

درسنامه

گفتار ۱ تغذیه گیاهی

در این فصل می‌خواهیم بررسی کنیم که گیاهان چگونه مواد غذایی مختلف یعنی آب، مواد معدنی و آلی را در سراسر بدن خود منتقل می‌کنند و برای این کار به چه عواملی نیاز دارند. با اینکه بیشتر گیاهان به کمک عمل فتوسنتز، بخشی از مواد آلی مورد نیاز مانند کربوهیدرات‌ها و در پی آن پروتئین‌ها، لیپیدها و بعضی مواد آلی دیگر را به دست می‌آورند ولی برای ساخت این مواد و زندگی عادی خود، به مواد مغذی دیگر مثل آب و مواد معدنی نیاز دارند که این مواد را به کمک اندام‌های خود، به ویژه از طریق ریشه خود جذب می‌کنند.

نکته

در پاراگراف اول کتاب درسی چند نکته بسیار مهم نهفته بود

- همه گیاهان فتوسنتز کننده نیستند (بیشتر آ‌ح‌ها هستند).
- فتوسنتز همه نیازهای غذایی را برطرف نمی‌کند (آ‌ب و مواد معدنی باید از بیرون گرفته شوند).
- گیاه ابتدا با فتوسنتز کربوهیدرات می‌سازد و سپس با تبدیل آن و مواد دیگر، سایر مولکول‌های زیستی را می‌سازد.
- جذب مواد مورد نیاز فقط از ریشه صورت نمی‌گیرد.

● نکات مهم در بررسی تست‌ها از مقدمه این فصل تا ابتدای خاک

- گیاهان برای رشد و نمو به مواد مختلفی نیاز دارند که آن‌ها را از هوا، آب یا خاک جذب می‌کنند.
- کربن دی‌اکسید یکی از مهم‌ترین گازهای مورد نیاز گیاه است که به همراه سایر گازها، از هوا و از طریق روزنه‌ها وارد فضاها بین یاخته‌ای شده و بدین صورت از راه اندام‌های هوایی به صورت گازی به گیاه وارد می‌شود تا از عنصر کربن آن به عنوان پایه ساخت مواد آلی در فتوسنتز استفاده شود.
- گیاه مقداری از CO_2 مورد نیاز خود را نیز به صورت محلول در آب و تبدیل شدن به بیگربنات جذب می‌کند.
- سایر مواد مغذی گیاهی بیشتر از طریق خاک جذب می‌شوند (به تعبیر بیشتر رسته کنید!).
- برخی از گیاهان انگل مثل گیاه سس که در ادامه همین فصل می‌خوانیم، چون توانایی فتوسنتز ندارند، مجبورند خیلی از مواد مورد نیاز را از محیط بگیرند.
- گیاه برای فتوسنتز به نور خورشید (به عنوان منبع انرژی)، آب (به عنوان منبع الکترون) و ماده معدنی CO_2 به عنوان منبع کربن نیاز دارد.
- برگ گیاهان اغلب از راه روزنه‌های هوایی، گازهای مورد نیاز را جذب می‌کنند. همین‌طور ساقه گیاهان تا وقتی جوان هستند، از راه روزنه‌های روپوست، گازها را جذب می‌کنند ولی در ساقه چوبی دولپه‌ای‌ها، فضای بین یاخته‌ها در منطقه عدسک‌ها مخصوص جذب گاز تنفسی می‌باشند (برگ‌ها رسته‌پسین و عرسک ندارند).

خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان

- مواد آلی = گیاهخاک = هوموس
- اجزای موجود در خاک
- مواد غیر آلی
- ریزجانداران (ریزاندانگان = میکروارگانیسم‌ها): جانداران ریز مثل باکتری‌ها و برخی قارچ‌ها و آغازیان موجود در خاک که با چشم معمولی دیده نمی‌شوند.

نکته

چون خاک‌های مناطق مختلف، ترکیبات متفاوتی دارند، در نتیجه توانایی متفاوتی در نگهداری آب، مقدار هوای خاک، pH و مواد معدنی دارند.

بررسی بخش‌های مختلف خاک

بخش آلی خاک

همان گیاهخاک یا هوموس در لایه سطحی خاک می‌باشد که به‌طور عمده از بقایای جانداران و به ویژه اجزای در حال تجزیه آن‌ها به وجود آمده است. گیاهخاک بافت زنده نمی‌باشد ولی سبب نرمی یا اسفنجی شدن بافت خاک می‌شود و همانند نقش پلی‌ساکارید سطح کلاهک، نفوذ ریشه را در خاک، آسان می‌کند.

نکته

گیاهخاک بارهای منفی دارد و به همین دلیل **یون‌های مثبت** در **سطح** خود را نگه می‌دارد. این کار گیاهخاک مانع از **شست‌وشوی** این یون‌های مثبت و مفید می‌شود. یون‌های مورد نیاز مثل پتاسیم، کلسیم، NH_4^+ و ... در سطح خاک باقی می‌مانند تا گیاه به خوبی آن‌ها را جذب کرده و در آن خاک رشد کند. در ادامه به بررسی فعالیت آن‌ها می‌پردازیم.

بخش غیر آلی خاک

این بخش از فرایندی به نام **هوازندی** و از تخریب **فیزیکی یا شیمیایی سنگ‌ها** ایجاد می‌شود که ذرات **بسیار کوچک رس** تا بسیار **درشت شن و ماسه** را شامل می‌شود. در حقیقت منشأ همه این مواد از خرد شدن سنگ‌هایی بوده است که در اثر عوامل فیزیکی یا شیمیایی ایجاد شده‌اند.

نکته

خاک‌های ماسه‌ای و شنی چون ذرات **درشت** با فضای بین ذراتی **زیادی** دارند، هوای زیادی وارد آن‌ها می‌شود و آب **سریع** در این خاک‌ها نفوذ می‌کند ولی در خاک‌های رسی این موارد برعکس می‌باشد و آب به **سختی** به بخش‌های زیرین نفوذ می‌کند.

انواع هوازندی سنگ‌ها (۱) فیزیکی: تغییرات **متناوب** یخ زدن و ذوب شدن نمونه‌ای از هوازندی فیزیکی می‌باشد که سبب خرد شدن سنگ‌ها می‌شود. (۲) شیمیایی: **اسیدهای** تولیدی توسط **ریشه گیاهان** و برخی جانداران دیگر می‌تواند سبب خرد شدن سنگ‌ها با هوازندی شیمیایی بشود.

بخش ریزجانداران = میکروارگانیسم‌ها

در این بخش یاخته‌های زنده میکروسکوپی که اغلب باکتری هستند، فعالیت دارند و سبب ایجاد عوامل متعدد معدنی و آلی در خاک می‌شوند. این جانداران می‌توانند مصرف‌کننده و تجزیه‌کننده مواد آلی و یا تولیدکننده مواد آلی از معدنی باشند.

تست ۱

چند مورد عبارت روبه‌رو را به درستی کامل می‌کنند؟ «هر بخش همانند»

- (الف) آلی خاک - هر بخش غیرآلی آن منشأ گیاهی دارد.
 (ب) زنده خاک - ریزجانداران، تنها حامل عوامل هوازندی شیمیایی است.
 (ج) تولیدکننده اسید در خاک - بخشی که در فرایند هوازندی ایجاد می‌شود، منشأ غیرگیاهی ندارد.
- (۱) صفر مورد (۲) ۱ مورد (۳) ۲ مورد (۴) ۳ مورد
- همه موارد نادرست می‌باشند.

B

پایه ۱

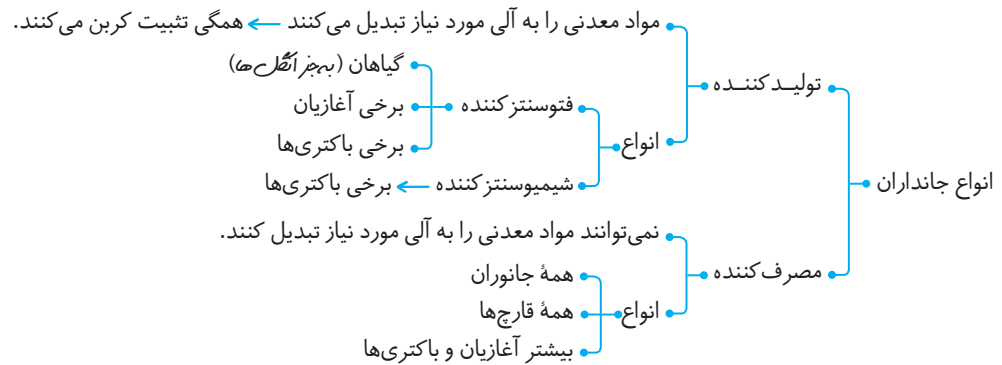
تله‌های تستی (الف) بخش آلی خاک یا گیاهخاک به‌طور عمده از بقایای جانداران (نه فقط گیاهان) و اجزای در حال تجزیه آن‌ها تشکیل شده است. همچنین بخش غیرآلی هم منشأی از سنگ‌ها و مواد درشت‌تر معدنی دارد. / (ب) میکروارگانیسم‌ها بخش زنده خاک را تشکیل می‌دهند که در **هوازندی شیمیایی** نقش دارند ولی تنها عامل ایجاد آن نیستند. ریشه گیاهان نیز می‌توانند در این فرایند نقش داشته باشند. / (ج) ریزجانداران خاک به همراه ریشه گیاهان می‌توانند اسید تولید کنند اما این باکتری‌ها، منشأ گیاهی ندارند (منشأ آن‌ها، غیرگیاهی است).

مواد معدنی مهم در خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه

نیتروژن و فسفر در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی DNA و RNA شرکت دارند. در این قسمت به بررسی جذب این دو عنصر توسط گیاه که **بیشتر از طریق خاک** می‌باشد، می‌پردازیم. قبل از پرداختن به مواد معدنی خاک به توضیح نکته مهمی توجه کنید تا در ادامه دچار چالش در فهمیدن مطالب نشوید!!

تثبیت یک عنصر مثل نیتروژن یا کربن به چه معنی است؟

در این فصل به عبارت «**تثبیت نیتروژن**» و در زیست دوازدهم به واژه «**تثبیت کربن**» برمی‌خورید که لازم است در مورد آن مطلب بدانیم. تثبیت یعنی یک ماده را از حالت **گازی** و فرار درآوردن و نگه داشتن آن در یک ماده غیرگازی! منظور از تثبیت نیتروژن، تبدیل N_2 **گازی** به محلول آمونیاک یا همان آمونیوم (NH_4^+) می‌باشد که در **خاک** و اغلب توسط **باکتری‌ها** صورت می‌گیرد. تثبیت کربن یعنی اتم کربن موجود در گاز کربن دی‌اکسید (CO_2) را در یک اسید **آلی** نگه داشتن! این عمل در جانداران تولیدکننده مواد **آلی** از مواد معدنی مثل فتوسنتز کنندگان یا باکتری‌های شیمیوسنتز کننده صورت می‌گیرد که سال دوازدهم به بررسی آن‌ها می‌پردازیم. بد نیست اینجا به دونه تقسیم‌بندی از جانداران داشته باشیم!



جذب نیتروژن توسط گیاه

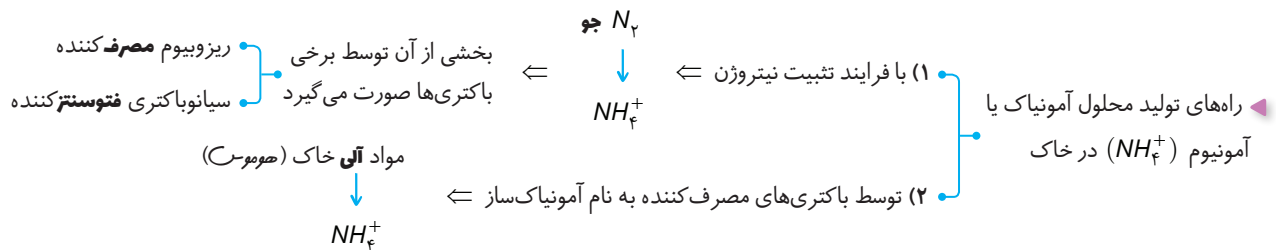
با وجود اینکه حدود ۷۸ درصد حجم هوا را گاز نیتروژن (N_2) تشکیل می‌دهد ولی گیاهان قادر نیستند شکل **گازی** نیتروژن (N_2) را جذب کرده و از آن برای ساخت مواد آلی استفاده کنند. در حقیقت **بیشتر** نیتروژن مورد استفاده گیاهان به صورت **یون آمونیوم** (NH_4^+) یا نیترات (NO_3^-) محلول می‌باشد که باید از خاک و از طریق **ریشه** جذب شوند. حال باید ببینیم به چه شکل این نیتروژن‌های گازی به مواد قابل جذب تبدیل می‌شوند. در ابتدا به صورت یک نکته مهم به یاد داشته باشید که یون‌های محلول در آب، مثل آمونیوم و نیترات، در خاک هستند و توسط میکروارگانیسم‌ها یا ریزجانداران مثل باکتری‌ها و ... تشکیل می‌شوند.

● چرخه نیتروژن در طبیعت

در طبیعت N_2 هوا توسط جاندارانی که اغلب **باکتری** می‌باشند، طی فرایند **تثبیت** نیتروژن به صورت محلول آمونیاک یا همان **آمونیوم** (NH_4^+) درمی‌آید و سپس وارد گیاه شده تا به مصرف ساخت مواد آلی برسد (از طرفی یکسری باکتری‌ها که نیترات‌ها هم وجود دارند که می‌توانند نیترات را دوباره به N_2 گازی برگردانند). نکاتی که در ادامه می‌خوانیم، مربوط به هر قسمت از چرخه نیتروژن در طبیعت می‌باشد.

● تولید آمونیوم (NH_4^+) در خاک

یکی از راه‌های تولید آمونیوم، تبدیل شدن N_2 گازی جو به این یون معدنی می‌باشد که طی فرایند **تثبیت نیتروژن** صورت می‌گیرد. این عمل در **خاک** و اغلب توسط **باکتری‌هایی** از نوع **ریزوبیوم‌ها** (مصرف کننده هستند) و یا **برخی** سیانوباکتری‌ها (**فتوسنتز کننده**) صورت می‌گیرد. راه دیگر تولید یون آمونیوم باکتری‌های مصرف کننده‌ای به نام **آمونیاساز** است که تجزیه کننده مواد **آلی** هستند. دقت کنید که به فعالیت تولید آمونیوم توسط باکتری‌های **آمونیاساز**، عمل تثبیت نیتروژن نمی‌گویند و از طرفی هم دقت کنید که باکتری‌ها فقط بخشی از فرایند تثبیت نیتروژن خاک را انجام می‌دهند. یعنی ریزجانداران دیگری به جز باکتری‌ها نیز توانایی این کار را دارند.



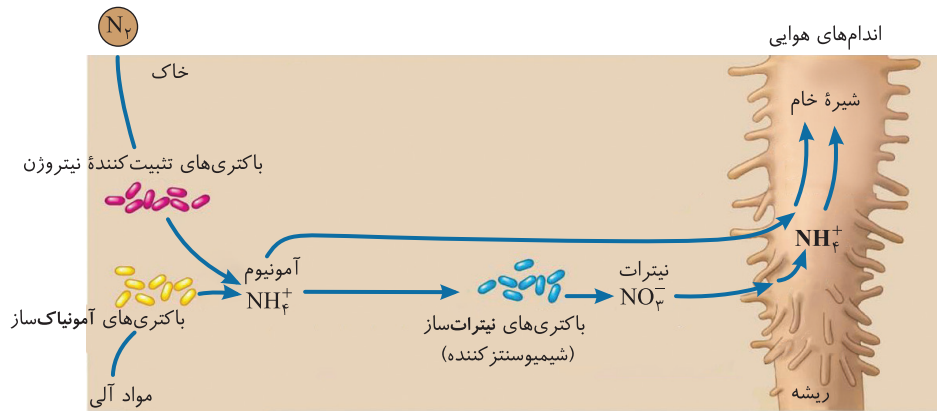
چند نکته مهم

- ۱ بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد **زیستی بعضی** از باکتری‌هاست (مثل **ریزوبیوم‌ها** و **برخی فتوسنتز کننده‌ها**).
- ۲ باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هم به صورت **آزاد** در خاک هستند و هم به صورت **همزیست** با برخی گیاهان زندگی می‌کنند که در ادامه آن‌ها را بررسی می‌کنیم. (سیانوباکتری‌ها فتوسنتز کننده و سازنده مواد آلی هستند ولی ریزوبیوم‌ها باکتری‌ها که مصرف کننده مواد آلی هستند. این دو گروه، مهم ترین باکتری‌ها که تثبیت کننده نیتروژن می‌باشند که قادرند با گیاهان همزیستی کنند).
- ۳ باکتری‌هایی مثل ریزوبیوم یا برخی سیانوباکتری‌ها که با گیاهان همزیستی کرده و تثبیت نیتروژن می‌کنند، یون آمونیوم حاصل از تثبیت خود را به مقدار قابل توجهی **دفع** می‌کنند و سبب استفاده گیاهان در حال رشد می‌شوند ولی کمی از آمونیوم‌ها را نیز نگه می‌دارند و پس از مرگ باکتری، گیاهان در سال‌های آینده برای رشد از آن‌ها استفاده می‌کنند.
- ۴ باکتری‌های آمونیاساز که ضمن تجزیه مواد آلی به تولید آمونیوم می‌پردازند، قادر به تثبیت نیتروژن نیستند.

● چرخه نیتروژن پس از تولید آمونیوم در خاک

پس از تولید یون آمونیوم، مقداری از آن در خاک به صورت **محلول** و به همراه آب به عنوان شیره **خام** وارد آوندهای **چوبی** ریشه می‌شود و مقداری دیگر نیز در خاک و توسط باکتری‌های **شیمیوسنتز کننده به نام نیترات‌سازها** به **نیترات** (NO_3^-) تبدیل می‌شوند و سپس همراه آب، به صورت شیره خام وارد ریشه و آوند چوبی می‌شوند. البته دقت کنید که نیترات‌ها دوباره در گیاه و توسط آنزیم‌های گیاهی به **آمونیوم** (NH_4^+) تبدیل می‌شوند.

- (۱) تثبیت کننده نیتروژن ($N_2 \leftarrow NH_4^+$) ← مصرف کننده و فتوسنتز کننده هستند.
- (۲) آمونیاک سازها (مواد آلی ← NH_4^+) ← مصرف کننده و تجزیه کننده مواد آلی هستند.
- (۳) نیترات ساز ($NH_4^+ \leftarrow NO_3^-$) ← شیمیوسنتز کننده مواد آلی هستند (روازرهم می خوانید).



«تغییرات مواد نیتروژن دار و چگونگی جذب آن ها از خاک»

چند نکته مهم در بررسی تست ها

- ۱ امروزه با **مهندسی ژنتیک** در پی آن هستند که **ژن** تثبیت کننده نیتروژن را از **ریزجانداران** (میکروارگانیسم ها) جدا کنند و با انتقال آن ها به گیاهان، سبب تثبیت نیتروژن توسط خود گیاه شوند تا نیازی به باکتری و همزیستی آن با گیاه نباشد (در فصل (۷) روزرهم در مورد مهندسی ژنتیک و چگونگی این فرایند به طور کامل می آموزید).
- ۲ با توجه به شکل، می توان متوجه شد که گیاهان نیتروژن مورد نیاز خود را به صورت ترکیبات معدنی و **اغلب** به صورت یون منفی NO_3^- و یا یون مثبت NH_4^+ از خاک می گیرند.
- ۳ باکتری های نیترات ساز و آمونیاک ساز جزء باکتری های تثبیت کننده نیتروژن **نیستند**.
- ۴ با توجه به شکل درمی یابیم که نیتراتی که وارد ریشه گیاه می شود، دوباره توسط آنزیم های گیاه در ریشه به آمونیوم (NH_4^+) تبدیل می شود و از راه آوند چوبی به اندام های **هوائی** می رسد.
- ۵ تبدیل آمونیوم به نیترات در **خارج** گیاه و طی اکسیداسیون، توسط باکتری های شیمیوسنتزکننده که تولیدکننده مواد آلی هستند و مستقل از **نور** صورت می گیرد ولی تبدیل نیترات به آمونیوم در **ریشه** گیاه و طی فرایند الکترون گیری (کاهش) توسط آنزیم های گیاهی صورت می گیرد.

تست ۲

چند مورد واکنش ها و جاندار انجام دهنده آن را به درستی نشان می دهد؟

- الف) $ATP + CO_2 \rightarrow$ باکتری های آمونیاک ساز ماده آلی
- ب) NH_4^+ در ریشه گیاه نیترات
- ج) آمونیوم باکتری های نیترات ساز مواد آلی
- د) NO_3^- باکتری های تثبیت کننده نیتروژن N_2
- ۱) مورد ۲) مورد ۳) مورد ۴) مورد

فقط موارد (الف) و (ب) صحیح هستند.

B

پایه ۲

تله های تستی الف) درست است. باکتری های آمونیاک ساز، طی تنفس یاخته ای خود می توانند گلوکز را به ATP ، CO_2 و آب تبدیل کنند (خیلی **فکرت** تو این فصل بره؟! / ب) درست است. نیترات توسط ریشه گیاه، می تواند به یون آمونیوم تبدیل شود. / ج) نادرست است. باکتری های نیترات ساز، از آمونیوم، نیترات تولید می کنند اما فرایند نشان داده شده در این مورد، وظیفه باکتری های آمونیاک ساز است. / د) نادرست است. باکتری های تثبیت کننده نیتروژن، از N_2 ، آمونیوم تولید می کنند (نه **نیترات**).

تست ۳

کدام گزینه صحیح است؟ «هر باکتری از برای ساخت محصول خود در چرخه نیتروژنی استفاده می کند.»

- ۱) آمونیوم ساز - گیاه
- ۲) نیترات ساز - مواد آلی یا معدنی
- ۳) تثبیت کننده نیتروژن - مواد محلول در آب
- ۴) آمونیاک ساز - گیاه
- باکتری های آمونیاک ساز، نام گروهی خاص از باکتری های مصرف کننده می باشد که با تجزیه مواد آلی خاک (**گیاه**) به آمونیوم در چرخه نیتروژن شرکت می کنند. باکتری های آمونیوم ساز دو دسته اند، یکی آن هایی که تثبیت کننده نیتروژن هستند و دیگری همین آمونیاک سازها! (درستی گزینه (۴)).
- اگر تثبیت کننده نیتروژن باشد ← از N_2 گازی جو استفاده می کند (نادرستی گزینه های (۱) و (۳)).
- اگر آمونیاک ساز باشد ← از مواد آلی (**گیاه**) استفاده می کند (درستی گزینه (۴)).
- باکتری های نیترات ساز، فقط از مواد **معدنی آمونیوم دار** خاک می توانند نیترات بسازند (نادرستی گزینه (۲)).

B

پایه ۴

تهجه! در تست‌ها اگر گفت باکتری آمونیاک‌ساز فقط منظور نوعی است که آمونیوم را از مواد آلی ایجاد می‌کنند ولی اگر گفت باکتری‌های آمونیوم‌ساز در این حالت دو نوع آمونیاک‌ساز و تثبیت‌کننده‌های نیتروژن می‌توانند مدنظر باشند.

جذب فسفر توسط گیاه

فسفر از عناصر معدنی مورد نیاز گیاه می‌باشد که گیاه از آن در ساخت دنا، رنا، فسفولیپیدهای غشا، *ATP* (رایج‌ترین منبع انرژی) و غیره استفاده می‌کند. گیاهان فسفر را به صورت **یون‌های فسفات** با بار منفی از خاک به دست می‌آورند تا کمبود آن رشد گیاه را محدود نکند. لطفاً خیلی دقت کنید که فسفات در خاک **فراوان** است ولی چون به **برخی** ترکیبات معدنی خاک به **طور محکمی** متصل می‌باشد، **اغلب** برای گیاهان غیرقابل دسترسی می‌باشد. **برخی** گیاهان برای رفع این مشکل، ریشه‌هایی با انشعابات بیشتر و یا دارای **تارهای کشنده** بیشتر و گسترده‌تری ایجاد می‌کنند که جذب فسفات آزاد را افزایش دهند و در ساخت مواد مهمی مثل مواد وراثتی و سایر مواد آلی مورد نیاز به مشکل نخورند.

نتیجه فسفات در خاک **فراوان** است. فسفات قابل دسترس گیاه در اغلب خاک‌ها **محدود** است.

نکته

حتماً به یاد دارید که فسفات در ساختار مهم‌ترین انرژی زیستی یعنی *ATP* وجود دارد و تقریباً هر فعالیت زیستی جاندار به آن محتاج است.

تست ۴

در مورد فسفر و جذب آن توسط گیاه چند عبارت زیر صحیح می‌باشد؟

- (الف) برخلاف نیتروژن، فقط به صورت یون منفی وارد گیاه می‌شود.
- (ب) توسط بارهای موجود در گیاخاک در سطح خاک باقی می‌ماند.
- (ج) به صورت فسفات به ترکیبات مختلف غیر مواد آلی خاک به طور محکم متصل می‌شود.
- (د) گیاهان برای جذب آن انشعابات ساقه و ریشه خود را گسترش می‌دهند.
- (ه) همانند نیتروژن همواره از راه خاک جذب گیاه می‌شود.

(۱) ۱ مورد (۲) ۲ مورد (۳) ۳ مورد (۴) ۴ مورد

پاسخ ۱

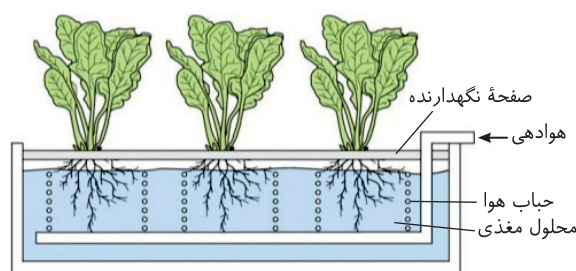
فقط مورد (الف) صحیح است.

تله‌های تستی

(الف) درست است. فسفر به صورت یون فسفات با بار منفی جذب گیاه می‌شود ولی نیتروژن به صورت یون مثبت (NH_4^+) یا منفی (NO_3^-) جذب می‌شود. / (ب) نادرست است. گیاخاک با بار منفی خود، یون‌های مثبت را در سطح خاک نگه می‌دارد ولی فسفات خود بار منفی دارد. / (ج) نادرست است. فسفات‌ها فقط به برخی ترکیبات معدنی خاک متصل می‌شوند. (یادآوری هست که خاک سه قسمت مواد آلی، مواد معدنی و ترکیبات زنده داشته!) / (د) نادرست است. برای جذب فسفر، انشعابات ریشه مهم است (نه ساقه). / (ه) نادرست است. نیتروژن و فسفات **بیشتر** از خاک جذب گیاه می‌شوند.

نکات بهبود خاک

- (۱) خاک مناطق مختلف می‌تواند دچار **کمبود برخی مواد** یا **افزایش برخی مواد** بشود که اصلاح آن‌ها سبب رشد و کشت انواع گیاهان در آن‌ها می‌شود. (پس از همین الان دقت کنید که اصلاح خاک هم برای تعدیل زیادگی مواد و هم کمبود مواد آن می‌باشد!!)
- (۲) **کمبود** مواد مختلف خاک را می‌توان با افزودن **انواع کودها** برطرف کرد و حاصلخیزی آن خاک را افزایش داد. (کود برای اصلاح خاک‌هایی است که موادی را کم دارند، در حقیقت هر نوع کودی برای تأمین مواد معدنی مورد نیاز گیاه می‌باشد تا گیاه مواد آنی مورد نیازش را ببرد.)



«دستگاه ساده‌ای برای کشت گیاهان در محلول‌های مغذی»

- (۳) زیست‌شناسان برای تشخیص **نیازهای تغذیه‌ای** هر گیاه، آن‌ها را در محلول‌های مغذی شامل آب و عناصر مغذی محلول به مقدار معین قرار می‌دهند و با مقایسه رشد آن‌ها به تشخیص **اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاه** مربوطه می‌پردازند. (تکلی رو بهرو دستگاهی ساده برای بررسی مواد مغذی گیاهان می‌باشد که با کم یا زیاد کردن هر عنصر به محیط کشت گیاه، اثر آن را روی رشد گیاه بررسی می‌کنند.)

نکته

دقت کنید که برای اضافه کردن محلول‌های مغذی، **هودای** نیز باید در محیط کشت گیاه صورت بگیرد. به همین دلیل در مجاورت ریشه آن‌ها جاباب‌های هوا در محلول مغذی ایجاد می‌شود.

- (۴) چون مقدار عناصر **نیتروژن، فسفر و پتاسیم** قابل دسترس در اغلب خاک‌ها، محدود است، در نتیجه در **بیشتر کودها** این عناصر وجود دارند تا کمبود آن‌ها را در گیاه برطرف کنند. دقت کنید که مقدار این عناصر در خاک کم نیست بلکه به صورت قابل دسترس گیاه در خاک‌ها محدود می‌باشند.

کود ماده‌ای با ترکیبات متفاوت می‌باشد که هدف از اضافه کردن هر نوع آن به خاک، رساندن **مواد معدنی** مورد نیاز به گیاهان است تا گیاه مواد آلی مورد نیاز را طی فتوسنتز به مقدار لازم بسازد. به یاد دارید که خاک از سه نوع ماده آلی (**هوموس**)، معدنی (**شیمیایی**) و ریزجانداران تشکیل شده است. بر همین اساس نیز سه نوع کود آلی، شیمیایی و بیولوژیک (**باکتری**) وجود دارد. تکرار می‌کنم که هر سه این کودها با هدف تأمین مواد **معدنی** به خاک‌های مختلف افزوده می‌شوند.

الف) کودهای آلی

نکته

- شامل **بقایای جانداران** می‌باشند که پس از مرگ آن‌ها در حال **تجزیه شدن** هستند (**هوموس** خاک می‌باشند).
- در حقیقت در این کودها، مواد آلی آن‌ها در خاک به **آهستگی** تجزیه شده و به مواد معدنی تبدیل می‌شود تا وارد گیاه شود.
- چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند، **استفاده زیاد** از حد آن‌ها به گیاهان **آسیب کمتر** می‌زند (**نه اینکه آسیب نمی‌زنند!!**).
- از معایب آن‌ها این است که این کودها احتمال **آلودگی** به عوامل بیماری‌زا دارند (**دیرک زیاده‌ریش آسیب می‌زنند**).

تکرار دوباره: دقت کنید که هیچ کودی از جمله کودهای آلی، مواد **آلی** را به گیاه منتقل نمی‌کنند بلکه سبب ایجاد مواد معدنی مورد نیاز گیاه می‌شوند تا آن مواد معدنی به صورت شیرۀ خام وارد گیاه شده و طی فتوسنتز به مواد آلی مورد نیاز برای زندگی گیاه تبدیل شوند (**پس عملکرد کم‌کود آلی، مواد آلی حراره وارد گیاه نمی‌کند**).

ب) کودهای شیمیایی (معدنی)

نکته

- از محسنات آن‌ها این است که خود آن‌ها شامل **عناصر معدنی** هستند پس به **راحتی** و بدون نیاز به تغییر در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و به **سرعت** کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کنند.
- معایب مصرف زیاد آن‌ها:
 - (۱) آسیب زیاد به **خاک** و **محیط زیست** می‌زند و **بافت خاک** را **تخریب** می‌کند.
 - (۲) با شسته شدن توسط بارش‌ها، مواد معدنی آن‌ها وارد **آب** شده و در ادامه ورود مواد معدنی به آب سبب رشد سریع باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبی فتوسنتز کننده می‌شود. رشد و افزایش این جانداران در سطح آب، مانع نفوذ **نور و اکسیژن** کافی به عمق آب و در نتیجه مرگ **جانوران آبی** می‌شود.

نکته

ورود کودهای معدنی و مواد آن‌ها به آب، سبب افزایش فتوسنتز برای جانداران آبی و رشد آن‌ها می‌شود. رشد این جانداران در روی آب مانع از نفوذ نور و اکسیژن کافی به قسمت‌های عمقی‌تر آب شده و زندگی جانوران آن منطقه را به مخاطره می‌اندازد.

ج) کودهای زیستی (بیولوژیک) ← تنها کودی که حاوی موجود زنده می‌باشد.

نکته

- شامل **باکتری‌های زنده** هستند که برای **خاک مفید** می‌باشند.
- فعالیت و **تکثیر** باکتری‌های درون این کودها، برخی مواد **معدنی** خاک را افزایش می‌دهد.
- در حقیقت آنزیم‌های باکتری‌های درون آن‌ها سبب افزایش تولید مواد معدنی مورد نیاز گیاه در خاک می‌شوند.
- کودهای زیستی (**بیولوژیک**) استفاده از آن‌ها **بسیار ساده و کم‌هزینه** است.
- این نوع کود به همراه **کودهای شیمیایی** به خاک افزوده می‌شوند.
- معایب دو نوع کود دیگر را ندارند.
- چرخه نیتروژن و سایر عوامل وابسته به باکتری‌ها را در خاک تسریع می‌کنند.

جمع‌بندی کودها

نکته	معایب استفاده زیاد آن‌ها	نحوه انتقال ماده معدنی به گیاه	چه ماده‌ای به گیاه می‌دهند	مواد موجود در کود	انواع کود
آسیب کمی به گیاه می‌زند.	آلودگی به عوامل بیماری‌زا	به آهستگی	مواد معدنی	بقایای در حال تجزیه جانداران (هوموس)	کود آلی
رشد سایر جانداران آبی فتوسنتزکننده را در سطح آب زیاد می‌کند.	آسیب به خاک و محیط زیست	به راحتی و به سرعت	مواد معدنی	عناصر معدنی	کود شیمیایی
ساده و کم‌هزینه اغلب به همراه کود شیمیایی به خاک افزوده می‌شود.	معایب دو کود قبلی را ندارد.	زیاد کردن ماده معدنی خاک	مواد معدنی	باکتری مفید	کود زیستی (بیولوژیک)

تست ۵

چند مورد عبارت «کود می تواند مواد را در خاک زیاد کند.» را به نادرستی تکمیل می کند؟

- (الف) آلی - با بار منفی
(ج) زیستی - آلی و معدنی
(ب) شیمیایی - حفاظت کننده یون های مثبت
(د) آلی - اسیدی برای افزایش هوازدگی شیمیایی سنگ ها
(۱) ۱ مورد
(۲) ۲ مورد
(۳) ۳ مورد
(۴) ۴ مورد

B

پاسخ ۳

موارد (ب)، (ج) و (د) نادرست هستند.

نکته های تستی

(الف) درست است. کودهای آلی همانند گیاجاک شامل بقایای در حال تجزیه جانداران اند و می توانند مواد با بار منفی را در خاک زیاد کنند. همچنین این کودها، مواد معدنی تولید می کنند که می توانند دارای بار مثبت یا منفی بوده و یا اصلاً خنثی باشند. / (ب) نادرست است. گیاجاک، یون های با بار منفی دارد و برخلاف مواد معدنی (که توسط کورهای شیمیایی تأمین می شوند) می تواند مواد حفاظت کننده یون های مثبت را در خاک زیاد کند. / (ج) نادرست است. کودهای زیستی، تولید مواد معدنی را برخلاف مواد آلی زیاد می کنند. / (د) نادرست است. کود آلی و مواد معدنی در هوازدگی شیمیایی سنگ ها نقشی ندارند چون اسیدهای مورد استفاده، توسط جانداران و نیز گیاهان تولید می شوند.

تست ۶

کدام عبارت درباره انواع کودها نادرست است؟

- (۱) کودهای معدنی برخلاف کودهای مشابه گیاجاک به سرعت کمبود مواد مغذی خاک را جبران می کنند.
(۲) مصرف زیاد کودهای معدنی برخلاف کودهای بیولوژیک می تواند بافت خاک را تخریب کند.
(۳) مصرف زیاد کودهای آلی همانند کودهای بیولوژیک به گیاهان آسیب کمتری می زند.
(۴) استفاده از کودهای بیولوژیک همانند کودهای معدنی بسیار ساده و کم هزینه است.
استفاده از کودهای بیولوژیک (ریستی)، ساده تر و کم هزینه تر از سایر کودهاست (پس کور شیمیایی نمی تواند از این نظر مشابه آن باشد).

B

پاسخ ۴

نکته های تستی

گزینه (۱): داشتن سرعت زیاد در رفع کمبود مواد مورد نیاز خاک، فقط در کود شیمیایی دیده می شود و کودهای آلی، مواد معدنی را به آهستگی آزاد می کنند. / گزینه (۲): کودهای شیمیایی تنها کودهایی هستند که می توانند بافت خاک را تخریب کنند. / گزینه (۳): مصرف بیش از اندازه کودهای آلی، آسیب کمتری به گیاهان می زند و کودهای زیستی هم معایب سایر کودها را ندارند بنابراین نمی توانند همانند کود شیمیایی، آسیب زیادی به گیاه و خاک بزنند.

نکات افزایش مواد در خاک

- (۱) افزایش بیش از حد برخی مواد در خاک می تواند سبب ایجاد مسمومیت در گیاه شده و مانع رشد گیاهان بشود.
(۲) برخی گیاهان غلظت های زیادی از مواد سمی درون خاک را می توانند درون خود به صورت ایمن نگهداری کنند. مثلاً نوعی سرخس می تواند آرسنیک که ماده ای سمی است را در خود جمع کند. (آرسنیک و ساینید با پرکردن جایگاه فعال آنزیم ها، کار آن ها را مختل می کنند).
(۳) برخی گیاهان مانند گیاه گل ادریسی می توانند آلومینیوم را در واکوئول بافت های خود ذخیره کنند.
(۴) گیاه گل ادریسی، در خاک های خنثی و قلیایی گلبرگ های صورتی رنگ دارد ولی وقتی در خاک های اسیدی پر آلومینیوم قرار می گیرد، با تجمع این عنصر در گلبرگ های خود از حالت صورتی به رنگ آبی درمی آید.



(ب)



(الف)

«رنگ گل گیاه ادریسی در خاک های اسیدی (الف) و قلیایی و خنثی (ب)»

توجه! دقت کنید که گیاهانی مانند گل ادریسی با اینکه در یاخته های خود یک فرمول ژنتیکی (ژنوتیپ) خاص دارند ولی در محیط های مختلف شکل ظاهری (فینوتیپ) متفاوتی را نشان می دهند. از طرفی دقت کنید که این گیاه در خاک اسیدی جمع آوری آلومینیوم را انجام داده که در حقیقت نقش ماده رنگی آنتوسیانین و اکونول آن ها را در pH های مختلف نشان می دهد (خاک اسیدی در محیط این گیاه، بار منفی دارد که سبب نگهداری یون های مثبت مفید خاک نیز می شود).

- (۵) از برخی گیاهان که توانایی جذب و ذخیره برخی مواد مثل نمک ها را دارند و می توانند در خاک های دارای نمک فراوان، سبب کاهش شوری خاک شوند، برای بهبود کیفیت خاک و کاهش مواد نمکی استفاده می کنند که باید کاشت و برداشت آن ها را در چند سال پی در پی در خاک انجام داد.

نکته

خاک شور، چون املاح زیادی دارد، سبب آبیگری از گیاهان می شود که در ادامه سبب پلاسمولیز گیاه شده و گیاه به خوبی در آن رشد نمی کند. در این خاک ها باید طی چند سال برخی گیاهانی را کاشت که می توانند نمک خاک را جذب کنند و سبب کاهش شوری خاک شوند و سپس این خاک قابل کشت برای سایر گیاهان می شود.

تست ۷

گیاهانی که می توانند غلظت های زیادی از موادی را که مانع از رشد سایر گیاهان می شود، درون خود به صورت ایمن نگه دارند، (قلم چی)

- (۱) ممکن است در بهبود کیفیت خاک نقش داشته باشند.
(۲) ممکن است با فعالیت خود مواد معدنی خاک را افزایش دهند.
(۳) ممکن نیست این ترکیبات را در بافت های خود ذخیره کنند.
(۴) ممکن نیست در خاک های با pH متفاوت، رنگ گل های متفاوت داشته باشند.
بعضی گیاهان با جذب و ذخیره بعضی مواد مانند نمک ها، موجب کاهش شوری خاک می شوند. با کاشت و برداشت این گیاهان در چند سال پی در پی می توان باعث کاهش این مواد و بهبود کیفیت خاک شد. اما می دانید که با این کار، مواد معدنی خاک را کاهش می دهند (نه اینکه افزایش دهند) (رد گزینه (۲)). این مواد در بافت ها ذخیره می شوند (رد گزینه (۳)). تغییر رنگ گلبرگ ها با تفاوت اسیدیته در گیاه ادریسی رخ می دهد (رد گزینه (۴)).

A

پاسخ ۱

درسنامه

گفتار ۲

جانداران مؤثر در تغذیه گیاهی

در این گفتار می‌خواهیم به بررسی همزیستی بین گیاهان با برخی جانداران پیردازیم تا متوجه شویم که چگونه جانداران می‌توانند با زندگی اجتماعی، مشکلات همدیگر را حل کرده و سبب افزایش بقا و زادآوری خود شوند.

در حقیقت **گیاهان شیوه‌های شگفت‌انگیزی** برای گرفتن مواد مورد نیاز خود از جانداران دیگر دارند که با **برخی** از این جانداران رابطه **همزیستی** برقرار می‌کنند. دو نوع مهم رابطه همزیستی از نوع **همیاری** گیاهان به صورت قارچ ریشه‌ای (**میکوریزا**) و یا با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن می‌باشند (**در همیاری ریزوئوم**).

نکته

گیاهان به دلیل اینکه برای فتوسنتز محتاج به **آب** و مواد **معدنی** از خاک می‌باشند، آماده زندگی همزیستی با جانداران **خاکزی** تأمین‌کننده آب و مواد معدنی می‌باشند. در این همیاری گیاه مواد **آلی** را برای جاندار دیگر فراهم می‌کند، در عوض جاندار دیگر شیره **خام** مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند.

الف) همزیستی قارچ ریشه‌ای (میکوریزا)



قارچ ریشه‌ای، همزیستی بین **ریشه گیاهان با انواعی از قارچ‌ها** می‌باشد. در این همزیستی هر دو جاندار در این رابطه **سود** می‌برند. در طبیعت قارچ ریشه‌ای یکی از معمول‌ترین سازگاری‌های حدود ۹۰ درصد **گیاهان دانه‌دار** با قارچ‌ها می‌باشد.

در این رابطه، قارچ‌ها می‌توانند علاوه بر سطح به **درون ریشه نیز نفوذ کرده باشند** یعنی به صورت **غلافی** علاوه بر اینکه در **سطح بیرونی** ریشه زندگی می‌کنند، رشته‌های ظریفی نیز از بدن خود را به درون ریشه گیاه وارد کنند و به تبادل مواد با گیاه بپردازند.

در قارچ ریشه‌ای، قارچ به دلیل اینکه **بدن رشته‌ای و بسیار ظریف** با نسبت سطح به حجم **بالا** دارد، نسبت به ریشه گیاه با سطح **بیشتری** از خاک در تماس است و این ویژگی سبب می‌شود که **مواد معدنی بیشتری** (مخصوصاً **فسفات**) توسط قارچ فراهم شود و در نتیجه قارچ مواد معدنی زیادی به گیاه بدهد. گیاه نیز این شیره خام را در اندام فتوسنتزکننده به مواد آلی تبدیل می‌کند و سپس قارچ از **ریشه گیاه**، این مواد آلی را به عنوان منبع انرژی دریافت می‌کند. (**رشته کبک که قارچ از مواد شیره پرورده آوند آبکش ریشه استفاده می‌برد.**)

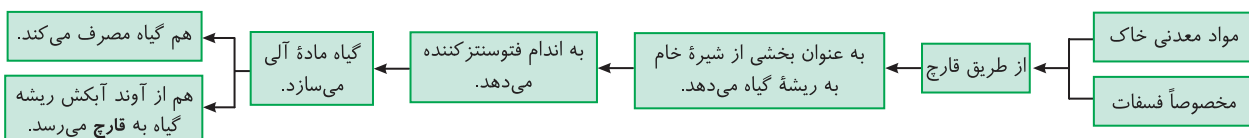
نکته

وجود گیاهان **شاداب** همزیستی‌کننده به صورت قارچ ریشه‌ای در خاک‌هایی که از نظر مقدار مواد معدنی فقیر هستند، **تأحد زیادی** به علت توانایی قارچ ریشه‌ای آن در جذب سریع مواد و انتقال به ریشه گیاه است و مطالعات نشان داده است که در **وضعیت محیطی برابر**، گیاهی که با قارچ همزیستی قارچ ریشه‌ای کرده است نسبت به گیاه فاقد این ویژگی، رشد **بیشتری** دارد. (**در شکل مقابل، گیاه سمت چپ برخلاف سمت راست، همزیستی قارچ ریشه‌ای دارد و رشد بیشتری کرده است در حالی که شرایط محیطی برابر است.**)



پایانوی: از فصل (۱) به یاد دارید که قارچ‌ها همانند جانوران، قند اضافی را به صورت گلیکوژن ذخیره می‌کنند ولی قند ذخیره‌ای در گیاهان، سلولز می‌باشد.

● خلاصه همیاری قارچ ریشه‌ای



تکست ۸

در مورد قارچ ریشه‌ای کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) گیاه برای زندگی در محیط دارای فقر نیتروژن انجام می‌دهد.
- (۲) در حدود ۹۰٪ اندام‌های گیاهان دانه‌دار مشاهده می‌شود.
- (۳) آوندهای گیاه به درون رشته‌های ظریف فرو می‌روند.
- (۴) قارچ مواد کربن‌دار را از گیاه گرفته و به گیاه مواد غیرآلی می‌دهد.

پایه ۴

در قارچ ریشه‌ای:
 قارچ به گیاه مواد معدنی می‌دهد.
 قارچ از گیاه مواد آلی می‌گیرد که کربن‌دار است.

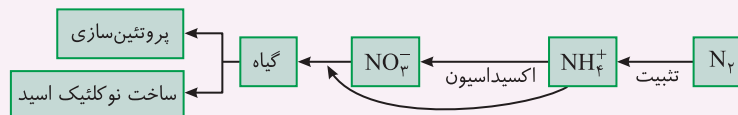
تله‌های تستی

گزینه (۱): قارچ ریشه‌ای برای گرفتن مواد معدنی مختلف مخصوصاً فسفات است. / گزینه (۲): این همیاری در ۹۰٪ گیاهان دیده می‌شود (نه ۹۰٪ اندام‌های گیاهی). / گزینه (۳): رشته‌های ظریف قارچ به درون آوندهای گیاه می‌روند (نه برعکس!).

ب) همزیستی گیاه با باکتری‌های تثبیت‌کننده‌های نیتروژن

برخی از گیاهان قادرند برای به دست آوردن **نیتروژن بیشتر**، با **انواعی از باکتری‌ها** همزیستی کنند که از مهم‌ترین باکتری‌های این همزیستی می‌توان دو نوع **ریزوبیوم‌ها** و **سیانوباکتری‌ها** را نام برد. این همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن صورت می‌گیرد که در گفتار قبل به بررسی آن‌ها پرداختیم.

باتاوری: تثبیت نیتروژن، تبدیل N_2 **گازی جو به محلول آمونیاک (آمونیم) NH_4^+** می‌باشد. بعد از انجام این عمل در خاک و با کمک **باکتری‌های دیگری** که تثبیت‌کننده نیتروژن **نیستند** ولی در خاک به عنوان **نیترا ساز معروف** هستند، **آمونیم خاک به نیترا** تبدیل می‌شود. هم آمونیوم (NH_4^+) و هم نیترا (NO_3^-) می‌توانند وارد ریشه گیاه شده و به کمک نیتروژن آن‌ها، فرایندهای پروتئین‌سازی، ساخت مواد وراثتی و... در گیاه کامل شود.



● (۱) همزیستی گیاه با ریزوبیوم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن

این همزیستی بین باکتری‌های **ریزوبیومی** با **ریشه گیاهان زراعی مخصوصاً تیره پروانه‌واران** (سویا، یونجه و نخود از گیاهان مهم زراعی پروانه‌واران هستند) صورت می‌گیرد. در این همزیستی، همانند قارچ ریشه‌ای با سود رسیدن به هر دو جاندار همراه است به این صورت که باکتری‌های ریزوبیوم که **مهم‌ترین** تثبیت‌کننده‌های نیتروژنی هستند، در محل برجستگی‌هایی در ریشه این گیاهان به نام **گرهک** زندگی و رشد می‌کنند و به تثبیت نیتروژن می‌پردازند (N_2 **در درجک هوا را به NH_4^+** تبدیل می‌کنند). تا وقتی گیاه زنده است از آمونیوم حاصل از عمل باکتری‌های آن‌ها استفاده می‌کند و با ساخت مواد آلی که طی فتوسنتز رخ می‌دهد، به این باکتری‌های مصرف‌کننده نیز مواد آلی تأمین‌کننده انرژی را می‌رساند.



گرهک‌های ریشه گیاه که پر از باکتری ریزوبیوم است

چون این گیاهان اغلب **یک** سال زندگی می‌کنند، هنگامی که می‌میرند یا بخش‌های **هوابی** آن‌ها برداشت می‌شوند، گرهک‌های پر ریزوبیوم آن‌ها در خاک می‌ماند و تا مدت‌ها خاک را غنی از نیتروژن می‌کند. نیتروژن تثبیت شده در آن‌ها در بقایای گیاهی یا **گیاخاک (هوموس)** شرکت دارد. این حالت سبب امکان رشد بهتر سایر گیاهان در سال‌های بعد در این خاک می‌شود.

نکته

ریزوبیوم‌ها انواعی از باکتری‌های **خاکزی** مصرف‌کننده مواد آلی هستند که توانایی ساخت مواد آلی را از مواد معدنی ندارند ولی توانایی تثبیت نیتروژن را دارند. به همین دلیل در یک رابطه برد برد دوطرفه با گیاهان شرکت می‌کنند.

نکته

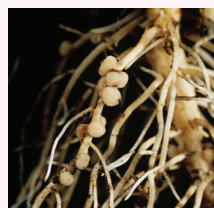
از سال‌های قدیم برای **تقویت خاک، تناوب کشت** گیاهان انجام می‌شد به صورتی که گیاهان **زراعی مختلف** را پی‌درپی می‌کاشتند. به همین دلیل کشاورزان هر چند سالی که محصول اصلی خود را می‌کاشتند و برداشت می‌کردند، یک سال نیز گیاهان تیره پروانه‌واران را کشت می‌دادند. همزیستی این گیاهان با ریزوبیوم‌ها باعث غنی شدن خاک از منبع **نیتروژن** می‌شود. در نتیجه خاک آن‌ها حاصل‌خیز شده و برای چند سال پر از گیاخاک نیتروژن‌دار می‌شد که شرایط بسیار مطلوبی برای رویش سایر گیاهان می‌باشد.

نکته



به دلیل شباهت **گل‌های** گیاهان تیره پروانه‌واران به پروانه، آن‌ها را به نام تیره پروانه‌واران، نام‌گذاری کرده‌اند.

(قلم‌چی)



شکل در ارتباط با ساختاری است که

- (۱) می‌تواند گیاخاک غنی از نیتروژن به وجود آورد.
- (۲) نوعی همزیستی با باکتری فتوسنتزکننده دارد.
- (۳) به علت وجود تشکیل غلاف در سطح ریشه و نفوذ به درون آن، جذب مواد معدنی را افزایش می‌دهد.
- (۴) به صورت انگل با ایجاد اندام مکنده و نفوذ به درون ریشه، مواد مغذی را دریافت می‌کند.

شکل در ارتباط با **گرهک‌های** ریشه گیاهان پروانه‌واران است که نوعی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن به نام ریزوبیوم در آن زندگی می‌کند. با مرگ گیاه و باقی‌ماندن گرهک‌ها در خاک، گیاخاک غنی از نیتروژن ایجاد می‌شود. ریزوبیوم‌ها فتوسنتزکننده نیستند و برخلاف قارچ‌ها در ریشه، تشکیل غلاف نمی‌دهند (رد گزینۀ (۲) و (۳)). همزیستی میان ریزوبیوم و گیاه، از نوع انگلی نیست چون به هر دو طرف سود می‌رسد (همپری) (رد گزینۀ (۴)).

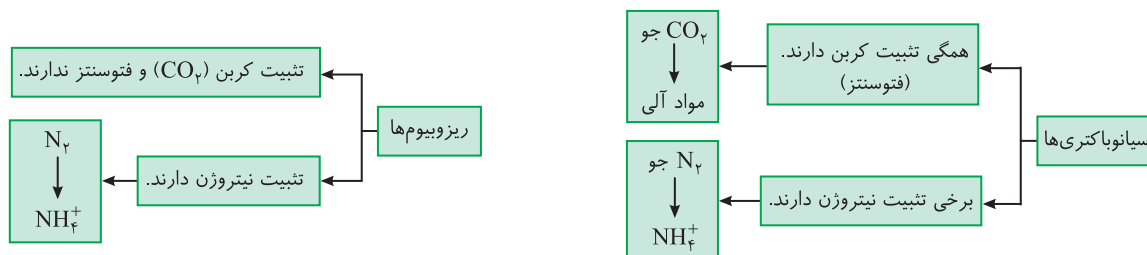
پاسخ

● (۲) همزیستی گیاه با سیانوباکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن

سیانوباکتری‌ها از باکتری فتوسنتزکننده می‌باشند که همانند سایر فتوسنتزکنندگان طبیعت می‌توانند با استفاده از انرژی نور خورشید CO_2 جو را تثبیت کرده و به صورت مواد آلی در بیاورند، ولی برخی از سیانوباکتری‌ها، علاوه بر فتوسنتز (تثبیت کربن که در سال نوار زردم می‌خوانید) توانایی تثبیت نیتروژن و تبدیل N_2 جو به آمونیوم (NH_4^+) را نیز دارند (رشته کشید که همه سیانوباکتری‌ها، فتوسنتزکننده و تولیدکننده O_2 هستند ولی برخی می‌توانند تثبیت نیتروژن کنند).

نکته

در زیست دوازدهم می‌آموزید که سیانوباکتری‌ها، باکتری‌هایی دارای رنگیزه **کلروفیل a** بوده که همانند گیاهان با استفاده از الکترون‌های آب و انرژی نور خورشید به تولید مواد آلی می‌پردازند و سبب آزاد کردن گاز O_2 به اتمسفر می‌شوند.



چرا باکتری فتوسنتزکننده با گیاه همزیستی می‌کند؟

مشاهده شده است اگر نور به سیانوباکتری‌هایی که در مجاور گیاه قرار می‌گیرند، نرسد، در حقیقت منبع انرژی لازم برای فتوسنتز قطع شده است و باکتری فاقد قدرت فتوسنتزی می‌شود که برای آن‌ها مرگ آور است. در اثر همزیستی آن‌ها با گیاهان مشکل آن‌ها در نداشتن فتوسنتز و غذاگیری در این شرایط حل می‌شود. از طرفی نیتروژن مورد نیاز گیاه را نیز فراهم می‌کند.

همزیستی آژولا با سیانوباکتری‌ها



«آژولا»

آژولا که گیاه **کوچک آبزی** در تالاب‌های شمال ایران و مزارع **برنج** می‌باشد، با سیانوباکتری‌ها همزیستی دارد. البته این گیاه، بومی ایران نیست بلکه آن را برای تقویت مزارع برنج به تالاب‌های شمال وارد کردند ولی به دلیل همزیستی آن با **سیانوباکتری**، رشد **سریعی** داشت و آن قدر در تالاب زیاد شد که مانع ورود نور به تالاب شد و در اثر کمبود فتوسنتز جانداران **آبزی** در این ناحیه، **اکسیژن** آب کم شد و سبب مرگ بسیاری از آبزیان منطقه شد، اکنون رشد این گیاهان، معضلی برای این تالاب‌ها شده است.

نکته

این عمل همانند اثر زیادی کودهای **شیمیایی** برای رشد زیاد جانداران فتوسنتزکننده آبزی می‌باشد که مانع ورود نور و اکسیژن کافی به آب برای سایر جانداران می‌شود. در اثر این همزیستی، گیاه از سیانوباکتری، آمونیوم را به همراه نیتروژن تثبیت شده به دست می‌آورد و از طرفی به این باکتری مواد آلی می‌رساند. گیاه آژولا در سامانه زمین‌های خود پارانشیم‌های هوادار دارد (چون آبزی می‌باشد).

همزیستی گونرا با سیانوباکتری‌ها



«گونرا»

بعضی از گیاهان مانند **گونرا** می‌توانند در **نواحی فقیر از نیتروژن** رشد شگفت‌انگیزی داشته باشند. دلیل این رشد، همزیستی با سیانوباکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن درون **ساقه و دمبرگ** گیاه می‌باشد. دقت کنید که علت رشد بسیار زیاد این گیاهان که در شکل مقابل در مقایسه با اندازه بدن انسان می‌بینید همزیستی آن‌ها با سیانوباکتری‌ها بوده است.

نکته

علت بزرگ بودن گیاه گونرا و برگ آن‌ها در مناطق دارای فقر نیتروژن، همزیستی آن‌ها با سیانوباکتری‌ها و تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌هاست.

نکته

ریزوبیوم با **ریشه** گیاهان همیاری می‌کند ولی سیانوباکتری با بخش‌های **هوایی و فتوسنتزکننده** گیاه همیاری می‌کند.

تست ۱۰

کدام گزینه عبارت مقابل را به درستی تکمیل می‌کند؟ «در همزیستی با»

- (۱) قارچ - ساقهٔ گونرا، تثبیت نیتروژن انجام می‌شود.
 (۲) ریزوبیوم - ریشهٔ سویا، برجستگی‌هایی در ریشه ایجاد می‌شود.
 (۳) سیانوباکتری - آزولا، اندازهٔ گیاه از انسان هم بزرگ‌تر می‌شود.
 (۴) باکتری فتوسنتزکننده - دمبرگ نوعی گیاه، تثبیت نیتروژن دیده می‌شود.
 در همزیستی سیانوباکتری فتوسنتزکننده با دمبرگ یا ساقهٔ گونرا، تثبیت نیتروژن الزامی است.

B

پایخ ۴



تله‌های تستی

گزینه (۱): قارچ با ساقهٔ گونرا همزیستی ندارد. / گزینه (۲): این برجستگی‌ها از قبل در ریشهٔ پروانه‌واران بوده است. / گزینه (۳): اندازهٔ آزولا از یک بند انگشت هم کوچک‌تر است ولی گونرا اندازهٔ بسیار بزرگی دارد.

تست ۱۱

سیانوباکتری‌ها

(قلم‌چی)

- (۱) همواره توانایی تثبیت نیتروژن را دارند.
 (۲) نیتروژن تثبیت شده توسط آزولا را دریافت می‌کنند.
 (۳) با انجام فتوسنتز در کلروپلاست خود، نیاز به جذب مواد آلی ندارند.
 (۴) با وجود توانایی فتوسنتز می‌توانند از محصولات فتوسنتزی گیاه نیز استفاده نمایند.
 سیانوباکتری‌ها، نوعی از باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که در هنگام همزیستی با بعضی گیاهان نظیر گونرا از محصولات فتوسنتزی گیاه نیز استفاده می‌کنند.

B

پایخ ۴



تله‌های تستی

گزینه (۱): تنها برخی از سیانوباکتری‌ها علاوه بر تثبیت کربن (فتوسنتز) به تثبیت نیتروژن می‌پردازند. / گزینه (۲): وظیفهٔ سیانوباکتری‌های همزیست با آزولا، تأمین نیتروژن آن است (نه مصرف نیتروژن گیاه). / گزینه (۳): سیانوباکتری‌ها در همزیستی با گیاهان مختلف، می‌توانند در قسمت‌هایی قرار بگیرند که نور به آن‌ها نرسد و نتوانند به خوبی فتوسنتز کنند. در این صورت می‌توانند از گیاه همیار، مواد آلی دریافت کنند.

روش‌های دیگر به دست آوردن غذا در گیاهان

گیاهان حشره‌خوار



«توبره‌واش»

برخی از گیاهان با اینکه فتوسنتزکننده‌اند و مواد آلی مورد نیاز خود را با استفاده از نور خورشید و مواد معدنی می‌سازند ولی در مناطق فقیر از نظر **نیتروژن** زندگی می‌کنند و مجبورند با شکار برخی جانوران **کوچک** و گوارش آن‌ها، نیتروژن کافی مورد نیاز خود را برای ساخت پروتئین‌ها و مواد وراثتی به دست بیاورند.

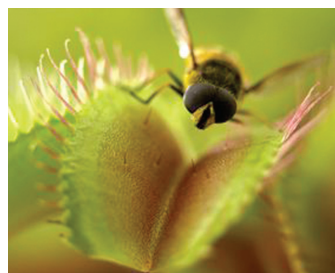
نکته

دقت کنید که اسم این گیاهان، حشره‌خوار است ولی کتاب شکار آن‌ها را جانورانی کوچک مانند حشرات دانسته است (نه فقط حشرات).

در این گیاهان (مثل **توبره‌واش** در کالاه‌های شمال کشور) **برخی برگ‌ها** (نه همهٔ آن‌ها) که اغلب دارای مژه‌های حساسی برای تماس با بدن جانوران کوچک مثل حشرات یا لاروی آن‌ها هستند، با تماس با بدن حشره **به سرعت** بسته می‌شوند. گیاه **توبره‌واش** نیز به روش مشابهی حشره یا لاروی آن‌ها را به سرعت به درون بخش **گوزه‌مانند** می‌کشانند و سپس آن‌ها را **گوارش** می‌دهد. این گیاهان قدرت ترشح آنزیم‌های گوارشی دارند.

نکته

- همانند گونرا در مناطق دارای فقر نیتروژن زندگی می‌کند.
- همانند آزولا آبی است و پارانشیم هوادار دارد.
- برخلاف گونرا و آزولا با جانور به همزیستی نمی‌پردازد بلکه زندگی شکارچی‌وار دارد.
- فقط حشره یا لارو آن را می‌خورد.



«چند نوع گیاه حشره‌خوار»

تنها گیاهانی هستند که **برخی** از آن‌ها **فتوسنتز نمی‌کنند**. در حقیقت در بین گیاهان، انواعی به نام **انگل** وجود دارند که **همه یا بخشی** از آب و مواد غذایی خود را از **گیاهان** فتوسنتز کننده دیگر دریافت می‌کنند و در حقیقت انگل گیاهان فتوسنتز کننده هستند. **گیاه سس و گل جالیز دو نمونه از گیاهان انگل می‌باشند**.

نکات مهم در بررسی تست‌ها



«گیاه انگل سس»



«رابطه انگلی گیاه گل جالیز با بوته گوجه‌فرنگی»

۱ گیاه سس **ساقه** نارنجی یا زرد رنگ کاروتنوئیددار و رنگ‌دیسه‌دار دارد ولی فاقد **ریشه** می‌باشد. این گیاه، انگل و غیرفتوسنتزکننده می‌باشد و به دور گیاه **سس** میزبان می‌پیچد. گیاه سس، **اندام‌های مکنده** خود را وارد دستگاه و بافت آوندی **آبکش (غیرخوری)** اندام هوایی **سس** گیاه میزبان می‌کند تا مواد مورد نیاز خود را در این رابطه انگلی از میزبان زنده به دست بیاورد.

۲ دقت کنید که با توجه به گیاه سس می‌توان گفت در برخی گیاهان ساقه وجود دارد ولی به ریشه‌ای متصل نمی‌باشد.

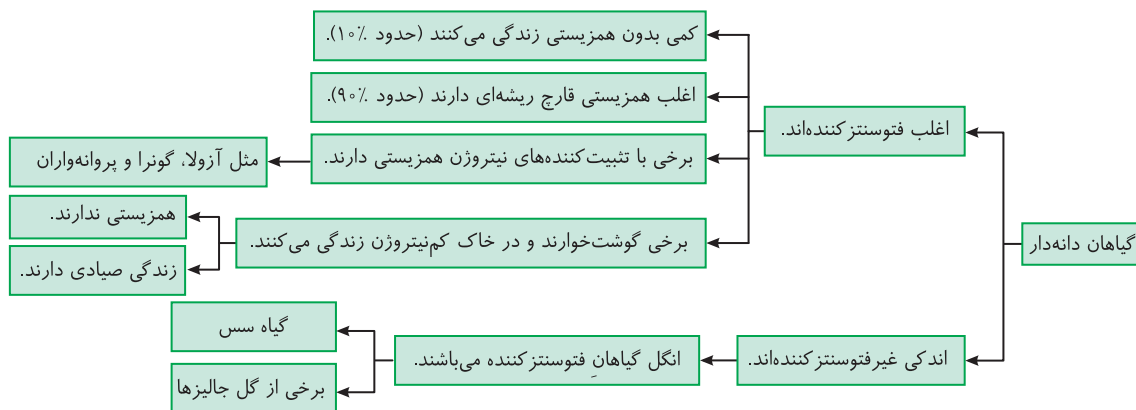
۳ سس، گیاه انگلی است که **همانند** خز **ریشه** ندارد ولی **برخلاف** خز فتوسنتز نمی‌کند، پس همه آب و مواد آلی و معدنی مورد نیاز را از گیاهان دیگر می‌گیرد. این گیاه سبزدیسه ندارد ولی مواد رنگی ساقه آن سبب رنگ زرد یا نارنجی آن شده است.

۴ **گل جالیز** گیاه انگل دیگری است که اندام مکنده ایجاد می‌کند و آن را وارد **ریشه گیاهان جالیزی (مثل برنج گوجه‌فرنگی)** می‌کند تا مواد مغذی را دریافت کند.

۵ انواعی از گیاهان انگلی که فاقد قدرت فتوسنتز هستند، **همه** مواد آلی مورد نیاز را از گیاهان دیگر می‌گیرند ولی برخی دیگر که قدرت فتوسنتز کمی دارند، برخی از مواد آلی مورد نیاز را از گیاهان دیگر می‌گیرند.

۶ گل جالیز یک گیاه انگل می‌باشد و آن را با گیاهان جالیزی مثل گوجه‌فرنگی که میزبان گل جالیز است، اشتباه نگیرید.

۷ در رابطه انگلی، جاندار انگل برای ادامه حیات، محتاج به زنده ماندن جاندار میزبان است، به همین دلیل برخلاف رابطه صیادی (مثل گیاهان گوشت‌خوار)، در رابطه انگلی، جاندار انگل، جاندار میزبان را از بین نمی‌برد.



چند عبارت زیر نادرست می‌باشد؟

تست ۱۲

الف) آلکالوئیدهای گیاه توپره‌واش سبب مرگ حشرات می‌شوند.

ب) حشرات برخلاف هر نوع گیاهی، واحد آنزیم‌های گوارشی می‌باشند.

ج) ساقه سبز یا نارنجی سس به دور اندام گیاه میزبان فتوسنتزکننده می‌پیچد.

د) نفوذ اندام مکنده گیاه جالیزی به درون گل جالیز نوعی زندگی انگلی می‌باشد.

۴ (۴) مورد

۳ (۳) مورد

۲ (۲) مورد

۱ (۱) مورد

همه موارد نادرست می‌باشند.

C

پایه ۴

تله‌های تستی الف) آلکالوئیدها سبب دور کردن گیاه‌خواران می‌شوند ولی در توپره‌واش برگ‌های کوزه‌مانند با خفه کردن حشرات و سایر جانوران کوچک سبب مرگ آن‌ها می‌شوند. / ب) توپره‌واش گیاهی فتوسنتزکننده و دارای آنزیم گوارشی است. / ج) ساقه گیاه سس، سبز نمی‌باشد. / د) گیاه گل جالیز انگل است و اندام مکنده دارد (نه گیاه جالیز).

رابطه	نوع رابطه	نوع و قسمت گیاه	طرف دوم رابطه	نکته خاص
قارچ ریشه‌ای (میکوریزا)	همزیستی	ریشه گیاه آوندی	انواع مختلف قارچ‌ها	بیشترین همزیستی در گیاهان دانه‌دار می‌باشد. بیشتر برای گرفتن فسفات است.
ریزوبیوم با گیاه	همزیستی	ریشه گیاه زراعی	باکتری مصرف کننده ریزوبیوم	برای تقویت خاک و تناوب کشت و جذب نیتروژن بیشتر می‌باشد.
سیانوباکتری با آزولا	همزیستی	گیاه آبزی کوچک آزولا	باکتری فتوسنتزکننده (سیانوباکتری)	سبب گاهش ورود نور و O_2 به آب شده است.
سیانوباکتری با گونرا	همزیستی	ساقه و دمبرگ گونرا	باکتری فتوسنتزکننده (سیانوباکتری)	در نواحی فقیر از نظر نیتروژن می‌باشد.
گیاه گوشت‌خوار - حشرات	صیادی - شکارچی	برخی از برگ‌های گیاه	جانوران کوچک (حشرات)	مانند توبه‌واش با اندام کوزه‌مانند - گوارش برون یاخته‌ای دارد.
سس و گل جالیز با گیاهان	انگلی	گیاه انگل سس یا گل جالیز	گیاه فتوسنتزکننده	سس ریشه ندارد - اندام مکنده برای گرفتن شیره پرورده دارد.

درسنامه

گفتار ۳ انتقال مواد در گیاه

در این گفتار می‌خواهیم به روش‌های انتقال آب و مواد معدنی، از خاک تا اندام فتوسنتزکننده بپردازیم و سپس انتقال مواد آلی ساخته شده در گیاه را به همه اندام‌ها بررسی کنیم. به‌طور کلی آب و مواد محلول مورد نیاز گیاه، **اغلب** از خاک اطراف **ریشه‌ها** جذب شده و به گیاه وارد می‌شود تا توسط مسیرهایی به ساقه و برگ برای فتوسنتز و سایر واکنش‌های زیستی بروند.

نکته

بخش زیادی از آب جذب شده گیاه با فرایند **تعرق** و به صورت **تبخیر** از **سطح** اندام‌های **هوایی** به ویژه برگ به هوا خارج می‌شود. پس از همین اول گفتار دقت کنید که تعرق خروج آب به صورت **بخار** از اندام‌های **هوایی** گیاه می‌باشد.

تعرق و راه‌های مختلف انتقال آب و مواد معدنی

همان‌طور که گفتیم، در **تعرق** خروج آب به صورت بخار از سطح اندام‌های **هوایی** گیاه صورت می‌گیرد که سازوکاری لازم برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی در نهایت به **برگ** را فراهم می‌کند. این عامل **مهم‌ترین** نقش را برای انتقال آب از ریشه‌ها به سمت اندام‌های هوایی ایفا می‌کند. در گیاهان آب و املاح یا در مسیرهای کوتاه در **عرض** یک اندام مثل برگ و ریشه حرکت می‌کنند و یا در مسیرهای بلند از **آوندها** گذشته تا از ریشه به ساقه و در انتها به برگ برسند.

نکته

انواع مسیر جابه‌جایی آب و مواد معدنی در گیاهان

- مسیر کوتاه:** در این مسیر، جابه‌جایی آب و مواد در سطح یک **یاخته** یا **چند یاخته** بررسی می‌شود.
- مسیر بلند:** در این مسیر، جابه‌جایی مواد و آب در مسیر طولانی‌تر و بین **اندام‌های مختلف** که گاهی به ۱۰۰ متر می‌رسد بررسی می‌شود (مثل انتقال آب در طول **ساقه از ریشه تا رسیدن به برگ**).

انتقال آب در عرض ریشه

انتقال آب در بین یاخته‌های مختلف برگ

نکته

در هر دو مسیر کوتاه و بلند برای انتقال مواد در گیاه، **آب** به عنوان انتقال دهنده مواد، نقش اساسی داشته که **ویژگی آب** در انتقال از محیط دارای محلول رقیق‌تر به غلیظ‌تر با روش **اسموز** باعث این نقش می‌شود.

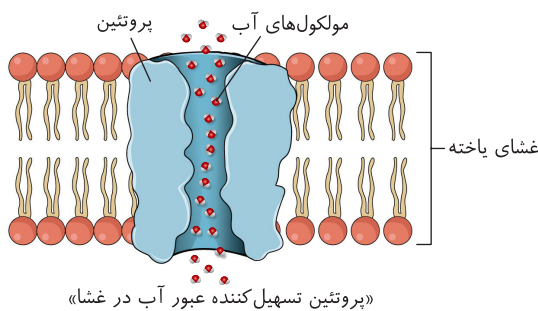
بررسی مسیرهای جابه‌جایی مواد در گیاه

جابه‌جایی مواد در مسیر کوتاه

- این مسیر در گیاهان شامل دو قسمت می‌شود. (۱) انتقال مواد در سطح یاخته‌ای (ورود به درون یک یاخته)
(۲) انتقال مواد در عرض اندام (عبور به اندازه چند یاخته)

● (۱) انتقال مواد در سطح یاخته‌ای

این حالت به بررسی و جابه‌جایی مواد از سطح **غشای** یاخته یا غشای **واکونول** آن می‌پردازد که مانند فصل (۱) برای انتقال مواد کوچک، مواد برحسب **انتشار** (**غیرفعال**) یا **انتقال فعال** و در حد تبادل یاخته‌ای منتقل می‌شود. در این روش انتقالی، مواد از غشای یاخته به درون یا بیرون یاخته عبور می‌کند و **تفاوت غلظت** دو سمت غشای یاخته نقش اصلی در جابه‌جایی مواد دارد. دقت کنید که عبور آب از راه فضای بین فسفولیپیدهای غشا و یا بدون عبور از بین پروتئین‌های مخصوص آب در غشای یاخته‌ها در مسیر انتقال مواد در سطح یاخته نقشی ندارند ولی عبور آب از فضای بین یاخته‌ها در این مسیر جایی ندارد.



یک مطلب مهم و جدید: در غشای یاخته‌های **جانوری** و **گیاهی** و در غشای واکونول **برخی** یاخته‌های **گیاهان**، کانال‌های **پروتئینی** و **فاقد** دریچه‌ای ویژه عبور آب (**به نام آکوئیرین**) وجود دارند که سرعت جریان آب را بین **یاخته‌ها** و **واکونول‌ها** زیاد می‌کنند. در حقیقت مقدار این کانال‌ها برحسب محیط یاخته و جاندار تغییر می‌کند. در هنگام **کم‌آبی**، ساخت این پروتئین‌های غشایی **تشدید** می‌شود. این پروتئین‌ها همان‌طور که در شکل می‌بینید در کل عرض غشا قرار دارند و کل قسمت‌های فسفردار آب‌دوست و اسیدهای چرب آب‌گریز فسفولیپیدها در تماس می‌باشند. در سال یازدهم می‌آموزید که در مناطق خشک، هم‌زمان با افزایش هورمون **آبسیریک اسید** ساخت این پروتئین‌های غشایی زیاد می‌شود تا ورود آب به گیاه از ریشه زیاد شود.

نکته

پروتئین‌های توضیح داده شده در مطلب بالا توسط راتن‌های روی شبکه آندوپلاسمی تولید و در دستگاه گلژی بسته‌بندی می‌شوند.

نکته

انتقال آب شیرۀ خام از راه **کانال پروتئینی آب**، نوعی **انتشار تسهیل شده** می‌باشد که در جهت مقدار آب از جای رقیق به غلیظ می‌باشد. دقت کنید که انتقال آب در این مسیر، نمونه‌ای از **اسمز** از راه این **کانال‌ها** می‌باشد. به یاد دارید که **آب** از هر مسیر فسفولیپیدی یا منافذ پروتئینی غشا امکان عبور دارد. یعنی عبور آب علاوه بر این پروتئین‌های اختصاصی، از لابه‌لای منافذ فسفولیپیدها نیز صورت می‌گیرد.

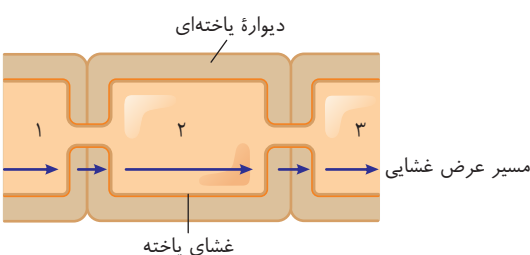
● (۲) انتقال مواد در عرض ریشه

در عرض ریشه، آب و مواد محلول معدنی باید به ترتیب از **روپوست** (اغلب از **تره‌های کهنه**)، **پوست** (**بافت زمینه‌ای**) و سپس لایه **ریشه‌زا** که خارجی‌ترین بخش دربرگیرنده آوندها است، بگذرند تا به آوندهای **چوبی** برسند. همان‌طور که ذکر کردیم بر طبق قانون انرژي، آب از منطقه‌ای که مقدار آب بیشتری دارد (**خاک**) تا آوند چوبی ریشه باید منتقل شود. برای انتقال آب در عرض ریشه، سه روش انتقال از **عرض غشا** (از **فسفولیپید** و **پروتئین‌ها**) **مخصوص انتقال** **سیمپلاستی** (از راه **پارامورسم بدون غش** و **ریواره**) و **انتقال آپوپلاستی** (**فقط ریواره‌ای**) وجود دارد که در ادامه به بررسی این مسیرها می‌پردازیم.

انواع مسیر انتقال مواد در عرض ریشه

این قسمت را دقیق و با آرامش از درسنامه بخوانید و هر چی را نفهمیدید از **QR Code** گوش کنید! ولی سعی می‌کنم بهتون بفهمونم! به‌طور کلی در این قسمت دنبال این هستیم که آب و مواد معدنی محلول را در عرض ریشه یاخته به یاخته از روپوست به پوست و از آنجا در نهایت به آوند چوبی برسانیم. دقت کنید که انتقال مواد در عرض ریشه به صورت یاخته به یاخته یا از بین آن‌ها از سه راه انتقالی مختلف به نام‌های عرض غشایی، سیمپلاستی و آپوپلاستی صورت می‌گیرد. **لطفاً در تستها دقت کنید که انتقال در عرض ریشه را با انتقال در عرض غشا دچار خطای دید نشوید!!**

الف) انتقال در عرض غشا



در این مسیر، آب و املاح طبق قانون اسمز و انتشار، **بدون** اینکه از **کانال‌های پلاسمودسمی** عبور کنند، از طریق **غشای** دو یاخته (**فضای بین فسفولیپیدها و کانال‌های مخصوص آب**) عبور می‌کنند و بین دو یاخته مبادله می‌شوند. البته در طی این مسیر، کمی نیز از **دیواره** بین دو یاخته نیز منتقل می‌شوند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید از غشای یاخته (۱) مواد از غشا گذشته و سپس از رشته‌های سلولزی دیواره عبور کرده و دوباره از غشای یاخته (۲) وارد یاخته جدید می‌شود و همین‌طور ادامه می‌یابد تا یاخته به یاخته جلو برود مگر اینکه به بخش چوبی یا چوب‌پنبه‌ای برخورد کند. در حقیقت بعد از رسیدن به سیتوپلاسم یاخته مجاور باز هم از طریق غشای یاخته‌ها و بدون عبور از پلاسمودسم‌ها عبور کرده تا با عبور از دیواره بین دو یاخته، به یاخته کناری رسیده تا در نهایت به آوند چوبی ریشه برسند.

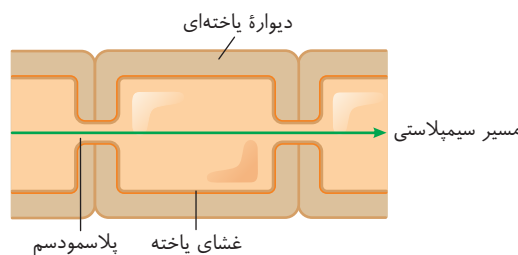
نکته

در این روش آب هم از غشای یاخته‌ها و هم از فضای بین رشته‌های سلولزی دیواره عبور می‌کند ولی از کانال‌های پلاسمودسمی عبور نمی‌کند (اینج‌راه برای انتقال شیرۀ خام، کمتر از سایر موارد استفاده می‌شود). این روش تنها روشی است که پروتئین‌های مخصوص انتقال آب و فسفولیپیدها در آن مؤثرند.

نکته

همان‌طور که در فصل قبل آموختید، دیواره‌های چوبی و چوب‌پنبه‌ای به آب نفوذناپذیر است. پس روش‌هایی که آب در حین عبور باید از دیواره نیز رد شود، اگر دیواره بین دو یاخته دارای لیگنین یا چوب‌پنبه شده باشد مسیر را پایان می‌دهند که معمولاً بین دو یاخته زنده، لایه بین دو یاخته زنده، چوبی یا چوب‌پنبه‌ای نمی‌شود.

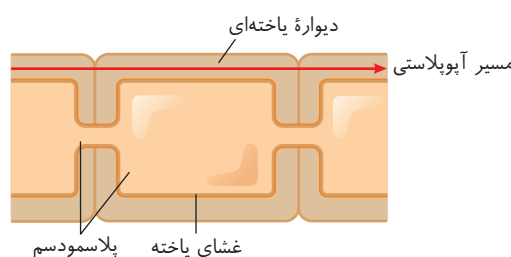
ب) انتقال سیمپلاستی (سیمپلاست = پروتوپلاست + منافذ پلاسمودسمی)



در این مسیر، مواد برحسب مقدار آب و نیروی اسمز و انتشار، از پروتوپلاست یک یاخته و از طریق کانال‌هایی به نام پلاسمودسم به پروتوپلاست یاخته مجاور می‌رسد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید مواد در این مسیر نه از غشا عبور می‌کنند نه از دیواره! و حتماً دو یاخته زنده در انتقال آن مؤثر است. لازم به تذکر است که به دلیل اینکه منافذ و کانال‌های پلاسمودسم بزرگ هستند، علاوه بر آب و بسیاری از مواد محلول، مواد بزرگی مثل پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها (رَب و رِن) و حتی ویروس‌های گیاهی نیز می‌توانند از پلاسمودسم‌ها و مسیر سیمپلاستی عبور کنند. به همین دلیل در مسیرهای عرض ریشه، بیشترین راه انتقال مواد، از مسیر سیمپلاستی می‌باشد. در این روش آب به همراه

مواد معدنی محلول عبور می‌کنند ولی از غشا یا دیواره یاخته‌ای رد نمی‌شوند. ویژگی ممتاز این مسیر عدم عبور مواد از دیواره یاخته‌ای یا غشا می‌باشد به همین دلیل در هر یاخته زنده با هر نوع دیواره و غشایی فقط بر مبنای اندازه مواد این مسیر بدون مشکل انجام می‌شود (این مسیر اغلب از لایه‌ها که دارای پلاسمودسم‌ها هستند ضرایب می‌باشد صورت می‌گیرد ولی در یاخته‌ها که انکثرانژیم که مرده‌اند معنی پیدا نمی‌کند چون فاقد پلاسمودسم هستند).

ج) انتقال از مسیر آپوپلاستی



در این مسیر، مواد محلول به همراه آب، از فضاهای بین یاخته‌ای و نیز از دیواره یاخته‌ها یعنی از فضای بین رشته‌های سلولزی عبور می‌کنند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید مواد در این مسیر از بخش زنده یاخته یا پروتوپلاست عبور نمی‌کنند و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب مهم‌ترین نقش را دارد که باعث به هم چسبیدن (نیروک هم‌چسب) بین مولکول‌های آب می‌شود. این مسیر در بخش‌های چوبی یا چوب‌پنبه‌ای شده کاملاً متوقف می‌شود.

نکته

در مسیر آپوپلاستی برخلاف سیمپلاستی و عرض غشایی، هیچ‌گاه مواد از درون یاخته یا غشای یاخته عبور نمی‌کنند. این مسیر در عبور از دیواره‌های چوبی (انکثرانژیم و آوند چوبی) یا چوب‌پنبه‌ای (پریرم) ناتوان می‌باشد.

نکته

مسیر آپوپلاستی نوعی عبور آب و املاح از راه غیرپروتوپلاستی است ولی در دو مسیر سیمپلاستی و عرض غشایی، آب و املاح قطعاً از سیتوپلاسم یا درون یاخته عبور می‌کنند. البته دقت کنید که مسیر آپوپلاستی علاوه بر دیواره می‌تواند از فضای بین یاخته‌ای نیز عبور کند.

نکته

فقط مسیر سیمپلاستی توانایی عبور مواد آلی و درشت‌مولکول‌ها مثل پروتئین، دنا و رنا را دارد.

- مسیر آپوپلاستی ← فقط از دیواره یا فضای بین یاخته‌ای صورت می‌گیرد. ← مسیر غیرپروتوپلاستی است.
- انتقال شیرۀ خام در:
 - مسیر سیمپلاستی ← فقط از درون پروتوپلاست و از طریق پلاسمودسم‌ها صورت می‌گیرد (همراه با مواد مختلف آلی و معدنی).
 - مسیر عرض غشایی ← از عرض غشا، یعنی فسفولیپیدها و کانال‌های پروتئینی مخصوص آب و دیواره در محل تماس دو یاخته صورت می‌گیرد.

نکته

کدام گزینه در مورد انتقال مواد در گیاهان درست است؟

- (۱) در دیواره یاخته‌های گیاهی، کانال‌های پروتئینی برای انتقال آب وجود دارند.
 - (۲) هنگام کم‌آبی، کانال‌های پروتئینی ویژه عبور آب بسته می‌شوند تا آب از درون واکوئول‌ها خارج نشود.
 - (۳) در جانداران مختلف، کانال‌های غشایی مخصوص آب، از واکوئول دارای فشار اسمزی کمتر به محل دارای فشار اسمزی بیشتر فعالیت دارند.
 - (۴) انتقال سیمپلاستی آب و مواد محلول معدنی، در محل لان به مقدار بیشتری صورت می‌گیرد.
- در انتقال سیمپلاستی، آب و مواد معدنی محلول در آن از راه پلاسمودسم‌ها (کانال‌های سیتوپلاسمی) منتقل می‌شود که می‌دانید در محل لان، تراکم پلاسمودسم زیاد است.

تله‌های تستی

گزینه (۱): کانال پروتئینی ویژه عبور آب در غشای بعضی یاخته‌های گیاهی و جانوری و غشای واکوئول بعضی یاخته‌های گیاهی وجود دارد. (اینج‌پروتئین‌ها در دیواره ریزه نمی‌شوند). / گزینه (۲): کانال‌های پروتئینی ویژه عبور آب همیشه باز هستند و اتفاقاً ساخت آن‌ها در هنگام کم‌آبی، بیشتر هم می‌شود. / گزینه (۳): آب همواره از محل دارای مقدار آب بیشتر به محل دارای مقدار آب کمتر منتقل می‌شود ولی دقت کنید که پروتئین‌های غشایی عبور آب ویژه غشای جانوری و گیاهی و واکوئول گیاهان می‌باشد (به‌براین فقط در گیاهان می‌توانند متقیماً بر میزان آب واکوئول تأثیر بگذارند (نه جانداران مختلف)).

عبور آب و املاح از خاک تا آوندهای چوبی ریشه

اگر بررسی ریشه در فصل قبل را به یاد داشته باشید، حتماً می‌دانید که از خارج به داخل ریشه جوان به ترتیب **روپوست**، **پوست** و **بخش آونددار** دیده می‌شود. در اینجا دو واژه جدید را یاد می‌گیرید یکی آندودرم یا درون‌پوست است که به درونی‌ترین لایه پوست، گفته می‌شود و دیگری به لایه یاخته‌ای زیر آن که **لایه ریشه‌زا** گفته می‌شود و سپس آوندهای مختلف ریشه شروع می‌شوند. همان‌طور که دیدید در عرض ریشه، آب و مواد محلول از همه جای یاخته و ترکیبات غشا یا دیواره آن می‌توانند عبور کنند و فقط اگر قسمتی **چوب‌پنبه‌ای** (نوعی **سپرد**) یا **لیگنینی** (چوبی) باشد، نسبت به عبور آب و مواد محلول نفوذناپذیر می‌شود. در حقیقت در عرض ریشه‌های **جوان**، عبور آب و مواد محلول، از روپوست که برخ یاخته‌های آن دراز و تمایز یافته تار کشنده هستند تا به **درونی‌ترین** لایه پوست یعنی آندودرم یا درون‌پوست، همواره بدون مشکل و از هر سه مسیر **آپوپلاستی**، **سیمپلاستی** و **عرض غشایی** صورت می‌گیرد ولی داستان از اینجا شروع می‌شود که در لایه درون‌پوست که داخلی‌ترین لایه پوست می‌باشد، یاخته‌ها به صورت **استوانه‌ای ظریف** و کاملاً به هم چسبیده قرار گرفته‌اند و سدی در مقابل عبور آب و املاح ایجاد می‌کند حالا این سد چیه؟!

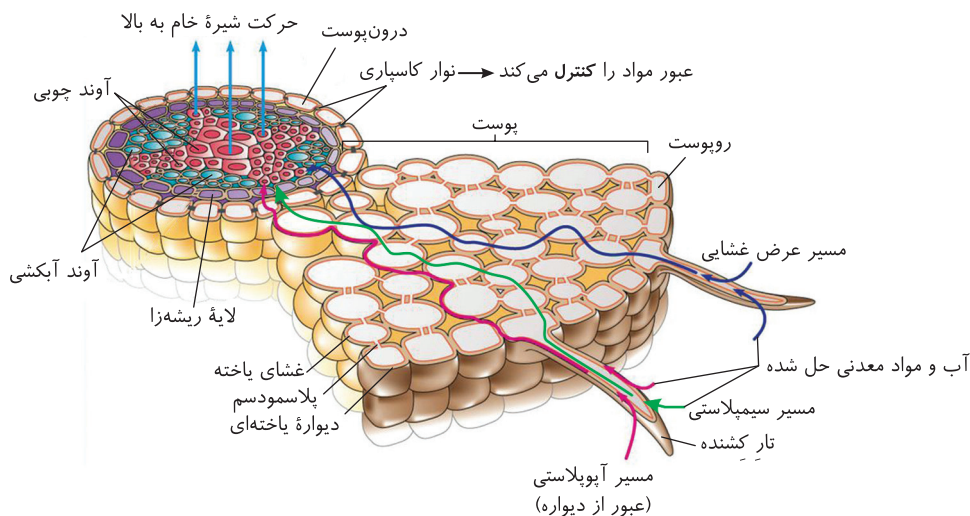
پاسخ اینه که علاوه بر فضای بین یاخته‌ای بسیار کم یاخته‌های درون‌پوست، هر یاخته درون‌پوستی در **چهار دیواره جانبی خودش** (یعنی همه سطوح به‌جز سطوح که به سمت پوست و لایه ریشه‌زا است)، نواری از جنس **چوب‌پنبه** یا سوبرین به نام **نوار کاسپاری** دارد که به آب و مواد محلول نفوذناپذیر است. به همین دلیل انتقال آب و مواد محلول از بخش بیرونی درون‌پوست به یاخته‌های **لایه درون‌پوست**، از طریق مسیر آپوپلاستی یا همان دیواره‌های چوب‌پنبه‌ای شده مقدور نمی‌باشد. در حقیقت انتقال آب و املاح در عرض ریشه، از تار کشنده تا قبل از آندودرم، از هر سه مسیر عبوری عرض غشایی، آپوپلاستی و سیمپلاستی مقدور است ولی ورود آب و املاح به درون آندودرم ریشه گیاهان، به دلیل وجود نوار کاسپاری، فقط از راه **سیمپلاستی** و کمی نیز عرض غشایی مقدور می‌باشد ولی به هیچ عنوان از طریق آپوپلاستی وارد آندودرم نمی‌شود. حالا شاید سؤال کنی که خب مسیر عرض غشایی هم در بین دو غشا کمی دیواره داشت چرا از اون دیواره می‌تونه عبور کنه؟ جوابش واضحه چون نوار کاسپاری فقط از ۶ لایه اطراف یاخته‌های استوانه‌ای، چهار لایه آن را گرفته است. پس دیواره در لایه‌ای که بین درون‌پوست و یاخته سطح خارجی آن است، چوب‌پنبه‌ای نشده و به آب و مواد نفوذپذیر است.

مسیر عبور مواد از درون‌پوست به بعد

بعد از اینکه آب و املاح وارد **لایه درون‌پوست شدند**، شیره خام می‌تواند دوباره از هر سه مسیر **آپوپلاستی**، **سیمپلاستی** و **عرض غشایی** به **لایه ریشه‌زا** یعنی به زیر پوست و سپس به آوندهای چوبی ریشه منتقل شود که به این فرایند، **بارگیری چوبی** می‌گویند. در این حالت مواد به هر طریقی وارد آوندهای چوبی ریشه می‌شوند و در ادامه به سمت مسیرهای **طولانی‌تر** صعودی در گیاه یعنی به سمت ساقه و برگ، حرکت می‌کنند.

توجه! یاخته‌های درون‌پوست **دو نقش مهم دارند**، یکی **انتقال مواد به لایه زیر خود را کنترل می‌کنند**، یعنی این لایه (آندودرم) در ریشه مانند یک صافی یا فیلتر می‌باشد تا مواد ناخواسته و مضر از مسیر **آپوپلاستی** عبور نکرده یعنی این مواد از بخش غیرزنده یا دیواره، بدون بررسی شدن مواد آن‌ها و نیاز گیاه در درون یاخته آندودرمی، به درون آوندهای گیاه حق منتقل شدن ندارند و از طرفی دومین نقش این است که از **بازگشت مواد جذب شده به بیرون از ریشه** جلوگیری می‌کنند، یعنی از برگشت مواد از بخش زیر پوست و آوندها به پوست جلوگیری می‌کنند.

بارگیری چوبی: انتقال آب و املاح معدنی به درون آوند چوبی ریشه می‌باشد که به ماده وارد شده به آوند چوبی، شیره خام گفته می‌شود. برای این عمل مشاهده کردید که در مسیر کوتاه، سه روش آپوپلاستی، سیمپلاستی و عرض غشایی، در عرض ریشه کمک می‌کنند.



نکته

نوار کاسپاری، مانع ادامه انتقال شیره خام از راه غیر پروتوپلاستی یعنی در مسیر آپوپلاستی (از راه دیواره‌ها) به درون یاخته‌های آندودرم ریشه می‌شود ولی راه سیمپلاستی (سیمپلاسم) و عرض غشایی هیچ‌گاه به مشکل نمی‌خورند. دقت کنید که اگر عبور مواد از عرض غشا صورت بگیرد، منظور مسیر عرض غشایی است ولی اگر مواد از غشا و دیواره عبور نکرد، یعنی مسیر سیمپلاستی است ولی اگر فقط از دیواره عبور کرد، مسیر آپوپلاستی است که کتاب درسی نوار کاسپاری را مسئول ممانعت از مسیر آپوپلاستی می‌داند، چون در مسیر آپوپلاستی فقط دیواره و فضای بین یاخته‌ای مؤثر است. در هر صورت دقت کنید که **نوار کاسپاری مانع از عبور مواد از دیواره یاخته آندودرمی یا مسیر آپوپلاستی می‌شود.**



(قلم‌چی)

چند مورد عبارت مقابل را به نادرستی کامل می‌کند؟ «هر یاخته با دیواره چوب‌پنبه‌ای، در گیاهان»

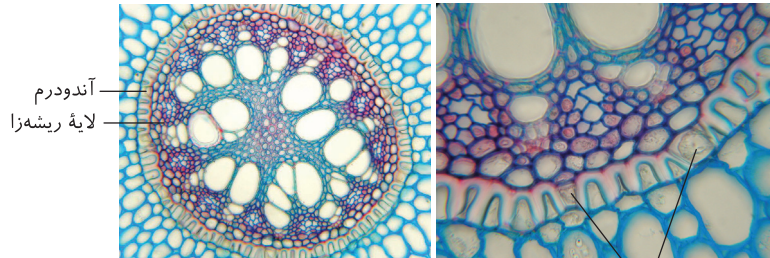
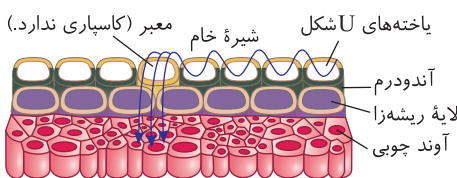
- (الف) حاصل فعالیت کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز است. (ب) فاقد پروتوپلاست است. (ج) نسبت به آب در تمام سطوح نفوذناپذیر است. (د) دارای ترکیبی لیپیدی است.
- (۱) ۱ مورد (۲) ۲ مورد (۳) ۳ مورد (۴) ۴ مورد

تله‌های تستی (الف) نادرست است. در فصل بعد می‌خوانید که یاخته‌های با دیواره چوب‌پنبه‌ای را می‌توان در درون پوست ریشه (به نام نوار کاسپاری) و نیز پیراپوست ریشه و ساقه در گیاهان دولیه مشاهده کرد که یاخته‌های درون پوست حاصل فعالیت کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز نیستند. / (ب) نادرست است. یاخته‌های درون پوست ریشه چوب‌پنبه‌ای هستند ولی دارای پروتوپلاست‌اند. / (ج) نادرست است. یاخته‌های درون پوستی که تنها در دیواره‌های جانبی خود دارای نوار کاسپاری هستند از سطوح غیرچوب‌پنبه‌ای خود نسبت به آب نفوذپذیرند. / (د) درست است. سوبرین یا چوب‌پنبه ترکیبی لیپیدی است.

یاخته‌های معبر

در ریشه برخی گیاهان (که اغلب تک‌لایه هستند)، در لایه **درون پوستی (آندودرمی)**، علاوه بر اینکه در **چار** سطح جانبی دیواره یاخته‌ها، نوار کاسپاری **چوب‌پنبه‌ای** وجود دارد، در دیواره **پشتی** این یاخته‌های آندودرمی یعنی در سمتی که به سمت لایه ریشه‌ها می‌باشد نیز نوار کاسپاری وجود دارد که اگر در زیر میکروسکوپ **نوری** به این یاخته‌ها نگاه کنیم، یک حالت **نعل اسبی U شکل** در دیواره این یاخته دیده می‌شود. این نوار کاسپاری نعل اسبی، مانع انتقال مواد از **هر سه نوع راه عبور**، از درون پوست به لایه ریشه‌زای زیرین آن در گیاه می‌شود. برای حل مشکل عبور مواد، در این گیاهان **یاخته‌های درون پوستی** ویژه‌ای به نام **یاخته معبر** وجود دارند که دیواره آن‌ها در هر ۶ سطح خود **فاقد نوار کاسپاری** می‌باشد و امکان انتقال مواد در عرض ریشه تا رسیدن به آوند چوبی **فقط** از طریق **این یاخته‌های معبر** ولی از هر سه مسیر عرض غشایی، آپوپلاستی و سیمپلاستی وجود دارد.

توجه! دانش‌آموزان عزیز، لطفاً دقت کنید که در این گیاهان ورود آب و املاح به درون هر یاخته آندودرمی بدون مشکل از راه **عرض غشایی و سیمپلاستی** انجام می‌شود ولی در یاخته‌های **U** مانند نعل اسبی، این مواد جمع شده و امکان انتقال به لایه زیرین پوست از هیچ طریقی وجود ندارد. به همین دلیل این مواد، باید دوباره از طریق پوست به یاخته‌های خارج آندودرمی رفته و یاخته به یاخته در آندودرم منتقل شوند تا در نهایت به نزدیک‌ترین یاخته **معبر** برای عبور از درون پوست و ورود به لایه زیرین آن یعنی لایه ریشه‌ها برسند.



«یاخته‌های معبر در درون پوست»

یاخته‌های معبر
(در ریشه تک‌لایه‌ای‌ها معمولاً وجود دارد)

یاخته	محل	تعداد سطوح کاسپاری دار	راه عبور شیره خام به درون یاخته آندودرمی
آندودرمی کاسپاری دار عادی	ریشه فاقد یاخته معبر	۴	مسیر سیمپلاستی و کمی عرض غشایی
معبر	آندودرم ریشه معبردار	۰	آپوپلاستی - سیمپلاستی - عرض غشایی
یاخته U شکل (نعل اسبی)	آندودرم ریشه معبردار	۵	آب و املاح از راه عرض غشایی و سیمپلاستی وارد آن‌ها می‌شوند ولی برای وارد شدن به لایه ریشه‌زا باید از یاخته‌های کاسپاری دار U شکل خارج شوند تا به یاخته معبر در آندودرم برسند و گرنه از یاخته U شکل نمی‌توانند به لایه‌های زیرین منتقل شوند.

کدام گزینه صحیح است؟ «در هر گیاه آوندی، حلقه کاسپاری مانع عبور آب از یاخته‌های در ریشه می‌شود.»

(۱) سطح درونی - درون پوست (۲) سطح درونی - لایه ریشه‌زا (۳) دیواره جانبی - درون پوست (۴) دیواره جانبی - لایه ریشه‌زا

حلقه کاسپاری که در دیواره یاخته‌های درون پوست وجود دارد، نسبت به آب نفوذناپذیر است در نتیجه مانع عبور آب از دیواره یاخته‌ها می‌شود و آب را به درون پروتوپلاست هدایت می‌کند. (نوار کاسپاری در لایه‌های جانبی هر یاخته درون پوست ریشه، در همه گیاهان ریشه‌دار وجود دارد و برای انتقال مواد به یاخته‌ها، راه آپوپلاستی به راه‌های عرض غشایی و سیمپلاستی تبدیل می‌شود.)

انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند

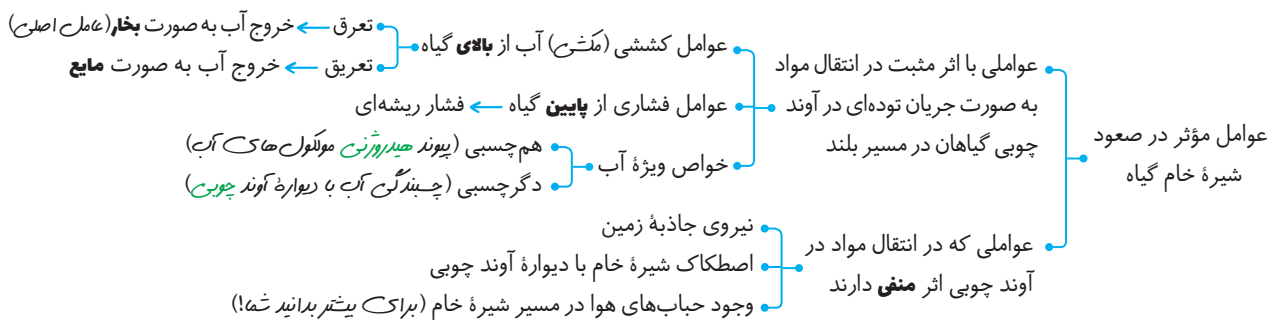
خب تا اینجا متوجه شدید که آب و املاح چگونه در عرض ریشه یاخته به یاخته یا از بین آن‌ها حرکت می‌کنند تا به آوند چوبی برسند. در آوند چوبی به آب و املاح درون آن، شیره خام گفته می‌شود که باید مسیری طولانی را تا رسیدن به برگ به سمت بالا طی کند (در ادامه به بررسی این مسیر می‌پردازیم). دقت کنید که شیره خام وارد شده به آوند چوبی ریشه، گاه باید برای رسیدن به برگ، مسافتی بسیار طولانی چند متری یا چند ده متری را طی کند. به همین دلیل انتشار ساده و انتشار تسهیل شده از کانال‌ها و پلاسمودسم‌ها برای انتقال آن‌ها در این مسیرها کارآمد نمی‌باشد، چون این مکانیسم‌ها بسیار به گندمی صورت می‌گیرند. از طرفی دقت کنید که یاخته‌های آوند چوبی در حالت بلوغ، چوبی شده و مرده هستند و چون دیواره لیگنینی آن‌ها به آب نفوذناپذیر است، شیره خام از دیواره آن‌ها عبور نمی‌کند. از طرفی پروتوپلاست حاوی واکوئول و غشای آن نیز از بین رفته است و کانال‌های غشایی و پلاسمودسم مخصوص انتقال آب در آن‌ها وجود ندارند. به همین دلیل انتقال شیره خام درون آوند چوبی فقط از طریق **لان‌هایی** در انتهای مخروطی تراکئیدها و یا آوندهای لوله‌ای پیوسته بدون دیواره عرضی به صورت جریان توده‌ای انجام می‌شود که در ادامه به بررسی این مسیر می‌پردازیم.

جریان توده‌ای

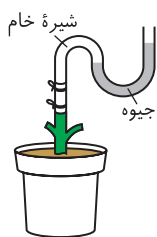
حرکت گروهی شیره‌های گیاهی در آوندهای چوبی و آبکش گیاهان می‌باشد که در مسیر طولانی انتقال مواد کاربرد دارد. این حرکت، باعث انتقال مواد از جایی با فشار زیادتر به جایی با فشار کمتر می‌شود. دقت کنید که در این قسمت می‌خواهیم به بررسی عوامل مؤثر در صعود شیره خام در آوند چوبی از ریشه به سمت بالا بپردازیم.

نکته

سرعت انتشار آب و مواد در گیاه — در روش انتشار ساده و تسهیل شده عرض ریشه — فقط چند میلی‌متر در روز است.
— در جریان توده‌ای به سمت بالا — چند متر در روز است.



بررسی فشار ریشه‌ای (رانده شدن آب از پایین)



«آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای»

در شکل مقابل، مشاهده می‌کنید که ابتدا، ساقه سبز گیاه را از بالای ریشه قطع کرده‌ایم تا عواملی که از بالا به مکش صعود شیره خام کمک می‌کنند، از بین بروند. سپس به جای آن قسمت، یک لوله شیشه‌ای یا پلاستیکی خمیده و حاوی مقداری جیوه را به آن وصل کرده‌ایم. در صورتی که ریشه گیاه در خاک مرطوب و پرآب باشد، با اینکه رابطه گیاه با بخش‌های هوایی قطع شده است، باز هم آب و املاح در گیاه صعود می‌کند و جیوه درون لوله را به سمت جلو و بالا می‌راند. این پدیده ناشی از **فشار ریشه‌ای** یا در حقیقت فشاری است که از پایین برای صعود شیره خام ایجاد شده است.

سؤال: این فشار از پایین به سمت بالا در گیاه، مدیون فعالیت چه قسمتی است؟

پاسخ: همان‌طور که قبلاً گفتیم، آب و املاح معدنی در عرض ریشه و از راه‌های مختلف یاخته‌ای از روی پوست و پوست عبور می‌کنند و با خاصیت انتشاری یا از فضای بین‌یاخته‌ای در نهایت به یاخته‌های آندودرمی (درون‌پرستی) می‌رسند ولی از درون پوست تا آوند چوبی، مکانیسم انتقال مواد محلول با انتشار نمی‌باشد. در این حالت **یاخته‌های درون‌پوستی و یاخته‌های زنده متصل به سطح داخلی آن** (لایه ریشم)، ابتدا با **انتقال فعال** یون‌های معدنی را به درون آوندهای چوبی منتقل می‌کنند و با این کار غلظت این یون‌ها درون آوند چوبی را زیاد می‌کنند و در نتیجه فشار اسمزی آن قسمت نیز بالا می‌رود (یعنی مقدار آب آن کم می‌شود). در این حالت محلول درون آوند چوبی با فشار اسمزی بالا، تمایل زیادی به جذب آب (اسمز) از یاخته‌های زنده اطراف خود و درون پوست پیدا می‌کند و در ادامه از آن یاخته‌ها طی اسمز، آب می‌گیرد. با ادامه این عمل، فشار و سطح آب و املاح (شیره خام) درون آوند چوبی زیاد می‌شود و به تدریج بالاتر و بالاتر می‌رود که به آن فشار ریشه‌ای می‌گویند. این فشار باعث **هل دادن** شیره خام به سمت بالا می‌شود.

سه نکته بسیار مهم

- ۱ در اغلب گیاهان، فشار ریشه‌ای در صعود شیره خام نقش کمی دارد و در بهترین حالت فقط آن را چند متر به بالا می‌فرستد، ولی مهم‌ترین عوامل در صعود شیره خام، تعرق می‌باشد که سبب مکش شیره خام از بالای گیاه تا ده‌ها متر می‌شود.
- ۲ انتقال شیره خام درون آوند چوبی فقط به سمت بالا صورت می‌گیرد. دقت کنید که دو نوع آوند چوبی با دیواره لیگنینی وجود دارد. یکی تراکئیدی با یاخته‌های مخروطی یا دوکی دراز که در انتهای خود لان‌هایی برای انتقال آهسته شیره خام دارد و دیگری عناصر آوندی که یاخته‌های کوتاه بدون دیواره عرضی در آوند بوده که شیره خام را با سرعت بیشتری نسبت به تراکئید به سمت بالا می‌برد ولی هر دو نوع آوند چوبی فاقد پروتوپلاست می‌باشند و با جریان توده‌ای در عبور شیره خام نقش دارند.
- ۳ در این جدول ترتیب وقایع انجام شده در فرایند فشار ریشه‌ای را مشاهده می‌کنید:

ترتیب ایجاد فشار ریشه‌ای
(۱) انتقال یون‌ها به صورت فعال از لایه درون پوست و لایه ریشه‌زا به آوند چوبی ریشه
(۲) افزایش فشار اسمزی در آوند چوبی ریشه و کاهش مقدار آب آن
(۳) آبیگری آوند چوبی از یاخته‌های زنده کناری
(۴) بالا رفتن سطح آب درون آوند چوبی ریشه به صورت جریان توده‌ای

خواص ویژه آب در کمک به صعود شیره خام

● الف) نیروی هم‌چسبی
به دلیل اینکه مولکول‌های آب با هم پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند، این ویژگی در پیوستگی مولکول‌های آب در وسط آوند چوبی و در کل گیاه نقش دارد که به عبور شیره خام در عرض ریشه و همچنین به صعود شیره خام، تعرق و سایر عوامل کمک ویژه‌ای می‌کند.

● ب) نیروی دگرچسبی
این نیرو در اثر چسبندگی بین مولکول‌های آب و دیواره آوند چوبی ایجاد می‌شود که همانند هم‌چسبی به پیوستگی آب و صعود شیره خام کمک می‌کند. البته این اتصال سبب اصطکاک در بالا رفتن شیره خام نیز می‌شود ولی نقش مثبت چسبندگی آن از اصطکاک ایجاد شده بین شیره خام عبوری و دیواره آوند چوبی بیشتر می‌باشد.

نکته خارج از کتاب: وجود حباب‌های هوا در طول آوند چوبی می‌تواند در پیوستگی مولکول‌های آب و نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی آن‌ها اختلال ایجاد کند.

عواملی که سبب مکش یا کشیدن آب از بخش‌های بالایی گیاه می‌شود

- (۱) تعرق: خروج آب به صورت بخار از بخش‌های هوایی مثل روزنه‌ها، عدسک‌ها و...
- (۲) تعریق: خروج آب به صورت مایع از روزنه‌های آبی بخش‌های هوایی

تعرق

تعرق خروج آب به صورت بخار از سطح قسمت‌های هوایی گیاه می‌باشد. مکشی که توسط تعرق در کل گیاه برای صعود آب ایجاد می‌شود، عامل اصلی در انتقال شیره خام در آوند چوبی گیاه می‌باشد. در حقیقت با خروج آب از گیاه و کاهش مقدار آب در اندام‌های هوایی، نیروی مکش آب به سمت اندام‌های بالاتر بیشتر می‌شود. در تعرق نیز مقدار آب مهم‌ترین عامل در بروز این پدیده می‌باشد.

◀ علت تعرق، حرکت آب در گیاه طی اسمز، از محل دارای مقدار آب بیشتر (ریشه‌تر) به سمت محل دارای مقدار آب کمتر (غلظت‌تر) می‌باشد. پیوستگی مولکول‌های آب در اثر نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی سبب این جریان آب در گیاه شده و آب اضافی به صورت بخار از قسمت‌های سطحی اندام‌های هوایی خارج می‌شود. هرچه محیط کم‌آب‌تر و خشک‌تر باشد، یعنی مقدار آب کمتری دارد و شدت تعرق یا خروج آب از گیاه بیشتر می‌شود. در حالت عادی نیز مقدار بخار آب در هوای بیرون گیاه از همه کمتر می‌باشد و آب تمایل به خروج از گیاه دارد. البته در صورتی که محیط بسیار مرطوب باشد، در این صورت مقدار آب محیط زیاد است و مقدار تعرق نیز کم می‌شود.

نکته مهم

نیروی مکش تعرقی گیاه آن‌قدر زیاد است که در یک روز گرم می‌تواند سبب کاهش قطر تنه یک درخت شود (تصور کنید مثل یک نخ پلاستیکی که با مکش بی‌زیر و مایع را در آن به سمت بالا بکشید). البته این عمل به دلیل استحکام آوندهای چوبی بسیار اندک می‌باشد ولی اگر دیواره آوند چوبی استحکام نداشت، در اثر مکش تعرقی، به راحتی له می‌شد.

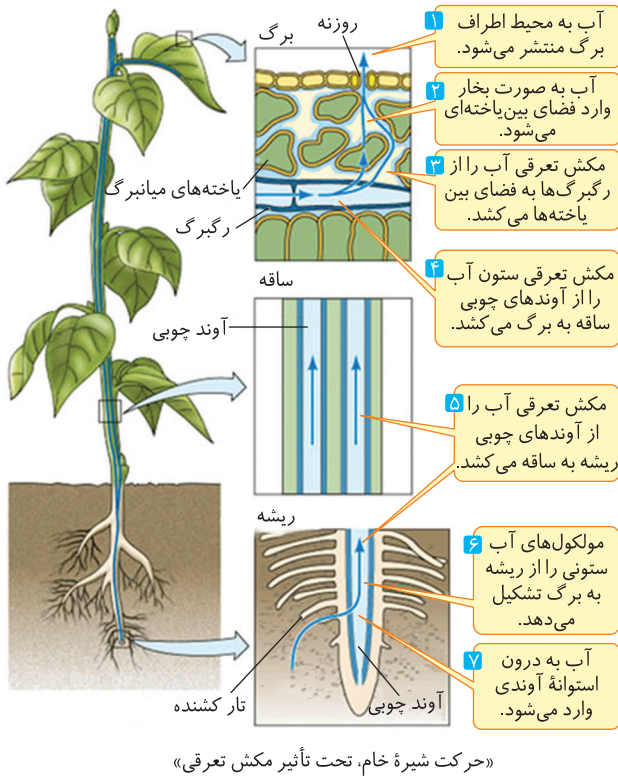
● محل انجام عمل تعرق

تعرق از قسمت‌های سطحی اندام‌های هوایی گیاه صورت می‌گیرد که اغلب از منفذ بین یاخته‌های نگهبان روپوستی یعنی همان روزنه‌های هوایی برگ‌ها و کمی نیز در ساقه‌های جوان صورت می‌گیرد. البته مقدار کمی از تعرق نیز از پوستک روپوستی رخ می‌دهد.

نکته

از **عدسک‌ها** که در لابه‌لای چوب‌پنبه **پرایدم** سطحی ساقه گیاهان چوبی چندساله **دولپ‌ای** وجود دارند نیز **تعرق کمی** صورت می‌گیرد ولی چون برگ‌ها رشد پسین ندارند و چوب‌پنبه‌ای نمی‌شوند، بیشترین تعرق گیاه، همواره از روپوست برگ‌ها رخ می‌دهد.

بررسی کلی مکش شیره خام از بخش‌های بالایی گیاه



«حرکت شیره خام، تحت تأثیر مکش تعرقی»

۶) حالا آوندهای چوبی ریشه باید دوباره به کمک **فشار ریشه‌ای** آبیگری کنند تا صعود شیره خام را در ساقه و برگ تأمین کنند.

۷) دوباره آب باید در مسیر **کوتاه** عرض ریشه حرکت کند تا با راه‌هایی که قبلاً گفتیم به بخش زیرین پوست و آوند چوبی ریشه برسد.

بررسی سه نکته مهم

- ۱) تعرق و حرکت بیشتر آب در گیاه، دو عاملی هستند که روی همدیگر نقش مثبت دارند و رابطه **مستقیمی** با هم دارند.
- ۲) همه اتفاقات جریان آب در گیاه در اثر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب و اختلاف مقدار آب ایجاد می‌شود که سبب ایجاد یک جریان پیوسته آب از ریشه تا برگ می‌شود.
- ۳) هر یاخته زنده گیاهی و حتی یاخته‌های مرده آوند چوبی، در صعود شیره خام در گیاه نقش دارند. چون هر کدام از این یاخته‌ها در مکانیسم تنظیم آب گیاه مؤثر می‌باشند.

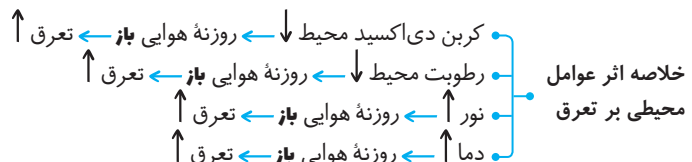
عوامل مؤثر در تعرق گیاه

تعرق یا همان خروج آب به صورت بخار از گیاه، هم به عوامل محیطی و هم به عوامل درونی گیاه بستگی دارد که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

نور و دما → افزایش این دو عامل تا حد **معینی**، روزنه‌های هوایی را **باز** کرده و تعرق را **افزایش** می‌دهند ولی اگر دما و نور، افزایش بیش از حد یابند، روزنه‌های هوایی مسدود می‌شوند. (عوامل هم‌مرکز مثل **آب‌نیرنگ اسید** نیز در بسته شدن این روزنه‌ها در شرایط محیطی گرم و خشک ویره، نقش دارند.)

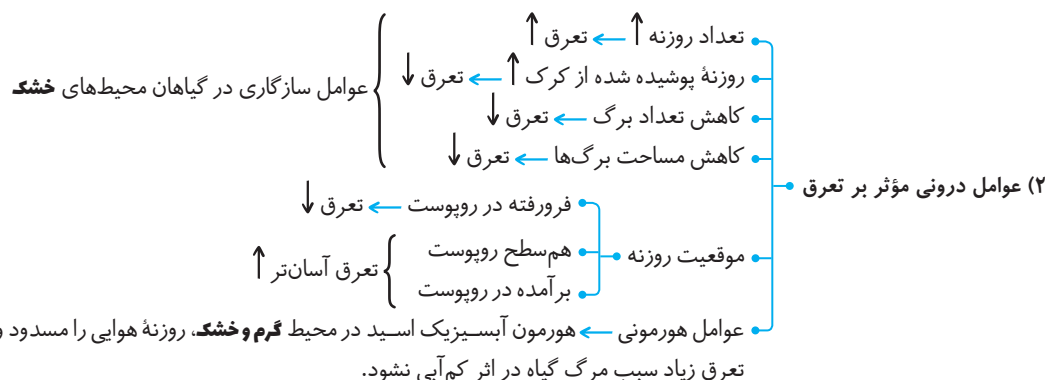
۱) عوامل محیطی مهم → **رطوبت** → همواره آب به سمتی می‌رود که آن منطقه مقدار آب **کمتری** داشته باشد، پس هرچه هوا مرطوب‌تر و پر آب‌تر باشد، روی تعرق اثر منفی‌تر دارد. (**علت اصلی تعرق، کاهش آب در محیط است.**)

→ **کربن دی‌اکسید** → گیاه از این گاز برای **فتوسنتز** و ساخت مواد آلی استفاده می‌کند، پس کاهش آن در محیط (**البته در حد معین**)، سبب **باز** شدن روزنه‌ها شده تا CO_2 وارد گیاه شود و فتوسنتز یا ساخت مواد آلی در گیاه کم نشود.



نکته

بعضی کاکتوس‌ها و گیاهانی مثل آناناس از نوع گیاهانی با رشد کم (به نام گیاهان CAM) می‌باشند که در محیط بسیار خشک بیابانی و کم‌آب زندگی می‌کنند. در روز که هوا بسیار گرم و خشک است، روزنه‌های هوایی خود را می‌بندند تا با جلوگیری از تعرق، آب گیاه از دست نرود ولی این گیاهان برخلاف سایر گیاهان در شب روزنه‌های هوایی خود را کاملاً باز می‌کنند تا CO_2 مورد نیاز فتوسنتز را جذب کنند.



نکته

تعداد روزنه‌های هوایی در سطح **تختانی** برگ از فوقانی بیشتر است که سبب سازشی برای کاهش تعرق می‌شود.

تست ۱۶

چند ویژگی زیر در انتقال مواد در مسیر کوچک و بلند شیره خام نقش بسیار مهم و مشترکی دارد؟

الف) انتشار تسهیل شده	ب) فشار ریشه‌ای	ج) تعرق	د) خواص ویژه آب
۱) ۳ مورد	۲) ۴ مورد	۳) ۲ مورد	۴) ۱ مورد

فقط مورد (د) در هر دو مسیر کوتاه و بلند عبور مواد نقش **مشترک** و مهمی دارد. در هر دوی این مسیرها، آب به واسطه ویژگی‌های خود، نقش اساسی دارد. مثلاً خاصیت هم‌چسبی آب در هر دو مسیر کوتاه و بلند آب در گیاه اهمیت دارد. در مسیر کوتاه انتشار و انتشار تسهیل شده و در مسیر بلند جریان توده‌ای به کمک فشار ریشه‌ای و تعرق نقش دارد.

پاسخ ۴

تست ۱۷

شدت خروج بخار آب از بخش هوایی گیاه، با کدام دو عامل رابطه معکوس دارد؟

۱) رطوبت هوا و تعداد روزنه	۲) رطوبت هوا و شدت نور
۳) مقدار CO_2 محیط و رطوبت هوا	۴) ضخامت پوستک و سطح پهنک

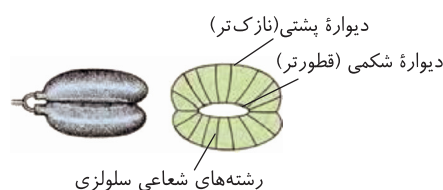
نکته: هرچه پوستک ضخیم‌تر شود (ضخامت بیشتر $\uparrow$) و یا هرچه رطوبت هوا بیشتر باشد، شدت تعرق کمتر می‌شود و هرچه CO_2 محیط کمتر شود، شدت تعرق بیشتر می‌شود تا فتوسنتز گیاه به مشکل برنخورد. هرچه تعداد روزنه‌ها، شدت نور و دما (t حرک) و سطح پهنک بیشتر شود نیز شدت تعرق بیشتر می‌شود.

پاسخ ۳

ویژگی روزنه‌های هوایی

گفتیم تعرق **مهم‌ترین** عامل در صعود شیره خام (آب و مواد محلول) می‌باشد که اغلب از راه **روزنه‌های هوایی** صورت می‌گیرد. این روزنه‌ها، منافذی در بین یاخته‌های نگهبان سب‌دیسه‌دار فتوسنتز کننده **روپوست** می‌باشند که با **باز و بسته شدن خود**، مقدار تعرق را تنظیم می‌کنند.

ساختار یاخته‌های نگهبان روزنه هوایی

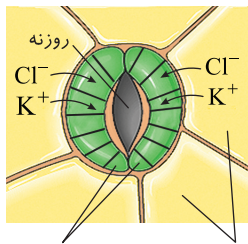


به یاد دارید که یاخته‌های نگهبان روزنه‌های هوایی، تنها یاخته‌های **سب‌زینه‌دار** روپوستی هستند. دیواره این یاخته‌های **لوبیایی** شکل برخلاف سایر یاخته‌های روپوستی، ساختار خاصی دارند. **دیواره شکمی** هر یاخته نگهبان که به سمت **دهانه روزنه** می‌باشد از لایه پستی آن **ضخامت بیشتری** دارد. در حقیقت دو لایه **ضخیم** دو نگهبان مجاور در هنگام بسته بودن روزنه، به هم متصلند. یکی دیگر از ویژگی‌های یاخته نگهبان این است که بین لایه پستی و شکمی **هر یاخته نگهبان**، رشته‌های **سلولزی** مانند کمربندی با آرایش **شعاعی** وجود دارند که باعث **ثابت ماندن قطر** هر یاخته نگهبان در موقع آبیگری یا آبدی می‌شوند ولی این رشته‌های سلولزی در موقع **تورژسانس** یا تورم از **افزایش طول** یاخته‌های نگهبان **جلوگیری نمی‌کنند**.

نکته

دو عامل **ساختار خاص** یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار **تورژسانس** آن‌ها، عواملی هستند که سبب باز و بسته شدن روزنه هوایی و تنظیم تعرق یا مقدار آب خروجی از اندام‌های **هوایی** گیاه می‌شوند.

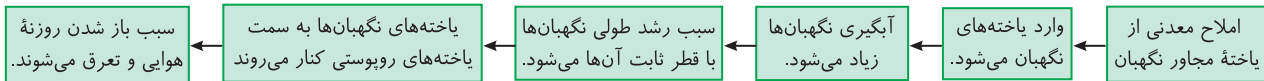
مکانیسم باز شدن روزنه‌های هوایی



یاخته‌های روبوست یاخته‌های نگهبان روزنه

وقتی عوامل **محیطی و درونی** برای باز شدن روزنه‌های مناسب باشند، تعرق صورت می‌گیرد. برای باز شدن روزنه‌های هوایی، ابتدا باید یاخته‌های نگهبان با **انتقال فعال** از یاخته‌های **روبوستی مجاور**، یون‌های معدنی مثل **پتاسیم و کلسیم** بگیرند و همانند **مواد آلی** مثل **ساکارز** آن‌ها را در خود ذخیره یا انباشت کنند. این عمل، باعث افزایش فشار اسمزی نگهبان‌ها و تمایل به **گرفتن** آب از یاخته‌های روبوستی مجاور می‌شود. در این حالت، به دنبال تراکم زیاد یون‌ها و مواد آلی، آب نیز با مکانیسم **اسمز (غیرفعال)** از یاخته‌های روبوستی مجاور وارد یاخته‌های نگهبان می‌شود. ضمن این اعمال یاخته‌های نگهبان دو طرف روزنه، **دچار تورژسانس** شده و انبساط **طولی** (افزایش **رشد طولی**) پیدا می‌کنند ولی آرایش **شعاعی** رشته‌های **سلولزی** که مانند کمربندی دور دیواره هر **یاخته نگهبان** وجود دارد، **مانع از گسترش عرضی یا قطری هر یاخته نگهبان می‌شود**.

وقتی رشد طولی هر یاخته نگهبان به حداکثر رسید، چون دیواره **پشتی** هر نگهبان نازک‌تر از دیواره شکمی به سمت دهانه روزنه آن می‌باشد، این دیواره‌های نازک در اثر فشار آب **درون** یاخته‌های نگهبانی، انبساط و فشار **بیشتری** متحمل می‌شوند. همه این عوامل سبب می‌شود که هر یاخته نگهبان با قطر ثابت به سمت یاخته‌های روبوستی مجاور خود **خمیدگی** پیدا کند و منفذ روزنه هوایی باز شود. باز شدن روزنه هوایی هم سبب خروج بخار آب به عنوان تعرق و هم سبب تبادل گازها برای تنفس و فتوسنتز گیاه می‌شود. یعنی در اثر باز شدن روزنه هوایی، بخار آب و CO_2 از گیاه خارج و O_2 برای تنفس یاخته‌ای وارد می‌شود.

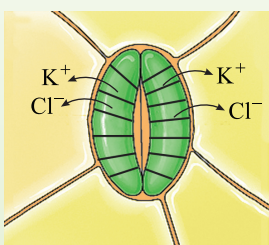


مکانیسم بسته شدن روزنه‌های هوایی

این حالت برعکس مکانیسم باز شدن روزنه‌ها صورت می‌گیرد. یعنی ابتدا یاخته‌های نگهبان به یاخته‌های مجاور روبوستی خود، یون‌هایی مثل کلسیم و پتاسیم را پس می‌دهند و سپس با بالا رفتن مقدار آب آن‌ها سبب **آبدهی** یاخته نگهبان می‌شود. در این حالت طول یاخته نگهبان **کم** شده و با فشاری که یاخته‌های **تورژسانس** یافته اطراف به دیواره نازک پشتی یاخته‌های نگهبان وارد می‌کنند، دو یاخته نگهبان مجاور با قطر **ثابت** به سمت هم می‌آیند. در این حالت دو دیواره ضخیم **شکمی** دو یاخته نگهبان مجاور نیز به هم نزدیک شده و در نتیجه روزنه هوایی بسته می‌شود. در نهایت تبادل گاز و بخار آب از این روزنه نیز **متوقف** می‌شود.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱ علت باز و بسته شدن روزنه‌ها دو عامل می‌باشد، یکی **ساختار خاص** یاخته‌های نگهبان روزنه و دیگری **تغییر فشار تورژسانس** آن‌هاست. ساختار خاص یاخته نگهبان هم به دلیل قطر بیشتر دیواره شکمی نسبت به پشتی و هم به دلیل وجود آرایش شعاعی رشته‌های سلولزی می‌باشد.
- ۲ عوامل **محیطی و درونی** مؤثر در **باز شدن** روزنه‌ها با تحریک **انباشت شدن فعال** برخی **یون‌ها** مثل **کلسیم و پتاسیم** و مواد **آلی** مثل **ساکارز** در **یاخته‌های نگهبان**، سبب افزایش فشار اسمزی نگهبان‌ها شده و به دنبال آن **جذب آب** و باز شدن روزنه صورت می‌گیرد. مثلاً نور یکی از عواملی است که با انباشته کردن این مواد در یاخته نگهبان، سبب شروع مکانیسم باز کردن روزنه‌های هوایی می‌شود.
- ۳ در هنگام باز شدن روزنه هوایی دو چیز ثابت می‌ماند:
 - **قطر** هر یاخته نگهبان به دلیل آرایش کمربندی رشته‌های شعاعی **سلولزی**
 - مقدار سطح تماس بالا و پایین دو لایه **شکمی** دو یاخته نگهبان مجاور
- ۴ وقتی روزنه هوایی **باز** می‌شود، بخار آب از **بین دو یاخته نگهبان** و از منفذ روزنه خارج می‌شود که منشأ این بخار آب، از بخار آب **فضای اشباع شده بین یاخته‌های میانبرگ** می‌باشد. یعنی این بخار آبی که از روزنه خارج شده است، در حقیقت از آبی نبوده که یاخته نگهبان از یاخته مجاور خود گرفته است. این بخار آب از فضای بین یاخته‌های میانبرگ موجود در بین دو روپوست برگ خارج شده است.
- ۵ هر وقت یاخته نگهبان، آب خود را از دست داد، یعنی روزنه می‌خواهد **بسته** شود. در این حالت یاخته نگهبان با قطر ثابت، **کوتاه‌تر** می‌شود ولی هر وقت آب از **بین دو یاخته نگهبان** (یعنی **روزنه هوایی**) خارج شد، یعنی روزنه باید **باز** باشد و یاخته‌های نگهبان با قطر ثابت، طولش **زیاد** شده است و تورژسانس یافته است.
- ۶ روپوست برگ لایه‌ای **بی‌رنگ** می‌باشد که فقط یاخته‌های **نگهبان** آن سبز دیسه و سبزینه دارند.

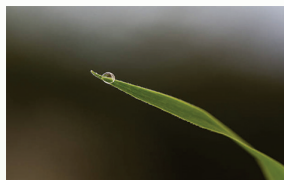


تعریق

تعریق از عواملی است که **همانند تعرق** سبب کشیدن آب به سمت بالای گیاه از راه مکش می‌شود. تعریق یعنی **خروج آب** به صورت **مایع** از راه **روزنه‌های آبی** که همیشه **باز** می‌باشند. محل این روزنه‌ها در منتهی‌الیه آوندهای چوبی واقع در **انتها یا لبه برگ‌ها** است.

در حقیقت در هنگام **شب** یا در هوای **بسیار** مرطوب که روزه‌های هوایی معمولاً بسته می‌باشند، مقدار تعرق به عنوان اصلی‌ترین عامل صعود شیره خام کاهش یافته ولی چون آب و املاح در خاک زیاد است، یاخته‌های درون‌پوستی و لایه ریشه‌ها همچنان با **فشار ریشه‌ای** در حال پمپ کردن فعال یون‌های معدنی به درون استوانه آوندی ریشه می‌باشند. در این حالت که **تعرق کم و فشار ریشه‌ای زیاد** است، با اینکه قبلاً گفتیم که فشار ریشه‌ای نقش آنچنانی در صعود شیره خام آوند چوبی ندارد ولی با توجه به ضرب‌المثل اندک‌اندک جمع گردد وانگهی دریا شود، کم‌کم صعود شیره خام در گیاه، مقدار آب زیادی را به برگ‌ها می‌رساند. در این حالت اگر مقدار آبی که در اثر فشار ریشه‌ای به برگ‌ها می‌رسد، از مقدار آب خروجی که در اثر **تعرق** از گیاه خارج می‌شود، **بیشتر** باشد، آب اضافی گیاه به صورت قطراتی شبیه شبنم! (نه خورشید!) از **انتها یا لبه برگ‌های** برخی گیاهان **علفی** خارج می‌شود که به آن تعریق گفته می‌شود.

چند نکته مهم از تعریق



«تعریق در گیاهان»



۱ عمل تعریق وقتی صورت می‌گیرد که فشار ریشه‌ای **زیاد** ولی تعرق **کم** می‌باشد و آب اضافی بخواهد از گیاه خارج شود. این شرایط در محیط بسیار مرطوب و شب‌ها رخ می‌دهد که روزه‌های هوایی گیاه بسته می‌باشند.

۲ شرایط محیطی ایجادکننده تعریق و شبنم **یکسان** است با این تفاوت که تعریق خروج آب اضافی از گیاه می‌باشد ولی شبنم ایجاد قطره آب محیطی در اثر میعان است که روی سنگ نیز ایجاد می‌شود.

۳ علت باز بودن همیشگی روزه‌های آبی این است که این روزه‌ها در منتهی‌الیه یاخته‌های مرده آوندهای چوبی (*تراکئید یا عنصر آوندی*) هستند. این یاخته‌های مرده چوبی، توانایی تغییر و باز و بسته کردن روزه آبی را ندارند، در حالی که روزه هوایی چون در بین دو یاخته نگهبان زنده است، می‌تواند با فعالیت زیستی متفاوت این یاخته‌ها باز و بسته شود. در حقیقت تعریق سوپایی برای دفع آب اضافی گیاه می‌باشد.

مکانیسم	فشار اسمزی نگهبان	وضعیت آب در نگهبان‌ها	طول هر یاخته نگهبان	قطر هر یاخته نگهبان	تعرق	تعریق	مکش آب به بالای گیاه
هنگام باز شدن روزه‌های هوایی	ابتدا زیاد می‌شود	آبگیری زیاد	زیاد می‌شود	ثابت می‌ماند	زیاد می‌شود	می‌تواند کم شود	زیاد می‌شود
هنگام بسته شدن روزه‌های هوایی	ابتدا کم می‌شود	آبدهی زیاد	کم می‌شود	ثابت می‌ماند	کم می‌شود	می‌تواند با فشار ریشه‌ای زیاد، افزایش یابد.	کمتر از حالت عادی می‌شود

مکانیسم	نوع خروج آب	روزنه	فعالیت روزنه	محرك	نوع گیاهان
تعریق	مایع	آبی	همیشه باز	فشار ریشه‌ای بالا و تعرق کم در محیط مرطوب یا شب	برخی گیاهان علفی
تعرق	بخار	هوایی	باز و بسته می‌شود	رطوبت کم محیط و نور	در همه گیاهان رخ می‌دهد

کدام گزینه، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «یکی از شرایط گیاه است.»

(۱) خروج آب از روزه آبی، کاهش فعالیت درون‌پوست ریشه

(۲) انتقال آب از آوند چوبی به آبکش، باربرداری آبکش

(۳) خروج آب از یاخته نگهبان روزه، کاهش شدید رطوبت در اطراف

(۴) فاصله گرفتن دو لایه شکمی در دو یاخته نگهبان مجاور، خروج یون کلر از نگهبان‌ها

کاهش شدید رطوبت هوا موجب بسته شدن روزه‌های هوایی گیاه می‌شود. برای بسته شدن این روزه‌ها، آب باید از درون یاخته‌های نگهبان روزه به بیرون برود (درستی گزینه (۳)).

تله‌های تستی / گزینه (۱): خروج آب از روزه‌های آبی در هنگام تعریق رخ می‌دهد که در اثر **افزایش** فشار ریشه‌ای به وقوع می‌پیوندد. با کاهش فعالیت آندودرم، فشار ریشه‌ای **کاهش** می‌یابد و نیازی به تعریق نخواهد بود. / گزینه (۲): در باربرداری آبکشی، مواد به محل مصرف وارد می‌شوند و آب از آبکش به چوب می‌رود (نه برعکس). / گزینه (۴): با **انباشته شدن** ساکارز و یون‌ها، بخش شکمی دو یاخته نگهبان از هم فاصله می‌گیرند (نه به خروج یون کلر).

عمل برگ‌ها پس از رسیدن شیره خام به آن‌ها

وقتی شیره خام یعنی آب و مواد معدنی به برگ و سایر اندام‌های فتوسنتزکننده مثل ساقه‌های سبز جوان رسید، یاخته‌های **سی‌دیسه‌دار** طی عمل فتوسنتز آب را با CO_2 ترکیب کرده و مواد آلی زیادی مثل گلوکز و سپس **ساکارز** می‌سازند. در اثر این عمل شیره خام در **برگ‌ها** به شیره پرورده تبدیل می‌شود. دقت کنید که این عمل یعنی تولید شیره پرورده، در بافت **پارانشیمی** فتوسنتزکننده صورت می‌گیرد. بعد از ساخت شیره پرورده، باید این شیره از طریق آوندهای **آبکشی** به **همه** مناطق زنده گیاهی برسد. این شیره به نسبت شیره خام، مقدار آب **کمتری** دارد ولی مملو از مواد قندی، آمینواسید و سایر مواد آلی ساخته شده در گیاه می‌باشد. دقت کنید که شیره پرورده باید از اندام‌های سازنده یا اندام‌های **ذخیره‌کننده** آن به سوی هر بافت **زنده‌ای** در گیاه برود. این عمل توسط آوندهای آبکش با حرکت مواد در **دو** جهت بالا و پایین صورت می‌گیرد.

نکته مهم

شیره خام در آوند چوبی بدون صرف انرژی زیستی فقط به سمت بالا حرکت می کند ولی شیره پرورده در آوند آبکش با صرف انرژی زیستی به سمت بالا و پایین گیاه حرکت می کند.

● محل منبع در گیاهان

به بخش هایی از گیاه که ترکیبات آلی مورد نیاز بخش های دیگر را تأمین می کنند، محل های منبع می گویند. محل منبع هم می تواند تولیدکننده مواد آلی باشد که برگ ها و ساقه های جوان با عمل فتوسنتز از مهم ترین محل های منبع گیاهی هستند و هم می تواند آزادکننده مواد آلی ذخیره شده باشد (مثل ریشه ها و ساقه های زیرزمینی ذخیره آک).

● محل مصرف در گیاهان

به هر بخش زنده گیاهی که ترکیبات آلی برای ذخیره شدن یا مصرف شدن به آنجا می روند، محل مصرف می گویند.

چند نکته مهم

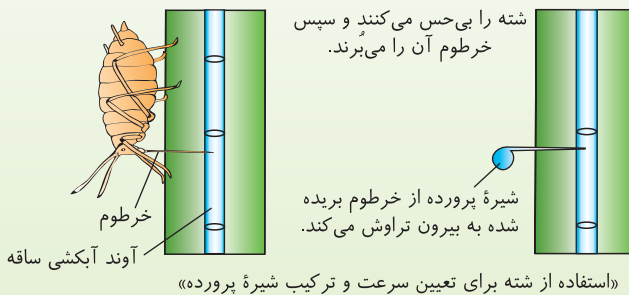
۱ بخش های ذخیره کننده مواد آلی هم می توانند محل منبع و هم محل مصرف در یک گیاه محسوب شوند. مثلاً ریشه یک گیاهی که دو سال زندگی می کند، در سال اول که ذخیره کننده مواد آلی می باشد مواد آلی به سمت آن می آید و محل مصرف محسوب می شود ولی در سال دوم که مواد آلی ذخیره ای آن ها آزاد می شود تا گیاه گلدهی کند، یک محل منبع به حساب می آید.

۲ گل، میوه و دانه همواره یک اندام مصرف به حساب می آیند چون هیچ گاه قرار نیست مواد آلی خود را به اندام دیگری بدهند.

۳ هر بخش فتوسنتزکننده، قطعاً محل منبع است ولی هر محل منبعی قطعاً فتوسنتزکننده نیست و می تواند یک بافت پاراننشیمی ذخیره ای در ریشه یا ساقه غیرسبز باشد. (البته بخش فتوسنتزکننده، خودش هم نیز به مصرف مواد دارد ولی جزء بخش مصرف به حساب نمی آید).

۴ برای تعیین سرعت و ترکیب مواد درون شیره پرورده، می توان از حشرات کوچکی

مثل شته ها استفاده کرد. این حشرات خرطوم دهانی خود را وارد آوند آبکش گیاهان سبز علفی کرده و ساعت ها نگه می دارند تا شیره پرورده را بکنند. در این آزمایش شته را بی حس کرده و سپس خرطوم پر از شیره پرورده آن را می برند. پس از مدتی مشاهده می شود که شیره پرورده به بیرون از خرطوم بریده شده تراوش می کند. این عمل نشان دهنده فعال بودن حرکت شیره پرورده و فشاری است که از داخل آوند آبکش برای خروج شیره پرورده به خرطوم وارد می شود. سپس می توان از این شیره تراوش شده از خرطوم شته پی به نوع مواد درون آن برد و سرعت انتقال آن در گیاه را محاسبه کرد.

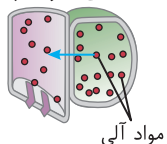


چگونگی جابه جایی و حرکت مواد در آوند آبکش (الگوی جریان توده ای فشاری ارنست مونش)

به یاد دارید که شیره پرورده در پاراننشیم های فتوسنتزکننده گیاه تولید می شود و سپس وارد آوند آبکش می شود تا از طریق لوله این آوندها که بین یاخته های زنده آن، صفحه آبکشی منفذداری وجود دارد، این شیره از راه سیتوپلاسمی عبور کند و به مجاور اندام های مصرف کننده برسد. به دلیل وجود صفحه بین یاخته ای و عبور این شیره از غشای واکوئول ها و غشای یاخته، سرعت عبور شیره پرورده از شیره خام درون آوند چوبی کمتر و پیچیده تر می باشد. شیره پرورده طبق الگوی جریان فشاری که گیاه شناس آلمانی به نام ارنست مونش پیدا کرد با چهار مکانیسم زیر در گیاهان از محل منبع به محل مصرف می رسد:

مرحله اول (بارگیری آبکشی)

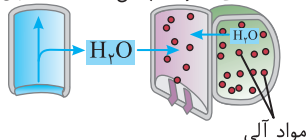
محل منبع آوند آبکش



قند (مخصوصاً ساکارز) و سایر مواد آلی ایجاد شده یا ذخیره شده در محل منبع به همراه مقدار کمی آب، به روش انتقال فعال و اسمز و به کمک انرژی یاخته های همراه کنار آوند آبکش، از راه لان (نه صفحه مفذداری) وارد یاخته های آبکشی می شوند. با این عمل فشار اسمزی درون آوند آبکش زیاد شده و مقدار آب درون آن کم می شود.

مرحله دوم (آبگیری آبکشی)

محل منبع آوند آبکش آوند چوبی



به دنبال بارگیری آبکشی و غلیظ شدن یاخته های آبکشی (مخصوصاً در اثر گردش ساکارز)، این یاخته ها کاهش مقدار آب پیدا می کنند و هم از یاخته های مرده آوند چوبی مجاور خود و هم یاخته های زنده منبع از محل لان ها، آب را به روش اسمز جذب می کنند. این مرحله بدون صرف انرژی زیستی می باشد.

مرحله سوم (جریان توده‌ای)

در این مرحله با افزایش فشار شیره پرورده در یاخته‌های آبکشی، این شیره از طریق سیتوپلاسم یاخته‌های زنده بدون هسته آبکشی و به صورت **فعال**، از صفحات غربالی (**آبکش**) بین یاخته‌ها عبور کرده، با سرعتی **کندتر و پیچیده‌تر** از شیره خام می‌گذرد. شیره پرورده در همه جهات در آوند آبکش بالا و پایین رفته تا به مجاور محل‌های مصرف می‌رسند.

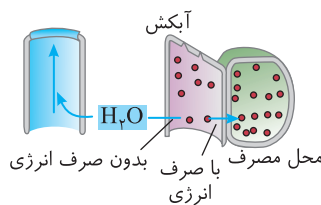


نکته مهم

انرژی جریان توده‌ای در آوند آبکش را یاخته همراه می‌کند، چون یاخته‌های آبکشی معمولاً اندامک‌ها را از دست داده‌اند و فاقد میتوکندری هستند، نمی‌توانند ATP لازم برای همه فعالیت‌های خود را ایجاد کنند. دقت کنید که جریان توده‌ای عبور شیره خام در آوند چوبی بدون صرف انرژی زیستی یاخته آوندی و فقط از ریشه به سمت برگ صورت می‌گیرد ولی شیره پرورده به صورت فعال و در همه جهات حرکت می‌کند.

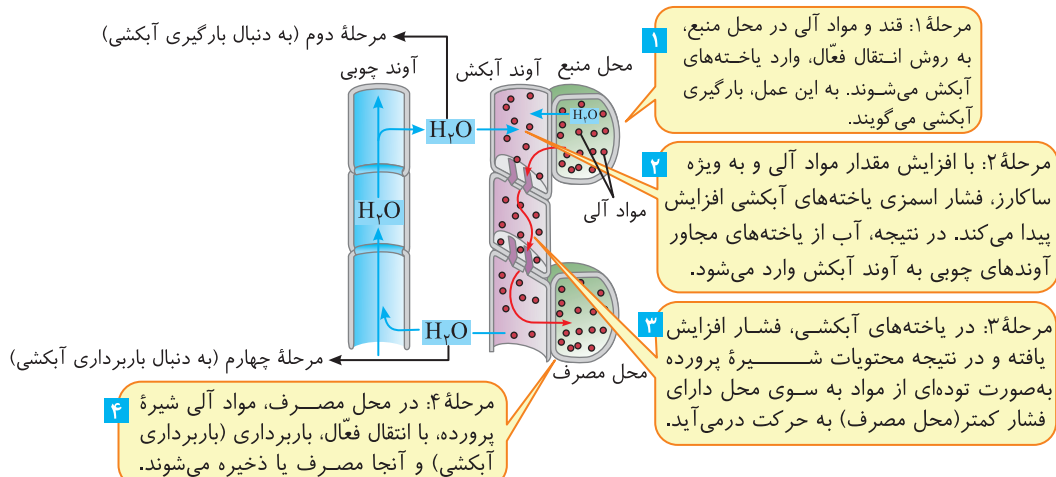
مرحله چهارم (باربرداری آبکشی)

در این مرحله که مرحله آخر انتقال مواد آلی در گیاه می‌باشد، مواد آلی شیره پرورده با **انتقال فعال** و صرف انرژی زیستی از آوند آبکشی خارج شده و از راه لان به محل مصرف برای **ذخیره یا مصرف** مواد آلی می‌رود. در اینجا دقت کنید که با خروج مواد آلی از آوند آبکش به اندام مصرف، این آوند رقیق می‌شود و به آوند چوبی مجاور خود آب می‌دهد.



چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱. تبادل آب بین آوندهای چوبی و آبکش — پس از بارگیری آبکشی — آب از **آوند چوبی** به آوند آبکش یا از اندام **منبع** به آوند آبکش می‌باشد. — هنگام باربرداری آبکشی — آب از آوند آبکش به **چوبی** می‌رود.
۲. **خلاصه** — اگر بار **آلی** رو گرتی — باید به دنبالش آب هم به طور **عالی** بگیری! — اگر بار **آلی** رو از دست دادی — باید به دنبالش آب هم به طور **عالی** بدی! —
۳. در مرحله باربرداری آبکشی، با خروج مواد آلی از آوند آبکش، نسبت آب آوند آبکش به مواد درون آن **زیاد** شده و یاخته‌های این آوند رقیق‌تر می‌شوند، در نتیجه مقداری آب را از طریق **لان‌ها** به آوند چوبی مجاور خود پس می‌دهند. (این عمل عکس ضرایب بارگیری آبکش می‌باشد که آب از آوند چوبی به آبکش می‌رسد).
۴. در الگوی جریان فشاری یا مدل مونش، به جز **مرحله دوم** که آگیری **غیرفعال** از آوند چوبی و منبع به آوند آبکش صورت می‌گیرد، در سایر مراحل صرف انرژی زیستی صورت گرفته و مکانیسم‌ها **فعال** می‌باشند. اغلب انرژی جریان توده‌ای در آوند آبکش نهان‌دانگان را یاخته‌های **همراه** راکیزه‌دار فراهم می‌کنند. همچنین یاخته‌های منبع برای **بارگیری** آبکشی و یاخته مصرف برای **باربرداری** آبکشی به مصرف انرژی می‌پردازند.
۵. شیره پرورده و مواد آلی آن در یاخته‌های آبکشی، فقط از سیتوپلاسم و کانال‌های پلاسمودسمی موجود در دیواره **نخستین** سلولزی آوند آبکش عبور می‌کنند که با صرف انرژی حاصل از یاخته همراه به بالا و پایین می‌روند. آب در آوند چوبی از درون یاخته مرده و به صورت غیرفعال فقط به سمت بالا می‌رود.
۵. پلاسمودسم در انتقال شیره خام نقشی ندارد.



«چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش»

تست ۱۹

کدام گزینه صحیح است؟ «در مدل جریان مونس در گیاهان همانند به فعالیت راکیزه نیاز»

(۱) بارگیری آبکشی - تبادل آب در بافت آوندی - دارد.

(۲) باربرداری آبکشی - عمل کانال‌های پروتئینی ویژه آب - ندارد.

(۳) ورود قند به یاخته‌های آوند آبکشی - ورود یون به درون پوست ریشه - دارد.

(۴) ورود آب به درون آوندهای آبکشی - انتقال آمینواسید در جهت شیب غلظت - ندارد.

در مدل مونس فقط آگیری آوند آبکش از آوند چوبی است که مانند انتقال **غیرفعال** آمینواسیدها در جهت شیب غلظت بوده و به ATP و فعالیت راکیزه نیاز ندارد ولی بارگیری و باربرداری و جریان توده‌ای فشاری به انرژی نیاز دارد.

نکته: پروتئین کانالی ویژه آب با عمل انتشار تسهیل شده و به صورت غیرفعال فعالیت می‌کند (انتقال آب همیشه مسز و بدون صرف انرژی است) (نادرستی گزینه (۲)).

نکته: انتقال یون‌ها از خاک تا درون پوست بدون صرف انرژی و از آنجا تا آوند چوبی با انتقال فعال و صرف انرژی می‌باشد (نادرستی گزینه (۳)).

B

پاسخ ۴

تنظیم تولید و مصرف مواد آلی در گیاه

تولید و مصرف مواد آلی در گیاهان به صورت **تنظیم شده** صورت می‌گیرد. مثلاً گل، میوه و دانه، اندام‌های **مصرفی** مهمی می‌باشند. در هنگام **گلدهی** یا **میوه‌دهی** یک گیاه، گاهی تعداد محل‌های **مصرف** بیش از حد زیاد می‌شود به‌طوری که محل‌های منبع و سازنده مواد آلی، قادر به انتقال مواد **آلی** مورد نیاز به همه آن‌ها نیستند. در این موارد **ممکن** است (نه **همیشه**) گیاه، به کمک **هورمون‌ها و سایر عوامل**، اقدام به حذف **برخی** اندام‌های مصرف مثل **گل‌ها، دانه‌ها یا میوه‌های** خود کند تا مقدار قند و مواد آلی کافی به محل‌های مصرف باقی‌مانده **جدید** برسد.

نکته

هورمون **اتیلن** با سریع‌تر کردن سرعت رسیدن میوه‌ها و ریزش آن‌ها، رسیدن مواد آلی به سایر بخش‌ها را افزایش می‌دهد.

نکته

در باغبانی نیز برای داشتن **میوه‌های درشت‌تر**، تعدادی از گل‌ها و یا میوه‌های **جوان** را می‌چینند تا درختان، **میوه‌های کمتر ولی درشت‌تری** به بار آورند.

آزمایشی برای نشان دادن محل شیرۀ پرورده در آوند آبکش

از فصل قبل به یاد دارید که پوست درخت دارای رشد **پسین**، از داخل به خارج شامل آوندهای آبکش **پسین**، کامبیوم **چوب‌پنبه‌ساز**، پارانشیم‌ها و در نهایت **چوب‌پنبه‌های** سطحی می‌باشد.

شکل روبه‌رو نشان می‌دهد که شیرۀ پرورده **فقط** در آوند **آبکش** جریان دارد، چون وقتی قسمتی از پوست درخت را در وسط درخت حذف کنیم، در نتیجه شیرۀ پرورده از آوند آبکش بالایی دیگر به آوند پایینی نمی‌رسد و در آوند آبکش **بالایی** تجمع پیدا می‌کند. در این حالت آوند چوبی گیاه به دلیل استحکام زیاد، همچنان بدون تغییر **قطر** وجود دارد در حالی که چون دیواره آوند آبکشی لیگنینی و مستحکم **نی‌باشد**، فشار شیرۀ پرورده باعث تورم آوند آبکش شده است. در شکل مقابل مشاهده می‌شود که آوند آبکش در **زیر** منطقه فاقد پوست، تغییر قطر نداده است چون شیرۀ پرورده جدیدی وارد آن نشده است.

نکته

خزه‌گیان، چون **آوند** ندارند فقط با انتشار و اسمز مواد را در کل گیاه منتشر می‌کنند.

