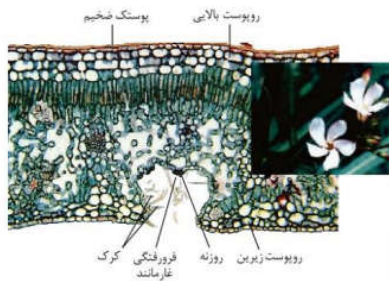


گیاه خزه‌ره



- ۱- نوعی گیاه خودرو می‌باشد که در مناطق خشک و کم آب، قادر به رشد و ادامه زندگی است.
- ۲- واجد پوستک ضخیم در روپوست برگ‌های خود به منظور حفظ آب می‌باشد.
- ۳- دارای فرورفتگی‌های غارمانندی در روپوست زیرین برگ‌های خود می‌باشد که محل قرارگیری روزنه‌های هوایی و تعداد زیادی کرک است.
- ۴- با توجه به اینکه دارای میانبرگ نرده‌ای و گل‌هایی با ۵ گلبرگ است، نوعی گیاه دولپه‌ای می‌باشد.
- ۵- بعضی از اکسین‌ها نظیر عوامل نارنجی، سبب مرگ آن می‌شوند.
- ۶- همانند برخی گیاهان گل میمونی، واجد گلبرگ‌های سفید در گل‌های خود می‌باشد.
- ۷- روپوست بالایی و زیرین برگ آن، از چند لایه یاخته‌ای تشکیل شده است.

فصل ۷

جذب و انتقال مواد در گیاهان

گرچه بیشتر گیاهان می‌توانند به وسیله فتوسنتز، بخشی از مواد مورد نیاز خود مانند کربوهیدرات و در پی آن پروتئین و لیپید را تولید کنند؛ اما همچنان به مواد مغذی مانند آب و مواد معدنی نیاز دارند. گیاهان، این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه ریشه‌ها جذب می‌کنند. گیاهان چه سازوکارهایی برای جذب مواد مورد نیاز و نیز انتقال آنها به اندام‌های خود دارند؟ مواد حاصل از فرایند فتوسنتز چگونه به سراسر گیاه منتقل می‌شوند؟ در این فصل به فرایندهای مربوط به تغذیه، جذب و انتقال گیاهان می‌پردازیم.

تغذیه گیاهی

گفتار ۱

گیاهان، مواد مورد نیاز را از هوا، آب یا خاک اطراف خود جذب می‌کنند. کربن دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین موادی است که گیاهان از هوا جذب می‌کنند. کربن، اساس ماده آلی و بنابراین یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان است. کربن دی‌اکسید به همراه سایر گازها از طریق روزنه‌ها وارد فضاهای بین‌یاخته‌ای گیاه می‌شود. مقداری از کربن دی‌اکسید هم با حل شدن در آب، به صورت بیکربنات درمی‌آید که می‌تواند توسط گیاه جذب شود. سایر مواد مغذی هم بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند.

خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

خاک، ترکیبی از مواد آلی، غیرآلی و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) است. خاک‌های مناطق مختلف به علت تفاوت در این ترکیبات، توانایی متفاوتی در نگهداری آب، مقدار هوای خاک، pH و مواد معدنی دارند.

گیاخاک (هوموس)، لایه سطحی خاک است و به طور عمده از بقایای جانداران و به ویژه اجزای در حال تجزیه آنها تشکیل شده است. گیاخاک، با داشتن بارهای منفی، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند و در نتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شوند. گیاخاک همچنین باعث اسفنجی شدن حالت خاک می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است.

ذرات غیرآلی خاک از تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها در فرایندی به نام هوازدگی ایجاد می‌شوند. این ذرات از اندازه بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه را شامل می‌شوند. تغییرات متناوب یخ‌زدن و ذوب شدن، که باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شود، نمونه‌ای از اثر هوازدگی فیزیکی است. اسیدهای تولید شده توسط جانداران و نیز ریشه گیاهان هم می‌توانند هوازدگی شیمیایی ایجاد کنند.

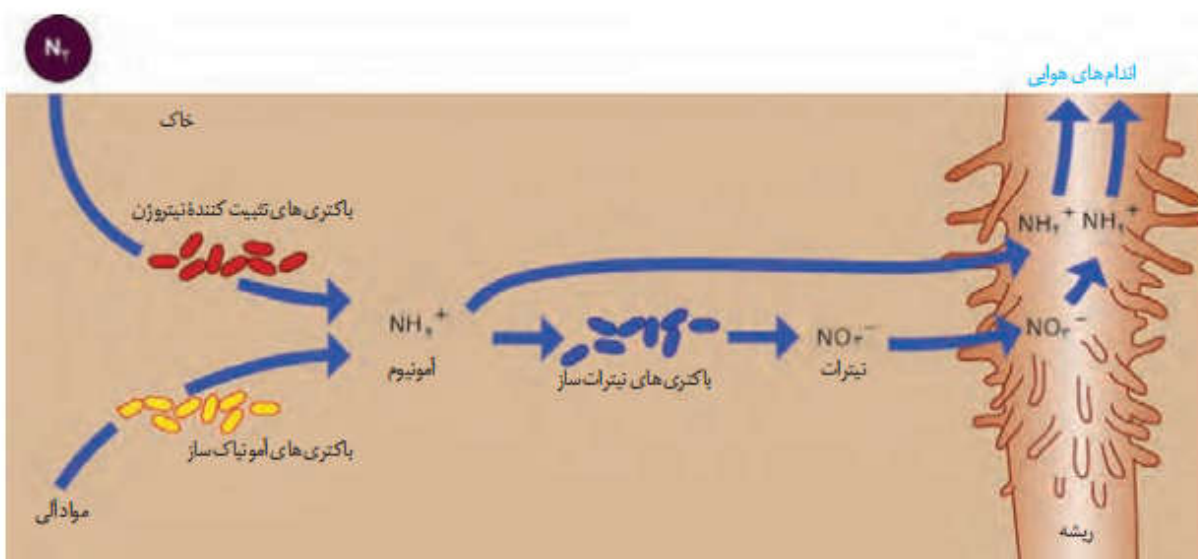
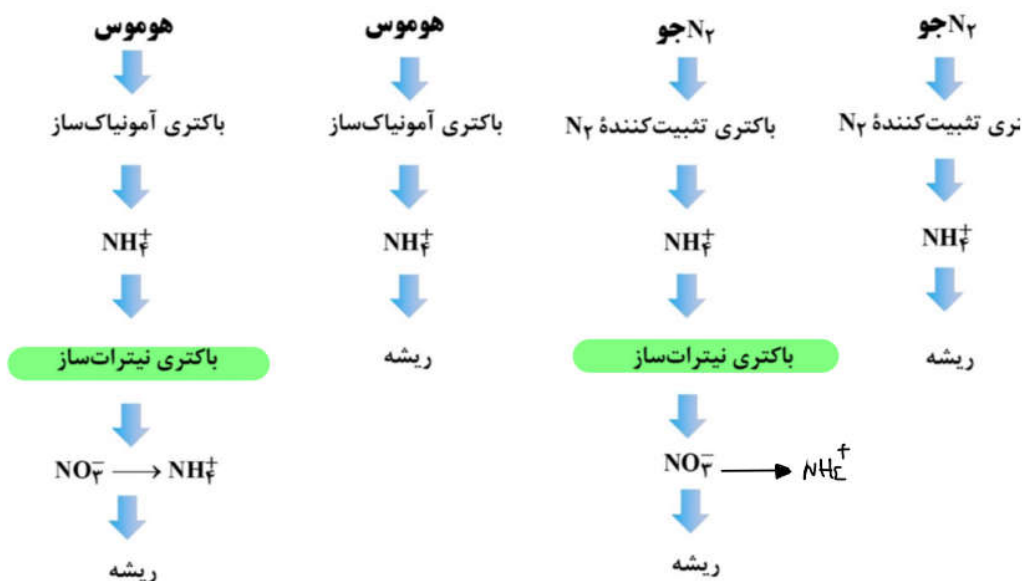
اجزای خاک	منشأ	نکات
گیاخاک (هوموس)	گیاخاک، لایه سطحی خاک است و به طور عمده از بقایای جانداران و به ویژه اجزای در حال تجزیه آنها تشکیل شده است	گیاخاک، با داشتن بارهای منفی ، یون‌های مثبت را در سطح خود نگه می‌دارند و در نتیجه مانع از شست‌وشوی این یون‌ها می‌شوند. گیاخاک همچنین باعث اسفنجی شدن حالت خاک می‌شود که برای نفوذ ریشه مناسب است.
بخش غیرآلی خاک	تخریب سنگ‌ها در اثر هوازدگی فیزیکی	تغییرات متناوب یخ‌زدگی و ذوب شدن نمونه‌ای از هوازدگی فیزیکی می‌باشد.
	تخریب سنگ‌ها در اثر هوازدگی شیمیایی	تخریب به واسطه اسیدهای تولید شده توسط جانداران و ریشه گیاهان نمونه‌ای از هوازدگی شیمیایی می‌باشد.
	عناصر معدنی که پس از مرگ جانداران و تجزیه بدن آنها وارد خاک می‌شود.	پس از مرگ جانداران، طی تجزیه پیکر آنها، علاوه بر مواد آلی و مواد معدنی وارد خاک می‌شود.
ریزاندامگان	در خاک، انواعی از میکروارگانیسم‌ها مثل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های آمونیاک‌ساز و نترات‌ساز و ... فعالیت می‌کنند.	برخی از ریزاندامگان در تامین نیتروژن گیاهان و مواد معدنی و آلی خاک نقش دارند.

بخشی از خاک که....

- ۱- دارای مولکول‌های زیستی است: بخش آلی + ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها)
- ۲- لایه سطحی آن است: بخش آلی
- ۳- در تسهیل نفوذ ریشه به درون خاک نقش دارد: بخش آلی
- ۴- دارای بقایای جانداران و اجزای در حال تجزیه آنها است: بخش آلی
- ۵- با داشتن بارهای منفی در نگهداری از یون‌های مثبت نقش دارد: بخش آلی
- ۶- در اثر هوازدگی ایجاد می‌شود: بخش غیرآلی
- ۷- در تثبیت نیتروژن نقش دارد: ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها)

با اینکه جو زمین دارای ۷۸ درصد نیتروژن (N_2) است، گیاهان نمی‌توانند شکل مولکولی نیتروژن را جذب کنند. بیشتر نیتروژن مورد استفاده گیاهان به صورت یون آمونیوم (NH_4^+) یا نیترات (NO_3^-) است. این ترکیبات در خاک و توسط ریزجانداران تشکیل می‌شوند. خلاصه‌ای از این فرایندها در شکل ۱ نشان داده شده است. به تبدیل نیتروژن جو به نیتروژن قابل استفاده گیاهان تثبیت نیتروژن گفته می‌شود. بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری هاست. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، به صورت آزاد در خاک یا همزیست با گیاهان زندگی می‌کنند. نیتروژن تثبیت شده در این باکتری‌ها به مقدار قابل توجهی دفع، و یا پس از مرگ آنها برای گیاهان قابل دسترس می‌شود. مهم‌ترین انواع تثبیت نیتروژن، در ادامه این فصل توضیح داده خواهد شد. امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

در شکل ۱ انواع دیگری از باکتری‌های خاک دیده می‌شوند، نقش هریک از آنها در تغییر و تبدیل مواد نیتروژن دار چیست؟



نیترات	آمونیم	
باکتری های نیترات ساز	باکتری های تثبیت کننده نیتروژن + باکتری آمونیاک ساز	جاندار تولید کننده
گیاه	گیاه + باکتری نیترات ساز	جاندار مصرف کننده
منفی	مثبت	نوع بار الکتریکی
۴	۵	تعداد اتم
×	✓	توسط هموس جذب می شود
آمونیم	نیتروژن جو + نیتروژن درون مواد آلی خاک	تولید از چی؟!
×	✓	درون شیرۀ خام به اندام هوایی می رود
✓	×	دارای اکسیژن
✓	✓	غیر آلی
×	✓	انتقال به اندام هوایی
✓	×	تغییر توسط یاخته های ریشه
✓	✓	دارای N

واکنش ها ی درون خاک	جاندار انجام دهنده	واکنش دهنده	فراورده	نوع واکنش دهنده	نوع فراورده	خاصیت تثبیت نیتروژن	ساخت آمونیم	استفاده از آمونیم	ساخت نیترات	استفاده از نیترات
تثبیت نیتروژن	باکتری تثبیت کننده نیتروژن	N_2	NH_4^+	معدنی	معدنی	دارد	دارد	ندارد	ندارد	ندارد
تبدیل مواد آلی به آمونیم	باکتری آمونیاک ساز	مواد آلی	NH_4^+	آلی	معدنی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	ندارد
تبدیل آمونیم به نیترات	باکتری نیترات ساز	NH_4^+	NO_3^-	معدنی	معدنی	ندارد	ندارد	دارد	دارد	ندارد
تبدیل نیترات به آمونیم	ریشه گیاه	NO_3^-	NH_4^+	معدنی	معدنی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	دارد

جذب فسفر

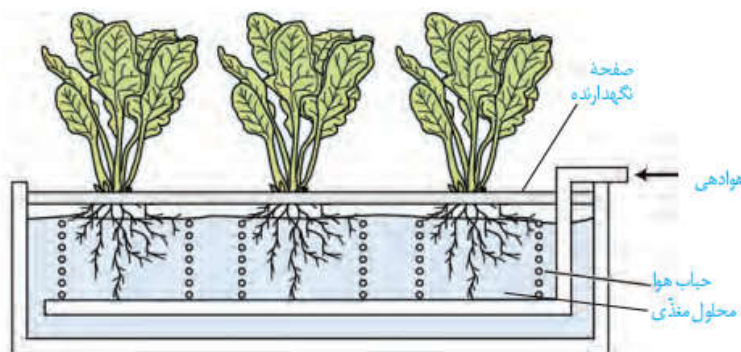
فسفر (P) از دیگر عناصر معدنی است که کمبود آن، رشد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان، فسفر مورد نیاز خود را به صورت یون‌های فسفات از خاک به دست می‌آورند. گرچه فسفات در خاک فراوان است، اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس است. یکی از دلایل، این است که فسفات به بعضی ترکیبات معدنی خاک به طور محکمی متصل می‌شود. برخی گیاهان برای جبران، شبکه گسترده‌تری از ریشه‌ها و یا ریشه‌های دارای تار کشنده بیشتر ایجاد می‌کنند که جذب را افزایش می‌دهد.

بهبود خاک

خاک مناطق مختلف ممکن است دچار کمبود برخی مواد یا فزونی مواد دیگر باشد. اصلاح این خاک‌ها می‌تواند آنها را برای گیاهان قابل کشت کند. اگر این خاک‌ها دچار کمبود باشند، با افزودن کود می‌توان حاصلخیزی آنها را افزایش داد. زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان، آنها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند (شکل ۲). این محلول‌ها، آب و عناصر مغذی محلول به مقدار معین دارند. از این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود. مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در اغلب خاک‌ها محدود است، به همین دلیل در بیشتر کودها این عناصر وجود دارند. کودهای مهم در انواع آلی، شیمیایی و زیستی (بیولوژیک) وجود دارند. کودهای آلی، شامل بقایای در حال تجزیه جانداران اند. این کودها مواد معدنی را به آهستگی آزاد می‌کنند و چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند، استفاده بیش از حد آنها به گیاهان آسیب کمتری می‌زند. از معایب این کودها، احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زاست.

کودهای شیمیایی شامل مواد معدنی هستند که به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند؛ بنابراین

می‌توانند به سرعت، کمبود مواد مغذی خاک را جبران کنند. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی می‌تواند آسیب‌های زیادی به خاک و محیط‌زیست وارد و بافت خاک را تخریب کند. از طرفی، با شسته شدن توسط بارش‌ها، این مواد به آب‌ها وارد می‌شوند. حضور این مواد باعث



شکل ۲- دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذی

رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبی می‌شود. افزایش این عوامل مانع نفوذ نور و اکسیژن کافی به آب می‌شود و می‌تواند باعث مرگ و میر جانوران آبی شود.

کودهای زیستی شامل باکتری‌هایی هستند که برای خاک مفید و با فعالیت و تکثیر خود، مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند. استفاده از این کودها بسیار ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر است. این کودها معمولاً به همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده می‌شوند و معایب دو نوع کود دیگر را ندارند.

همان‌طور که کاهش عناصر مغذی در خاک برای گیاهان زیان‌بار است، افزایش بیش از حد بعضی مواد در خاک می‌تواند مسمومیت ایجاد کند و مانع رشد گیاهان شود. بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از این مواد را درون خود به صورت ایمن نگهداری کنند؛ مثلاً نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمی برای گیاه است، در خود جمع کند. بعضی گیاهان می‌توانند آلومینیم را نیز در بافت‌ها ذخیره کنند. مثلاً گیاه گل‌آدریسی که در خاک‌های خنثی و قلیایی صورتی رنگ هستند در خاک‌های اسیدی آبی رنگ می‌شوند. این تغییر رنگ به علت تجمع آلومینیم در گیاه

نوع کود	ویژگی	اجزا	نحوه رهاسازی مواد معدنی	مزایا	معایب
آلی		بقایای جانداران	به آهستگی	آسیب کمتر به گیاهان و شباهت بیشتر به نیازهای جانداران	احتمال آلودگی به عوامل بیماری‌زا
شیمیایی		عناصر معدنی	به سرعت	جبران سریع کمبود مواد مغذی خاک و دسترسی سریع و راحت گیاهان به عناصر معدنی	آسیب به خاک و محیط زیست و تخریب بافت خاک + با رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبی باعث مرگ و میر جانوران آبی می‌شوند.
زیستی		باکتری‌های مفید	تکثیر و فعالیت آن‌ها، مواد معدنی را افزایش می‌دهد.	استفاده راحت و کم هزینه	معایب دو نوع کود دیگر را ندارد.

است (شکل ۳). بعضی گیاهان نیز با جذب و ذخیرهٔ نمک‌ها، موجب کاهش شوری خاک می‌شوند. با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی‌درپی می‌توان باعث کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن شد.



شکل ۳- الف) رنگ گل گیاه ادریسی در خاک‌های اسیدی، ب) قلیایی و خنثی

(ب)

(الف)

نام باکتری	توضیح
تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن باکتری‌های	۱- نحوهٔ زندگی: به صورت آزاد در خاک و یا همزیست با گیاهان. ۲- وظیفه: تبدیل نیتروژن جو (N_2) به آمونیوم (NH_4^+) (= تثبیت نیتروژن) ← نیتروژن تثبیت‌شده توسط این باکتری‌ها به مقدار زیاد دفع می‌شود و یا پس از مرگشان در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد. ۳- امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است، تا بدون نیاز به این باکتری‌ها، نیتروژن مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.
	۱- از انواع باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن. ۲- دارای رابطهٔ همزیستی با ریشهٔ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران. ۳- محل زندگی: گرهک‌های روی ریشهٔ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران (سویا، نخود و یونجه). ۴- وظیفه: (۱) دریافت مواد معدنی از گیاه ← تحویل نیتروژن تثبیت‌شده به گیاه. (۲) ایجاد گیاه‌خاک غنی از نیتروژن: پس از مرگ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران، گرهک‌های این گیاهان در خاک باقی می‌مانند و این گیاه‌خاک را می‌سازد.
	۱- تماماً فتوسنتزکننده (نوع فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا و دارای سبزینه a). برخی از آن‌ها تثبیت نیتروژن نیز انجام می‌دهند. ۲- سیانوباکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن با گیاه آژولا و گیاه گونرا همزیستی دارند و نیتروژن تثبیت‌شده را در اختیار آن‌ها می‌گذارند و از محصولات فتوسنتزی این گیاهان استفاده می‌کنند.
باکتری‌های آمونیاک‌ساز	با استفاده از مواد آلی، آمونیوم می‌سازند.
باکتری‌های نیترات‌ساز	۱- آمونیوم تولیدشده توسط باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و باکتری‌های آمونیاک‌ساز را به نیترات تبدیل می‌کنند. ۲- جزئی از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده محسوب می‌شوند.

کود شیمیایی	کود آلی	کود زیستی	
ساخته شده از	باقایای در حال تجزیه جانداران	باکتری های مفید	
زمان آزادسازی مواد معدنی	به سرعت	به آهستگی	تکثیر و فعالیت باکتری، مواد معدنی مورد نیاز را در اختیار گیاه می گذارد.
معایب	مصرف بیش از حد آنها، آسیب های زیادی به خاک و محیط زیست وارد می کند و موجب تخریب بافت گیاه می شود. مصرف بیش از حد آنها موجب رشد سریع باکتری ها، جلبک ها و گیاهان آبی، مانع نفوذ نور و اکسیژن به آب و در نتیجه افزایش مرگومیر جانوران آبی می گردد.	احتمال آلودگی به عوامل بیماری زا	معایب دو نوع کود دیگر را ندارد.
مزایا	جبران سریع کمبود مواد مغذی خاک	آسیب کمتری به محیط زیست و گیاهان وارد می کند.	استفاده راحت و کم هزینه

نوع گیاه	مثال	توضیحات
گیاهان با جانوران	گیاهانی که در مناطق فقیر از نیروژن زندگی می کنند.	۱- توپره واش گیاهی حشره خوار است که در تالاب های شمال کشور می روید. ۲- توپره واش یک بخش کوزه مانند دارد که حشرات را به سرعت به درون آن می کشد. ۳- رنگ تله کوزه مانند توپره واش، نسبت به ساقه های آن، روشن تر است.
گیاهان با قارچ ها	۱- قارچ ریشه ای (معمول ترین سازگاری برای جذب آب و مواد مغذی) ۲- تأمین مواد مغذی به ویژه فسفات	۱- در همزیستی گیاه با قارچ، گیاه مواد آلی مورد نیاز قارچ را تأمین می نماید و قارچ مواد معدنی گیاه را تأمین می کند. ۲- قارچ ریشه ای می تواند به صورت غلافی بر روی سطح ریشه قرار گیرد و بخش کوچکی از آن وارد ریشه شود.
گیاهان با گیاهان	۱- تأمین مواد مغذی آلی و معدنی مورد نیاز گیاه ۲- سس و گل جالیز (نه گیاه جالیزی!)	۱- گیاهان انگلی که تمامی مواد مورد نیاز خود را از گیاهان دیگر به دست می آورند، فاقد توانایی فتوسنتز هستند؛ اما گیاهان انگلی که بخشی از مواد مورد نیاز خود را از گیاهان دیگر تأمین می کنند، توانایی فتوسنتز دارند. ۲- سس و جالیز فاقد توانایی فتوسنتز هستند؛ به همین علت بخش های سبز رنگ در آنها دیده نمی شود. ۳- سس فاقد ریشه است و بخش های مکنده خود را وارد دستگاه آوندی ساقه می کند. ۴- گل جالیز بخش مکنده خود را وارد ریشه می کند.
گیاهان با باکتری ها	۱- تأمین نیروژن مورد نیاز گیاهانی مانند آزولا و گونرا و تیره پروانه وارن توسط باکتری تثبیت کننده نیروژن ۲- ریزوبیوم + سیانوباکتری	۱- همه سیانوباکتری ها توانایی فتوسنتز دارند، اما تنها بعضی از آن ها می توانند تثبیت نیروژن را انجام دهند. ۲- ریزوبیوم نوعی باکتری تثبیت کننده نیروژن است که در گرهک گیاهان تیره پروانه وارن یافت می شود.

جانداران مؤثر در تغذیه گیاهی

گفتار ۲

گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند. گیاهان با بعضی از این جانداران ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. از مهم‌ترین انواع این همزیست‌ها، قارچ‌ریشه‌ای‌ها (میکوریزا) و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند.

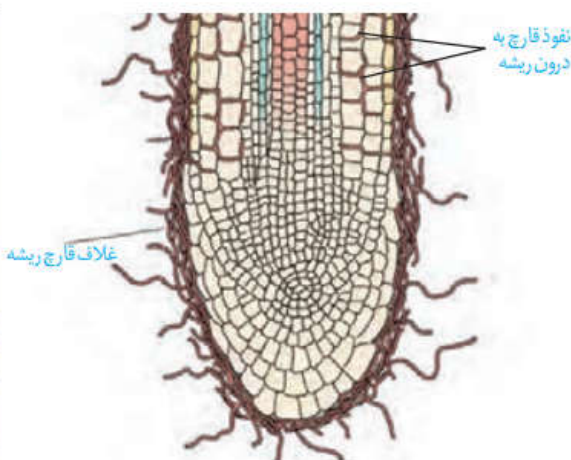
قارچ‌ریشه‌ای

یکی از معمول‌ترین سازگاری‌ها برای جذب آب و مواد مغذی، همزیستی ریشه گیاهان با انواعی از قارچ‌ها است که به آن قارچ‌ریشه‌ای گفته می‌شود (شکل ۴). حدود ۹۰ درصد گیاهان دانه‌دار با قارچ‌ها همزیستی دارند. این قارچ‌ها در سطح ریشه زندگی می‌کنند. رشته‌های ظریفی به درون ریشه می‌فرستد که تبادل مواد را با آن انجام می‌دهند.

در قارچ‌ریشه‌ای، قارچ، مواد آلی را از ریشه گیاه می‌گیرد و برای گیاه، مواد معدنی و به خصوص فسفات فراهم می‌کند. پیکر رشته‌ای و بسیار ظریف قارچ‌ها، نسبت به ریشه گیاه با سطح بیشتری از خاک در تماس است و می‌تواند مواد معدنی بیشتری را جذب کند.



(ب)



(الف)

شکل ۴- همزیستی ریشه گیاه با قارچ و نتایج آن. الف) طرح ساده نوعی قارچ ریشه‌ای که غلافی را روی ریشه گیاه تشکیل می‌دهد. بخش کوچکی از قارچ به درون ریشه نفوذ و در تبادل مواد شرکت می‌کند. ب) مقایسه دو گیاه که یکی با کمک قارچ ریشه‌ای (چپ) و دیگری بدون آن (راست) و در وضعیت برابر محیطی رشد کرده است.

همزیستی با سیانوباکتری‌ها. سیانوباکتری‌ها نوعی از باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که بعضی از آنها می‌توانند علاوه بر فتوسنتز، تثبیت نیتروژن هم انجام دهند. آزولا گیاهی کوچک است که در تالاب‌های شمال و مزارع برنج کشور به فراوانی وجود دارد. گیاه آزولا با سیانوباکتری‌ها همزیستی دارد و نیتروژن تثبیت شده آن را دریافت می‌کند (شکل ۶-الف). گیاه گونرا نیز در نواحی فقیر از نیتروژن رشد شگفت‌انگیزی دارد. چگونه این گیاه با وجود کمبود نیتروژن چنین رشدی دارد؟ سیانوباکتری‌های همزیست درون ساقه و دمبرگ این گیاه، تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند و از محصولات فتوسنتزی گیاه استفاده می‌کنند (شکل ۶-ب).

(الف)

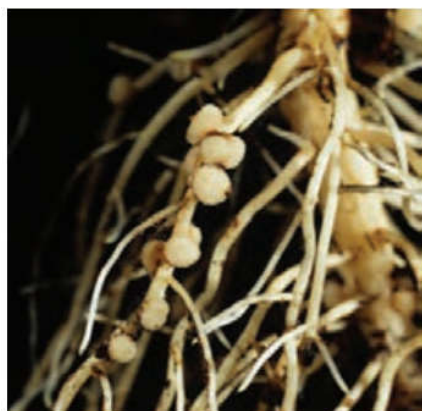
(ب)



همزیستی گیاه با تثبیت‌کننده‌های نیتروژن

برخی گیاهان با انواعی از باکتری‌ها همزیستی دارند که این همزیستی برای به دست آوردن نیتروژن بیشتر است. دو گروه مهم این باکتری‌ها عبارت‌اند از: ریزوبیوم‌ها و سیانوباکتری‌ها.

ریزوبیوم: از گذشته برای تقویت خاک، تناوب کشت انجام می‌شد که در آن گیاهان زراعی مختلف به صورت پی‌در پی کشت می‌شد. یکی از انواع گیاهانی که در تناوب کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، گیاهان تیره پروانه‌واران است (دلیل این نام‌گذاری، شباهت گل‌های آنها به پروانه است). سویا، نخود و یونجه از گیاهان مهم زراعی این تیره هستند. در ریشه این گیاهان و در محل برجستگی‌هایی به نام



شکل ۵-گرهک‌های ریشه گیاهان
تیره پروانه‌واران

گرهک، نوعی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن به نام ریزوبیوم زندگی می‌کند (شکل ۵). هنگامی که این گیاهان می‌میرند یا بخش‌های هوایی آنها برداشت می‌شود، گرهک‌های آنها در خاک باقی می‌ماند و گیاه خاک غنی از نیتروژن ایجاد می‌کند. ریزوبیوم‌ها با تثبیت نیتروژن، نیاز گیاه را به این عنصر برطرف می‌کنند و گیاه نیز مواد آلی مورد نیاز باکتری را برای آن فراهم می‌کند.

روش‌های دیگر به دست آوردن مواد غذایی در گیاهان

گیاهان حشره‌خوار: این گیاهان فتوسنتزکننده‌اند، ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی برگ‌ها برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات، تغییر کرده‌است. گیاه **توبره‌واش** که از گیاهان حشره‌خوار است در تالاب‌های شمال کشور می‌روید. این گیاه حشرات و لارو آنها را به سرعت به درون بخش کوزه مانند خود می‌کشد و سپس گوارش می‌دهد. در شکل ۸، انواع دیگری از گیاهان حشره‌خوار نشان داده شده است.



شکل ۷-توبره‌واش



شکل ۸-چند نوع گیاه حشره‌خوار.

گیاهان انگل: انواعی از گیاهان انگل وجود دارند که همه یا بخشی از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند. گیاه **سس**، نمونه‌ای از این گیاهان است. این گیاه ساقه نارنجی یا زردرنگی تولید می‌کند که فاقد ریشه است. گیاه سس به دور گیاه سبز می‌زبان خود می‌پیچد و اندام‌های مکنده ایجاد می‌کند (شکل ۹-الف) که به درون آوندهای گیاه نفوذ، و مواد مورد نیاز انگل را جذب می‌کند. گل جالیز نمونه دیگری از این گیاهان است که با ایجاد اندام مکنده و نفوذ آن به ریشه گیاهان جالیزی، مواد مغذی را دریافت می‌کند (شکل ۹-ب).



ب) گیاه گل جالیز در کنار بوته گوجه‌فرنگی



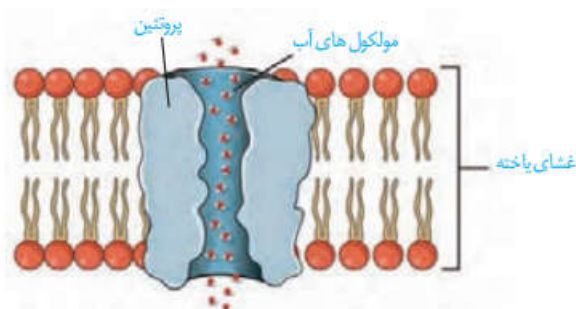
شکل ۹-گیاهان انگل: الف) گیاه سس

گفتار ۳ انتقال مواد در گیاهان

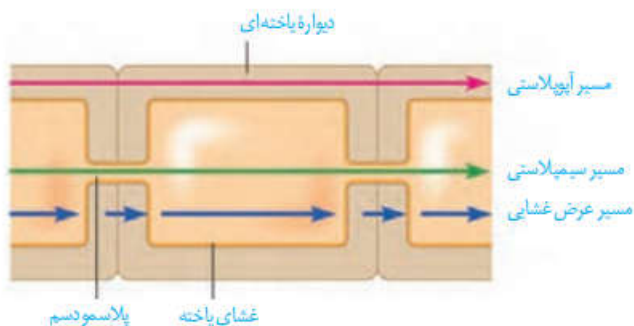
انتقال از خاک به برگ

آب و مواد مورد نیاز گیاهان، که از خاک اطراف ریشه‌ها جذب می‌شود و در مسیرهایی به ساقه و برگ می‌رود. بخش زیادی از آب جذب شده از سطح برگ‌ها به هواتبخیر می‌شود. خروج آب به صورت بخار از سطح اندام‌های هوایی گیاه **تعرق** نامیده می‌شود. تعرق، سازوکار لازم را برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ فراهم می‌کند. جابه‌جایی مواد در گیاهان را می‌توان در دو مسیر کوتاه و بلند بررسی کرد؛ در مسیر کوتاه، جابه‌جایی آب و مواد در سطح یاخته یا چند یاخته بررسی می‌شود. در مسیر بلند، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی‌تر بررسی می‌شود. این مسافت در بعضی درختان به بیش از صد متر می‌رسد. در هر دوی این مسیرها آب به عنوان انتقال‌دهنده مواد، نقش اساسی دارد که این نقش به علت ویژگی‌های آن است.

جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه



شکل ۱۰- پروتئین تسهیل‌کننده عبور آب در غشا



شکل ۱۱- شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه

انتقال مواد در سطح یاخته‌ای: در این حالت،

جابه‌جایی مواد با فرایندهای فعال و غیرفعال و در حد یاخته انجام می‌شود. با این فرایندها قبلاً آشنا شدید. شیوه‌هایی مثل انتشار و انتقال فعال، نمونه‌هایی از این روش‌هاست. برای انتقال آب در عرض غشای بعضی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول بعضی یاخته‌های گیاهی، پروتئین‌هایی دخالت دارند که سرعت جریان آب را افزایش می‌دهند. هنگام کم‌آبی، ساخت این پروتئین‌ها تشدید می‌شود (شکل ۱۰).

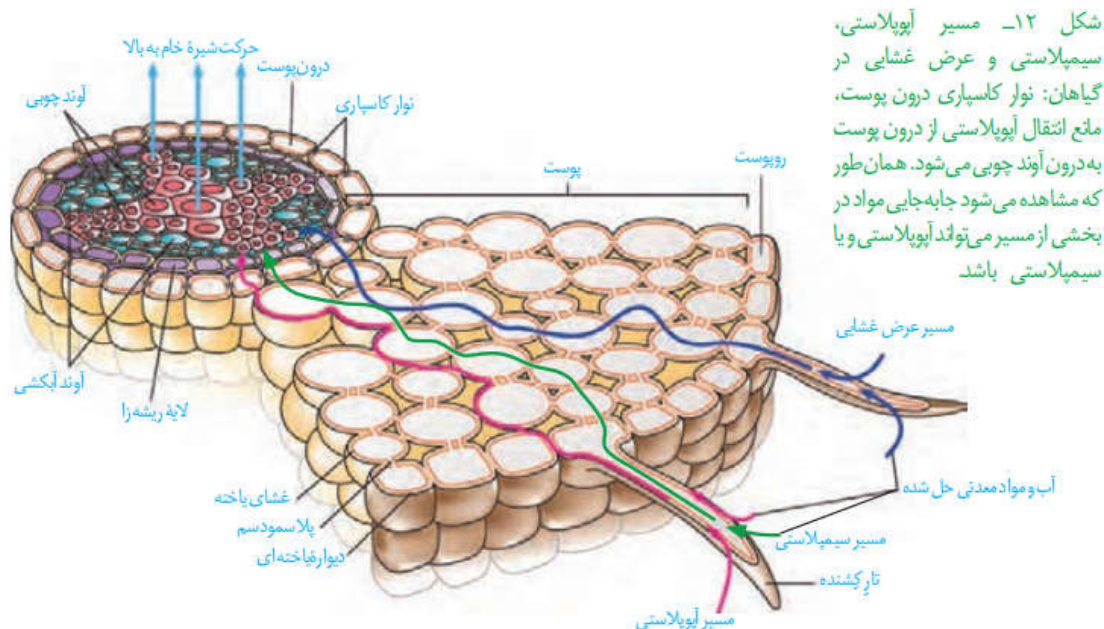
انتقال مواد در عرض ریشه: در عرض ریشه، انتقال

آب و مواد محلول معدنی به سه روش انجام می‌شود: انتقال از عرض غشا، انتقال سیمپلاستی و انتقال آپیلاستی.

انتقال عرض غشایی شامل جابه‌جایی مواد از عرض غشای یاخته است. سیمپلاست به معنی پروتوپلاست همراه با پلاسمودسم‌ها است. انتقال سیمپلاستی حرکت

مواد از پروتوپلاست یک یاخته به یاخته مجاور، از راه پلاسمودسم‌هاست. آب و بسیاری از مواد محلول می‌تواند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شود (شکل ۱۱). منافذ پلاسمودسم آن قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی از آن عبور می‌کنند. در مسیر آپیلاستی، حرکت مواد محلول از فضاها بین یاخته‌ای و دیواره یاخته‌ای انجام می‌شود.

آب و مواد محلول در عرض ریشه سرانجام به درونی ترین لایه پوست به نام **درون پوست (آندودرم)** می‌رسند. درون پوست استوانه‌ای ظریف از یاخته‌ها است که یاخته‌های آن کاملاً به هم چسبیده‌اند و سدی را در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کنند (شکل ۱۲). یاخته‌های درون پوست در دیواره

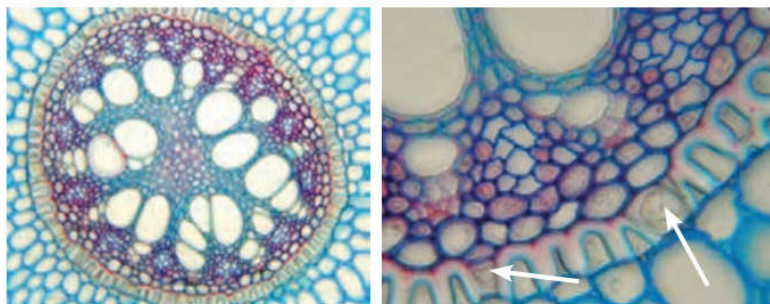


شکل ۱۲- مسیر آب و سیمپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی در گیاهان: نوار کاسپاری درون پوست مانع انتقال آب و سیمپلاستی از درون پوست به درون آوند چوبی می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مواد در بخشی از مسیر می‌تواند آب و سیمپلاستی و یا سیمپلاستی باشد.

جانبی خود دارای نواری از جنس چوب پنبه (سوبرین) هستند که به آن **نوار کاسپاری** گفته می‌شود. بنابراین آب و مواد محلول آن نمی‌توانند از طریق مسیر آب و سیمپلاستی وارد یاخته‌های درون پوست شوند. یاخته‌های درون پوست انتقال مواد را کنترل می‌کنند. این لایه در ریشه مانند صافی عمل می‌کند که مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر مسیر آب و سیمپلاستی به درون گیاه می‌شوند. درون پوست، همچنین از برگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه جلوگیری می‌کند. بعد از درون پوست حرکت در هر سه مسیر ادامه می‌یابد. مواد به آوندهای چوبی منتقل، و آماده جابه‌جایی برای مسیرهای طولانی‌تر می‌شود که به این فرایند **بارگیری چوبی** گفته می‌شود.

در ریشه بعضی گیاهان، نوار کاسپاری علاوه بر دیواره‌های جانبی درون پوست، دیواره پستی را نیز می‌پوشاند و انتقال مواد از این یاخته‌ها را غیرممکن می‌کند. در برش عرضی و زیر میکروسکوپ نوری این یاخته‌ها ظاهر نعلی یا U شکل دارند (شکل ۱۳). در این گیاهان یاخته‌های درون پوستی ویژه‌ای، به نام **یاخته معبر** وجود دارند که فاقد نوار کاسپاری در اطراف خود هستند و انتقال مواد به آوندها از طریق این یاخته‌ها انجام می‌شود.

شکل ۱۳- تصویر میکروسکوپی مقطع عرضی ریشه نوعی گیاه. یاخته‌های معبر با پیکان نشان داده شده‌اند. یاخته‌های درون پوست در این ریشه‌ها به صورت نعلی شکل (U) دیده می‌شود.



مسیر حرکت	آبیلاستی	سیمپلاستی	عرض غشایی
حرکت شیره خام از پلاسمودسم	ندارد	دارد	ندارد
حرکت شیره خام از غشا	ندارد	یک بار و آن هم در زمان ورود به تار کشنده (ولی خیلی به این یک بار توجه نکنین!)	دارد (بارها)
عبور از دیواره باخته‌ای	دارد یا ندارد؟	دارد	دارد
	چند مرتبه	یک بار	بارها
روش مؤثر در حرکت شیره خام	اسمز	فاقد نقش	نقش مؤثر
	خواص ویژه آب	نقش مؤثر	نقش مؤثر
	کانال اختصاصی آب	فاقد نقش	نقش مؤثر
کنترل عبور مواد	اولین محل	نوار کاسپاری آندودرم	غشای تار کشنده
	آخرین محل	غشای آندودرم	غشای لایه ریشه‌زا
حرکت شیره خام در	تار کشنده	در ابتدای مسیر	در ابتدای مسیر
	پوست به‌جز آندودرم	دارد	دارد
	آندودرم معمولی	ندارد	دارد
	یاخته‌های U شکل	ندارد	ندارد
	یاخته‌های معبر	دارد	دارد
	استوانه آوندی	دارد	دارد
قطع شدن موقت حرکت مواد در آندودرم	دارد	ندارد	ندارد

انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

شیره خام در گیاهان، گاه تا فواصل بسیار طولانی جابه‌جا می‌شود. انتشار برای فواصل طولانی، کارآمد نیست. در گیاهان، جابه‌جایی مواد در مسیرهای طولانی توسط جریان توده‌ای انجام می‌شود. سرعت انتشار آب و مواد در گیاه، چند میلی‌متر در روز است ولی در جریان توده‌ای، این سرعت به چندین متر در روز می‌رسد. جریان توده‌ای در آوندهای چوبی تحت اثر دو عامل فشار ریشه‌ای و تعرق، و با همراهی خواص ویژه آب انجام می‌شود.

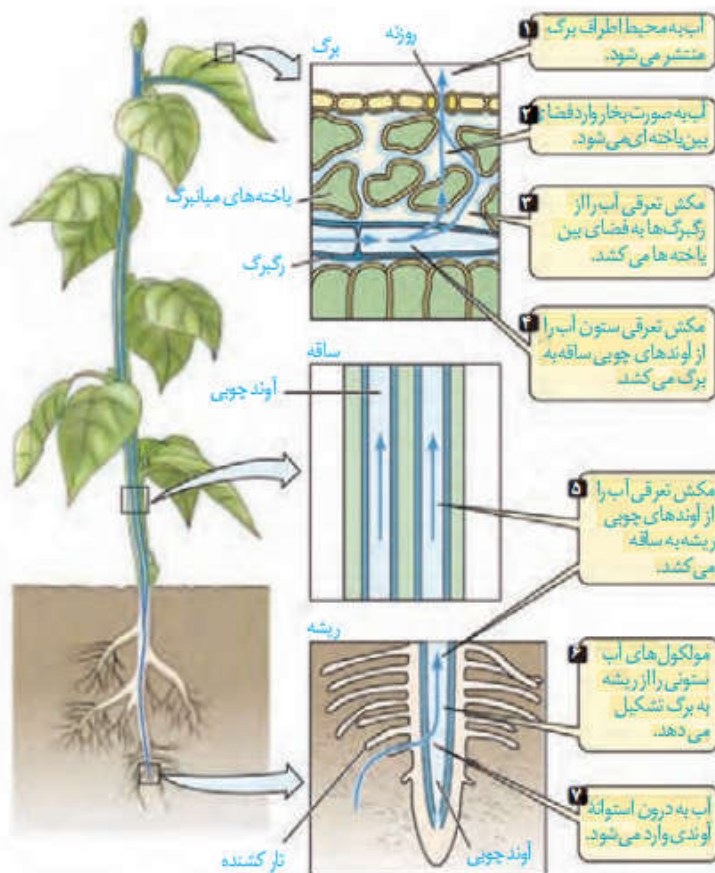
فشار ریشه‌ای: یاخته‌های درون پوست و یاخته‌های زنده پیرامون آوندهای ریشه، با انتقال فعال، یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی منتقل می‌کنند. این عمل باعث افزایش مقدار این یون‌ها، افزایش فشار اسمزی و در نتیجه ورود آب به درون آوند چوبی می‌شود. در اثر تجمع آب و یون‌ها، فشار در آوندهای چوبی ریشه افزایش می‌یابد و فشار ریشه‌ای را ایجاد می‌کند. فشار ریشه‌ای باعث هل دادن شیره خام به سمت بالا می‌شود (شکل ۱۴). در بیشتر گیاهان، فشار ریشه‌ای در صعود شیره خام نقش کمی دارد و در بهترین حالت می‌تواند چند متر آن را به بالا بفرستد. پس چه عاملی باعث حرکت شیره خام به نوک درختان بسیار بلند می‌شود؟

تعرق: عامل اصلی انتقال شیره خام، مکشی است که در اثر تعرق از سطح گیاه ایجاد می‌شود (شکل ۱۵). علت تعرق نیز حرکت آب از محل دارای آب بیشتر به محل با آب کمتر است. ستون آب درون آوندهای چوبی پیوسته است. این پیوستگی به علت ویژگی‌های هم‌چسبی و دگرچسبی مولکول‌های آب است.

بیشتر تعرق گیاهان از روزنه‌های برگ انجام می‌شود. نیروی مکش تعرق آن قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند باعث کاهش قطر تنه یک درخت شود؛ هرچند این کاهش اندک است. اگر دیواره آوندهای چوبی استحکام کافی نداشت به راحتی در اثر مکش تعرق، له می‌شد.

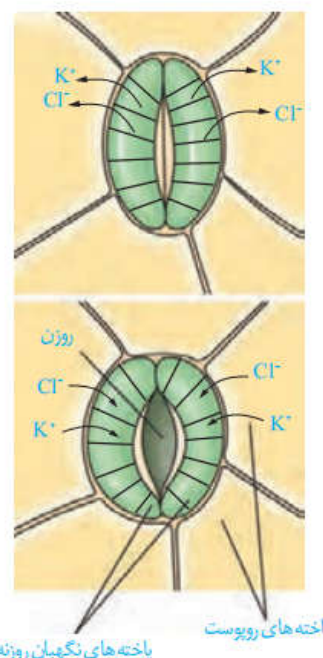


در گیاهان، تعرق می‌تواند از طریق روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک‌ها انجام شود. بیشتر تبادل گازها و در نتیجه تعرق برگ‌ها از منفذ (روزنه) بین یاخته‌های نگهبان روزنه هوایی انجام می‌شود. روزنه‌های هوایی می‌توانند با باز و بسته شدن، مقدار تعرق را تنظیم کنند. باز و بسته شدن روزنه به دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار تورژسانس آنها است. جذب آب به دنبال انباشت مواد محلول در یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود. عوامل محیطی و عوامل درونی گیاه بازو بسته شدن روزنه را تنظیم می‌کنند. مثلاً نور با تحریک انباشت ساکارز و یون‌های K^+ و Cl^- در یاخته نگهبان، فشار اسمزی یاخته‌ها را افزایش می‌دهد و آب از یاخته‌های مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شود. در نتیجه، یاخته‌ها دچار تورژسانس شده و به علت ساختار ویژه آنها، روزنه باز می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها هم، به علت خروج آب از یاخته‌های نگهبان روزنه انجام می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۵- حرکت شیره خام، تحت تأثیر مکش تعرقی

ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه: دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه، ساختار خاصی دارند که با جذب آب، افزایش طول پیدا می‌کنند. یکی از این عوامل، آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی است که مانند کمربندی دور دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه قرار دارند. این کمربندهای سلولزی، هنگام تورژسانس یاخته، مانع از گسترش عرضی یاخته شده، ولی مانع افزایش طول یاخته نمی‌شوند. عامل دیگر، اختلاف ضخامت در دیواره یاخته‌های نگهبان روزنه است. هنگام تورژسانس، به علت ضخامت کمتر، دیواره پشتی یاخته بیشتر منبسط می‌شود. این دو ویژگی باعث می‌شود هنگام جذب آب و تورژسانس، یاخته‌ها خمیدگی پیدا کند و روزنه هوایی باز شود. در این حالت امکان تبادل گازها، فراهم می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- چگونگی باز و بسته شدن روزنه‌های هوایی

عوامل مؤثر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها

در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن دی اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند. افزایش مقدار نور، دما و کاهش کربن دی اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌ها در گیاهان شود. کاهش شدید رطوبت هوا باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود.

رفتار روزنه‌ای برخی گیاهان نواحی خشک مانند بعضی کاکتوس‌ها، در حضور نور متفاوت است و سبب می‌شود در طول روز، روزنه‌ها بسته بمانند و از هدر رفتن آب جلوگیری شود. کاهش تعداد روزنه‌ها، کاهش تعداد یا سطح برگ‌ها نیز از سازگاری‌های گیاهان برای زندگی در محیط‌های خشک هستند. شما چه سازگاری‌های دیگری را می‌شناسید؟

تعریق



در هنگام شب یا در هوای بسیار مرطوب که شدت تعرق کاهش می‌یابد، یاخته‌های درون پوست همچنان به پمپ کردن یون‌های معدنی به درون استوانه آوندی ادامه می‌دهند. اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد از مقدار تعرق آن از سطح برگ بیشتر باشد، آب به صورت قطراتی از انتها یا لبه برگ‌های بعضی گیاهان علفی خارج می‌شود که به آن **تعریق** می‌گویند (شکل ۱۷). گرچه شرایط محیطی ایجادکننده تعریق مشابه شرایط ایجاد شب‌نم است، این دو پدیده را نباید با هم اشتباه گرفت. تعریق از ساختارهای ویژه‌ای به نام روزنه‌های آبی انجام می‌شود و نشانه فشار ریشه‌ای است. این روزنه‌ها همیشه باز هستند و محل آنها در انتها یا لبه برگ‌هاست.

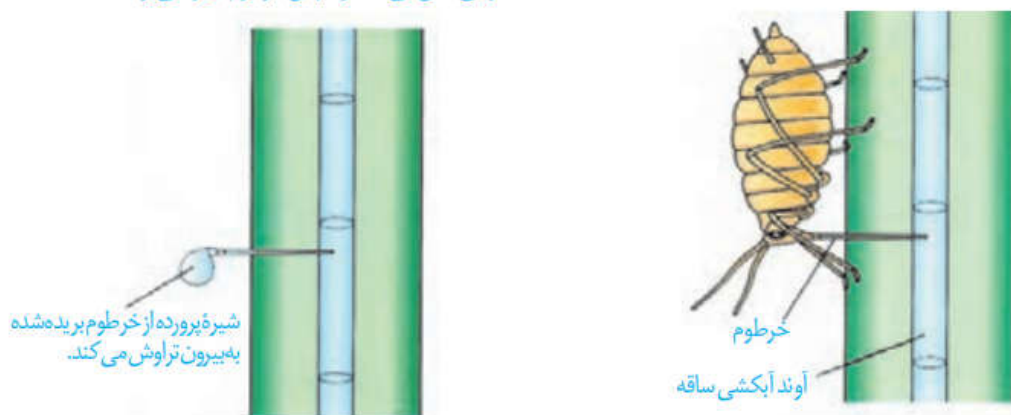
شکل ۱۷- تعریق در گیاهان

مقایسه فرایندهای تعرق و تعریق		
تعریق	تعرق	نام فرایند
مايع	بخار آب (گاز)	شکل خروج آب
روزنه‌های آبی	روزنه‌های هوایی، پوستک و عدسک	محل خروج آب
انتها یا لبه برگ	روپوست برگ و ساقه	محل قرارگیری روزنه‌ها
✗ همیشه باز هستند	✓ توسط یاخته‌های نگهبان روزنه	تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها
افزایش فشار ریشه و کاهش تعرق	افزایش نور و دما، کاهش رطوبت و کربن دی اکسید و ...	عوامل مؤثر در افزایش
بعضی از گیاهان علفی	همه گیاهان علفی و چوبی	انواع گیاهان

حرکت شیره پرورده

می‌دانید که شیره پرورده، درون آوندهای آبکشی حرکت می‌کند. حرکت شیره پرورده در همه جهات می‌تواند انجام شود. بخشی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش‌های دیگر گیاه را تأمین می‌کند، محل منبع و بخشی از گیاه که ترکیبات آلی به آنجا می‌روند و ذخیره (مثلاً ریشه) یا مصرف (گل) می‌شوند، محل مصرف نامیده می‌شود. برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های منبع هستند. بخش‌های ذخیره‌کننده مواد آلی، هنگام ذخیره این مواد، محل مصرف و هنگام آزادسازی آن، محل منبع به شمار می‌آیند. برای تعیین سرعت و ترکیب شیره پرورده می‌توان از شته‌ها استفاده کرد (شکل ۱۸).

شته رابی حس می‌کنند و سپس خرطوم آن را می‌پزند.

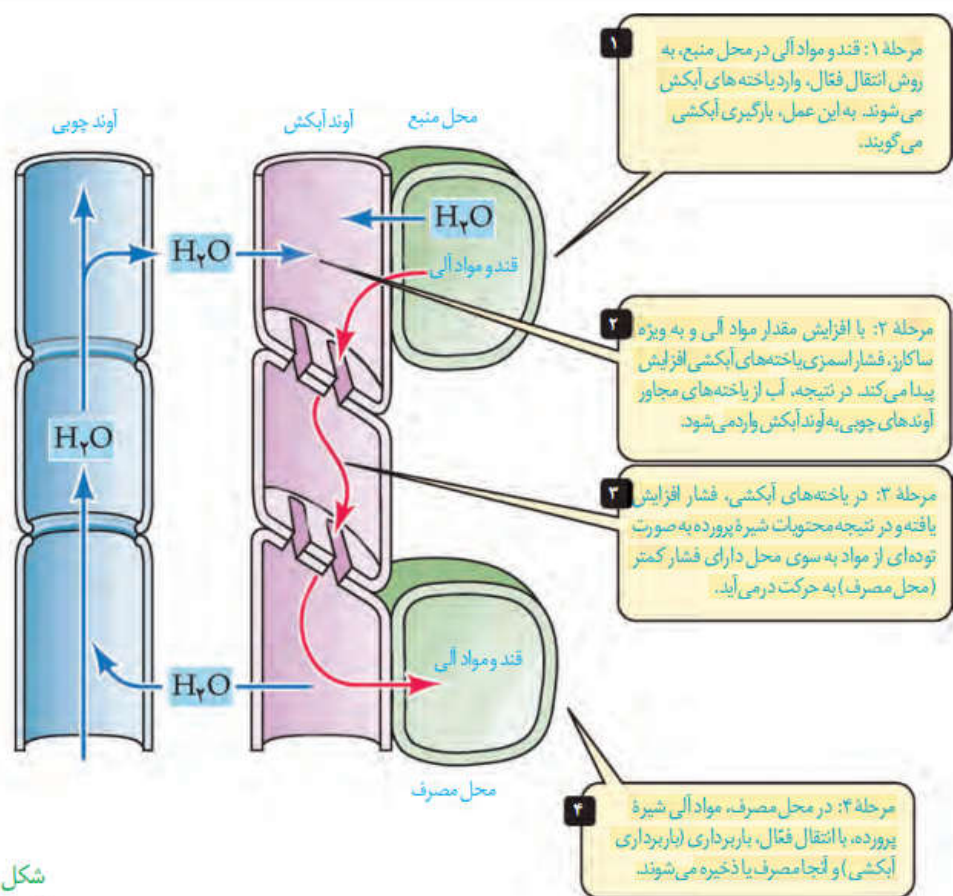


شکل ۱۸- استفاده از شته برای تعیین سرعت و ترکیب شیره پرورده

چگونگی حرکت شیره پرورده: حرکت شیره پرورده از طریق سیتوپلاسم یاخته‌های زنده آبکشی و از یاخته‌ای به یاخته دیگر انجام می‌شود. بنابراین حرکت شیره پرورده از شیره خام کندتر و پیچیده‌تر است. یک گیاه‌شناس آلمانی به نام ارنست موش، الگوی جریان فشاری را برای جابه‌جایی شیره پرورده، ارائه داده است که در شکل ۱۹ به طور خلاصه مشاهده می‌کنید.



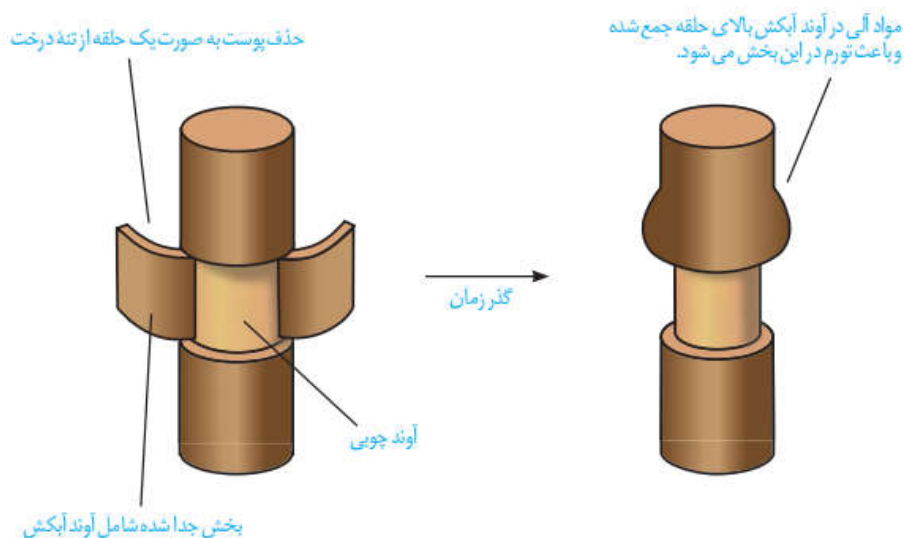
مورد مقایسه	شیره خام	شیره پرورده
دارای مواد آلی تولیدی گیاه	×	✓
دارای مواد معدنی	✓	✓
محل بارگیری	ریشه	برگ - ساقه - ریشه و ... (مجاور یاخسته‌های فتوسنتز کننده یا ذخیره کننده)
محل باربرداری	در مجاورت یاخسته‌های فتوسنتز کننده در اندام‌های هوایی گیاه	مجاورت محل‌های مصرف گیاه مثل ریشه، گل، میوه و ...
جهت انتقال در آوندها	عموماً به سمت بالا	در جهات مختلف
نوع آوندهای انتقال دهنده آن	آوندهای چوبی	آوندهای آبکشی
سرعت انتقال آن در گیاه	سریعتر و ساده‌تر	کندتر و دارای پیچیدگی بیشتر



شکل ۱۹- چگونگی حرکت مواد در آوند آبکشی

مواد آلی در گیاهان به صورت تنظیم شده، تولید و مصرف می شوند. برای مثال در گل دهی یا تولید میوه، گاهی تعداد محل های مصرف، بیشتر از آن است که محل های منبع بتوانند مواد غذایی آنها را فراهم کنند. در این موارد ممکن است گیاه به حذف بعضی گل ها، دانه ها یا میوه های خود اقدام کند تا مقدار کافی مواد قندی به محل های مصرف باقی مانده برسد. در باغبانی، برای داشتن میوه های درشت تر،

تعدادی از گل ها یا میوه های جوان را می چینند تا درختان میوه هایی کمتر ولی درشت تر به بار آورند.



شکل ۲۰- طرحی برای نشان دادن محل آوند آبکشی و جهت جریان شیره پرورده. تورم در بالای حلقه نشان می دهد که شیره پرورده فقط در آوند آبکشی و نه در آوند چوبی (بخش باقیمانده در تنه) جریان دارد.

تغییر فشار در آوند آبکش	بدون مصرف انرژی ATP		با مصرف انرژی ATP	مرحله
	جریان توده‌ای در آوند آبکش	انتقال آب	انتقال فعال مواد آلی	
افزایش	ندارد	ندارد	بارگیری آبکشی (از محل منبع به آوند آبکش)	۱
افزایش	ندارد	– از آوند چوبی به آوند آبکش – از محل منبع به آوند آبکش	ندارد	۲
—	دارد (آب و مواد آلی)	همراه با جریان توده‌ای	ندارد	۳
کاهش	ندارد	از آوند آبکش به آوند چوبی	باربرداری آبکشی (از آوند آبکش به محل مصرف)	۴

نوع فرایند	بارگیری آبکشی	باربرداری آبکشی
زمان انجام در الگوی جریان فشاری	مرحله «۱»	مرحله «۴»
مواد جابه‌جاشده	مواد آلی نظیر ساکارز	مواد آلی نظیر ساکارز
جهت حرکت مواد	از محل منبع به آوند آبکشی	از آوند آبکشی به محل مصرف
روش انتقال مواد	انتقال فعال	انتقال فعال
مصرف انرژی ATP	✓	✓
کمک یاخته‌های همراه	✓	✓