

## فصل ۹: پاسخ گیاهان به محرک‌ها

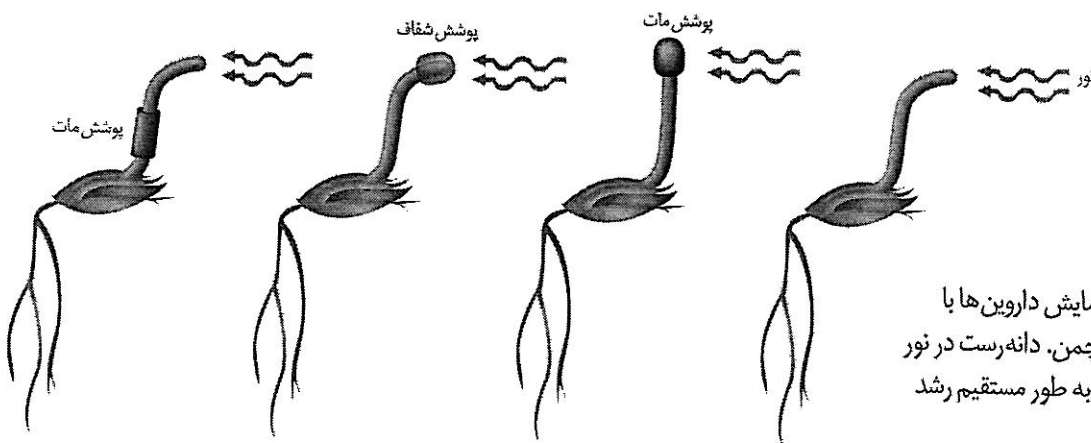
### اولین آزمایش تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان

شاید دیده باشید که ساقه به سمت نور و ریشه به سمت زمین رشد می‌کند. گیاهان با تغییر فصل و در نتیجه تغییر دما و طول روز گل می‌دهند، برگ‌های جدید به وجود می‌آورند یا اینکه برگ‌هایشان می‌ریزند.

نکته ۱: خم شدن گیاهان به سمت نور پدیده‌ای رایج در طبیعت است. چارلز داروین که به مطالعه پدیده حرکت در گیاهان علاقه مند بود، برای بررسی این موضوع، همراه با پسرش آزمایش‌هایی را با استفاده از دانه‌رست (رویوان) نوعی گیاه از گندمیان، طراحی و اجرا کرد (شکل ۲). آن‌ها دریافتند دانه رست در صورتی به سمت نور یک جانبه (نوری که از یک طرف به گیاه می‌تابد)، خم می‌شود که نوک آن در برابر نور باشد.

#### آزمایش چارلز داروین و پسرش در ارتباط با نورگرایی

مراحل آزمایش	شرایط آزمایش	نتیجه‌گیری
مرحله ۱:	نوک گیاه چمن بدون پوشش را در مقابل نور یک‌جانبه قرار دادند.	دانه رُست به سمت نور خم می‌شود.
مرحله ۲:	نوک (نه بخش میانی) گیاه دارای پوشش مات (نه شفاف) را در مقابل نور یک‌جانبه قرار دادند	دانه رُست به طور مستقیم رشد می‌کند و خم نمی‌شود.
مرحله ۳:	نوک (نه بخش میانی) گیاه دارای پوشش شفاف (نه مات) را در مقابل نور یک‌جانبه قرار دادند.	دانه رُست به سمت نور خم می‌شود.
مرحله ۴:	پوشش مات اندکی پایین‌تر از نوک ساقه قرار داده می‌شود و گیاه در مقابل نور یک‌جانبه قرار گرفت.	دانه رُست به سمت نور خم می‌شود.



شکل ۲- آزمایش داروین‌ها با دانه‌رست چمن. دانه‌رست در نور همه‌جانبه به طور مستقیم رشد می‌کند.

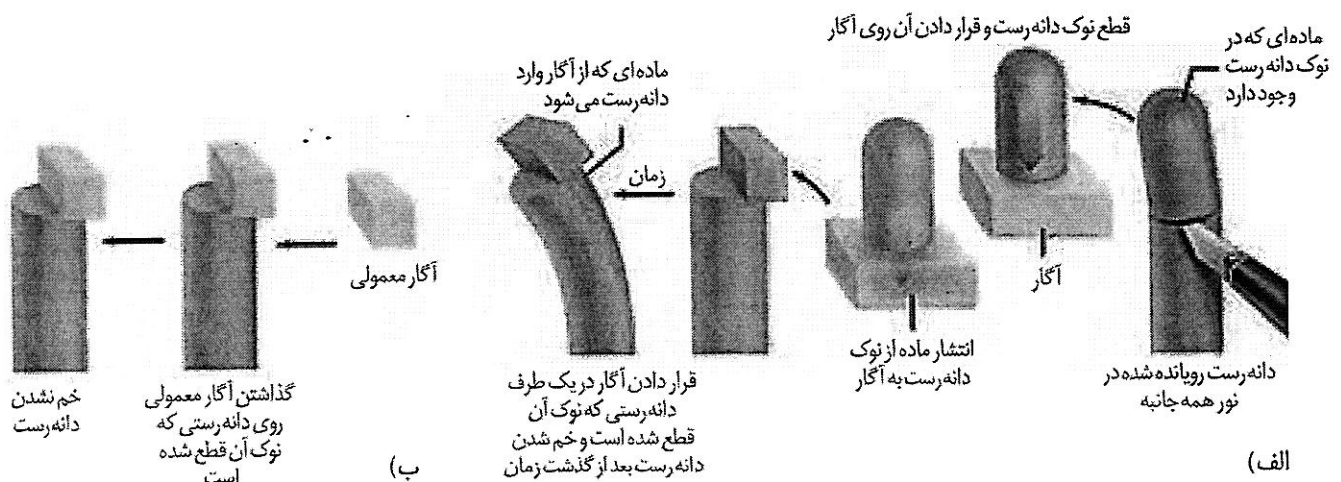


**نکته ۲:** بعدها محققان دیگری با انجام آزمایش‌هایی، نشان دادند که عامل خم شدن دانه رست به سمت نور، ماده‌ای است که در نوک آن وجود دارد. به شکل ۳ توجه کنید! در این آزمایش، نوک دانه رستی را که در نور همه جانبه رشد کرده است، بریده و برای مدتی روی قطعه‌ای از آگار قرار داده‌اند. بعد از مدتی این قطعه آگار را روی لبه دانه رستی قرار می‌دهند که نوک آن بریده شده؛ همین طور که می‌بینید دانه رست خم شده است (شکل ۳ الف)، در حالی که قرار دادن آگار معمولی روی دانه رست بدون نوک، سبب خم شدن آن نمی‌شود (شکل ۳ ب).

**نکته ۲:** خم شدن دانه رست به معنای اختلاف اندازه یاخته‌های دو طرف آن است. مشاهده‌های میکروسکوپی نیز نشان داد که رشد طولی یاخته‌ها در سمت سایه بیشتر از یاخته‌هایی است که در سمت روبه‌نور قرار دارند. نور یک جانبه 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 دانه رست خم می‌شود (شکل ۴). رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه در پاسخ به نور یک جانبه را نورگرایی (فتوتروپیسم) 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.

## تنظیم کننده‌های رشد یا هورمون‌های گیاهی

اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها محرک‌های رشد هستند. ۱- در فرایندهای رشد مانند تحریک تقسیم یاخته، رشد طولی یاخته‌ها، ایجاد و حفظ اندام‌ها نقش دارند. ۲- گرچه این تنظیم کننده‌ها را به عنوان محرک رشد می‌شناسیم؛ اما بر اساس مقدار و محل اثر ممکن است نقش بازدارندگی نیز داشته باشند.



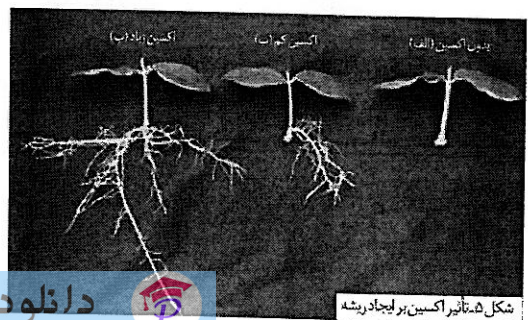
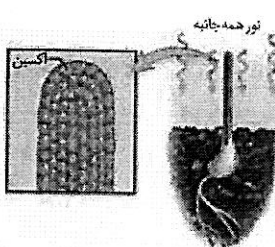


## اکسین:

- ۱- اکسین با افزایش رشد طولی یاخته‌ها، سبب افزایش طول ساقه می‌شود. در فرایندهای رشد مانند رشد طولی یاخته‌ها، ایجاد و حفظ اندام‌ها نقش دارند.
  - ۲- اکسین در ساقه باعث فتوتروپیسم می‌شود ولی در ریشه باعث زمین‌گرایی می‌شود؛ پاسخ به نور یک جانبه باعث جابه‌جایی اکسین از سمت مقابل نور به سمت سایه (دور از نور) می‌شود یعنی مقدار اکسین در سمت نور ندیده بیشتر می‌شود در ساقه تجمع اکسین باعث رشد طولی یاخته‌ها در سمت سایه می‌شود و در نتیجه ساقه به سمت نور یک جانبه خم می‌شود. ولی پاسخ ریشه به نور یک جانبه، برخلاف ساقه است. یاخته‌های ریشه که در سمت نور دیده هستند و اکسین کمتری دارند رشد بیشتری دارد برای همین ریشه زمین‌گرایی دارد.
  - ۳- اکسین‌ها را برای تشکیل میوه‌های بدون دانه و درشت کردن میوه‌ها نیز به کار می‌برند. دانه‌های در حال نمو اکسین تولید می‌کنند؛ بنابراین، در رشد میوه و درشت شدن آن نقش دارند. بعضی گوجه‌فرنگی‌های گلخانه‌ای، دانه‌های فراوانی تولید نمی‌کنند، در نتیجه میوه رشد چندانی ندارد. به همین علت با افشانه کردن اکسین روی گوجه‌فرنگی‌ها، رشد مطلوب را در آن‌ها ایجاد می‌کنند.
  - ۴- اکسین ریشه‌زایی را تحریک می‌کند اکسین باعث تحریک تقسیم میتوز در لایه ریشه‌زا می‌شود؛ بنابراین، برای تکثیر رویشی (تولید مثل غیر جنسی) گیاهان با استفاده از قلمه به کار می‌رود. برای همین جذب آب و املاح در قلمه‌ها افزایش می‌یابد.
  - ۵- اکسین، نقش بازدارندگی هم دارد. مانع رشد جوانه‌های جانبی در حضور جوانه رأسی (انتهاپی) می‌شود. اکسین عامل چیرگی رأسی است. اکسین جوانه رأسی، تولید اتیلن را در جوانه‌های جانبی را تحریک می‌کند و در نتیجه با افزایش اتیلن در جوانه‌های جانبی، رشد آن‌ها متوقف می‌شود. بریدن رأس ساقه باعث حذف منبع تولید اکسین و در نتیجه باعث رشد جوانه‌های جانبی می‌شود. بدین ترتیب می‌توان به چگونگی تأثیر هرس کردن و بریدن سر شاخه‌های گیاهان در پر شاخه و برگ شدن آنها پی برد.
- نکته ۱:** بعد از کشف ساختار شیمیایی اکسین‌ها، این ترکیبات به طور مصنوعی ساخته شدند.
- نکته ۲:** محققان دریافتند که بعضی از این ترکیبات شیمیایی، گیاهان دو لپه‌ای را از بین می‌برند؛ بنابراین، آن‌ها را برای ساختن سموم کشاورزی به منظور از بین بردن گیاهان خودرو در مزارعی مانند مزرعه گندم، به کار بردند. 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 که نتیجه آن، اتمام جنگ به نفع آمریکایی‌ها بود. 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.

شکل ۴. تابش نور سبب تجمع

نور یک‌جانبه اکسین در سمت سایه می‌شود.



شکل ۵. تأثیر اکسین بر ایجاد ریشه

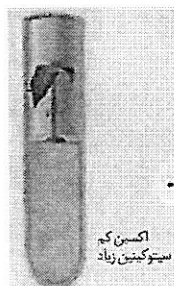
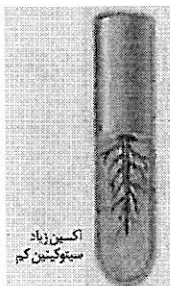


## ب) سیتوکینین‌ها (هورمون جوانی)

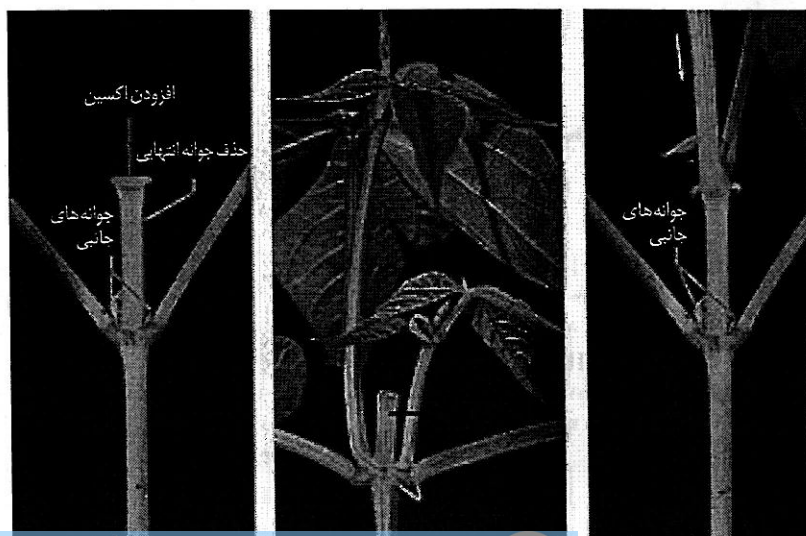
- ۱- در فرایندهای رشد مانند تحریک تقسیم یاخته، رشد طولی یاخته‌ها، ایجاد و حفظ اندام‌ها نقش دارند.
  - ۲- سیتوکینین‌ها با تحریک تقسیم یاخته‌ای و در نتیجه ایجاد یاخته‌های جدید، پیر شدن اندام‌های هوایی گیاه را به تأخیر می‌اندازند. به همین علت با افشانه کردن سیتوکینین روی برگ و گل‌ها آن‌ها را تازه نگه می‌دارند.
  - ۳- از سیتوکینین‌ها به صورت افشانه (اسپری) برای شادابی شاخه‌های گل و افزایش مدت نگه‌داری میوه‌ها و سبزیجات در انبار استفاده می‌شود. سیتوکینین ریزش برگ‌ها و گل‌ها را به تأخیر می‌اندازد.
  - ۴- سیتوکینین‌ها هورمون ساقه‌زایی نیز نامیده می‌شوند. به کارگیری این هورمون در کشت بافت (نوعی تولید مثل غیرجنسی)، سبب ایجاد ساقه از یاخته‌های تمایز نیافته (کالوس) می‌شود.
  - ۵- با قطع جوانه رأسی مقدار سیتوکینین در جوانه‌های جانبی افزایش و مقدار اکسین و اتیلن آن‌ها کاهش می‌یابد، در نتیجه جوانه‌های جانبی رشد می‌کنند. بنابراین در رشد جوانه‌های جانبی نقش دارد.
- نکته ۱:** شکل زیر تمایز ریشه و ساقه را از یک توده یاخته تمایز نیافته یا همان کال در حضور مقدار متفاوت اکسین و سیتوکینین، در محیط کشت نشان می‌دهد. اگر نسبت اکسین به سیتوکینین زیاد باشد منجر به تولید ریشه و اگر این نسبت کم باشد منجر به تولید ساقه می‌شود.

### شاخه و برگ‌های بیشتر: برهم کنش دو تنظیم کننده

اگر بخواهید گیاهی پر شاخ و برگ تر داشته باشید، چه کار می‌کنید؟ احتمالاً سرشاخه‌ها را که محل جوانه‌های رأسی (انتهایی) اند، قطع می‌کنید. با قطع جوانه رأسی، جوانه‌های جانبی رشد، و شاخه و برگ جدید ایجاد کرده‌اند. با قطع جوانه رأسی مقدار سیتوکینین در جوانه‌های جانبی افزایش و مقدار اکسین آن‌ها کاهش می‌یابد، و مقدار تولید اتیلن در جوانه جانبی کاهش می‌یابد، در نتیجه جوانه‌های جانبی رشد می‌کنند. اگر بعد از قطع جوانه رأسی، در محل برش، اکسین قرار دهیم؛ جوانه‌های جانبی رشد نمی‌کنند. این آزمایش نشان می‌دهد که اکسین از جوانه رأسی به جوانه‌های جانبی می‌رود و مانع از رشد آن‌ها می‌شود. به اثر بازدارندگی جوانه رأسی بر رشد جوانه‌های جانبی، چیرگی رأسی می‌گویند.



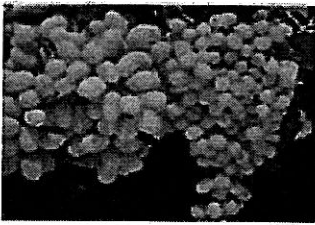
شکل ۶- جوانه رأسی مانع از رشد جوانه‌های جانبی می‌شود.



الف) رشد کم جوانه‌های جانبی



## ج) جیبرلین‌ها:



ب) درشت شدن میوه

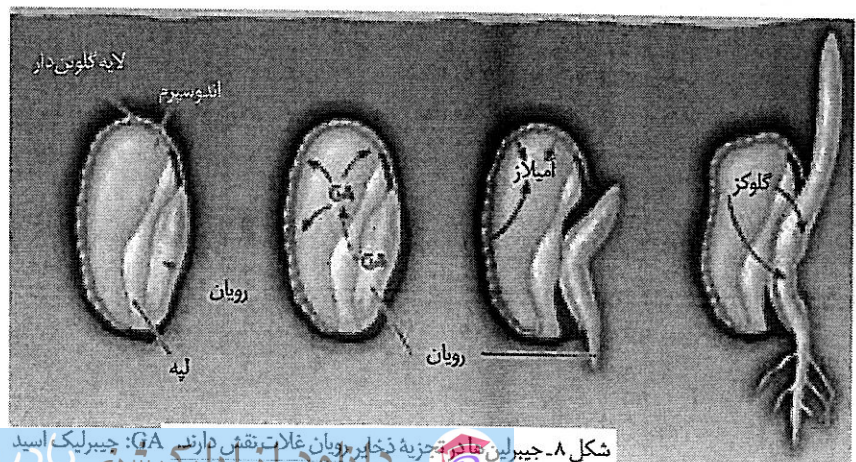
- ۱- نوعی تنظیم‌کننده رشد است که در فرایندهای رشد مانند تحریک تقسیم یاخته، رشد طولی یاخته‌ها، ایجاد و حفظ اندام‌ها نقش دارند. افزایش طول ساقه از طریق تحریک رشد طولی یاخته و تقسیم آن است.
- ۲- افزایش رشد میوه ۳- این هورمون گیاهی را برای تولید میوه‌های بدون دانه و درشت کردن میوه‌ها به کار می‌برند. ۴- در رویش دانه‌ها و جوانه‌زنی دانه‌ها نقش دارد.

**نکته ۱:** جیبرلین‌ها و رویش بذر غلات: رویان غلات در هنگام رویش دانه، مقدار فراوانی جیبرلین می‌سازند. این هورمون پس از عبور از لپه و آندوسپرم، بر خارجی‌ترین لایه آندوسپرم (لایه گلوتن‌دار) اثر می‌گذارد و سبب تولید ورها شدن آنزیم‌های گوارشی (آمیلاز) در دانه می‌شود. این آنزیم‌ها دیواره یاخته‌ها و ذخایر آندوسپرم را تجزیه می‌کنند. نشاسته یکی از این ذخایر است که بر اثر آنزیم آمیلاز به گلوکز مورد نیاز برای رشد رویان تجزیه می‌شود.

**نکته ۲:** کشف جیبرلین‌ها حاصل تلاش دانشمندان ژاپنی در بررسی نوعی بیماری قارچی بود که دانه رسته‌های برنج به آن مبتلا می‌شدند. آلودگی دانه رسته‌ها به قارچ جیبرلا سبب می‌شد تا به سرعت رشد کنند. این دانه رسته‌ها باریک و دراز بودند و بافت استحکامی 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 و 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



الف) افزایش طول ساقه



شکل ۸- جیبرلین هنگام تجزیه ذخایر رویان غلات نقش دارند. GA: جیبرلینک اسید



## بازدارنده‌های رشد

آبسیزیک اسید و اتیلن دو تنظیم‌کننده رشدند که در فرایندهای مربوط به مقاومت گیاه در شرایط سخت، رسیدگی میوه‌ها، ریزش برگ و میوه نقش دارند.

### الف) اتیلن: رسیدن میوه‌ها

اتیلن گازی است که از سوخت‌های فسیلی نیز می‌شود. سال‌ها قبل از آنکه دانشمندان بدانند گیاهان اتیلن تولید می‌کنند، معلوم شده بود که اتیلن حاصل از سوخت‌های فسیلی باعث ریزش برگ درختان می‌شود

۱- اتیلن باعث رسیدگی میوه‌های نارس می‌شود، شاید شما هم شنیده باشید که برای رسیدن میوه‌های نارس می‌توانید در پاکت میوه‌ها، یک سیب یا موز رسیده قرار دهید. دانشمندان در پژوهش‌های خود دریافتند که از میوه‌های رسیده اتیلن آزاد می‌شود و مقدار اتیلن با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. گاهی میوه‌ها را نارس می‌چینند و زمانی که می‌خواهند آن‌ها را در بازار پخش کنند، به مدت مشخصی، در محیط اتیلن دار قرار می‌دهند تا رسیده شوند اتیلن مدت نگهداری میوه‌ها را کاهش می‌دهد.

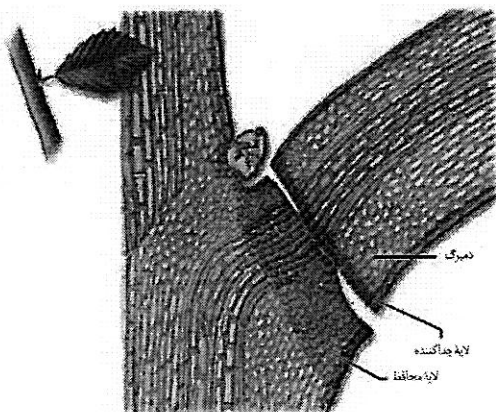
۲- اتیلن باعث ریزش برگ‌ها و در ریزش میوه نیز نقش دارد. در نتیجه برداشت مکانیکی میوه‌ها و برگ‌ها را تسهیل می‌کند.

۳- بافت‌های آسیب دیده گیاهان نیز اتیلن تولید می‌کنند. بیماری‌هایی مانند زنگ گندم و سیاهک گندم سبب تخریب محصولات کشاورزی می‌شوند و تولید اتیلن در گیاه افزایش می‌یابد.

۴- ردپای اتیلن در چیرگی راسی؛ دیدید که اکسین، عامل چیرگی راسی است و مانع رشد جوانه‌های جانبی در حضور جوانه راسی یا انتهایی می‌شود. اکسین جوانه راسی، تولید اتیلن در جوانه‌های جانبی را تحریک می‌کند و در نتیجه با افزایش اتیلن در جوانه‌های جانبی، رشد آن‌ها متوقف می‌شود.

۵- اتیلن در ریزش برگ‌ها نقش دارد؛ برگ هنگامی می‌ریزد که ارتباط آن با شاخه قطع شده باشد. اگر بنا باشد که ارتباط برگ با شاخه قطع شود باید یاخته‌ها از هم جدا شوند. مشاهدات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در قاعده دم‌برگ در محل اتصال به شاخه، لایه‌ی جدا کننده تشکیل می‌شود. یاخته‌ها در این منطقه به علت فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده از هم جدا می‌شوند و به تدریج از بین می‌روند، در نتیجه برگ از شاخه جدا می‌شود. با چوب پنبه‌ای شدن یاخته‌هایی از شاخه (نه دم‌برگ) که در محل اتصال به دم‌برگ قرار دارند، لایه محافظی در برابر محیط بیرون ایجاد می‌شود (شکل ۱۱)

۶- 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 جداکننده.

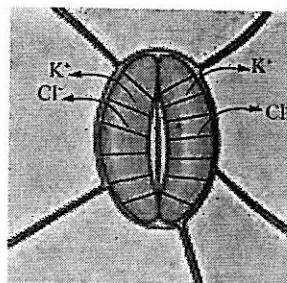
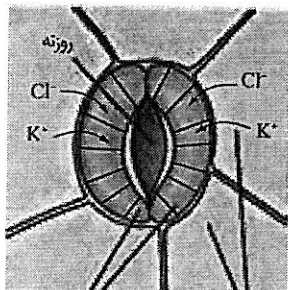


## آبسیزیک اسید: مقابله با شرایط نامساعد

- ۱- شرایط نامساعد محیط مانند خشکی، افزایش بیش از حد دما و نور، تولید آبسیزیک اسید را در گیاهان تحریک می‌کند.
- ۲- آبسیزیک اسید مانع رویش دانه و رشد جوانه‌ها در شرایط نامساعد می‌شود. چون اگر محیط رطوبت کافی برای تأمین آب مورد نیاز برای رشد دانه رست را نداشته باشد و اگر در این شرایط دانه رویش یابد، قطعاً دانه رُست از بین می‌رود.
- ۳- آبسیزیک اسید سبب بسته شدن روزنه‌های هوایی (نه آبی) می‌شود و در نتیجه باعث حفظ آب گیاه می‌شود.
- ۴- آبسیزیک اسید با بستن روزنه‌های هوایی باعث کاهش تعرق می‌شود، بنابراین سرعت حرکت شیره‌ی خام را در آوندهای چوبی کاهش می‌دهد. و به دنبال آن حرکت شیره پرورده هم کاهش می‌یابد.
- ۵- آبسیزیک اسید رشد گیاهان را در پاسخ به شرایط نامساعد، کاهش می‌دهد.
- ۶- آبسیزیک اسید چون روزنه‌های هوایی را می‌بندد، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز متوقف می‌شود. با کاهش مقدار کربن دی‌اکسید در بستره کلروپلاست، فعالیت روبیسکو در جهت کربوکسیلازی کاهش می‌یابد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد. و از طرفی چون اکسیژن در بستره کلروپلاست افزایش می‌یابد، فعالیت روبیسکو در جهت اکسیژنازی بیشتر می‌شود و بر تنفس نوری افزوده می‌شود.

## نکته ۱: طریقه باز شدن روزنه‌های هوایی:

باز و بسته شدن روزنه هوایی به دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان روزنه و تغییر فشار تورژسانس آن‌ها است. در هنگام باز شدن روزنه‌های هوایی، ابتدا یون‌های  $Cl^-$  و  $K^+$  و ساکاروز با انتقال فعال و با صرف انرژی از یاخته‌های روپوستی وارد یاخته‌های نگهبان روزنه های هوایی می‌شود و با افزایش یون‌ها و ساکارز، پتانسیل آب یاخته‌های نگهبان کاهش و فشار اسمزی آنها افزایش می‌یابد و در نتیجه آب از یاخته‌های اپیدرمی مجاور به یاخته‌های نگهبان روزنه وارد می‌شوند و باعث افزایش فشار تورژسانس یاخته‌های نگهبان می‌شود. و به علت ساختار ویژه آن‌ها یاخته‌های نگهبان از هم دور می‌شوند و روزنه‌های هوایی باز می‌شوند.



یاخته‌های روپوست  
یاخته‌های نگهبان روزنه



## نکته ۲: ساختار یاخته های نگهبان روزنه هوایی:

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

نکته ۳: در گیاهان، تغییرات مقدار نور، دما، رطوبت و کربن دی‌اکسید از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حرکات روزنه‌های هوایی است. مقدار آب گیاه و نیز هورمون‌های گیاهی، از عوامل درونی مهم هستند.

نکته ۴: افزایش مقدار نور و دما و کاهش کربن دی‌اکسید، تا حدی معین، می‌تواند باعث باز شدن روزنه‌های هوایی در گیاهان شود. اما دقت کنید که افزایش بیش از حد دما و نور، سبب بسته شدن روزنه‌های هوایی می‌شود.

## ۱- کدام گزینه، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟

«هورمونی که از نظر تأثیر بر رویش دانه‌ها مخالف جیبرلین‌ها عمل می‌کند، همانند هورمونی که باعث ..... می‌شود، .....»

۱) ریزش برگ‌ها - در پاسخ به اکسین در جوانه‌های جانبی افزایش می‌یابد.

۲) تسریع و افزایش رسیدگی میوه‌ها - در هنگام شرایط سخت، افزایش می‌یابد.

۳) رشد طولی یاخته‌ها در نورگرایی - رشد جوانه‌های گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۴) ایجاد لایه جدا کننده دمبرگ - می‌تواند در شرایط نامساعد، مقاومت گیاه را افزایش می‌دهد.

۲- هورمونی که سبب ..... می‌شود، همانند آبسیزیک اسید .....

۱) چیرگی رأسی - رشد و فعالیت‌های گیاه را کنترل می‌کند. ۲) مقاومت گیاه را در شرایط سخت - برای مدت نگهداری میوه‌ها بی‌تأثیر است.

۳) ریشه دار کردن قلمه‌ها - بر خفتگی دانه اثر بازدارنده دارد. ۴) تحریک تقسیم سلولی - سرعت پیر شدن اندام‌های گیاهی را کاهش می‌دهد.

## ۳- کدام عبارت جمله زیر را بطور نادرست تکمیل می‌کند؟

«هورمونی که ..... ، برخلاف هورمون .....

۱) به عنوان عامل نارنجی استفاده می‌شود - سیتوکینین باعث تشکیل ریشه در کشت بافت می‌شود.

۲) تولیدش توسط اکسین در جوانه‌های جانبی تحریک می‌شود - سیتوکینین سبب کاهش مدت نگهداری میوه‌ها می‌شود.

۳) باعث پلاسمولیز یاخته‌های نگهبان روزنه هوایی می‌شود - جیبرلین مانع رویش دانه و رشد جوانه‌ها می‌شود.

۴) توسط بافت‌های آسیب دیده گیاهان تولید شود - اکسین باعث رشد جوانه‌های جانبی می‌شود.

## ۴- کدام عبارت جمله زیر را بطور نادرست تکمیل می‌کند؟

«نسبت بالای هورمونی که ..... به هورمونی که باعث ..... می‌شود، .....»

۱) باعث زودرس کردن میوه‌های نارس می‌شود - تحریک ریشه‌زایی - باعث تولید آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره در دمبرگ می‌شود.

۲) پیر شدن اندام‌های هوایی گیاه را به تأخیر می‌اندازد - نورگرایی - سبب ایجاد ساقه از یاخته‌های تمایز یافته می‌شود.

۳) برای تکثیر رویشی گیاهان با استفاده از قلمه بکار می‌رود - تازه نگه داشتن برگ و گل‌ها - باعث رشد جوانه‌های جانبی می‌شود.

۴) مدت نگهداری میوه‌ها و برگ‌ها را افزایش می‌دهد - ایجاد لایه جدا کننده دمبرگ - باعث ایجاد شاخه‌های قرعی می‌شود.

## ۵- با توجه به شکل روبه‌رو چند عبارت بطور صحیح بیان شده است؟

الف) یاخته‌های دیپلوئید بخش «۳» مقدار فراوانی جیبرلین می‌سازند.

ب) یاخته‌های بخش «۱» سبب تولید و رها شدن آنزیم‌های گوارشی در دانه می‌شوند.

ج) یاخته‌های دیپلوئید بخش «۴» مسئول انتقال مواد غذایی ذخیره شده در بخش «۲» به بخش «۳» هستند.

د) هورمون جیبرلین با عبور از یاخته‌های دیپلوئید بخش «۴» و یاخته‌های تریپلوئید بخش «۲» به بخش «۱» می‌رسد.

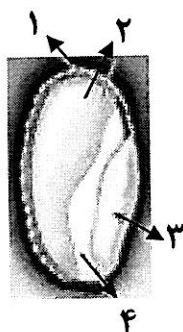
ه) مواد غذایی ذخیره شده در بخش «۳» تنها بصورت پلیمری از گلوکز است.

۲ (۱)

۳ (۲)

۴ (۳)

۵ (۴)





## گل دهی در گیاهان و پاسخ به محیط

شاید توجه کرده باشید که درختان با کاهش سرما گل می‌دهند، یا اینکه گلبرگ‌های بعضی گیاهان در شب بسته می‌شوند. چرا بعضی گیاهان در فصلی خاص و بعضی در همه فصل‌ها گل می‌دهند؟ اگر بخواهیم گیاهی را که در تابستان گل می‌دهد، مثلاً در پاییز و آذر به گل دهی کنیم، آن را باید در چه شرایطی قرار دهیم؟ گیاه هنگامی گل می‌دهد که سرلاد رویشی که در جوانه قرار دارد، به سرلاد گل یا زایشی تبدیل شود. این تبدیل به شرایط محیطی مانند دما و طول روز و شب وابسته است.

**نکته ۱:** گیاهان را براساس نیاز به نور، برای گل دهی در سه دسته‌ی روز کوتاه، روز بلند و بی تفاوت قرار می‌دهند.

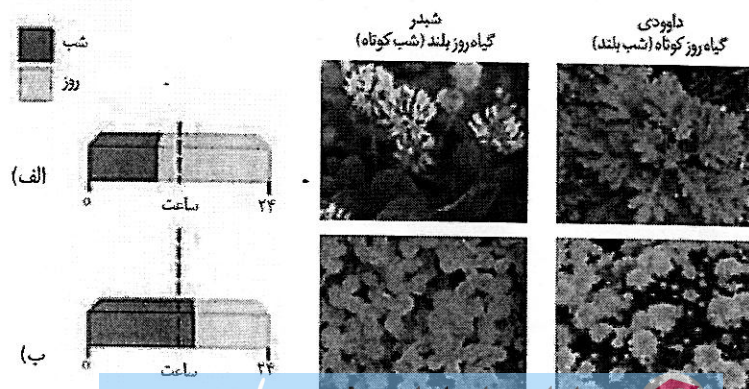
**نکته ۲:** گیاه داوودی در روزهای کوتاه پاییز گل می‌دهد. در واقع این گیاه برای گل دادن به شب‌های طولانی نیاز دارد و زمانی گل می‌دهد که طول شب از حدی کمتر نباشد.

**نکته ۳:** شبدر که در تابستان گل می‌دهد، روز بلند است. این گیاه برای گل دادن به شب‌های کوتاه نیاز دارد و زمانی گل می‌دهد که طول شب از حدی بیشتر نباشد. آگاهی از تأثیر نور بر گل دهی به پرورش دهندگان گل امکان داد تا با ایجاد شرایط نوری مصنوعی بتوانند در همه فصل‌ها، گل‌هایی با نیازهای نوری متفاوت پرورش دهند.

**نکته ۴:** به هر حال گل دادن بعضی گیاهان وابسته به طول شب و روز نیست. چنین گیاهانی را بی تفاوت می‌نامند؛ گیاه گوجه فرنگی از این گروه است.

## پاسخ به دما

گیاهان هر دمایی را نمی‌توانند تحمل کنند. مثلاً سرمای شدید می‌تواند مانع از رویش دانه‌ها و جوانه‌ها شود. برگ بعضی درختان با کاهش دما در فصل پاییز می‌ریزد و جوانه‌ها با برگ‌های پولک ماندنی حفظ می‌شوند. دیدیم که گیاهان برای گل دادن نیازهای نوری متفاوتی دارند. بعضی گیاهان برای گل دادن نیاز به گذراندن یک دوره سرما نیز دارند. مثلاً برای نوعی گیاه گندم مشاهده شده است که اگر بذران را مرطوب کنیم و در سرما قرار دهیم، دوره رویشی آن کوتاه می‌شود و زودتر گل می‌دهد. کشف این ویژگی در گیاهان، امکان بهره‌برداری از زمین‌هایی را فراهم کرد که اکثر سال با برف و یخ پوشیده شده‌اند.





## پاسخ به گرانش زمین

ساقه در خلاف جهت گرانش و ریشه در جهت گرانش زمین رشد می‌کند. رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه به گرانش زمین، زمین‌گرایی نامیده می‌شود. با تابیدن نور یک طرفه اکسین در سمت سایه (نور ندیده) بیشتر تولید می‌شود، اکسین زیاد در ساقه باعث رشد سمت نور ندیده می‌شود. و در نتیجه ساقه به سمت نور (خلاف زمین) رشد می‌کند. ولی در ریشه سمت نور دیده که اکسین کمتری دارد رشد می‌کند، برای همین ریشه برخلاف نور و به سمت زمین رشد می‌کند.

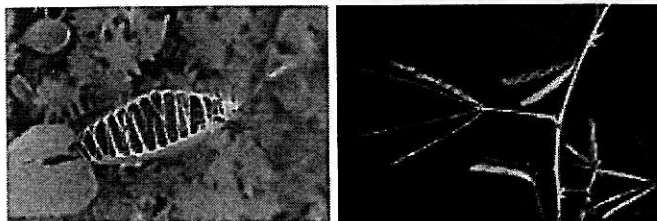


## پاسخ به تماس

- ۱- شاید بعضی گیاهان را دیده باشید که به دور گیاهان دیگر یا یک پایه می‌پیچند. مثلاً ساقه درخت مو در تماس با درختی دیگر و یا پایه، به دور آن می‌پیچد. 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- ضربه زدن به برگ گیاه حساس، باعث تا شدن برگ می‌شود. این پاسخ به علت تغییر فشار تورژسانس در یاخته‌هایی رخ می‌دهد که در قاعده برگ قرار دارند.
- ۳- برگ تله مانند گیاه گوشتخوار کرک‌هایی دارد که با برخورد حشره به آن‌ها تحریک و پیام‌هایی را به راه می‌اندازند که سبب بسته شدن برگ و در نتیجه به دام افتادن حشره می‌شود.



(الف)



(ب)

(پ)

شکل ۱۴. الف) پیچش ساقه مو،  
ب) روی هم تا شدن برگچه‌های  
گیاه حساس،  
پ) بسته شدن برگ گیاه گوشت‌خوار  
با برخورد حشره.



## پاسخ‌هایی از جنس دفاع

گیاهان در معرض هجوم عوامل بیماری‌زا و جانوران گیاهخوار قرار دارند. شاید نام بیماری‌هایی قارچی مانند زنگ گندم یا سیاهک گندم را شنیده باشید. این عوامل سبب تخریب محصولات کشاورزی می‌شوند. به هر حال گیاهان در برابر آن‌ها بی‌دفاع نیستند. به نظر شما گیاهان چگونه از خود دفاع می‌کنند؟

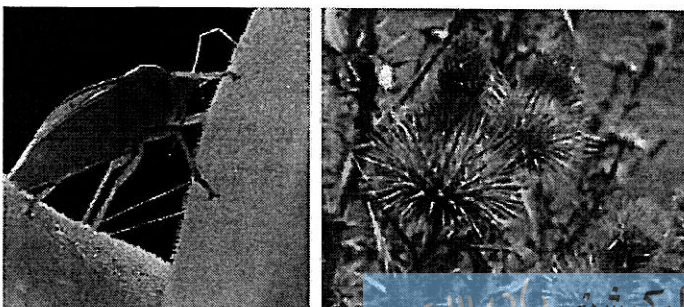
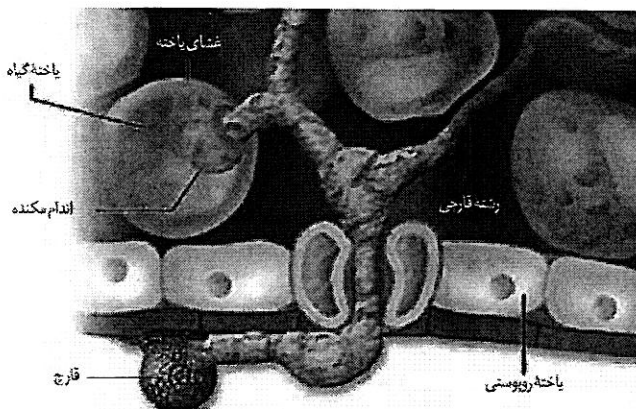
### الف) تلاش برای جلوگیری از ورود

۱- اپیدرم؛ می‌دانید رو پوست، خارجی‌ترین سامانهٔ بافتی در بخش‌های جوان گیاه است و در بخش‌های هوایی گیاه با پوستک پوشیده شده است. پوستک تا حدودی مانع از نفوذ عوامل بیماری‌زا به گیاه می‌شود. همچنین دیوارهٔ یاخته‌ای محکم است و عبور از آن کار آسانی نیست. وجود ترکیباتی مانند لیگنین یا سیلیس در دیواره به سخت شدن آن و در نتیجه افزایش توان این سد فیزیکی کمک می‌کند. با این حال عوامل بیماری‌زا می‌توانند با عبور از منفذ روزنه‌ها یا فضای بین یاخته‌ها از این سد بگذرند.

۲- بافت چوب پنبه؛ بافت چوب پنبه نیز در اندام‌های مسن گیاهان، علاوه بر حفظ آب، مانعی در برابر عوامل آسیب‌رسان است.

۳- کرک و خار؛ نیز در دفاع از گیاهان نقش دارند (شکل ۱۶) مثلاً حشره‌های کوچک نمی‌توانند روی برگ‌های کرک‌دار به راحتی حرکت کنند؛ همچنین اگر گیاه مواد چسبناک ترشح کند، حرکت حشره دشوارتر و گاه غیر ممکن می‌شود.

۴- بعضی گیاهان در پاسخ به زخم، ترکیباتی ترشح می‌کنند که در محافظت از آن‌ها نقش دارند. گاه حجم این ترکیبات آن قدر زیاد است که حشره در آن به دام می‌افتد. با سخت شدن این ترکیبات، سنگواره‌هایی ایجاد می‌شود که حشره در آن حفظ شده است



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



**(ب) دفاع شیمیایی:****۱- سیانیدها:**

گیاهان ترکیباتی تولید می‌کنند که سبب مرگ یا بیماری گیاه خواران می‌شوند. ترکیبات سیانید دار از این گروه‌اند که در تعدادی از گونه‌های گیاهی ساخته می‌شوند. سیانید تنفس یاخته‌ای را متوقف می‌کند. گیاه کاساوا؛ این گیاه بومی امریکای جنوبی است و پوست ریشه آن سرشار از ترکیب سیانیددار است. این ریشه نشاسته فراوان دارد و یکی از منابع غذایی است. مقدار اندکی ترکیب‌های سیانید دار در مغز دانه زردآلو نیز وجود دارد.

**۲- ترکیبی به نام ریسین:**

در پوسته‌ی دانه کرچک وجود دارد که از سیانید و سم مار کبری کشنده تر است. روغن کرچک از دانه بدون پوسته گرفته می‌شود.

**۳- آلكالوئیدها:**

در دور کردن گیاه‌خواران نقش دارند. نیکوتین که از آلكالوئیدهاست، چنین نقشی در گیاه تنباکو دارد. گون‌ها گیاهانی پوته‌ای‌اند که ترکیبات آلكالوئیدی دارد که بر دستگاه عصبی تأثیر می‌گذارد. اگر دام‌ها از این گیاه تغذیه کنند، سست می‌شوند و از غذا خوردن باز می‌مانند.

۴- اگر ترکیباتی که گیاه می‌سازد، جانور را نکشد، آن را مسموم می‌کند و جانور از خوردن دوباره آن پرهیز می‌کند. جالب است که چنین ترکیباتی برای خود گیاه مرگبار نیستند؛ 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 و به ماده سمی تبدیل می‌شوند. مثلاً گیاه ترکیب سیانید داری می‌سازد که تأثیری بر تنفس یاخته‌ای ندارد؛ اما وقتی جانور گیاه را می‌خورد، این ترکیب تجزیه و سیانید که سمی است از آن جدا می‌شود.

۵- بعضی 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؟



## ج) مرگ یاخته‌ای

مرگ یاخته‌ای یکی دیگر از پاسخ‌های دفاعی در گیاهان است. فرض کنید نوعی ویروس بیماری‌زا توانسته است به گیاه نفوذ کند. ورود ویروس در 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. در مرگ یاخته‌ای، یاخته به وسیله آنزیم‌های خود گوارش می‌شود.

سالیسیلیک اسید که از تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان است در مرگ یاخته‌ای نقش دارد. یاخته‌ی گیاهی آلوده، این ترکیب را رها و مرگ یاخته‌ای را القا می‌کند.

## جانوران از گیاهان حفاظت می‌کنند

نکته ۱: 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. جالب است که گرده افشانی درخت آکاسیا وابسته به زنبورهاست. چه چیزی مانع از حمله مورچه‌ها به زنبورهای گرده افشان می‌شود؟ مشخص شده است وقتی گل‌های آکاسیا باز می‌شوند، نوعی ترکیب شیمیایی تولید و منتشر می‌کنند که با فراری دادن مورچه‌ها مانع از حمله آن‌ها به زنبورهای گرده افشان می‌شود. نکته: گیاهان دارزی، گیاهانی‌اند که روی درختان رشد می‌کنند.


۱- کدامیک از گزینه‌های زیر در گیاه به منظور پاسخ دفاعی نمی‌باشد؟

- ۱) ترکیبات سیانید دار در تعدادی از گونه‌های گیاهی ساخته می‌شوند و تنفس یاخته‌ای گیاه‌خواران را متوقف می‌کنند.
- ۲) نیکوتین در گیاه تنباکو از آلکالوئیدهاست و در دور کردن حشرات گیاه‌خوار مانند ملخ نقش دارد.
- ۳) سالیسیلیک اسید از تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان است که از یاخته‌های آلوده به ویروس رها و مرگ یاخته‌ای را القا می‌کنند.
- ۴) وقتی گل‌های آکاسیا باز می‌شوند نوعی ترکیب شیمیایی تولید می‌کنند که باعث فراری دادن مورچه‌ها می‌شوند.

۲- به طور معمول، در پوست درخت مسن نهان‌دانه، .....

- ۱) پوستک، از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا به گیاه جلوگیری می‌کند.
- ۲) یاخته‌های حاصل از بن‌لاد آوندساز یا رسوب لیگنین در دیواره به سخت شدن آن و افزایش توان سد دفاعی گیاه کمک می‌کند.
- ۳) یاخته‌های کرک و یاخته‌های ترش‌خی مانعی در برابر عوامل آسیب‌رسان ایجاد می‌کنند.
- ۴) یاخته‌های حاصل از بن‌لاد چوب‌پنبه‌ساز در کاهش از دست‌دادن آب و جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا به گیاه نقش دارند.



شکل ۱۸- با مرگ یاخته‌ها ارتباط  
یاخته‌های آلوده با سالم قطع می‌شود.  دانلود از اپلیکیشن پادرس



نکته ۲: بعضی گیاهان در برابر حمله‌ی گیاه‌خواران، مواد فراری تولید و در هوا پخش می‌کنند که سبب جلب جانوران دیگر می‌شود. همین‌طور که در شکل ۲۰- الف می‌بینید، نوزاد کرمی شکل حشره در حال خوردن برگ تنباکو است. از یاخته‌های آسیب دیده برگ، ترکیب فراری متصاعد می‌شود که نوعی زنبور وحشی آن را شناسایی می‌کند. زنبور ماده‌ای که در آن اطراف زندگی می‌کند، با ردیابی این مواد، خود را به نوزاد کرمی شکل می‌رساند و روی آن تخم می‌گذارد. نوزادان زنبور بعد از خروج، از تخم از نوزاد کرمی شکل 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؟

## 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 اتیلن که در یاخته وجود دارند، سبب توقف فرایند رسیدگی می‌شوند. اکنون زیست‌شناسان در تلاش‌اند با تغییر در ژن، گیاهان را نسبت به اتیلن غیر حساس کنند. با توجه به اینکه فرمول شیمیایی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده است، این ترکیبات به طور مصنوعی ساخته می‌شوند و برای تولید و نگهداری محصولات کشاورزی به کار می‌روند.