاله گل حمل می گردد. پرچم ها اندام های نر گل هستند.



گرده های گل که زنبور عسل هنگام سرکشی به گل ها در پای خود جمع می کند

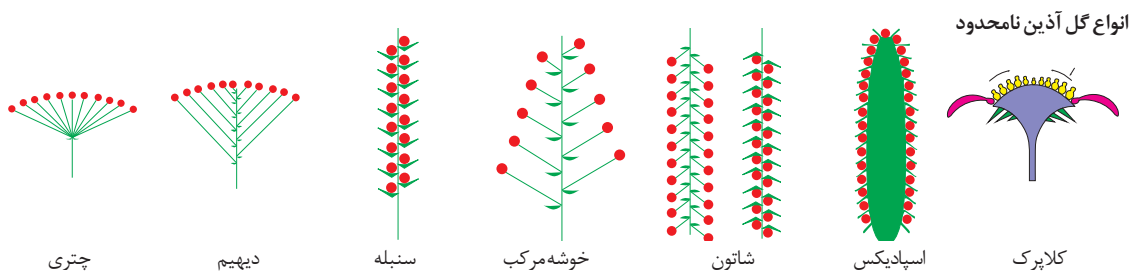
□ **مادگی:** حلقه درونی گل مادگی نام دارد. مادگی اندام ماده گل است. مادگی از سه بخش کلاله، خامه و تخمدان تشکیل می یابد. کلاله قسمت چسبناک بالای مادگی است که بخش گیرنده گرده محسوب می شود. خامه میله ای است که کلاله را به مادگی وصل می کند. خامه در واقع گذرگاهی است که گرده را به سمت تخمک هدایت می کند. تخمدان محتوی تخمک ها می باشد. تخمک ها منجر به تشکیل سلول های تخم می شوند.

## گل آذین و انواع آن

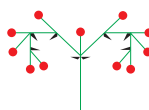
شیوه آرایش گل را روی شاخه گل آذین می‌نامند. ساقه‌ای که گل‌ها روی آن قرار می‌گیرند، خود می‌تواند یک یا چند شاخه باشد. گل آذین بر دو نوع است: محدود و نامحدود.

در گل آذین محدود یا گرز، جوانه انتهایی به گل انتهایی تبدیل شده و سپس می‌میرد. گل‌های دیگر را جوانه‌های جانبی تولید می‌کنند.

در گل آذین نامحدود جوانه انتهایی به رشد خود ادامه داده و گل‌های کناری را تولید می‌کند. در این نوع گل آذین جوانه انتهایی هیچ‌گاه تبدیل به گل نمی‌شود. هر یک از گل آذین‌های محدود و یا نامحدود خود بر چند نوع تقسیم می‌شوند که به طور خلاصه در اشکال زیر مشاهده می‌کنید.



گرزن یک‌طرفه



گرزن دوسویه

انواع گل آذین محدود

نمونه‌هایی از انواع گل آذین

## گرده‌افشانی و لقاح

هدف اولیه یک گل تولید مثل است. انتقال دانه‌گرده از بساک به کلاله را گرده‌افشانی گویند. پس از آنکه دانه‌گرده روی کلاله قرار گرفت، از مواد مترشحه کلاله طبق خاصیت اسمز تغذیه می‌کند. سپس از دانه‌گرده لوله‌هایی ایجاد می‌شود که لوله‌گرده نام دارد. لوله‌گرده رشد کرده از خامه گذشته، و خود را به کیسه‌گرده موجود در تخمدان می‌رساند و در آنجا عمل لقاح یعنی ترکیب گامت نر و گامت ماده انجام گرفته و رشد لوله‌گرده متوقف می‌شود. مدت زمان رویش دانه‌گرده روی کلاله که آن را زمان پذیرش می‌گویند، کوتاه بوده و از چند ساعت تا یک روز ممکن است طول بکشد. سرعت رشد لوله‌گرده به عواملی نظیر گونه گیاه، طول خامه، دمای هوا، بارندگی و امثال آن ارتباط دارد.



حاصل عمل گرده افشانی و لقاح، تشکیل دانه و میوه است. هرگاه عمل لقاح صورت نگیرد و جنین بتواند از تقسیم متوالی یکی از سلول‌های کیسه جنینی حاصل شود، این کیفیت را آپومیکیسی<sup>۱</sup> گویند. در واقع آپومیکیسی نوعی تولید مثل غیرجنسی است که در آن بذر بدون ترکیب گامت‌های نر و ماده تشکیل می‌شود و بذور حاصله کاملاً شبیه والد مادری هستند. بنابراین می‌توان گفت که آپومیکیسی نوعی تولیدمثل غیرجنسی است. همچنین در برخی از گیاهان و یا در شرایط خاص بدون انجام عمل لقاح میوه تشکیل می‌شود. این خاصیت را پارتنوکاری<sup>۲</sup> می‌نامند. در گیاهانی مانند هندوانه، پرتقال و موز این عمل اغلب اتفاق می‌افتد. دانشمندان معتقدند که با کاربرد هورمون اکسین و استفاده از تکنیک‌های مهندسی ژنتیک، پارتنوکاری در بسیاری از گیاهان نیز در آینده نزدیک امکان پذیر خواهد گردید.



میوه بی دانه هندوانه حاصل از پارتنوکاری



میوه انجیر پارتنوکارپ واریته brown turkey

**میوه‌های فرازگرا<sup>۳</sup> و نافرازگرا<sup>۴</sup>:** میوه‌ها دو نوع هستند. گروهی از میوه‌ها در حین رسیدن گاز اتیلن تولید نموده و فرایند رسیدن و عمل آوری را تسریع می‌کنند که دارای نشانه‌هایی از قبیل نرم شدن قابل توجه و تغییر رنگ و شیرین شدن می‌باشند. گروه دوم میوه‌هایی هستند که در حین رسیدن گاز اتیلن تولید نمی‌کنند و تغییر اندکی از قبیل از دست دادن رنگ سبز و نرم شدگی ناچیز از خود نشان می‌دهند؛ ولی تغییر مناسبی در مزه و طعم خود ندارند. میوه‌های نوع اول را میوه‌های فرازگرا و نوع دوم را نافرازگرا می‌نامند. موز، سیب، خربزه، زردآلو، خرمالو و انبه جزو میوه‌های فرازگرا هستند. یعنی زمانی که به یک مرحله خاصی از رشد می‌رسند، با اینکه هنوز سفت و تقریباً غیرقابل خوردن هستند، قابلیت برداشت را دارند. این مرحله از رسیدن میوه‌ها را رسیدن فیزیولوژیک<sup>۵</sup> می‌گوییم. در این مرحله میزان تولید گاز اتیلن توسط میوه افزایش یافته و تنفس سلولی آن کم می‌شود. میوه‌های فرازگرا می‌توانند بعد از چیده شدن در مرحله رسیدن فیزیولوژیک، باز هم قابلیت رسیدن کامل و قابلیت خورده شدن را تحت شرایط خاصی پیدا کنند. این اتفاق در مورد میوه‌های نافرازگرا نمی‌افتد و اگر در مرحله رسیدن فیزیولوژیک برداشت شوند، دیگر نمی‌رسند.

۱- Apomixis

۲- Parthenocarp

۳- Climacteric

۴- non-climacteric

۵- Physiological ripening



توت‌فرنگی، انگور و بسیاری از مرکبات جزو میوه‌های نافرازگرا هستند. اتیلن، نوعی هورمون گیاهی است که باعث رسیدن میوه‌ها، باز شدن شکوفه‌ها و گل‌ها و همچنین ریزش برگ‌ها در پاییز می‌شود. به دلیل این خاصیت در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از خراب شدن میوه‌هایی مانند سیب، گلابی و موز در حمل و نقل یا انبار، آنها را کمی نارس می‌چینند و قبل از وارد کردن به بازار، تحت تأثیر اتیلن قرار می‌دهند تا برسند.

## واحد یادگیری ۹

### فتوستنز

#### سوخت و ساز گیاهی

گیاهان نیز مانند سایر موجودات زنده برای رشد، تولید مثل، ترمیم بافت‌ها و ادامه حیات خود به انرژی نیاز دارند و غذا منبع این انرژی است. همه گیاهانی کلروفیل دارند، از طریق عملی به نام فتوستنز غذا می‌سازند. برای انجام فتوستنز انرژی نور خورشید لازم است و بنابراین خورشید منبع اصلی انرژی همه موجودات زنده است. گیاهان بیش از اندازه‌ای که نیاز دارند غذا می‌سازند و این غذا مستقیماً و یا به‌طور غیرمستقیم مورد استفاده انسان یا حیوانات قرار می‌گیرد.

انرژی توسط دو ماده آلی که از ترکیبات فسفر هستند، به نام‌های آدنوزین دی فسفات<sup>۱</sup> (ADP) و آدنوزین تری فسفات<sup>۲</sup> (ATP) گرفته و اندوخته می‌شود. آدنوزین دی فسفات در تمام سلول‌های زنده وجود دارد و در ایجاد و نگهداری انرژی نقش مهمی ایفا می‌کند. با افزودن یک فسفات به مولکول ADP تبدیل به ATP می‌شود. این عمل شبیه عمل شارژ باتری می‌باشد. هنگامی که یکی از فسفات‌ها از مولکول ATP جدا می‌شود، انرژی آزاد می‌گردد. در موقع فتوستنز نیز مولکول‌های ATP ساخته می‌شوند؛ اما بیشتر مولکول‌های ATP هنگام تنفس به وجود می‌آیند.



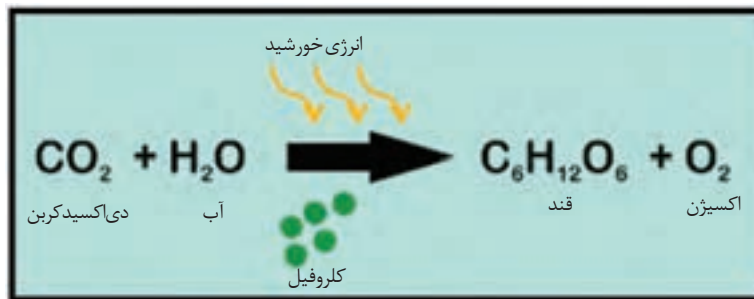
تبدیل ADP به ATP مشابه شارژ باتری است و نیاز به انرژی دارد.

در عمل فتوستنز، در واقع انرژی خورشیدی توسط دو نوع کلروفیل‌های a و b به انرژی شیمیایی تبدیل می‌گردد. مواد خامی که وارد این فرایند می‌شوند آب و دی‌اکسید کربن هستند و حاصل فرایند عبارت از قند اکسیژن می‌باشند.

درصد بسیار کمی از انرژی خورشید که به گیاه می‌رسد، به مصرف فتوستنز می‌رسد. با وجود این، همین فرایند شیمیایی سالانه در حدود ۲۵ میلیارد تن هیدروژن را با تقریباً ۱۵۰ میلیارد تن دی‌اکسید کربن ترکیب می‌کند و در حدود ۳۰۰ میلیارد تن قند به وجود می‌آورد. حدود ۴۰۰ میلیارد تن اکسیژن نیز در این فرایند آزاد می‌شود.

۱- Adenosine diphosphate

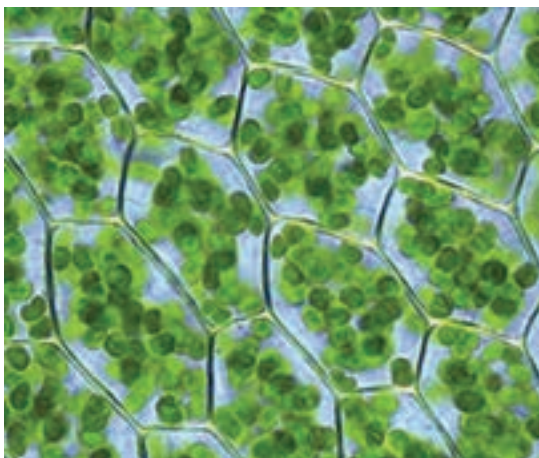
۲- Adenosine triphosphate



تولید اکسیژن و مواد قندی حاصل فرایند فتوسنتز

## کلروفیل

سبزینه یا کلروفیل<sup>۱</sup>، رنگدانه‌ای سبزرنگ است که در اکثر گیاهان یافت می‌شود. چندین نوع مولکول کلروفیل وجود دارد. بیشتر گیاهان دارای دو نوع کلروفیل هستند: کلروفیل a که به رنگ سبز روشن می‌باشد و کلروفیل b که رنگی پریده‌تر دارد. این دو نوع در ساختمان اصلی فرق کوچکی دارند؛ اما هر دو دارای مولکول‌های بزرگی هستند. فرمول مولکولی کلروفیل a عبارت از:  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$  می‌باشد. معمولاً مقدار کلروفیل a سه برابر کلروفیل b در بافت‌های گیاهی وجود دارد. فرق بین مولکول کلروفیل a و b در تعداد اتم‌های هیدروژن و اکسیژن آنهاست. همان‌طور که در فرمول کلروفیل a مشاهده می‌کنید، آنها از عناصر منیزیم، نیتروژن، اکسیژن، هیدروژن و کربن تشکیل یافت‌هاند. مولکول کلروفیل b با اندکی تفاوت شبیه مولکول a است، یعنی فرمول آن  $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$  می‌باشد. گیاهان، برای ساختن غذایشان به کلروفیل نیاز دارند.

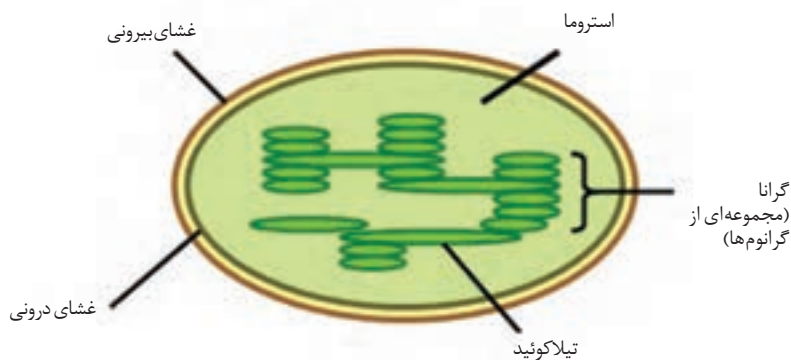


کلروپلاست‌های موجود در یاخته‌های گیاه آویشن

**کلروپلاست‌ها:** کلروپلاست‌ها اندامک‌هایی در سلول‌های سبزینه‌دار گیاهان هستند که کلروفیل‌های a و b و دیگر رنگیزه‌ها مانند کاروتنوئید، دارند. سلول‌های برگ، بیشترین مقدار کلروپلاست را دارند و به همین دلیل، اندام اصلی فتوسنتز در گیاهان به شمار می‌آیند. سلول‌های سبزینه، بیشتر نور آبی و قرمز را جذب کرده و نور سبز را منعکس می‌کنند؛ به همین دلیل، سبزینه سبزرنگ دیده می‌شود. تعداد کلروپلاست بر حسب نوع یاخته، گونه گیاهی و سن یاخته تغییر می‌کند. تعداد کلروپلاست‌ها در هر میلی‌متر مربع برگ کرچک به حدود ۴۰۰ هزار می‌رسد و یک درخت ممکن است تا ۱۰<sup>۱۲</sup> عدد کلروپلاست داشته باشد.

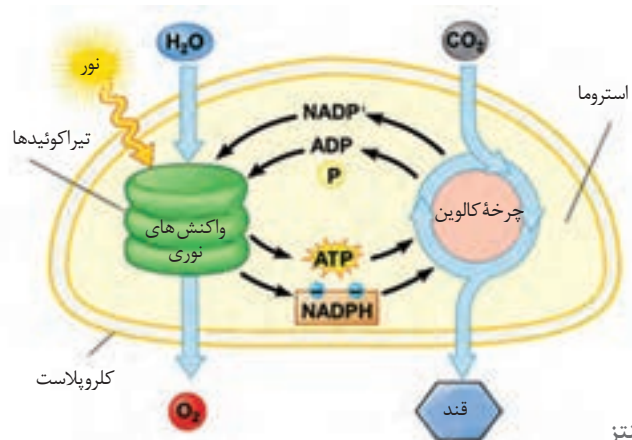
۱- Chlorophyll

جزئیات فرایند فتوسنتز در تمام گیاهان سبز یکسان است. برجسته‌ترین خصوصیات ساختمانی کلروپلاست سیستم فشرده غشاهای درونی آن است که به تیلاکوئید<sup>۱</sup> معروف است. تیلاکوئیدها سطح وسیعی را برای جذب نور فراهم می‌کنند. کل کلروفیل در این سیستم غشایی که محل واکنش نوری فتوسنتز است، قرار دارد. تیلاکوئیدها خیلی نزدیک به یکدیگر قرار دارند که به تیغه‌های گرانوم<sup>۲</sup> موسومند. هر تیغه را گرانوم<sup>۳</sup> و جمع آنها را گرانای می‌گویند.



ساختمان کلروپلاست

واکنش‌هایی که در فتوسنتز رخ می‌دهند، بر دو دسته‌اند: واکنش‌های نیازمند به نور و واکنش‌های بدون نیاز به نور. واکنش‌های نیازمند به نور در گرانای اتفاق می‌افتد. هنگامی که یک فوتون نور به یک الکترون مولکول کلروفیل می‌خورد، کلروفیل فعال شده و الکترون به تراز انرژی بالاتری می‌رود. الکترون‌های این مولکول‌های فعال شده کلروفیل، مولکول‌های آب را به دو جزء اکسیژن و اکسیژن - هیدروژن تجزیه می‌کنند. الکترون‌ها و اتم‌های هیدروژن را ماده پذیرنده هیدروژن جذب می‌کنند و اکسیژن آزاد می‌شود. در هنگام تجزیه آب چند مولکول ATP به وجود می‌آید. سرانجام کلروفیل به حالت غیرفعال اولیه باز می‌گردد و در فرایند مصرف نمی‌شود. واکنش‌های بی‌نیاز از نور هم در نور و هم در تاریک



واکنش‌های فتوسنتز

**چرخه کالوین<sup>۴</sup>:** مرحله مستقل از نور فتوسنتز به چرخه کالوین معروف است. در این چرخه، دی‌اکسیدکربن و هیدروژنی که همراه پذیرنده‌های هیدروژن هستند و ATP حاصل از واکنش‌های نیازمند به نور به کار گرفته می‌شوند که در آن نهایتاً قند ساده گلوکز تولید می‌شود.

- ۱- Thylakoid
- ۲- Grana
- ۳- Granum
- ۴- Calvin cycle

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان و شدت فتوسنتز، مقدار گاز دی‌اکسیدکربن است. به‌طور معمول، این گاز ۰/۰۳ درصد از هوای اتمسفر را تشکیل می‌دهد. هرچه میزان دی‌اکسیدکربن هوا افزایش یابد، شدت فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی سرعت فتوسنتز با افزایش شدت نور، تا حدی که همه رنگیزه‌ها مورد استفاده قرار گیرند، زیاد می‌شود و در این حالت فتوسنتز به نقطه اشباع خود می‌رسد اما این افزایش محدودیت نیز دارد؛ زیرا رنگیزه‌ها در این حالت نمی‌توانند نور بیشتری جذب کنند.

برای انجام عمل فتوسنتز، آنزیم‌های متعددی نیز فعالیت می‌کنند که سرعت آن را تا حد زیادی افزایش می‌دهند. ضمناً کاهش دما تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد، سبب می‌شود که سرعت واکنش‌های آنزیمی درون سلول‌ها کاهش یابد و در نتیجه، فتوسنتز آهسته‌تر صورت گیرد. در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، شدت فتوسنتز به حداکثر می‌رسد. در دماهای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد نیز سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد، زیرا آنزیم‌ها در این دما، ساختار سه‌بعدی خود را از دست داده و آسیب می‌بینند.

## تغذیه گیاهان

گیاهان نیز مانند سایر موجودات زنده احتیاج به غذا دارند. گفته شده است اگر گیاهان هم می‌توانستند مانند انسان حرف بزنند و یا مانند حیوانات فریاد بکشند، زودتر و بهتر می‌فهمیدیم که آنها گرسنه‌اند.

در مجموع، ۱۶ عنصر در برای تغذیه طبیعی گیاهان لازم است که برخی از طریق آب، خاک و هوا به میزان کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و برخی دیگر را باید با تغذیه مصنوعی تأمین نمود. این عناصر را به دو دسته عناصر پرمصرف<sup>۱</sup> و عناصر کم مصرف<sup>۲</sup> تقسیم می‌کنند. عناصر پرمصرف عناصری هستند که گیاهان آنها را به مقدار نسبتاً زیادی نیاز دارند. این عناصر هیدروژن (H)، کربن (C)، نیتروژن یا ازت (N)، منیزیم (Mg)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، اکسیژن (O)، گوگرد (S) و فسفر (P) را شامل می‌گردند.

عناصر کم مصرف عناصری هستند که گیاهان به مقدار کمتری از آنها را نیاز دارند. البته اهمیت و ضرورت این عناصر نیز مشابه عناصر پرمصرف است. این عناصر عبارت‌اند از: آهن (Fe)، روی (Zn)، کلر (Cl)، مس (Cu)، بُر (B)، مولیبدن (Mo) و منگنز (Mn). از این میان کربن، هیدروژن و اکسیژن و در بسیاری از مواد نیز کلسیم بدون نیاز به کود، از طریق آب و هوا تأمین می‌شوند. بقیه عناصر پرمصرف و کم مصرف معمولاً از خاک گرفته می‌شوند. در زیر مختصری درباره اثر عناصر مذکور در رشد و نمو گیاهان شرح داده می‌شود:

**نیتروژن (N):** عنصر کلیدی در رشد شاخه و برگ گیاه (رشد رویشی) است.

**فسفر (P):** نقش اصلی آن در گل‌انگیزی و افزایش گل‌دهی و نیز لقاح و تشکیل میوه است. همچنین در رشد و توسعه ریشه‌ها نقش دارد.

**پتاسیم (K):** در رشد سلول‌های اندام گیاه، تشکیل افزایش شادابی گیاه و افزایش مقاومت نسبت به استرس و تنش‌های محیطی تأثیر دارد.

**منیزیم (Mg):** در تشکیل سبزینه (کلروفیل) و افزایش بازده فتوسنتز است و به تشکیل آنزیم‌ها کمک می‌کند.

۱- Macro elements

۲- Micro elements

گوگرد (S): نقش اصلی آن سنتز اسیدهای آمینه، پروتئین و آنتی بیوتیک در اندام‌های گیاهی است.  
روی (Zn): در تشکیل و فعال شدن آنزیم‌ها، سنتز پروتئین و کلروفیل اثر دارد.  
مس (C): در فعال سازی آنزیم‌ها، سنتز کربوهیدرات و پروتئین مؤثر است.  
بُر (B): نقش اصلی آن در افزایش توان گل دهی و تشکیل میوه است.  
مولیبدن (Mo): به احیای ازت خاک کمک می‌کند.  
منگنز (Mn): در تشکیل کلروفیل و افزایش بازده فتوسنتز اثر دارد.

## حرکت عناصر غذایی از خاک به ریشه گیاه

عناصر غذایی از طریق ریشه و برگ گیاه جذب می‌شوند. در اینجا نخست در خصوص جذب عناصر غذایی توسط ریشه شرح داده می‌شود. سه مکانیسم مهم در انتقال عناصر غذایی از خاک به سطح ریشه دخالت دارند:

۱- **تماس با ریشه**<sup>۱</sup>: این ساز و کار مخصوص عنصری مانند فسفر است که حلالیت و پویایی کمتری در خاک دارند. در این حالت تارهای کشنده به سمت آن حرکت کرده و عنصر فسفر را جذب می‌کند. هرچقدر سطح تماس سیستم ریشه‌های گیاه بالاتر و قوی‌تر باشد، جذب هم بیشتر است. میزان ۵-۱ درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم ممکن است توسط تماس مستقیم جذب گیاه گردد.

۲- **جریان انبوه یا حرکت توده‌ای**<sup>۲</sup>: عبارت است از جریان آب به طرف ریشه بر اثر تعرق گیاه که همراه آن عناصر حل شده نیز انتقال می‌یابند. حرکت توده‌ای برای عناصری که غلظت زیادی در محلول خاک دارند و در شرایطی که تعریق گیاه شدت بالایی دارد، مکانیسم غالبی است. عناصر غذایی که در خاک به صورت پویا می‌باشند، و یا برخی دیگر از عناصر غذایی نظیر کلسیم و نیترات عمدتاً با این روش به سمت ریشه حرکت می‌کنند. به‌طور کلی ۹۸ درصد نیتروژن، ۷۲ درصد کلسیم، ۸۷ درصد منیزیم و ۹۵ درصد گوگرد با این روش حرکت می‌کنند. در صفحات بعد درباره تعرق و تبخیر گیاه توضیح خواهیم داد.

۳- **انتشار یا پخشیدگی**<sup>۳</sup>: انتشار یک پدیده شیمیایی است که در آن عناصر از محل‌های با غلظت بالا به سمت محل‌های با غلظت کمتر حرکت می‌نمایند. همین ساز و کار البته با سرعت کمتر در حرکت عناصر غذایی در محلول خاک به سمت ریشه مؤثر می‌باشد. پتاسیم طبق این شیوه در خاک حرکت می‌کند. وقتی ریشه گیاه عنصر پتاسیم را جذب می‌کند، غلظت آن نزدیک سطح ریشه کم و برعکس در سطح کلونیدهای خاک زیادتر است. به عبارتی یک شیب غلظت داریم که طی آن پتاسیم از نقطه با غلظت بالا به سمت ریشه که غلظت پایین است، حرکت می‌کند. انجام این مکانیسم به رطوبت نیاز دارد. به همین دلیل است که در باغات با دور آبیاری بالا (سی‌روزه و بیشتر) به سبب کوتاهی دوره جذب باید غلظت پتاسیم خیلی بالاتر از حدودی باشد که در منابع مختلف به آن اشاره شده است.

۱- Root interception

۲- Mass Flow

۳- Diffusion



## اثر متقابل عناصر

عناصر در هنگام عمل جذب بر روی هم اثر متقابل یا برهم کنش دارند. به عبارت دیگر جذب یک عنصر در جذب عنصر دیگر دخالت دارد و تداخل ایجاد می‌کند. برهم کنش یا اثر متقابل ممکن است مثبت یا منفی باشد. برهم کنش مثبت یا اصطلاحاً سینرژی<sup>۱</sup> و یا هم‌افزایی، به حالتی گفته می‌شود که جذب یک عنصر باعث افزایش جذب عنصر دیگر شود. به عنوان مثال بین نیتروژن و فسفر حالت برهم کنش مثبت وجود دارد، یعنی جذب نیتروژن باعث می‌شود که جذب فسفر توسط گیاه افزایش پیدا کند.

برهم کنش منفی را اصطلاحاً آنتاگونیسم<sup>۲</sup> یا حالت ضدیت می‌گویند. منظور از برهم کنش منفی این است که جذب یک عنصر باعث کاهش جذب عنصر دیگر در گیاه می‌شود. به عنوان مثال مصرف زیاد کود فسفر باعث کاهش جذب عناصری مثل روی، آهن و منگنز توسط گیاه می‌شود.

به دلیل آنکه عناصر در عمل جذب دارای برهم کنش هستند، نسبت بین عناصر در خاک به طریقی باید حفظ شود. به عبارت دیگر یک ماده غذایی زیاد مصرف نشود؛ چرا که باعث ایجاد مشکل و تداخل در جذب سایر عناصر غذایی می‌شود. پس عناصر باید به شکل قابل جذب وجود داشته و بین آنها هم یک نسبت مناسبی برقرار باشد، تا گیاه بتواند تمامی عناصر غذایی مورد نیاز خود را به مقدار کافی جذب کند.

## مکانیسم‌های جذب عناصر

جذب عناصر با یکی از دو حالت زیر صورت می‌گیرد: جذب فعال<sup>۳</sup> و جذب غیرفعال<sup>۴</sup>. جذب فعال نیاز به انرژی دارد ولی جذب غیرفعال یا اصطلاحاً جذب فیزیکی مستقیماً نیاز به مصرف انرژی ندارد. به طور کلی منبع تأمین انرژی در گیاه ATP است. ATP در حقیقت کار ذخیره و انتقال انرژی را به عهده دارد. ATP یا آدنوزین تری فسفات طی عمل فتوسنتز و تنفس در گیاه تولید می‌شود. در جاهایی که نیاز به مصرف انرژی است ATP توسط آنزیمی شکسته و تجزیه می‌شود و انرژی خود را برای عمل جذب آزاد می‌کند.

## تحرک عناصر غذایی

تقریباً تمام عناصر غذایی به راحتی درون آوندها در ریشه حرکت می‌کنند و حتی بعضی از عناصر غذایی در شرایط کمبود، از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان انتقال می‌یابند. دانستن اینکه کدام عنصر متحرک است، کمک می‌کند تا کمبود عناصر غذایی بهتر شناخته شود، مثلاً بروز علائم کمبود مواد غذایی در برگ‌های پایینی نشانه این است که احتمالاً عناصر متحرک موجب کمبود شده‌اند و مشاهده علائم کمبود روی برگ‌های بالایی، نشان دهنده کمبود عناصر غیر متحرک می‌باشد؛ زیرا وقتی برگ‌های جوان دچار کمبود شوند، به دلیل عدم تحرک عناصر غذایی در بخش‌های دیگر کمبود در آنها ظاهر می‌شود. عناصر متحرک و غیر متحرک در جدول صفحه بعد نشان داده شده‌اند.

۱- Synergism

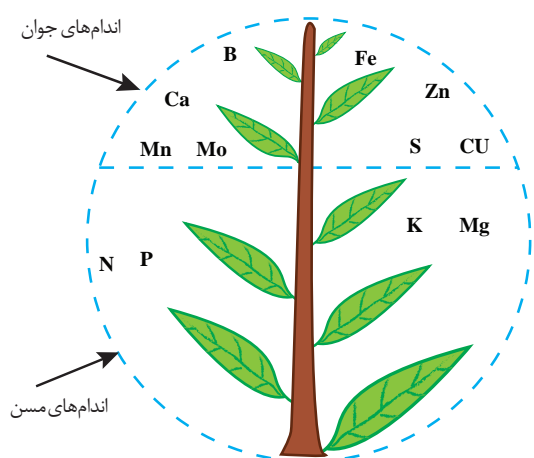
۲- Antagonism

۳- Active absorption

۴- Passive absorption

## عناصر غذایی متحرک و غیرمتحرک در گیاهان

عناصر غیرمتحرک	عناصر متحرک
بُر	کلر
کلسیم	منیزیم
مس	مولیبدن
آهن	نیتروژن
منگنز	فسفر
روی	پتاسیم
گوگرد	



براساس آنچه درباره تحرک عناصر غذایی در گیاهان گفته شد، می‌توان با توجه به شکل روبه‌رو محل بروز علائم کمبود مواد غذایی در گیاهان را برحسب اینکه روی اندام‌های مسن رخ می‌دهند یا در اندام‌های جوان، پیش‌بینی نمود.

## جذب برگی یا تغذیه برگی عناصر غذایی

عناصر غذایی از طریق زیر روزه‌ها و یا کوتیکول برگ می‌توانند وارد گیاه شوند. روزه‌ها در تبادلات گازی به‌عنوان مدخل ورود بعضی از عناصر به داخل گیاه مهم می‌باشند. ترکیباتی مثل  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$  که در هوا وجود دارند، به‌خصوص در حوالی مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ معمولاً از طریق روزه‌ها وارد گیاه می‌شوند. بخشی از این عناصر در تأمین نیاز گیاه مؤثر می‌باشند. به‌عنوان مثال  $\text{SO}_2$  موجود در هوا تا حدودی نیاز گیاه به گوگرد را تأمین می‌کند. ولی اگر غلظت این عناصر در هوا زیاد باشد موجب مسمومیت در گیاه می‌شود که آثار منفی در رشد گیاه دارد.

علاوه بر تبادلات گازی روزنه‌ای، جذب از طریق کوتیکول هم وجود دارد. همانند جذب از طریق ریشه، جذب برگی هم از طریق دو مکانیسم جذب فعال و جذب غیرفعال صورت می‌گیرد.

## محلول پاشی



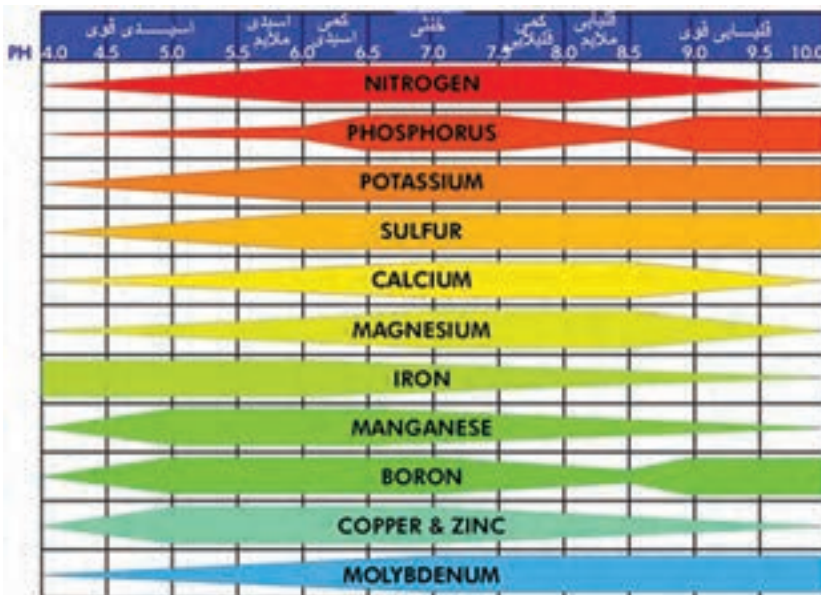
محلول پاشی باغ

### محلول پاشی و ضرورت آن

اسیدیته (pH) خاک از عوامل محدودکننده جذب عناصر غذایی است؛ چراکه عناصر تنها در دامنه pH معینی قابلیت جذب توسط ریشه گیاه را دارند. چون بخش اعظم خاک‌های کشاورزی ایران قلیایی هستند، همیشه در جذب و جابه‌جایی عناصر در خاک مشکلات متعددی مانند تثبیت عناصر پیش می‌آید. به کارگیری محلول پاشی به عنوان تنها روش مؤثر می‌تواند کمبود عناصر غذایی را برطرف نماید.

علاوه بر مشکل اسیدیته خاک، باید گفت که تغذیه گیاهی از طریق ریشه یک مسیر طولانی را در گیاه طی می‌کند تا به برگ‌ها و میوه‌ها برسد، در حالی که در محلول پاشی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سریعاً وارد آوندهای آبکش گیاه شده و به نقاط هدف می‌رسند. در حقیقت محلول پاشی یک راه میان‌بر برای تغذیه گیاهی محسوب می‌شود. یادآور می‌شویم که اسیدی بودن و قلیایی بودن دو مشخصه شیمیایی ترکیبات مختلف هستند که توسط شاخصی به نام PH سنجیده می‌شوند. بر اساس تعریف اسیدها ترکیباتی هستند که یون هیدروژن آزاد می‌کنند و باعث کاهش pH می‌شوند. در حالی که باز یا قلیا ماده‌ای است که می‌تواند یون هیدروژن را جذب نموده و موجب افزایش PH محیط گردد. شیمی دان‌ها محدوده‌ای از صفر تا چهارده را برای PH تعریف نموده‌اند که از صفر تا ۶/۹ را محدوده PH اسیدی، از ۷/۱ تا ۱۴ را محدوده PH قلیایی و PH هفت را PH خنثی (نه اسیدی و نه قلیایی) گویند. بر این اساس با افزودن یک ترکیب اسیدی به محلول، از PH محیط کاسته شده و اسیدی تر می‌شود؛ در حالی که با افزودن یک ترکیب قلیایی، PH محیط افزایش یافته و قلیایی تر خواهد گردید.

## قابلیت دسترسی عناصر غذایی در اسیدیت‌های مختلف



**محدودیت محلول‌پاشی:** گاهی همه عناصر را نمی‌توان از طریق محلول‌پاشی به گیاه اضافه کرد؛ مثلاً کود اوره را می‌توان از طریق محلول‌پاشی مصرف نمود؛ ولی کودهای فسفر و پتاسیم در محلول‌پاشی استفاده نمی‌شوند. معمولاً عناصر کم‌مصرف از طریق محلول‌پاشی برای گیاه استفاده می‌شوند.

محدودیت دیگری که در مورد عناصر پر مصرف وجود دارد بالا بودن نیاز گیاه است. به عبارت دیگر نمی‌توان کل نیاز گیاه را از طریق محلول‌پاشی تأمین کرد. برای این منظور یا باید غلظت عنصر را خیلی بالا گرفت که موجب سوختگی گیاه می‌شود و یا اینکه دفعات محلول‌پاشی را زیاد کرد که از نظر اقتصادی زیان‌آور و مشکل‌آفرین می‌باشد. در بعضی موارد محلول‌پاشی بهتر بوده و در موارد دیگر مصرف عناصر در خاک ثمربخش می‌باشد. اما در مجموع مصرف توأم محلول‌پاشی و تغذیه از خاک نتیجه بهتری دارد.

از عوامل مؤثر بر جذب مواد غذایی از طریق اندام‌های هوایی می‌توان نور، دما، رطوبت نسبی، سن گیاه، سطح برگ، گونه گیاه و بالاخره وضعیت تغذیه‌ای گیاه را نام برد.

## تعرق<sup>۱</sup> و تعریق<sup>۲</sup>

گیاهان از طریق اندام‌های هوایی خود مقداری از آبی را که توسط ریشه جذب کرده‌اند، از دست می‌دهند. این عمل با دو روش تعرق و تعریق صورت می‌گیرد. خروج آب از قسمت‌های هوایی گیاه به صورت بخار آب را تعرق می‌نامند و خروج آب از گیاه به صورت مایع را تعریق می‌گویند. در شرایطی که سرعت جذب آب بالا، ولی تعرق پایین است، پدیده تعریق به علت افزایش فشار ریشه‌ای در گیاهان قابل مشاهده می‌باشد. تعرق نسبت به تعریق در فیزیولوژی گیاه اهمیت بیشتری دارد. برگ اندام اصلی و عمده تعرق است و قسمت اعظم

۱- Transpiration

۲- Guttation

تعرق از میان روزنه‌های آن انجام می‌شود، لذا این نوع تعرق را تعرق روزنه‌ای می‌نامند. البته مقدار کمی بخار آب به روش تبخیر مستقیم از طریق یاخته‌های اپیدرمی و از میان کوتیکول خیلی نازک برگ‌ها و ساقه‌ها خارج می‌شود که این پدیده را تعرق کوتیکولی می‌گویند. همچنین خروج بخار آب ممکن است از راه عدسک‌های ساقه‌های چوبی یا عدسک‌های میوه انجام شود که آن را تعرق عدسکی می‌نامند. مقدار آبی که از طریق روزنه خارج می‌شود، بیشتر از سایر مسیرهاست.



تعرق (راست) و تعریق (چپ) در گیاهان

**نقش تعرق در جذب آب از ریشه:** تعرق باعث می‌شود که پتانسیل آب در برگ نسبت به پتانسیل آب در ریشه کاهش یابد. در زمان تعرق، پتانسیل آب ریشه منفی‌تر از خاک، پتانسیل آب برگ منفی‌تر از ریشه و پتانسیل آب جو منفی‌تر از برگ است. هر چقدر تعرق بالاتر باشد به همان میزان هم شدت جذب آب بالاتر خواهد بود. حوالی ظهر اختلاف پتانسیل آب برگ نسبت به ریشه به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در این هنگام سرعت و شدت جذب آب توسط ریشه نیز بیشترین مقدار را داراست. هرگاه پتانسیل آب جو افزایش یابد و جواز آب اشباع شود، جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای و انتقال شیره خام در آوندهای چوبی به حداقل رسیده و یا متوقف می‌شود. در موقع شب نیز که روزنه‌ها بسته‌اند، تعرق به حداقل می‌رسد و انتقال شیره خام نیز تقریباً توقف می‌یابد.

**مکانیسم تعرق در برگ‌ها:** شیره سلولی در هر سلول فشاری بر دیواره سلول وارد می‌کند (فشار تورژسانس). این فشار مقداری آب را از سلول‌ها به فضای خالی بین سلول‌ها می‌راند. در اینجا آب بخار شده و از فضاهای موجود در مزوفیل برگ به طریق انتشار عبور می‌کند. بالاخره این بخار از روزنه‌های هوایی خارج می‌شود. دیواره سلول‌ها با گرفتن آب از نزدیک‌ترین آوندها، آبی را که از راه تعرق از دست داده، دوباره جبران می‌کند. در نتیجه این عمل، آب و هر ماده‌ای که در آن حل شده در آوندهای چوبی از ریشه به بالای ساقه کشیده می‌شود و به برگ‌ها می‌رسد.

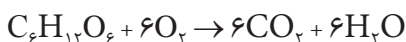
بدین ترتیب می‌توان گفت که تعرق نیروی اصلی کشیده شدن آب از خاک و حرکت آن در گیاه است. تبخیر آب از برگ‌ها یک نیروی کشش ایجاد می‌کند که سبب می‌شود تا آب از طریق آوندهای چوبی در ساقه بالا بیاید. این جریان را جریان تعرق گویند.

**عوامل مؤثر بر تعرق:** از عواملی که بر میزان تعرق تأثیر می‌گذارند می‌توان رطوبت نسبی، باد و جریان هوا، روشنایی، مساحت برگ‌ها، آرایش بافت‌های برگ و تعداد و وضع روزنه‌های برگ را نام برد.

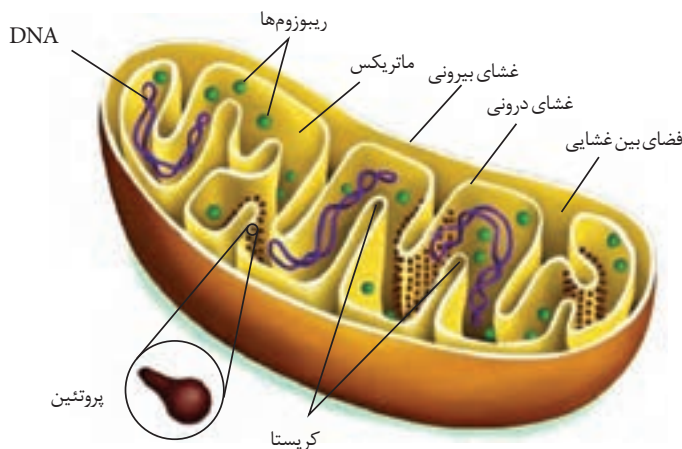
**حرکت مواد آلی در گیاه:** ترکیبات آلی گیاهان، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کنند. حرکت ترکیبات آلی در گیاه نسبت به حرکت آب پیچیده‌تر است، چون ترکیبات آلی باید از طریق سیتوپلاسم زنده آوندهای آبکشی عبور کنند. این ترکیبات در تمام جهات در آوند آبکشی حرکت می‌کنند و قادر به انتشار از غشای پلاسمایی نیستند.

## تنفس در گیاهان

همان‌طور که می‌دانید همه موجودات زنده از جمله گیاهان به اکسیژن نیاز دارند. گیاهان و سایر جانداران موقعی می‌توانند به زندگی ادامه دهند که قدرت تجزیه مولکول‌های پیچیده مواد آلی (غذا) و استفاده از انرژی اندوخته شده در آنها را دارا باشند. در برابر فتوسنتز که به ساخته شدن مواد آلی منتهی می‌شود، تنفس قرار دارد که طی آن مولکول‌های حاصل از عمل فتوسنتز شکسته شده و انرژی حاصل از آنها صرف فعالیت‌های حیاتی مانند ساختن برخی مواد، جذب و شناسایی مواد محلول و به‌طور کلی رشد و نمو می‌شود. ما می‌توانیم آنچه که در سلول‌های جانوری و گیاهی به هنگام تنفس اتفاق می‌افتد، را تحت فرمول کلی زیر نشان دهیم:



تنفس عمدتاً در میتوکندری‌های درون سلول‌ها صورت می‌گیرد.



ساختمان یک میتوکندری که تنفس عمدتاً در آن صورت می‌گیرد

وجود اکسیژن حتی در انجام اعمال حیاتی میوه‌ها ضروری است. میوه‌ها اکسیژن را می‌گیرند و به مصرف اکسیداسیون مواد می‌رسانند. با این عمل گیاه انرژی لازم برای اعمال حیاتی را فراهم می‌آورند. در نتیجه اکسیداسیون مواد زائدی نظیر دی‌اکسید کربن تولید می‌شود که از گیاه خارج می‌شود. این عمل مبادله گاز یعنی جذب اکسیژن و دفع گاز کربنیک را که با پدیده‌های شیمیایی پیچیده‌ای همراه است، تنفس می‌نامند.



در گیاهان اندام‌های ویژه‌ای جهت رساندن اکسیژن به سلول‌ها و انتقال دی‌اکسید کربن حاصل از تنفس آنها به خارج وجود ندارد. تبادل گازها از راه روزنه‌ها و عدسک‌ها، انجام می‌شود. در بین سلول‌های تشکیل دهنده اندام‌های گیاه وجود حفرات کوچک و بزرگ و اتافک‌های زیر روزنه‌ای و سلول‌های کروی با حفرات فراوان در زیر عدسک‌ها موجب می‌شوند که تبادلات گازی در گیاه به سهولت انجام شود. گازهای حاصل از فرایند فتوسنتز و تنفس برحسب قوانین انتشار گازها در گیاه بین اندام‌های گیاه و محیط خارج مبادله می‌گردد. در ریشه‌ها نیز عمل تنفس با استفاده از هوای موجود بین ذرات خاک انجام می‌شود و چنانچه برای مدت طولانی فضاهای موجود بین ذرات خاک از آب پر شود، بسیاری از گیاهان دچار خفگی ریشه شده و آثار آن پس از مدتی در بخش هوایی ظاهر می‌شود.

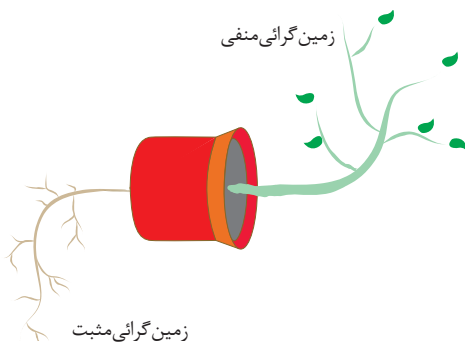
حتی گیاهان آبی نیز احتیاج به اکسیژن دارند. آنها اکسیژن را از طریق هوایی که در آب حل شده است، به دست می‌آورند و از این طریق می‌توانند عمل تنفس را نیز انجام دهند.

## حساسیت و واکنش گیاهان

گیاهان به راه‌های گوناگون به محرک‌های محیط خود پاسخ می‌دهند. حرکت، رشد و گل دادن از واکنش‌های معروف‌اند. نور، جاذبه زمین و تماس از محرک‌هایی هستند که باعث این واکنش‌ها می‌شوند؛ ولی هیچ پاسخی را نمی‌توان نتیجه تنها یک محرک دانست. محرک‌های بسیاری که هم‌زمان با هم دست‌اندرکارند و نقشی در رشد و رسیدن ایفا می‌کنند.

حرکات وابسته به رشد معمولاً کند هستند، ولی همیشگی (برگشت‌ناپذیر) می‌باشند. آنها را بیشتر به تروپیسم‌ها (گرایش‌ها) می‌شناسند. تروپیسم یک پدیده بیوشیمیایی است که اندامی از گیاه بر یک تحریک محیطی به صورت حرکت یا رشد واکنش نشان می‌دهد. تروپیسم دارای انواع زیادی است که در ادامه چند نمونه آن را ذکر می‌کنیم.

□ ژئوتروپیسم<sup>۱</sup> یا زمین‌گرایی: پاسخ اندام گیاهی به جاذبه زمین را گویند. این نوع گرایش موجب رشد ساقه‌ها به طرف بالا خلاف جهت زمین (گرایش منفی) و رشد ریشه‌ها به طرف پایین (گرایش مثبت) می‌شود. هر دوی این پاسخ‌ها دارای اهمیت سازشی هستند، ساقه‌ها برای دریافت نور بیشتر به سمت بالا رشد می‌کنند و ریشه‌ها برای دریافت و جذب مواد و افزایش عملکردشان به سمت پایین رشد می‌کنند.



گرایش منفی اندام‌های هوایی گیاه و گرایش مثبت ریشه‌ها به نیروی جاذبه زمین



گرایش به سمت نور

□ فتوتروپیسم<sup>۱</sup> (نورگرایی): رشد ناشی از اثر نابرابر شدت روشنایی در اطراف یک اندام را گویند که سبب خم شدن گیاه به طرف نور یا در جهت خلاف تابش آن می شود.



آب باعث گرایش ریشه های درختان می شود

□ هیدروتروپیسم<sup>۲</sup> (رطوبت گرایی): حساسیت اندام های در حال رشد، مانند ریشه به آب است که سبب رشد ریشه به طرف آب می شود.



پیچیدن برگ های خرزهره در واکنش به سرما

□ ترموتروپیسم<sup>۳</sup> (گرماگرایی): اندام های گیاهی نسبت به تغییرات دما حساس هستند و به این تغییرات واکنش نشان می دهند، مثلاً کاکتوس در دمای خاص گل می دهد و برگ های خرزهره در نتیجه سرد شدن هوا به خود می پیچند و یا ریشه های ذرت در هوای گرم به سوی اعماق پایین تر زمین که خنک است رشد می کنند.

- 
- ۱- Phototropism
  - ۲- Hydrotropism
  - ۳- Thermotropism

□ تیگموتروپیسم<sup>۱</sup> (تماسگرایی): این تروپیسم که نوعی خمیدگی حاصل از تماس یک جسم سخت با اندام در حال رشد گیاه است، در حقیقت معرف بطئی شدن رشد در سطح مورد تماس اندام است. تیگموتروپیسم در رشد و توسعه ریشه گیاهان نقش مهمی دارد و سبب می‌شود تا ریشه در حال رشد اگر به موانعی در خاک برخورد کند، آن را دور زده و از کنار آن بگذرد. پیچک‌های گیاهان پیچک دار نیز بر اثر تیگموتروپیسم به دور تکیه گاه می‌پیچند. گیاه گوشت خوار ونوس مگس خوار<sup>۲</sup> با خاصیت تماس گرایی حشرات را به تله می‌اندازد.



پیچیدن گیاهان پیچک‌دار در اطراف مانع و بسته شدن برگ‌ها در اثر خاصیت تماس گرایی صورت می‌گیرد



تماس گرایی در گیاه حساس یا میموزا، قبل و بعد از تماس

## هورمون‌ها

هورمون‌ها همچون پیام‌های شیمیایی هستند که به هماهنگ‌سازی فعالیت‌های گیاهی، از قبیل تسریع رشد گل‌ها و میوه‌ها کمک کرده و یا از آن ممانعت می‌کنند. هورمون به مقدار بسیار کم تولید می‌شود و از محل ترشح به محل اثرش در گیاه انتقال می‌یابد و بعضی از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه را کنترل می‌کند. گاهی غلظت هورمون به میزان یک قسمت در میلیون قسمت آب<sup>۳</sup> (ppm) هم می‌تواند مؤثر واقع شود. از سال ۱۹۲۸ که

۱- Thigmotropism

۲- *Dionaea muscipula*

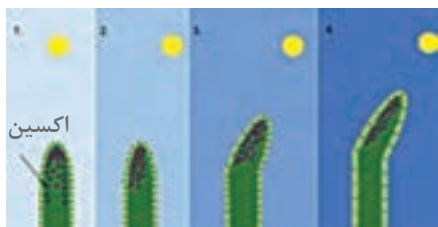
۳- Part Per million

هورمون‌های گیاهی کشف شدند، مواد مصنوعی بسیاری ساخته شده‌اند که بر رشد و دیگر فرایندهای گیاهی مؤثرند. تنظیم‌کننده‌های رشد، خواه طبیعی باشند و خواه مصنوعی، در کشاورزی امروزی از مهم‌ترین مواد محسوب می‌شوند. هورمون‌های گیاهی به دو گروه بزرگ تقسیم می‌شوند:

**الف) تحریک‌کننده‌های رشد، مانند:** اکسین‌ها<sup>۱</sup>، جیبرلین‌ها<sup>۲</sup> و سیتوکینین‌ها<sup>۳</sup>  
**ب) بازدارنده‌های رشد، مانند:** اسید آبسزیک<sup>۴</sup> و اتیلن<sup>۵</sup> می‌باشند.

اکسین‌ها یک نمونه از هورمون‌ها هستند که از سایر هورمون‌های گیاهی بهتر شناخته شده‌اند. این مواد در اعضای گیاه که در حال رشد هستند به دست می‌آیند. نور، گرانش و بعضی از مواد شیمیایی بر تولید و توزیع آن مؤثرند. طول شدن سلول‌ها و اندام‌ها، نورگرایی (فتوتروپیسم)، زمین‌گرایی، فعال ساختن لایه زاینده و ایجاد گل از جمله نقش‌های اکسین به حساب می‌آیند.

اگر نور به یک سمت گیاه بتابد، اکسین بیشتری در سمت تاریک آن توزیع می‌شود و در نتیجه سلول‌های سمت تاریک گیاه درازتر شده و ساقه به سوی نور خم می‌شود. در صورت تابش یکنواخت نور بر گیاه، اکسین در تمام جهات یکسان توزیع شده و ساقه به سمت بالا رشد می‌کند.



اثر اکسین بر خم شدن ساقه

جیبرلین‌ها یکی دیگر از هورمون‌ها هستند که نقش‌های گوناگونی را در فعالیت‌های گیاه ایفا می‌کند و یکی از آنها افزایش اندازه حبه برخی از ارقام انگور است. از جمله اثرات سیتوکینین‌ها می‌توان به شکستن دوره خواب، ایجاد جوانه گل و نمو آن و پارتنوکاری را نام برد. کمک به ریزش میوه، جلوگیری از سبز شدن بذر و کمک به خواب جوانه نمونه‌ای از کاربردهای اسید آبسزیک می‌باشند. اتیلن هم کاربردهای مختلفی از جمله در رسیدن کامل و توسعه رنگ میوه روی درخت و داخل انبار دارد.

## فتوپریودیسم<sup>۶</sup>

واکنش گیاه نسبت به مدت زمان تابش متوالی نور را فتوپریودیسم گویند. اصولاً گیاهان مختلف برای گلدهی به طول روزهای مختلفی احتیاج دارند، و از این جنبه به سه گروه زیر تقسیم شده‌اند.

**الف) گیاهان روز کوتاه:** گیاهان روز کوتاه برای گل‌دهی به روز کوتاه، و در واقع به شب بلند نیاز دارند. بنابراین می‌توان آنها را شب بلند نامید. چنین گیاهانی اگر طول شب از حد معینی کوتاه‌تر باشد گل نخواهند داد (مانند داودی). طول مدت تاریکی ممکن است بر حسب انواع مختلف از ۱۳ تا ۱۶ ساعت متغیر باشد.

**ب) گیاهان روز بلند:** گیاهان روز بلند برای گل‌دهی به روز بلند و شب کوتاه احتیاج دارند. بنابراین آنها را می‌توان شب کوتاه نامید. طول شب برای آنها نباید از حد معینی بلندتر باشد (مانند کاهو و سیب زمینی).

**پ) گیاهان بی تفاوت:** این گونه گیاهان به طول روز یا شب حساس نبوده و در هر طول روزی قرار گیرند گل می‌دهند (مثل گوجه فرنگی).

- ۱- Auxins
- ۲- Gibberellins
- ۳- Cytokinins
- ۴- Abscisic acid (ABA)
- ۵- Ethylene
- ۶- Photoperiodism

## جدول ارزشیابی پودمان

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	عنوان پودمان
۳	تحلیل فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس و فتوسنتز - اندام‌های گیاهان - هورمون‌های گیاهی - چرخه‌های انرژی	بالا تر از حد انتظار	تحلیل فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس و فتوسنتز - اندام‌های گیاهان - هورمون‌های گیاهی	۱- تحلیل فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس	فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس
۲	تحلیل نادرست فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس و فتوسنتز - اندام‌های گیاهان - هورمون‌های گیاهی	در حد انتظار		۲- تحلیل فتوسنتز	
۱	تحلیل نادرست فیزیولوژی سوخت‌وساز و تنفس و فتوسنتز - اندام‌های گیاهان - هورمون‌های گیاهی	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	



- ۱ راهنمای برنامه درسی رشته امور باغی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
- ۲ تاز و زایگر، فیزیولوژی گیاهی، جلد اول، ترجمه دکتر محمد کافی، لاهوتی، زند، شریفی، گلدانی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۸۷
- ۳ کمبود مواد غذایی در نباتات زراعی و درختان میوه و سبزیجات، رادنیبا، حسین، انتشارات سازمان ترویج کشاورزی، ۱۳۶۹
- ۴ نور مصنوعی برای گیاهان، تأمین نور مناسب برای گلخانه، گل های روز بلند و روز کوتاه، مطالبی در مورد گلخانه به قلم مهندس مهدی صفا
- ۵ مورتیمر، چارلز شیمی عمومی ۱ ترجمه عیسی یاوری. نشر علوم دانشگاهی، ۱۳۸۱
- ۶ پهنه بندی اقلیم کشاورزی ایران با استفاده از روش یونسکو
- ۷ محمدرضا خواجه پور، اصول و مبانی زراعت (نگارش سوم)، ناشر جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان - مرکز انتشارات، چاپ دوم، تاریخ نشر ۱۳۸۸
- ۸ نوع جدید ابر جاذب ها به حل بحران کمبود آب کمک می کنند./.../ Vista.ir
- ۹ کشاورزی و شیلات (علمی و آموزشی) www.aftabir.com
- ۱۰ تصفیه آب کشاورزی و لب شور به روش مغناطیسی ./.../ agri.nb.blogfa.com

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب دانش فنی تخصصی رشته امور باغی - کد ۲۱۲۳۳۵

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	سیداکبر موسوی	مرکزی	۸	رضا رضانی	خراسان شمالی
۲	عبدالباسط رنجیر	کردستان	۹	مریم لشکری	خراسان رضوی
۳	مرتضی نوبهار	آذربایجان غربی	۱۰	سلیم قادرپور اقدم	آذربایجان غربی
۴	سجاد عظیم زاده	شهرستان های تهران	۱۱	احمد حسنکی فرد	خوزستان
۵	رضا پور خسروانی	فارس	۱۲	جابر مهدی نیا افرا	مازندران
۶	میرزا حسین رشنو	شهرستان های تهران	۱۳	ندا آخوند مهدی	اصفهان
۷	عباس خدایوندی	آذربایجان شرقی	۱۴	علی صفری	کرمانشاه

