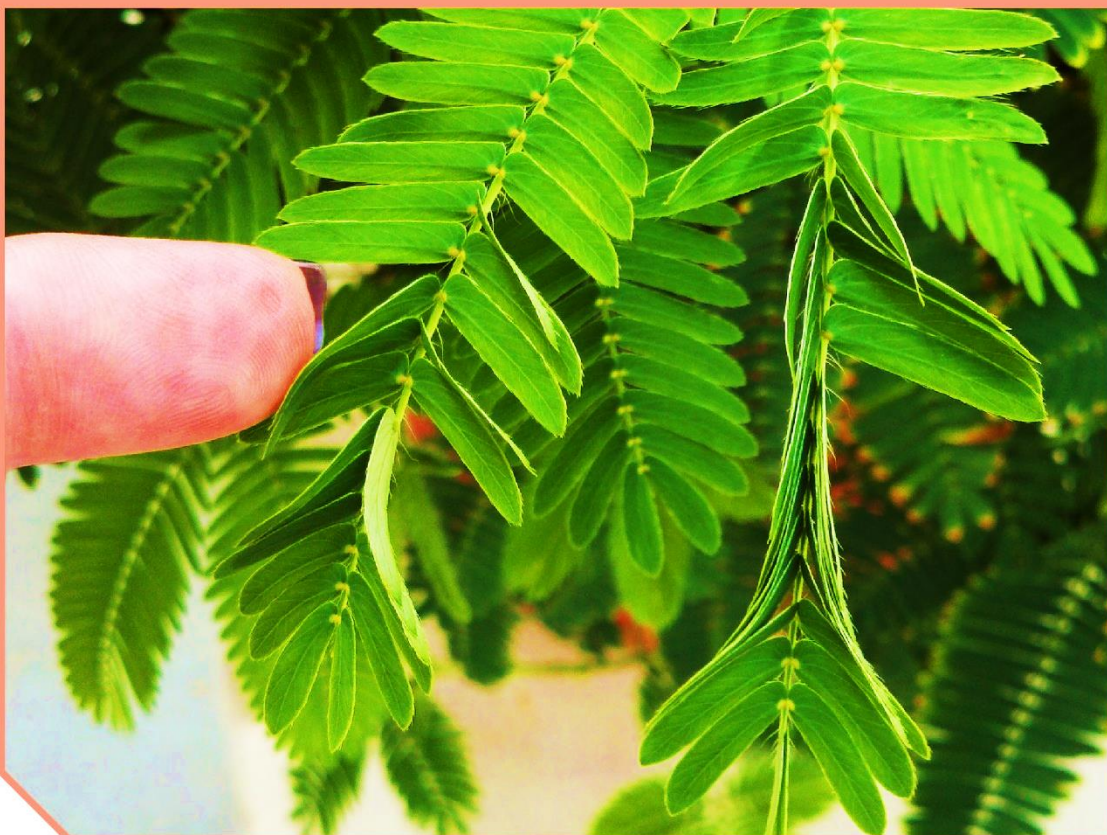




فصل ۹

پاسخ گیاهان به محرک‌ها

تصویر بالا پدیده‌ای به نام «لرزه‌تنجی» را در گیاه حساس نشان می‌دهد. لمس کردن برگ‌های گیاه سبب خم شدن برگچه‌های آن و تا خوردن آنها بر روی یکدیگر می‌شود. این پدیده نوعی دفاع محسوب می‌شود.

شاید دیده باشید که ساقه به سمت نور و ریشه به سمت زمین رشد می‌کند (به ترتیب نورگرایی و زمین‌گرایی). گیاهان با تغییر فصل و در نتیجه تغییر دما و طول روز گل می‌دهند، برگ‌های جدید به وجود می‌آورند یا این که برگ‌هایشان می‌ریزند. چه عواملی در این پدیده‌ها نقش دارند؟ موادی به نام تنظیم‌کننده‌های رشد! آیا رشد و نمو گیاهان نیز همانند جانوران تنظیم می‌شود؟ بله، اکسین، سی‌توکینین و جیبرلین سبب افزایش رشد می‌شوند، در حالی که آبسیزین، اتیلن و سالیسیلیک‌اسید سبب کاهش رشد و یا به کلی مانع رشد می‌شوند.

آیا گیاهان به علائمی که از محیط دریافت می‌کنند، پاسخ می‌دهند؟ بله. اگر چنین است، به چه عوامل محیطی واکنش نشان می‌دهند؟ دما، نور، رطوبت، گرانش، تماس، مواد شیمیایی و ... از عوامل محیطی هستند که گیاه به آنها پاسخ می‌دهد.

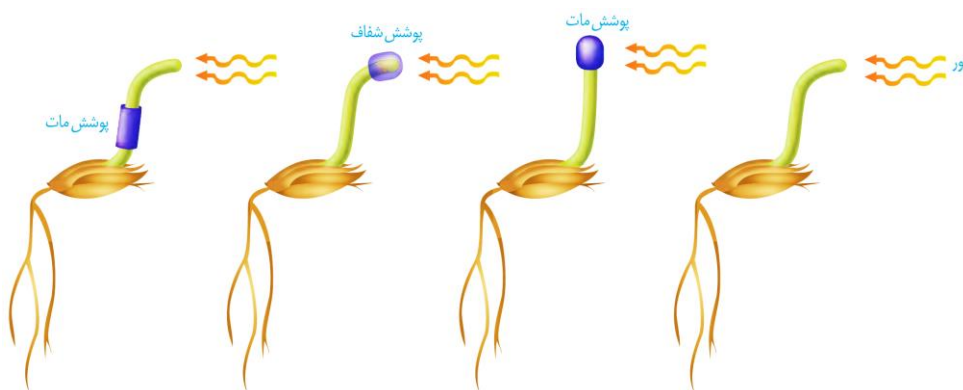


به شکل ۱ نگاه کنید؛ احتمالاً وضعیتی مشابه این شکل را در پیرامون خود دیده اید. به نظر شما علت خم شدن گیاه به سمت نور چیست؟ وقوع پدیده ای به نام **نورگرایی** بر اثر توزیع نابرابر هورمون اکسین و در نتیجه رشد نابرابر سلول ها در دو سمت ساقه. در این حالت چگونه می توانیم مانع خم شدن ساقه ها شویم؟ با پرفاندن مداوم گلدان! آیا طول ساقه در بخش رو به نور با طول ساقه در بخش دور از نور یکسان است؟ خیر، در بخش دور از نور رشد بیشتری مشاهده می شود. خم شدن گیاه به سمت نور، چه تأثیری در ماندگاری گیاه دارد؟ باعث می شود تا بخش های قوتوسنتر کننده گیاه، نور بیشتری جذب کنند.

شکل ۱- خم شدن گیاهان به سمت نور به دلیل رشد نابرابر سلول ها در دو طرف ساقه

اولین آزمایش: آزمایشات داروین ها

خم شدن گیاهان به سمت نور پدیده ای رایج در طبیعت است. چارلز داروین که به مطالعه پدیده حرکت در گیاهان علاقه مند بود، برای بررسی این موضوع، همراه با پسرش آزمایش هایی را با استفاده از دانه رست نوعی گیاه از خانواده گندمیان به نام **پمن**، طراحی و اجرا کرد (شکل ۲). (یادآوری: همان طور که می دانیم، دانه رست همان گیاه کوچک اولیه و حاصل رشد دانه است). آنها دریافتند دانه رست در صورتی به سمت نور یک جانبه (نوری که از یک طرف به گیاه می تابد)، خم می شود که نوک آن یعنی جوانه انتهایی یا مریستم رأسی آن در برابر نور باشد. با توجه به خم شدن دانه رست به سمت نور یک طرفه، به نظر شما کدام یک از سطوح داخلی یا بیرونی آن رشد بیشتری دارد؟ سطح خارجی یا سطح دور از نور رشد بیشتری دارد.



شکل ۲- آزمایش داروین ها با دانه رست پمن. دانه رست در نور همه جانبه به طور مستقیم رشد می کند. اما در نور یک جانبه با توجه به شرایط آزمایش به طور مستقیم یا خمیده رشد می کند.

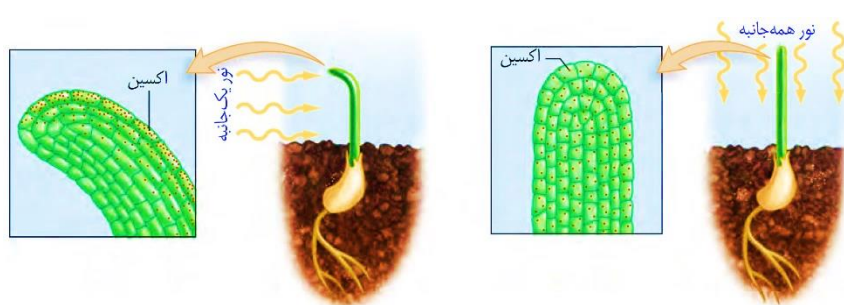
آزمایشات دیگر

بعدها محققان دیگری با انجام آزمایش هایی که بر روی گیاهی از خانواده گندمیان به نام یولاف یا جو دو سر انجام شد، نشان دادند که عامل خم شدن دانه رست به سمت نور، ماده ای است که در نوک آن وجود دارد. به عبارت دیگر این ماده به وسیله جوانه انتهایی تولید می شود. به شکل ۳ توجه کنید! در این آزمایش، نوک دانه رستی را که در نور همه جانبه رشد کرده است، بریده و برای مدتی روی قطعه ای از آگار قرار داده اند. آگار ماده ای است ژله مانند که از جلبک های قرمز به دست می آید. بعد از مدتی این قطعه آگار را روی لبه دانه رستی قرار می دهند که نوک آن بریده شده؛ همان طور که می بینید دانه رست خم شده است (شکل ۳- الف)، در حالی که قرار دادن آگار معمولی روی دانه رست بدون نوک، سبب خم شدن آن نمی شود (شکل ۳- ب).



شکل ۳- ماده ای در نوک دانه رست وجود دارد که عامل خم شدن آن در برابر نور یک جانبه است. نام این ماده هورمون اکسین است!

خم شدن دانه‌رست به معنای **اختلاف اندازه یاخته‌های دو طرف آن** است. مشاهدات میکروسکوپی نیز نشان داد که **رشد طولی** یاخته‌ها در سمت سایه یا دور از نور بیشتر از یاخته‌هایی است که در سمت **رو به نور** قرار دارند. نور **یک‌جانبه** باعث **جابه‌جایی** این ماده از سمت مقابل نور به سمت سایه (دور از نور) می‌شود. در نتیجه به علت **تجمع** این ماده در سمت سایه، رشد طولی یاخته‌ها در این سمت **بیشتر** از سمت رو به نور است و در نتیجه دانه‌رست **خم** می‌شود (شکل ۴). رشد **جهت‌دار** اندام‌های گیاه در پاسخ به نور یک‌جانبه را **نورگرایی** نامیدند. سرانجام **ترکیب شیمیایی** این ماده شناسایی و **اکسین**، به معنای «**رشد**



کردن» نامیده شد. پژوهش‌های **بیشتر** نشان داد که **انواعی** از **ترکیبات مشابه** اکسین در گیاهان متفاوت ساخته می‌شوند که **اثرات مشابه** دارند؛ بنابراین، نام **اکسین‌ها** را به این گروه از ترکیبات دادند.

شکل ۴- تابش نور سبب تجمع اکسین در سمت سایه می‌شود. تجمع اکسین سبب رشد **ابعادی** سلول‌ها در سمت سایه شده و رشد نابرابر ساقه باعث **خمیدگی** ساقه می‌شود.

کشف اکسین **سرآغازی** برای شناسایی **ترکیبات دیگری** بود که رشد و فعالیت‌های گیاهان را **تنظیم** می‌کنند. این ترکیبات را **تنظیم کننده‌های رشد** یا **هورمون‌های گیاهی** نامیدند. انواعی از تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان تولید می‌شوند. **اکسین‌ها**، **سیتوکینین‌ها**، **جیبرلین‌ها**، سبب **افزایش** رشد گیاهان، **اتیلن** و **آبسیزیک اسید** با **کاهش** رشد یا **متوقف کردن آن**، پنج تنظیم کننده رشد هستند که در ادامه با آنها آشنا می‌شوید.

محرك‌های رشد

اکسین‌ها، **سیتوکینین‌ها** و **جیبرلین‌ها** در فرایندهای رشد مانند **تحریک تقسیم یاخته**، **رشد طولی یاخته‌ها**، **ایجاد و حفظ اندام‌ها** نقش دارند. گرچه این تنظیم کننده‌ها را به عنوان **محرك** رشد می‌شناسیم؛ اما بر اساس مقدار و محل اثر ممکن است نقش **بازدارندگی** نیز داشته باشند. در ادامه به عملکرد هر یک از این تنظیم کننده‌ها می‌پردازیم.

دو مثال از اثرات معکوس هورمون‌های محرك رشد

- ۱) هورمون **اکسین** توسط جوانه انتهایی تولید شده و باعث **افزایش** رشد این جوانه و **پیریگی رأسی** می‌شود. ولی همین هورمون با **افزایش** تولید **اتیلن** و **کاهش** مقدار **سیتوکینین** در جوانه‌های جانبی بر روی رشد این جوانه‌ها، نقش **بازدارنده** ایفا می‌کند!
- ۲) در **ریشه‌زایی** نسبت **اکسین** به **سیتوکینین** زیاد است، در حالی‌که در **ساقه‌زایی** برعکس است یعنی نسبت **اکسین** به **سیتوکینین** کم است. به عبارت دیگر در ساقه‌زایی نسبت **سیتوکینین** به **اکسین** زیاد است.

اکسین‌ها



اکسین با **افزایش رشد طولی** یاخته‌ها، سبب **افزایش طول ساقه** می‌شود. هم‌چنین **اکسین ریشه‌زایی** را با **تقسیم سلولی** تحریک می‌کند؛ بنابراین، برای **تکثیر** رویشی گیاهان با استفاده از **قلمه** به کار می‌رود (شکل ۵). **اکسین‌ها** را برای **تشکیل** میوه‌های **بدون دانه** و **درشت کردن** میوه‌های **بدون دانه** و **دانه‌دار** نیز به کار می‌برند. بنابراین می‌توان گفت **اکسین** هم سبب **رشد ابعادی** سلول‌ها می‌شود و هم سبب **رشد تعدادی** آنها!

شکل ۵- تأثیر اکسین بر ایجاد ریشه. در این حالت هورمون اکسین با **تحریک تقسیم سلولی** سبب **ریشه‌زایی** در قلمه‌ها شده است.

بعد از کشف ساختار شیمیایی اکسین‌ها، این ترکیبات به طور **مصنوعی** ساخته و پژوهش‌هایی برای **شناسایی** اثر آنها بر گیاهان انجام شدند. محققان دریافته‌اند که بعضی از این ترکیبات مانند **توفوردی (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)**، همه گیاهان **دولپه‌ای** را از بین می‌برند ولی تأثیری بر گیاهان **تک‌لپه‌ای** مانند **گندم** و **جو** ندارند؛ بنابراین، آنها را برای ساختن **سموم کشاورزی** یا **علف‌کش انتخابی** به منظور از بین بردن گیاهان **خودرو** در مزارعی مانند مزرعه **گندم**، به کار بردند. نکته مهم این که این علف‌کش‌ها را **نمی‌توان** در همه مزارع و باغ‌ها به کار برد. به عنوان مثال در مزارعی مانند یونجه، کوبه فرنگی، لوبیا، سیب زمینی و ... که در آنها گیاهان **دولپه‌ای** کاشته شده است و نیز در باغ‌ها **نمی‌توان** از این علف‌کش‌ها استفاده نمود! **عامل نارنجی** که **مخلوطی** از اکسین‌ها بود، چنین اثری داشت. ایالات متحده آمریکا در جنگ با ویتنام به مدت ده سال عامل نارنجی را به کار برد. در نتیجه بخشی از جنگل‌های ویتنام که مخفی‌گاه مبارزان بود و

نیز زمین‌های کشاورزی آنها از بین رفت. تولید عامل نارنجی با اتمام این جنگ، **ممنوع** شد؛ اما چند دهه طول کشید تا جنگل‌ها **احیا** شوند. **سرطان** و تولد نوزادان با **نقص‌های مادرزادی** از اثرهای این ماده بود.

سیتوکینین‌ها: هورمون جوانی

سیتوکینین‌ها با تحریک **تقسیم باخته‌ای** و در نتیجه ایجاد یاخته‌های **جدید**، پیر شدن **فقط!** اندام‌های **هوایی** گیاه را به **تأخیر** می‌اندازند. به همین علت در **گل‌فروشی‌ها** با افشانه کردن سیتوکینین روی **برگ و گل‌ها** آنها را تازه نگه می‌دارند. سیتوکینین‌ها هورمون **ساقه‌زایی** نیز نامیده می‌شوند. به کارگیری این هورمون در **فناوری** کشت بافت، سبب ایجاد **ساقه** از یاخته‌های **تمایز نیافته** یا **کال** می‌شود. در واقع اگر نسبت اکسین به سیتوکینین زیاد باشد، سبب **ریشه‌زایی** و اگر نسبت سیتوکینین به اکسین زیاد باشد سبب **ساقه‌زایی** می‌شود.

شاخه و برگ‌های بیشتر: برهم کنش دو تنظیم کننده

اگر بخواهید گیاهی پرشاخ و برگ‌تر داشته باشید، چه کار می‌کنید؟ **آن را هرس می‌کنیم**. در این فرایند، جوانه‌های انتهایی را **قطع** می‌کنیم تا جوانه‌های جانبی **فرصت رشد پیدا کنند**. احتمالاً سرشاخه‌ها را که محل جوانه‌های رأسی (انتهایی) اند، قطع می‌کنید. همان طور که در شکل ۶- ب می‌بینید با قطع جوانه رأسی، جوانه‌های جانبی **رشد**، و شاخه و برگ **جدید** ایجاد کرده‌اند. به اثر **بازدارندگی** جوانه رأسی بر رشد جوانه‌های جانبی، **چیرگی رأسی** می‌گویند. با قطع جوانه رأسی مقدار **سیتوکینین** در جوانه‌های جانبی **افزایش** و مقدار **اکسین** آنها **کاهش** می‌یابد، در نتیجه جوانه‌های جانبی **رشد** می‌کنند. اگر بعد از قطع جوانه رأسی، در **محل برش**، اکسین **قرار** دهیم؛ جوانه‌های جانبی **رشد نمی‌کنند** (شکل ۶- پ). این آزمایش نشان می‌دهد که اکسین از جوانه رأسی به جوانه‌های جانبی می‌رود و **مانع** از رشد آنها می‌شود.

مقایسه چیرگی رأسی و هرس کردن

- (۱) **چیرگی رأسی**: در واقع در چیرگی رأسی، **اکسین** تولید شده در جوانه انتهایی به جوانه‌های جانبی رفته و در آنها از یک طرف سبب **افزایش** مقدار **اتیلن** و از طرفی سبب **کاهش** **سیتوکینین** در این جوانه‌ها می‌شود. در نتیجه جوانه‌های جانبی **رشد نتوانند کرد**.
 - (۲) **هرس کردن**: با قطع جوانه انتهایی مقدار **اتیلن** در جوانه‌های جانبی **کاهش** و مقدار **سیتوکینین** در آنها **افزایش** می‌یابد. در نتیجه این جوانه‌ها **رشد خواهند نمود**.
- شکل ۶- اکسین** تولید شده در جوانه رأسی با **افزایش** اتیلن و **کاهش** **سیتوکینین** در جوانه‌های جانبی **مانع** از رشد جوانه‌های جانبی می‌شود.



پ) حذف جوانه انتهایی

ب) ایجاد شاخه‌های جدید

الف) رشد کم جوانه‌های جانبی

فعالیت ۱

شکل روبه رو **تمایز ریشه** و **تمایز ساقه** را از یک توده یاخته **تمایز نیافته** یا همان **کال** در حضور **مقدار متفاوتی از هورمون‌های اکسین و سیتوکینین**، در محیط کشت نشان می‌دهد. از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

از این شکل دو نتیجه می‌گیریم:

- (۱) برای **تمایز ریشه** و **ساقه** یعنی **هم ریشه‌زایی** و **هم ساقه‌زایی** از توده **تمایز نیافته** یا **کال** به **هر دو هورمون اکسین و سیتوکینین** نیاز است.
- (۲) برای **تمایز ریشه** می‌بایست نسبت **اکسین** به **سیتوکینین** زیاد باشد ولی برای **تمایز ساقه** برعکس می‌بایست نسبت **سیتوکینین** به **اکسین** زیاد باشد.

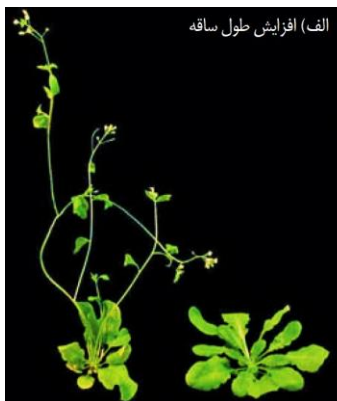
اکسین زیاد
سیتوکینین کم

اکسین کم
سیتوکینین زیاد

مقدار هر دو هورمون متوسط

جیبرلین‌ها: تلاش برای رفع مشکل

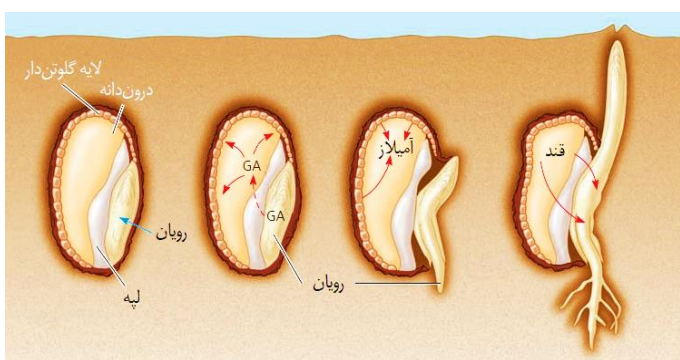
کشف جیبرلین‌ها حاصل تلاش دانشمندان ژاپنی در بررسی نوعی **بیماری قارچی** بود که دانه‌رست‌های **برنج** به آن مبتلا می‌شدند. آلودگی دانه‌رست‌ها به **قارچ جیبرلا** سبب می‌شد تا به سرعت **رشد** کنند. این دانه‌رست‌ها **باریک** و **دراز** بودند و بافت **استحکامی** یعنی **کلانشیم** و **اسکلرانشیم** کافی **نداشتند**، در نتیجه **خم** می‌شدند و روی زمین می‌افتادند. مسلماً چنین بیماری سبب **کاهش** محصول **برنج** و در نتیجه زیان‌های **فراوان** بود. دانشمندان با استخراج



شناسایی ترکیبات به دست آمده از قارچ **جیبرلا**، توانستند **جیبرلین‌ها** را شناسایی و معرفی کنند. پس از آن مشخص شد که جیبرلین‌ها در گیاهان **نیز** تولید می‌شوند و رشد و فعالیت‌های آنها را **کنترل** می‌کنند. این تنظیم‌کننده‌های رشد در افزایش طول **ساقه** از طریق تحریک (۱) **رشد طولی** یا **یاخته** و (۲) **تقسیم** آن، **رشد میوه** و **رویش دانه‌ها** نقش دارند؛ این هورمون گیاهی را برای تولید میوه‌های **بدون دانه** و درشت کردن **میوه‌های دانه‌دار** و **بدون دانه** به کار می‌برند (شکل ۷).
شکل ۷- الف) اثر جیبرلین بر روی گیاهان بوته‌ای: باعث تولید شدن آنها در مثل میان‌کره‌ها می‌شود.

ب) اثر جیبرلین بر روی میوه‌ها: باعث درشت شدن آنها می‌شود.

جیبرلین‌ها و رویش بذر غلات: رویان غلات در هنگام رویش دانه، مقدار فراوانی جیبرلین می‌سازند. این هورمون بر **خارجی‌ترین** لایه درون دانه (لایه گلوتن دار) اثر می‌گذارد و سبب تولید و رها شدن آنزیم‌های گوارشی مانند پکتیناز، سلولاز، آمیلاز و ... در دانه می‌شود (شکل ۸). این آنزیم‌های برون‌سلولی دیواره یاخته‌ها یعنی پکتین و سلولاز و ذخایر درون دانه یعنی نشاسته را تجزیه می‌کنند. نشاسته یکی از این ذخایر است که بر اثر آنزیم **آمیلاز** تجزیه می‌شود.



در واقع جیبرلین یا جیبرلیک‌اسید تولید شده در **رویان** پس از عبور از لپه و آندوسپرم از طریق پلاسمودسم‌ها خود را به لایه گلوتن دار می‌رساند. در آنجا به گیرنده خود در سلول‌های آندوسپرم متصل شده تا پس از راه افتادن واکنش‌هایی از روی ژن مربوط به آنزیم آمیلاز رونویسی و ترجمه انجام شود تا این آنزیم ساخته شود.

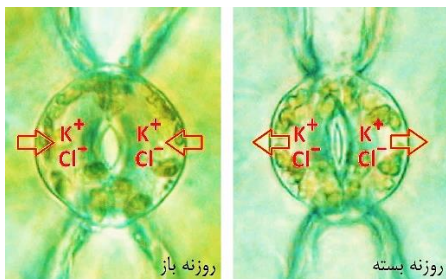
شکل ۸- جیبرلین‌ها در تجزیه ذخایر موجود در آندوسپرم رویان غلات نقش دارند.
(GA: جیبرلیک‌اسید)

بازدارنده‌های رشد

آبسزیک‌اسید و اتیلن دو تنظیم‌کننده رشدند که در فرایندهای متفاوتی مانند **مقاومت گیاه در شرایط سخت**، **رسیدگی میوه‌ها**، **ریزش برگ** و **ریزش میوه** نقش دارند.

آبسزیک‌اسید: مقابله با شرایط نامساعد (هورمون استرس)

فرض کنید گیاهی در معرض استرس کم‌آبی قرار گرفته و محیط رطوبت کافی برای تأمین آب مورد نیاز برای رشد دانه‌رست را نداشته باشد. اگر دانه در این شرایط **رویش** یابد، چه بر سر دانه‌رست می‌آید؟ **دانه‌رست** فشک شده و از بین می‌رود! اگر گیاه در شرایط خشکی قرار گیرد و **روزنه‌ها** همچنان باز بمانند چه چیزی رخ می‌دهد؟ گیاه فشک شده و از بین می‌رود! شرایط نامساعد و استرس‌زا محیط مانند خشکی، تولید آبسزیک‌اسید را در گیاهان تحریک می‌کند.



آبسزیک‌اسید سبب بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه حفظ آب گیاه و همچنین مانع رویش دانه و مانع رشد جوانه‌ها در شرایط نامساعد می‌شود. به طور کلی این تنظیم‌کننده، رشد گیاهان را در پاسخ به شرایط نامساعد، کاهش می‌دهد (شکل ۹).

شکل ۹- حفظ آب گیاه با بسته شدن روزنه‌ها.

در واقع، هورمون آبسزیک‌اسید باعث فروج یون‌های پتاسیم و کلر از سلول‌های نگهبان روزنه و کاهش فشار اسمزی آنها می‌شود. بنابراین آب از این سلول خارج و این سلول‌ها دچار پلاسمولیز می‌شوند تا در نهایت روزنه‌ها بسته شوند.

اتیلن: رسیدن میوه‌ها (هورمون پیری)

شاید شما هم شنیده باشید که برای رسیدن میوه‌های نارس می‌توانید در پاکت میوه‌ها، یک سیب رسیده یا موز رسیده قرار دهید. از میوه رسیده چه چیزی خارج می‌شود که باعث رسیدگی میوه‌های نارس می‌شود؟ **گاز اتیلن** که برای گیاهان نوعی هورمون محسوب می‌شود! دانشمندان در پژوهش‌های خود دریافته‌اند که از میوه‌های رسیده اتیلن آزاد می‌شود و مقدار اتیلن با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. اتیلن گازی است که از سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ نیز رها می‌شود. سال‌ها قبل از آن که دانشمندان بدانند گیاهان اتیلن تولید می‌کنند، معلوم شده بود که اتیلن حاصل از سوخت‌های فسیلی باعث **ریزش برگ درختان** می‌شود. اتیلن در **ریزش میوه** نیز نقش دارد. بافت‌های آسیب دیده گیاهان نیز اتیلن تولید می‌کنند. گاهی میوه‌ها را نارس می‌چینند و زمانی که می‌خواهند آنها را در بازار پخش کنند، به مدت مشخصی، در محیط اتیلن‌دار قرار می‌دهند تا رسیده شوند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- گوجه فرنگی‌های هر دو جعبه در یک زمان چیده شده، اما گوجه فرنگی‌های سمت راست، سه روز در محیط اتیلن‌دار بوده‌اند.

(۱) هورمون اتیلن که نوعی گاز حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی است و در گیاهان نیز تولید می‌شود.

(۲) در فرایند رسیدگی میوه‌ها دو پدیده زیر اتفاق می‌افتند:

+ اتیلن با تأثیر بر روی تیغه میانی باعث نرم شدن بافت‌های گیاهی می‌شود.

+ هم‌پنین کلروپلاست‌ها به کروموپلاست تبدیل می‌شوند و مقدار کاروتنوئیدها در آنها افزایش می‌یابد.

ردپای اتیلن در چیرگی رأسی

دیدید که اکسین، عامل چیرگی رأسی است و مانع رشد جوانه‌های جانبی در حضور جوانه رأسی می‌شود. در واقع اکسین جوانه رأسی، تولید اتیلن در جوانه‌های جانبی را تحریک می‌کند و در نتیجه با افزایش اتیلن در جوانه‌های جانبی، رشد آنها متوقف می‌شود. هم‌پنین هورمون اکسین تولید شده در جوانه انتهایی پس از انتقال به جوانه‌های جانبی باعث کاهش مقدار سیتوکینین در این جوانه‌ها شده و با کاهش تقسیم سلولی در آنها، رشد آنها نیز متوقف می‌شود.

اکسین جوانه انتهایی = افزایش اتیلن و کاهش سیتوکینین در جوانه‌های جانبی = افزایش رشد جوانه انتهایی و کاهش رشد جوانه‌های جانبی = چیرگی رأسی

ریزش برگ

برگ هنگامی می‌ریزد که ارتباط آن با شاخه قطع شده باشد. با توجه به شناختی که از ساختار یاخنه‌ها و بافت‌های گیاهی دارید آیا می‌توانید تغییراتی را که در ساختار برگ رخ می‌دهد، پیش‌بینی کنید؟ به هنگام ریزش برگ، تیغه میانی که اتصال دهنده سلول‌های گیاهی به همدیگر بود از بین رفته و در محل لایه جدا کننده سلول‌ها از یکدیگر فاصله می‌گیرند تا در نهایت برگ‌ها ریزش پیدا کنند. اگر بنا باشد که ارتباط برگ با شاخه قطع شود باید یاخنه‌ها از هم جدا شوند. مشاهدات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در قاعده دم‌برگ در محل اتصال به شاخه، لایه جدا کننده تشکیل می‌شود. یاخنه‌ها در این منطقه به علت فعالیت آنزیم‌های برون‌سلولی تجزیه کننده مانند پکتیاز و سلولاز، از هم جدا می‌شوند و به تدریج از بین می‌روند، در نتیجه برگ از شاخه جدا می‌شود. با چوب‌پنبه‌ای شدن یاخنه‌هایی از شاخه که در محل اتصال به دم‌برگ قرار دارند، لایه محافظی در برابر محیط بیرون ایجاد می‌شود (شکل ۱۱). مشخص شده است که برگ در پاسخ به افزایش نسبت اتیلن به اکسین، آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره را تولید می‌کند.

شکل ۱۱- ریزش برگ با تشکیل لایه جدا کننده در محل دم‌برگ.

(۱) بر اساس شکل کتاب، لایه جدا کننده از دو ردیف و لایه محافظ از چندین ردیف سلول سافته شده است!

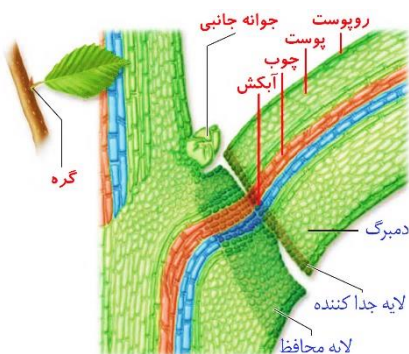
(۲) لایه محافظ دارای چندین ردیف سلول چوب‌پنبه‌ای شده است که مانع از خروج مواد در این محل می‌شوند.

(۳) در محلی بین لایه جدا کننده و لایه محافظ گسستگی یا جدایی بین سلول‌ها مشاهده می‌شود.

(۴) گسستگی یا جدایی از اپیدرم یا روپوست شروع شده و سپس سلول‌های درم یا پوست را درگیر می‌کند.

(۵) بر اساس شکل کتاب، در محل آوندهای چوبی و آبکشی گسستگی یا جدایی دیده نمی‌شود!

(۶) در محل آوندهای چوبی و آبکشی، سنگینی پهنک برگ باعث جدایی برگ در این محل می‌شود!



فعالیت ۲

یکی از دلایل خراب شدن میوه‌ها هنگام ذخیره یا انتقال، تولید اتیلن در آنهاست. برای رفع این مشکل، ترکیباتی به کار می‌برند که با اتصال به

گیرنده‌های پروتئینی اتیلن که در درون یاخنه که روی شبکه آندوپلاسمی هستند وجود دارند، سبب توقف فرایند رسیدگی می‌شوند. اکنون زیست‌شناسان در تلاش‌اند با تغییر در ژن، گیاهان را نسبت به اتیلن غیر حساس کنند. به نظر شما این ایده برای گیاهان میوه‌دار مناسب است؟ برای پاسخ خود دلیل ارائه دهید. فکر، زیرا در این صورت میوه‌ها هرگز رسیده نمی‌شوند. این روش بیشتر برای بالا بردن عمر گل‌های زینتی مناسب است.

فعالیت ۳

با توجه به اینکه فرمول شیمیایی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده است، این ترکیبات به طور مصنوعی نیز ساخته می‌شوند و برای

تولید و نگهداری محصولات کشاورزی به کار می‌روند. به نظر شما آیا این ترکیبات می‌توانند سلامت انسان و محیط زیست را تهدید کنند؟ اگر به مقدار مناسب و طبیعی استفاده شوند نظر پندارنی ایجاد نمی‌کنند در غیر این صورت ممکن است نظراتی به دنبال داشته باشند.

جمع‌بندی هورمون‌های گیاهی: در جدول زیر اثرات و وظایف هورمون‌های گیاهی به صورت خلاصه و مفید آورده شده است.

نام هورمون	نوع هورمون	اثرات و وظایف هورمون
اکسین	محرک رشد	رشد طولی سلول و ساقه، ریشه‌زایی، تشکیل میوه بدون دانه، درشت کردن میوه، چیرگی رأسی، سموم علف‌کش انتخابی
سیتوکینین	محرک رشد	تفریک تقسیم سلولی، تأثیر در پیر شدن اندام‌های هوایی، ساقه‌زایی
جبرلین	محرک رشد	رشد طولی سلول، تفریک تقسیم سلولی، تولید میوه بدون دانه، درشت کردن میوه، رشد میوه، رویش دانه‌ها
اتیلن	بازدارنده رشد	رسیدن میوه، ریزش برگ، ریزش میوه، جلوگیری از رشد جوانه‌های جانبی و ایجاد چیرگی رأسی!
آبسیزین	بازدارنده رشد	بسته شدن روزنه‌ها، حفظ آب در گیاه، فتنگی دانه‌ها و جلوگیری از رویش آنها، جلوگیری از رویش جوانه‌ها، کاهش رشد گیاه
سالیسیلیک‌اسید	بازدارنده رشد	الحاقی مرک سلولی در سلول‌های آلوده به میکروب

شاید توجه کرده باشید که درختان با **کاهش** سرما در شروع فصل بهار گل می دهند، یا اینکه گلبرگ های بعضی گیاهان مانند شقایق، زعفران، لاله، گل قاصد و ... در شب **بسته** می شوند. آیا می توانید مثال های دیگری نیز درباره پاسخ گیاهان به شرایط محیطی ارائه دهید؟ پاسخ به نور، پاسخ به دما، پاسخ به کرانش، پاسخ به تماس و ... در ادامه انواعی از این پاسخ ها را بررسی می کنیم.

پاسخ به نور

دیدیم که ساقه به سمت نور یک جانبه خم می شود. آیا پاسخ ریشه به نور یک جانبه، همانند ساقه است؟ خیر، تأثیر نور بر ریشه، عکس ساقه است. می دانید که نقش نور در گیاهان، حیاتی است؛ اما نور افزون بر نقشی که در فتوسنتز دارد، فرایندهای متفاوتی را در گیاهان تنظیم می کند. گل دهی یکی از این فرایندهاست که در ادامه به آن می پردازیم.

فعالیت ۴

الف) پیش بینی می کنید که پاسخ ریشه به نور یک جانبه چه باشد؟ بر خلاف ساقه، پاسخ ریشه به نور به گونه ای است که ریشه به سمت زمین خم می شود. البته در این پاسخ، پدیده زمین گرایی که همان گرانش به نیروی جاذبه است هم وجود دارد!

ب) برای بررسی درستی پیش بینی خود، آزمایشی طراحی کنید. می توان تعدادی دانه رست از گیاهان مختلف را به صورت افقی قرار داده و نتیجه را بررسی نمود.

پ) آزمایشی را که طراحی کرده اید با چند گیاه انجام و نتیجه را گزارش دهید. ریشه تحت تأثیر پدیده زمین گرایی به سمت زمین خم می شود.

گل دهی در گیاهان

گیاهانی که در محل زندگی خود می بینید، در چه فصل یا فصل هایی گل می دهند؟ اکثر آنها در فصل بهار و تابستان گل می دهند، اما گیاهانی مانند گل داودی در پاییز گل می دهد.

چرا بعضی گیاهان در فصلی خاص و بعضی در همه فصل ها گل می دهند؟ گل دهی گیاهان به عوامل مختلف درونی و محیطی بستگی دارد. به عنوان مثال طول دوره نوری در شبانه روز یکی از این عوامل محیطی است.

اگر بخواهیم گیاهی روز بلند را که در تابستان گل می دهد، مثلاً در پاییز وادار به گل دهی کنیم، آن را باید در چه شرایطی قرار دهیم؟ چنین گیاهی از گروه گیاهان «روز بلند» است، با شکستن شب یعنی زدن فلاش یا برقه نوری در شب های پاییزی می توان آن را وادار به گل دهی نمود.

گیاه هنگامی گل می دهد که مریستم رویشی که در جوانه قرار دارد، به مریستم زایشی یا مریستم گل تبدیل شود. این تبدیل به شرایط محیطی مانند دما و طول روز و شب وابسته است.

گیاهان را بر اساس نیاز به نور، برای گل دهی در سه دسته (۱) گیاهان روز کوتاه، (۲) گیاهان روز بلند و (۳) گیاهان بی تفاوت قرار می دهند.

(۱) گیاهان روز کوتاه = شب بلند گیاه داودی در روزهای کوتاه پاییز گل می دهد. گیاهی روز کوتاه است. در واقع این گیاه برای گل دادن به شب های طولانی نیاز دارد و زمانی گل می دهد که طول شب از حدی کمتر نباشد.

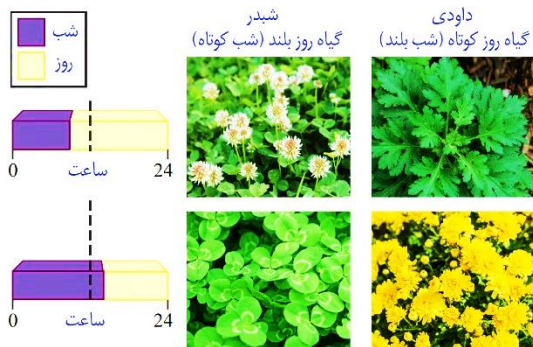
+ جلوگیری از گل دهی گل داودی در پاییز: با استفاده از برقه نوری در شب های پاییز، می توان جلوی گل دهی این گیاه را گرفت.

+ گل دهی گل داودی در تابستان: با تاریک نمودن گل خانه در روزهای تابستان، می توان گیاهان داودی را وادار به گل دهی نمود.

(۲) گیاهان روز بلند = شب کوتاه شبدر که در تابستان گل می دهد، گیاهی روز بلند است. این گیاه برای گل دادن به شب های کوتاه نیاز دارد و زمانی گل می دهد که طول شب از حدی بیشتر نباشد (شکل ۱۲).

+ جلوگیری از گل دهی شبدر در تابستان: با تاریک نمودن گل خانه در روزهای تابستان، می توان جلوی گل دهی این گیاه را گرفت.

+ گل دهی گیاه شبدر در پاییز: با استفاده از برقه نوری در شب های پاییز، می توان گیاهان شبدر را وادار به گل دهی نمود.



شکل ۱۲- گل دهی در گیاه روز بلند (= شب کوتاه) و روز کوتاه (= شب بلند).

(۱) شبدر یک گیاه روز بلند (شب کوتاه) زمانی گل می دهد که طول شب از حدی بیشتر نباشد.

+ اگر طول شب از ۱۲ ساعت کمتر باشد، شبدر گل می دهد.

(۲) داودی یک گیاه روز کوتاه (شب بلند) زمانی گل می دهد که طول شب از حدی کمتر نباشد.

+ اگر طول شب از ۱۲ ساعت بیشتر باشد، داودی گل می دهد.

۱۲ گیاهان بی تفاوت از نظر نوری: به هر حال گل دادن بعضی گیاهان وابسته به طول شب و روز نیست. چنین گیاهانی را **بی تفاوت** می نامند؛ گیاه گوجه فرنگی از این گروه است.

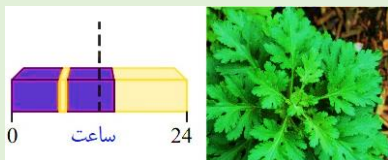
+ گیاهان کوبه فرنگی در همه فصول و بعد از رشد رویشی، وارد مرحله گل دهی می شوند.

آگاهی از تأثیر نور بر گل دهی به پرورش دهندگان گل امکان داد تا با ایجاد شرایط نوری مصنوعی مانند ایپاد تاریکی و ایپاد برقه نوری بتوانند در همه فصل ها، گل هایی با نیازهای نوری متفاوت پرورش دهند.

فعالیت ۵

با توجه به شکل مقابل و شکل ۱۲- ب توضیح دهید که شکستن شب با یک جرقه نوری چه

تأثیری بر گل دهی گیاه روز کوتاه دارد؟ شکستن شب با یک فلاش نوری یا یک برقه نوری باعث می شود گیاه روز کوتاهی مانند دارودی گل نهد. به عبارت دیگر، گیاه حتی یک برقه نوری را مانند یک روز کامل حساب نموده و شب طولانی پاییزی را کوتاه تر از حالت واقعی تصور می کند! ☺☺☺



پاسخ به دما

گیاهان هر دمایی را نمی توانند تحمل کنند. مثلاً:

۱) سرمای شدید می تواند مانع از رویش دانه ها شود.

۲) سرمای شدید می تواند مانع از رویش جوانه ها شود.

۳) برگ بعضی درختان با کاهش دما در فصل پاییز می ریزد و جوانه های آنها (مریستم ها!) با برگ های پولک ماندنی حفظ می شوند.

۴) بعضی گیاهان یک ساله برای گل دادن نیاز به گذراندن یک دوره سرما در مرحله بذر دارند.

+ همان طور که دیدیم گیاهان برای گل دادن نیازهای نوری متفاوتی دارند. در اینجا می بینیم که بعضی از گیاهان برای گل دهی هم به نیازهای دمایی متفاوتی (البته فقط سرما!) نیاز دارند!

x مثلاً برای نوعی گیاه گندم مشاهده شده است که اگر بذر آن را مرطوب کنیم و در سرما قرار دهیم، دوره رویشی آن کوتاه می شود و زودتر گل می دهد. این پدیده را ورنالیزاسیون یا بهاره کردن می نامند.

- کشف این ویژگی در گیاهان، امکان بهره برداری از زمین هایی را فراهم کرد که اکثر سال با برف و یخ پوشیده شده اند.

پاسخ به گرانش زمین

آیا گرانش زمین بر جهت رشد ساقه و ریشه اثر دارد؟ بله، ساقه دارای زمین گرایی منفی و ریشه دارای زمین گرایی مثبت است! به شکل ۱۳ نگاه کنید.

همان طور که می بینید ساقه در خلاف جهت گرانش و ریشه در جهت گرانش زمین رشد می کند. رشد جهت دار

اندام های گیاه به گرانش زمین، زمین گرایی نامیده می شود.

می توانید با طراحی و اجرای آزمایش هایی، زمین گرایی را در انواعی از دانه رست ها بررسی کنید.

دانه رست های گیاهان متلف را به صورت افقی قرار داده و مشاهده می کنیم در همه آنها، ریشه در جهت گرانش و ساقه در خلاف جهت گرانش رشد می کند.



شکل ۱۳- تأثیر گرانش زمین بر جهت رشد ریشه و ساقه

۱) شکل مقابل مربوط به گیاه «حسن یوسف» از دولپه ای ها است.

+ در این گیاه مقطع ساقه به صورت چهارگوش است.

+ برگ ها در میانه ثود دارای رنگ های دیگری غیر از کلروفیل هستند.

+ رگ برگ ها به صورت مشبک هستند (ویژگی مهم دولپه ای ها).

+ ناشیه برگ ها دارای بریدگی هایی به صورت دندان اره ای است.

+ ریشه از نوع راست است به طوری که قطر ریشه اصلی از ریشه های فرعی بسیار بیشتر است.

۲) ساقه دارای زمین گرایی منفی و ریشه دارای زمین گرایی مثبت است.

۳) فقط نوک ساقه و ریشه که دارای رشد است این ویژگی ها را نشان می دهد.

+ بقیه قسمت های ساقه و ریشه هم پتان افقی باقی می مانند!

در شکل ۱۴ مثال‌هایی از پاسخ گیاهان به **تماس** را مشاهده می‌کنید.

(۱) پیچش در ساقه درخت مو یا انگور: شاید **بعضی** از گیاهان را دیده باشید که به دور گیاهان **دیگر** یا یک **پایه** می‌پیچند. مثلاً ساقه درخت **مو** یا **انگور** در تماس با درختی **دیگر** و یا یک **پایه**، به دور آن می‌پیچد.

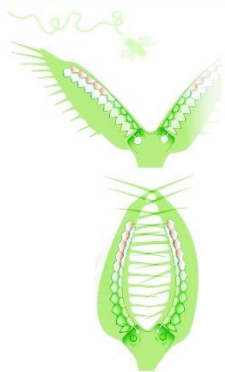
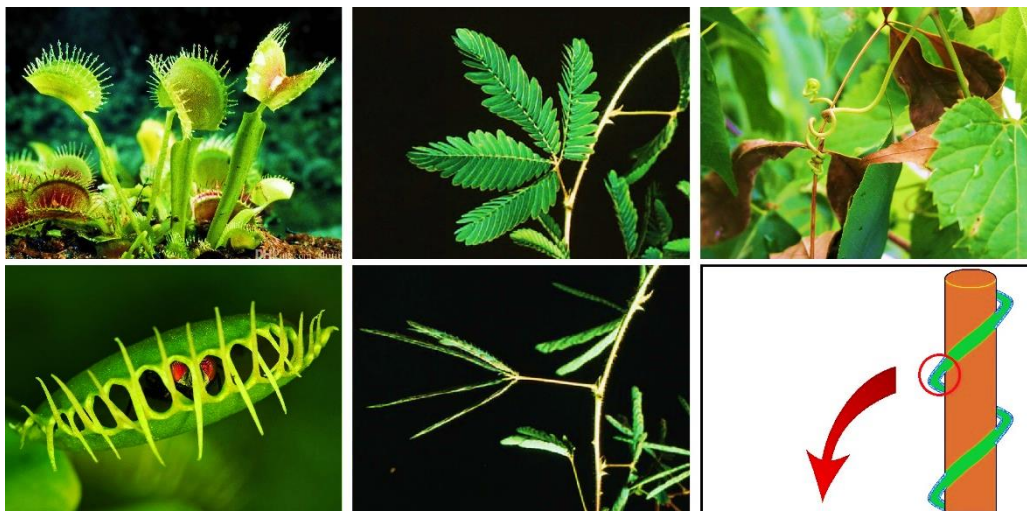
+ **علت پیچش ساقه** مو: پیچش به علت **تفاوت** رشد ساقه در **بخش قرار گرفته روی تکیه‌گاه** و **سمت مقابل آن** ایجاد می‌شود؛ به طوری که رشد یاخته‌ها در محل تماس **کاهش** می‌یابد.

(۲) لرزه‌تنبی در برگ‌های گیاه حساس: **ضربه زدن** به برگ گیاه **حساس**، باعث **تا شدن برگ‌ها** و در نهایت برگ می‌شود.

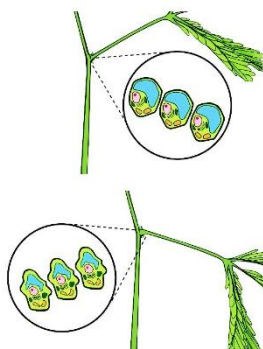
+ **علت لرزه‌تنبی برگ‌های گیاه حساس**: این پاسخ به علت **تغییر فشار تورژسانس** در یاخته‌هایی رخ می‌دهد که در **قاعده برگ** قرار دارند.

(۳) لرزه‌تنبی در برگ‌های گیاه گوشتخوار: برگ **تله‌مانند** گیاه **گوشتخوار** کرک‌هایی دارد که با **برخور**د حشره به آنها **تحریک** و **پیام‌هایی** را به راه می‌اندازند که سبب **بسته شدن برگ** و در نتیجه به **دام افتادن** حشره می‌شود.

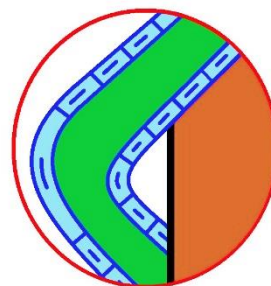
+ **علت لرزه‌تنبی برگ‌های گیاه گوشتخوار**: این پاسخ هم به علت **تغییر فشار تورژسانس** در یاخته‌هایی رخ می‌دهد که در **سطوح فوقانی و تحتانی برگ** قرار دارند.



پ



ب



الف

شکل ۱۴- الف) پیچش ساقه مو، به دلیل رشد نابرابر سلول‌ها در دو سمت ساقه!

ب) روی هم تا شدن برگچه‌های گیاه حساس، به دلیل تغییر فشار تورژسانس در سلول‌های موجود در قاعده برگ!

پ) بسته شدن برگ گیاه گوشت‌خوار با برخور حشره، به دلیل تغییر فشار تورژسانس در سلول‌های واقع در سطوح فوقانی و تحتانی برگ!

پاسخ‌هایی از جنس دفاع

گیاهان در معرض هجوم عوامل بیماری‌زا مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها و جانوران گیاهخوار شامل آفت‌هایی مانند حشرات و کنه‌ها و جانوران علفخوار قرار دارند. شاید نام بیماری‌هایی مانند **زنگ گندم** یا **سیاهک گندم** را شنیده باشید. این عوامل بیماری‌زا که از دسته قارچ‌ها هستند، سبب **تخریب** محصولات کشاورزی می‌شوند. به هر حال گیاهان در برابر آنها بی‌دفاع نیستند.

به نظر شما گیاهان چگونه از خود دفاع می‌کنند؟ راه‌های مختلفی وجود دارد:

(۱) گیاهان با ایجاد سد فیزیکی مانع از ورود عوامل بیماری‌زا به درون گیاه می‌شوند.

(۲) ترکیبات شیمیایی و سمی ساخته شده در برخی از گیاهان نیز برای جانوران علفخوار مضر هستند.

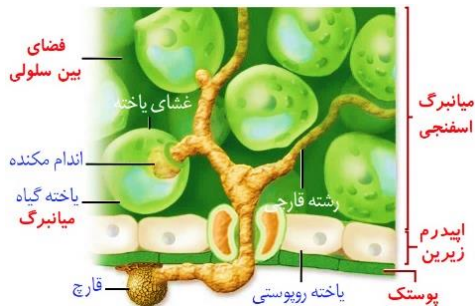
(۳) دفاع زیستی یا مرگ سلولی که برای سلول‌های آلوده اتفاق می‌افتد هم با قطع ارتباط بین سلول‌های آلوده و سالم، مانع از انتشار عامل بیماری‌زا می‌شود.

دفاع فیزیکی: تلاش برای جلوگیری از ورود

در گیاهان مختلف، سدهای فیزیکی متفاوتی برای جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا و یا حتی حمله جانوران گیاهخوار به وجود آمده است. همان‌طور که می‌دانیم، جانوران گیاهخوار شامل جانوران کوچکی مانند حشرات، کنه‌ها و ... و نیز جانوران بزرگ گیاهخوار هستند. سدهای فیزیکی به دو طریق عمل می‌کنند.

ایجاد سد فیزیکی در مقابل عوامل بیماری‌زا

- + نقش پوست: می‌دانید **روپوست**، **خارجی‌ترین** سامانهٔ بافتی در بخش‌های **جوان** گیاه است و در بخش‌های **هوایی** گیاه یعنی برگ‌ها، کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها، میوه‌ها و ساقه‌های جوان با **پوستک** پوشیده شده است. نقش پوستک را به یاد دارید؟ بله، جلوگیری از تبخیر آب، سرما و نفوذ عوامل بیماری‌زا.
- x بنابراین می‌توان گفت، پوستک تا **حدودی** مانع از نفوذ عوامل **بیماری‌زا** به گیاه می‌شود.
- + نقش دیواره سلولی: همچنین **دیوارهٔ یاخته‌ای** محکم است و عبور از آن کار آسانی نیست.
- x افزایش توان: وجود ترکیباتی مانند **لیگنین** یا **سیلیس** در دیواره به **سخت** شدن آن و در نتیجه **افزایش** توان این سد فیزیکی **کمک** می‌کند.
- x نقطه ضعف: با این حال عوامل بیماری‌زا می‌توانند با عبور از **منفذ** روزه‌ها یا فضای **بین** یاخته‌ها از این سد بگذرند (شکل ۱۵).
- + نقش پرiderm یا چوب‌پنبه: بافت **چوب‌پنبه** نیز در اندام‌های **مسن** گیاهان، علاوه بر **حفظ آب**، **مانعی** در برابر عوامل آسیب‌رسان است.



شکل ۱۵- پوستک، تا **حدودی** سدی در برابر ورود عوامل بیماری‌زا است. نکته جالب این که اندام مکند قارچ از دیواره سلولی سلول میانبرگ عبور کرده ولی از غشای آن عبور نمی‌کند! (مشابه مشیت بسته درون بادکنک!)

ایجاد سد فیزیکی در مقابل جانوران گیاهخوار

- + نقش کرک و تار: **کرک** و **تار** نیز در دفاع از گیاهان نقش دارند (شکل ۱۶).
- x تارها گیاهان را از خورده شدن به وسیلهٔ گیاهخواران حفظ می‌کنند.
- x حشره‌های کوچک نمی‌توانند روی برگ‌های **کرک‌دار** به راحتی حرکت کنند.
- + نقش مواد چسبناک: همچنین اگر گیاه **مواد چسبناک** ترشح کند، حرکت حشره **دشوارتر** و گاه **غیر ممکن** می‌شود.
- + نقش مواد ترششی: بعضی گیاهان در پاسخ به زخم، ترکیباتی ترشح می‌کنند که در **محافظت** از آنها نقش دارند.
- x گاه **حجم** این ترکیبات آن قدر **زیاد** است که حشره در آن به **دام** می‌افتد.
- با سخت شدن این ترکیبات، **فسیله‌ها** یا سنگواره‌هایی ایجاد می‌شود که **پیکر کامل** حشره در آن **حفظ** شده است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- سنگواره تشکیل شده از ترشحات گیاه و حشره



شکل ۱۶- الف) خارها گیاهان را از خورده شدن به وسیلهٔ گیاهخواران حفظ می‌کنند. ب) مواد چسبناک در سطح گیاه که به حشره چسبیده‌اند.

دفاع شیمیایی: ایجاد ترکیبات مسموم کننده

- گیاهان ترکیباتی تولید می‌کنند که سبب **مرگ** یا **بیماری** گیاهخواران می‌شوند. ترکیبات **سیانیددار** از این گروه‌اند که در **تعدادی** از گونه‌های گیاهی ساخته می‌شوند. سیانید **تنفس یاخته‌ای** را **متوقف** می‌کند.
- آلکالوئیدها** در دور کردن گیاهخواران نقش دارند. **نیکوتین** که از آلکالوئیدهاست، چنین نقشی در گیاه **تباکو** دارد.
- اگر ترکیباتی که گیاه می‌سازد، جانور را **نکشد**، با **تأثیر گذاشتن بر روی دستگاه گوارش** جانور، آن را **مسموم** می‌کند و جانور با **آزمون و نطای** شرطی شدن **فعال** یاد می‌گیرد که از خوردن دوبارهٔ آن **پرهیز** کند.
- جالب است که چنین ترکیباتی برای **خود** گیاه **مرگبار نیستند**.

به نظر شما گیاه با چه سازوکاری خود را در برابر این ترکیبات حفظ می‌کند؟ معمولاً این گونه ترکیبات در گیاه به صورت پیش‌سازهای غیر سمی ساخته می‌شوند! ولی در دستگاه گوارش جانور گیاه‌خوار فعال می‌شوند.

مشخص شده است که گیاهان سازوکارهای متفاوتی برای جلوگیری از اثر این مواد بر فرایندهای یاخته‌ای خود دارند. یکی از این سازوکارها تولید ترکیباتی است که در خود گیاه سمی نیستند؛ بلکه در لوله گوارش جانوران تجزیه شده و به ماده سمی تبدیل می‌شوند. مثلاً گیاه ترکیب شیمیایی سیانیدداری می‌سازد که تأثیری بر تنفس یاخته‌ای ندارد؛ اما وقتی جانور گیاه را می‌خورد، این ترکیب در لوله گوارش جانور گیاه‌خوار تجزیه شده و سیانید که سمی است از آن جدا می‌شود.

فعالیت ۶

بعضی از گیاهان با تولید موادی که برای گیاهان دیگر سمی‌اند، از رویش دانه یا رشد گیاهان دیگر در اطراف خود جلوگیری می‌کنند. به نظر شما این ویژگی چه نقشی در ماندگاری چنین گیاهانی دارد؟ این پدیده را «آلوپاتی» یا «دگرآسیبی» می‌گویند. به عنوان مثال درخت گردو پنین عملی را انجام می‌دهد. آلوپاتی باعث افزایش شانس بقای این گیاهان می‌شود.

دفاع رستی: مرگ یاخته‌ای

مرگ یاخته‌ای یکی دیگر از پاسخ‌های دفاعی در گیاهان است. فرض کنید نوعی ویروس بیماری‌زا توانسته است به درون سلول‌های گیاه نفوذ کند. ورود ویروس به گیاه فرایندهایی را به راه می‌اندازد که نتیجه آن، مرگ یاخته‌های آلوده و قطع ارتباط آنها با بافت‌های سالم است. در نتیجه ویروس نمی‌تواند در بافت‌های سالم گیاه تکثیر یابد و گیاه فرصت پیدا می‌کند تا با سازوکارهای دیگری مانند تولید ترکیبات ضد ویروس با آن مقابله کند (شکل ۱۸). در مرگ یاخته‌ای، یاخته به وسیله آنزیم‌های خود گوارش می‌شود. سالیسیلیک اسید که از تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان است در مرگ یاخته‌ای نقش دارد. یاخته گیاهی آلوده، این ترکیب را رها و مرگ یاخته‌ای را القا نمی‌کند.



شکل ۱۸. با مرگ یاخته‌های آلوده به ویروس، ارتباط یاخته‌های آلوده با سالم قطع می‌شود.

پاسخ‌های دفاعی گیاهان در مقابله با ویروس

- (۱) تولید هورمون سالیسیلیک (اسید) و القای مرگ سلولی در سلول‌های آلوده به ویروس و قطع ارتباط سلول‌های آلوده و سالم + در مرگ سلولی، خود سلول آلوده به ویروس، آنزیم‌های گوارشی تولید نموده تا تجزیه و نابود شود.
- (۲) تولید ترکیبات ضد ویروس برای از بین بردن ویروس‌های باقی‌مانده در بافت‌های گیاه

همزیستی با جانوران: جانوران از گیاهان حفاظت می‌کنند

مقاومت از گیاهان به وسیله مورچه‌ها

به شکل ۱۹ نگاه کنید! انبوهی از مورچه‌ها به حشره‌ای که قصد خوردن برگ‌های درخت آکاسیا را دارد، هجوم برده‌اند. بعید است که حشره بتواند از حمله‌های مرگبار این مورچه‌ها جان سالم به در برد. دیده شده است که این مورچه‌ها حتی به پستانداران کوچک و گیاهان دارزی نیز حمله می‌کنند. گیاهان دارزی، گیاهانی قوت‌سنتر کننده هستند که روی ساقه‌های درختان رشد می‌کنند اما انگل آنها نیستند! جالب است که گرده افشانی درخت آکاسیا وابسته به زنبورهاست.

چه چیزی مانع از حمله مورچه‌ها به زنبورهای گرده‌افشان می‌شود؟ تنظیم زمان گرده‌افشانی با زمان تولید و انتشار ماده‌ای که مورچه‌ها را به طور موقت فراری می‌دهد! تا زنبورهای گرده‌افشان به راحتی این کار را انجام دهند.

مشخص شده است وقتی گل‌های آکاسیا باز می‌شوند، نوعی ترکیب شیمیایی تولید و در هوا منتشر می‌کنند که با فراری دادن موقت مورچه‌ها مانع از حمله آنها به زنبورهای گرده‌افشان می‌شود.



شکل ۱۹- این مورچه‌ها در حقیقت از محل زندگی یا زیستگاه خود محافظت می‌کنند.

+ نوعی همزیستی از نوع **همیاری** بین مورچه‌ها و درخت آکاسیا وجود دارد که هر دو طرف از آن **سود** می‌برند.

+ نوع دیگری از همزیستی از نوع **همیاری** نیز بین زنبورهای کرده‌افشان و درخت آکاسیا وجود دارد که هر دو طرف از آن **سود** می‌برند.

مقاومت از گیاهان به وسیله زنبورهای وحشی

بعضی از گیاهان در برابر حمله **گیاهخواران**، مواد **فراری** تولید و در هوا **پخش** می‌کنند که سبب جلب جانوران **دیگر** می‌شود.

همین طور که در شکل ۲۰- الف می‌بینید، نوزاد **کرمی‌شکل** یا **لارو** حشره‌ای مانند **پروانه** در حال خوردن برگ **تتباکو** است.

از یاخته‌های **آسیب دیده** برگ، ترکیب **فراری** **متصاعد** می‌شود که نوعی **زنبور وحشی** آن را شناسایی می‌کند.

زنبور ماده‌ای (نه زنبور نر!) که در آن **اطراف** زندگی می‌کند، با **ردیابی** این مواد، خود را به نوزاد کرمی‌شکل یا **لارو** **پروانه** می‌رساند و پس از نیش زدن و **بیهوش کردن** این **لارو** روی بدن آن تخم می‌گذارد.

نوزادان زنبور بعد از خروج از تخم (در واقع پس از فروج از پیله!) از گوشت بدن نوزاد کرمی‌شکل **پروانه** **تغذیه** می‌کنند و در نتیجه آن را **می‌کشند** ☹☹☹.

نتیجه این رویداد **کاهش** جمعیت حشره آفت است.



شکل ۲۰- چه روابطی بین این سه جاندار وجود دارد؟

روابط **همزیستی** می‌تواند به صورت‌های مختلف **انگلی** و **همیاری** در بین این سه جاندار وجود دارند.

(۱) رابطه بین **پروانه** و گیاه **تتباکو**: رابطه **انگلی** که در آن **پروانه** **سود** می‌برد ولی گیاه **تتباکو** **ضرر** می‌بیند.

(۲) رابطه بین **پروانه** و **زنبور وحشی**: رابطه **انگلی** که در آن **زنبور وحشی** **سود** می‌برد ولی **پروانه** **ضرر** می‌بیند.

(۳) رابطه بین **زنبور وحشی** و گیاه **تتباکو**: رابطه **همیاری** که در آن هر دو جاندار **سود** می‌برند.



ث) زنبور وحشی در حال تخم‌گذاری روی نوزاد کرمی‌شکل حشره

الف) فردی بر این باور است که **امواج صوتی** بر رشد و میزان محصول گیاهان تأثیر دارد. آیا شما با این نظر موافقت می‌کنید؟ برای **تأیید** یا **رد** این نظر

چه آزمایشی طراحی می‌کنید؟

این فقط یک «فرضیه» است برای اثبات **درستی** یا **نادرستی** این موضوع **دو گروه** از گیاهان **مشابه** از نظر **ژنتیکی** و **میطی** انتخاب نموده و برای **یک گروه** آهنگ پخش می‌کنیم. اگر در این گروه نسبت به گروه **شاهد** رشد و میزان محصول زیاد شد، **نتیجه** می‌گیریم که این نظر درست است.

ب) نمونه‌هایی از سازوکارهای **دفاعی** در گیاهان محل زندگی خود و نیز ارتباطهایی که بین **آنها** و **جانوران** وجود دارد گزارش کنید.

گیاهان **ناردار** به فراوانی در اطراف ما وجود دارند که نارهای آنها مانع از حمله علف‌خواران می‌شود. همچنین **گرده‌افشانی** به وسیله تشرات به فراوانی یافت می‌شود.