

درسنامه

مقدمه:

در این فصل می‌خواهیم پاسخ اندام‌ها و یاخته‌های مختلف گیاه به محرک‌های بیرونی مثل تغییر شرایط آب و هوایی محیط را بررسی کنیم. مثلاً چرا ساقه با نورگرایی مثبت به سمت بالا و ریشه با زمین‌گرایی مثبت و نورگرایی منفی به سمت پایین رشد می‌کنند؟ چرا با تغییر فصل و در نتیجه آن تغییر دما و طول روز گل‌دهی هر گیاه نهان‌دانه با گیاه دیگر متفاوت می‌شود؟ چرا برگ‌های برخی گیاهان با تغییر فصل می‌ریزند یا ایجاد می‌شوند؟ و در انتها می‌خواهیم بررسی کنیم که چرا گیاه به تغییرات محیطی واکنش می‌دهد و آیا در این پاسخ، همانند جانوران عوامل تنظیم‌کننده شیمیایی نیز مؤثر است؟

نکته

دقت کنید که گل ویژه نهان‌دانگان است و کتاب درسی ما هم فقط به مطالعه این گروه از گیاهان می‌پردازد ولی در تست‌ها دقت کنید که وقتی می‌گوید همه گیاهان منظور فقط نهان‌دانگان نیست!!

گفتار ۱

تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان (هورمون‌های گیاهی)

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی همان هورمون‌های گیاهی هستند که در قسمت‌های مختلف گیاه تولید می‌شوند و در قسمت‌های مختلفی نیز اثر می‌گذارند. به همین دلیل بسیاری از محققین معتقدند که نباید نام هورمون را برای آن‌ها در نظر گرفت چون هورمون‌های جانوری در یک محل تولید و بر یک محل مؤثر واقع می‌شوند ولی فعلاً از واژه هورمون‌های گیاهی یا *Phytohormone* برای تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی استفاده می‌کنند.

نکته

برخی هورمون‌های گیاهی در غلظت‌های مختلف سبب تحریک یک اندام و یا مهار اندام دیگری می‌شوند.

تاریخچه پیدایش اولین هورمون گیاهی (اکسین)

الف) آزمایش داروین

با توجه به اینکه از سال‌های بسیار دور خمش ساقه و برگ گیاهان به سمت نور، توجه محققین را به خود جلب کرده بود، چارلز داروین (پدر علم تغییر گونه جانداران) به همراه پسرش فرانسیس از اولین کسانی بودند که به پدیده حرکت در گیاهان و مطالعه روی علت خمش ساقه گیاه به سمت نور پرداختند. آن‌ها مشاهده‌هایی را برای این موضوع گیاهی، طراحی و اجرا کردند که بیشتر مطالعات آن‌ها، روی بررسی رشد دانه رست یا دانه اولیه خارج شده از پوسته در غلات (گندم، جو، زرت و...) صورت گرفت که در ادامه آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

۱) آزمایش اول

آن‌ها مشاهده کردند که وقتی نور به نوک ساقه دانه رست گیاه گندمی یا همان ساقه رویانی آن برخورد می‌کند، هم باعث رشد ساقه به سمت بالا می‌شود و هم باعث خمش آن به سمت نور یک‌جانبه می‌شود.

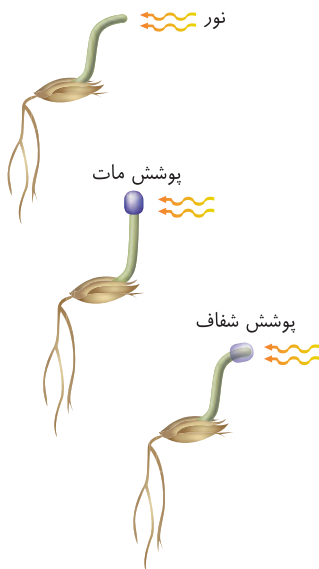
۲) آزمایش دوم

با توجه به شکل مقابل، داروین متوجه شد که اگر نوک ساقه رویانی را با غلافی از پوشش مات که نور از آن عبور نمی‌کند بپوشاند و نور را به نوک و مناطق پایین‌تر از نوک ساقه بزنند، در ساقه مورد نظر نه رشد صورت می‌گیرد و نه خمش!!

۳) آزمایش سوم

آن‌ها وقتی نوک ساقه رویانی را با غلاف شفاف که نور را عبور می‌دهد پوشاندند و نور یک‌جانبه را به ساقه تاباندند، فهمیدند که چون این غلاف شفاف است و نور به نوک ساقه برخورد می‌کند، ساقه رشد کرده و به سمت نور خمش می‌یابد.

نتیجه: فهمیدند که رسیدن نور به نوک ساقه، برای رشد و خمش آن شرط اصلی است.



● ۴ آزمایش چهارم

آن‌ها وقتی **مناطق زیر نوک ساقه** را با پوشش **مات** پوشاندند و نوک ساقه را در معرض نور قرار دادند، پس از تابش نور یک‌جانبه به نوک ساقه، دیدند که ساقه رشد کرده و به سمت نور خمش می‌یابد.



نکته

داروین در آزمایش خود روی دانه رست **چمن** به این نتیجه‌گیری رسید که **نور همه‌جانبه** (نمی‌توانیم!!) سبب رشد دانه رست به‌طور **مستقیم** و بدون خمش می‌شود ولی **نور یک‌جانبه** روی گندمیان آن‌ها را به سمت فهمیدن **رشد همراه با خمش** گیاه برد.

● نتیجه‌گیری داروین

با آزمایشات انجام شده آن‌ها به این نتیجه رسیدند که **فقط** وقتی **نور** یک‌جانبه به صورت **مستقیم** یا **عبور از پوشش شفاف** به **نوک ساقه** برخورد کند، می‌تواند **سبب رشد و خمش** ساقه گیاه به سمت نور شود. از طرفی **نوک ساقه** در خمش آن نقش مهمی دارد و برخورد نور به مناطق پایین‌تر از نوک در خمش ساقه تأثیر گذار نیست.

نکته

داروین از **اکسین** و یا **هر ماده‌ای** که در نوک ساقه ساخته شود و سبب نورگرایی آن شود اطلاعی نداشت.

● نورگرایی

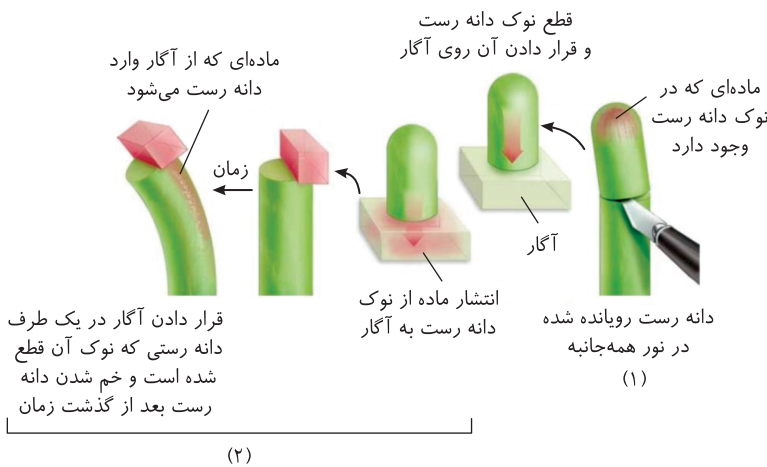
به رشد جهت‌دار **اندام‌های گیاهی** که عامل ایجاد این خمش یا حرکت **نور** باشد نورگرایی می‌گویند که در ساقه چون به سمت نور خمیده می‌شود این نورگرایی را **مثبت** و در ریشه این پدیده را نورگرایی منفی و برعکس زمین‌گرایی مثبت می‌گویند.

● (ب) آزمایشات پس از داروین

پس از داروین محققین زیادی روی علت نورگرایی آزمایش کردند (که در رأس آن‌ها **فریتز ونت** برآ). آن‌ها متوجه شده بودند که در **حضور نور، نوک ساقه ترکیبی شیمیایی ایجاد می‌کند که سبب رشد ساقه و خمش منطقه زیر نوک ساقه به سمت نور می‌شود.**

● مراحل آزمایش

(۱) دانه رست گیاهی از نوع غلات را در مقابل نور همه‌جانبه قرار دادند و مشاهده کردند که ساقه آن رشد می‌کند ولی خمش ندارد. سپس نوک ساقه را قطع کردند و مشاهده کردند که قسمت باقی‌مانده ساقه **رشد و خمش ندارد** (توجه: وجود **نوک ساقه** برای **رشد و خمش** الزامی است).
(۲) بعد قطعه آگاهی را زیر نوک ساقه جدا شده قرار دادند تا مواد درون نوک ساقه وارد آگار شود. سپس در **تاریکی**، این آگار را روی **یک طرف نوک ساقه** قرار دادند و مشاهده کردند که سبب خمش ساقه به سمت مقابل می‌شود در حالی که نوری در آزمایش وجود ندارد. وقتی این آگار را به‌طور مساوی روی کل نوک ساقه قرار دادند، دیدند که ساقه رشد بدون خمش دارد.



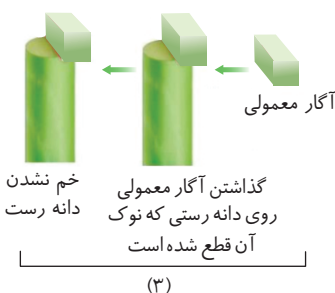
(۲)

نتیجه: با این آزمایش ثابت کردند که در نوک ساقه ماده‌ای در **حضور نور** ساخته می‌شود که این ماده به هر طرف ساقه که بیشتر برسد آن طرف رشد بیشتری می‌کند و ساقه را پس از مدتی به سمت مخالف گرایش می‌دهد ولی اگر این ماده به صورت مساوی در دو سمت ساقه پخش شود ساقه رشد بدون خمش دارد.

(۳) وقتی محققین آگار معمولی که با نوک ساقه قطع شده تماسی نداشته است را روی ساقه بدون نوک قرار دادند، مشاهده کردند که حتی در حضور نور نیز این ساقه مربوط به دانه رست رشد و خمش پیدا نمی‌کند و به این نتیجه رسیدند که ماده ساخته شده در نوک سبب رشد و خمش دانه رست شده است.

● نتیجه کلی

محققین متوجه شدند که **نور**، سبب تولید **ماده‌ای** در **نوک ساقه** دانه رست شده است. هر طرفی از ساقه که این ماده را بیشتر داشته باشد، **یاخته‌های آن رشد طولی بیشتری دارد** و سبب خم شدن ساقه به سمت مقابل می‌شود. در تاریکی این ماده در نوک ساقه ایجاد نشده و رشد و خمش صورت نمی‌گیرد. از طرفی متوجه شدند که **نوک ساقه خمش ندارد** بلکه این منطقه **زیر نوک ساقه** است که در اثر عمل ماده ساخته شده در نوک، سبب خمش می‌شود.



(۳)

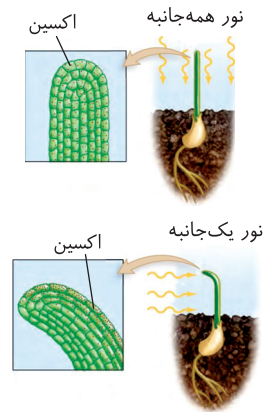
نکته

با توجه به اینکه ساقه به سمتی که نور یک‌جانبه به آن می‌تابد خم می‌شود، نتیجه می‌گیریم که ماده تولیدی در نوک ساقه در بخش سایه (در نور) ساقه تراکم بیشتری دارد و سبب رشد بیشتر یاخته‌های منطقه سایه (در نور) می‌شود تا در نتیجه ساقه به سمت نور خم می‌شود (مثلاً اگر یک پیکه از یک گیاه در نور رشد بیشتر داشته بدن ما را بگیرد همراه رشد خود به تدریج به سمت مقابل که رشد کمتری دارد خم شود). در حقیقت اختلاف اندازه (نه تعداد) یاخته‌های دو طرف نوک ساقه سبب خم شدن در هنگام رشد به سمت نور یک‌جانبه شده است.

نکته

آگار ترکیبی زله‌ای است که از جلبک قرمز به دست می‌آید و در ترکیب با آب، زله درست می‌کند. از این ماده در صنایع غذایی، دارویی، کشت بافت و یاخته و صنایع دیگر استفاده می‌شود.

جمع‌آوری آزمایشات و شناسایی ماده خمش دهنده ساقه



الف) محققین دریافته بودند که اگر نور غیر یک‌جانبه یعنی نور منتشر شده یا همه‌جانبه را به ساقه و نوک آن بتابانند، ماده شیمیایی ساخته شده در نوک ساقه، به مقدار مساوی در دو طرف نور دیده و سایه نوک ساقه پخش می‌شود و در نتیجه ساقه به صورت مستقیم رشد می‌کند و خمشی نمی‌یابد.

ب) وقتی محققین نور یک‌جانبه را به دانه رست می‌تابانند متوجه رشد و خمش ساقه می‌شدند و فهمیدند که ماده ساخته شده در نوک ساقه بیشتر تمایل دارد در منطقه نور ندیده یا سایه نوک ساقه و زیر آن جمع شود و سبب رشد طولی بیشتر یاخته‌های زیر منطقه نوک در منطقه سایه شوند. در نتیجه ساقه رشد کرده به سمت نور خم می‌شود. (اگر نور را از سمت راست بتابانیم، ماده مورد نظر (اکسین) بیشتر در سمت چپ ساقه جمع شده و مناطق سمت چپ در زیر نوک، رشد طولی یاخته‌های بیشتری از سمت راست خواهند داشت و ساقه همراه رشد به سمت نور یک‌جانبه یعنی به سمت راست خم می‌شود).

نتیجه‌گیری

- نور در هر حالتی، یک‌جانبه یا همه‌جانبه، سبب تولید ماده‌ای شیمیایی در نوک ساقه می‌شود.
- نور یک‌جانبه سبب حرکت ماده مورد نظر (اکسین) از سمت نور دیده به سمت سایه (در نور) می‌شود و تراکم این ماده در سمت سایه (در نور) بیشتر می‌شود.
- هر قسمتی که این ماده شیمیایی (اکسین) را بیشتر دارد (منطقه سایه) رشد طولی یاخته‌های نوک و زیر نوک ساقه در آن قسمت بیشتر است.
- منطقه زیر نوک ساقه به سمت نور خم می‌شود تا به خود نوک ساقه!!
- اگر ماده مورد نظر (اکسین) به طور مساوی در اثر نور دوطرفه در نوک و مناطق زیر نوک ساقه تجمع یابند، فقط سبب رشد ساقه می‌شوند ولی خمشی و نورگرایی صورت نمی‌گیرد چون یاخته‌های همه قسمت‌های نوک و مناطق زیر آن رشد طولی یکسانی دارند.

کشف اکسین

ماده مورد نظری که تا حالا در مورد آن بحث کردیم را دانشمندان اکسین نامیدند که به معنی رشد کردن می‌باشد. پژوهش‌های بیشتر سبب پیدا شدن انواعی از ترکیبات مشابه اکسین در گیاهان متفاوت شد که همگی اثرات مشابهی در رشد طولی یاخته دارند و به همین دلیل به آن‌ها اکسین‌ها گفته می‌شود.

نکته

کشف اکسین جرقه و سرآغازی برای شناسایی سایر ترکیبات مؤثر در رشد و فعالیت گیاهان شد که به آن‌ها تنظیم‌کننده‌های رشد یا هورمون‌های گیاهی می‌گویند که برخی مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها محرک در رشد هستند و برخی مانند اتیلن و آبسیزیک اسید، بازدارنده‌های رشد می‌باشند.

هورمون‌های محرک رشد

- اکسین‌ها (۱)
- سیتوکینین‌ها (۲)
- جیبرلین‌ها (۳)

نکته

این هورمون‌های محرک فرایندهای رشدی مثل تحریک تقسیم یاخته‌ای (سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها) یا محرک رشد طولی یاخته‌ها (اکسین‌ها و جیبرلین‌ها) و ایجاد و حفظ اندام‌ها را انجام می‌دهند ولی براساس مقدار و محل اثر هر کدام در برخی حالات و شرایط ممکن است نقش بازدارندگی نیز داشته باشند که در ادامه به تفکیک اعمال آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

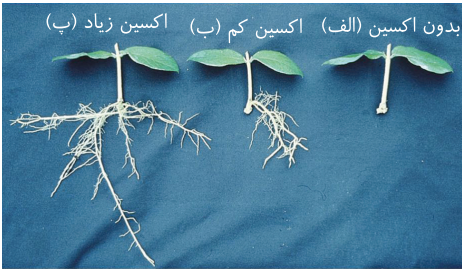
اکسین‌ها

● محل تولید

نوک ساقه‌ای که در معرض نور قرار بگیرد و دانه‌های در حال نمو (رانه‌رست) می‌توانند اکسین تولید کنند.

● محل اثر و نقش

الف) در نور همه‌جانبه (غیر یک‌جانبه) و با افزایش رشد طولی یاخته‌ها سبب رشد طولی ساقه شده ولی خمشی ایجاد نمی‌کند.
ب) در نور یک‌جانبه در سمت سایه یا نور ندیده زیر نوک ساقه جمع می‌شود و سبب رشد طولی بیشتر یاخته‌های آن منطقه شده و علاوه بر رشد ساقه به خمش آن به سمت نور دخالت دارد.



«تأثیر اکسین بر ایجاد ریشه»

ج) اکسین زیاد سبب تحریک ریشه‌زایی در قلمه‌ها می‌شود به همین دلیل با استفاده از قلمه برای **تکثیر رویشی** استفاده می‌شود. در شکل مقابل مشاهده می‌کنید که بدون اکسین، در قلمه‌ها ریشه تولید نمی‌شود و با اکسین کم، ریشه‌ای با انشعابات کم ایجاد می‌شود. پس مقدار رشد ریشه با مقدار اکسین آن رابطه مستقیم دارد.

د) مانع رشد جوانه‌های جانبی و تولید سیتوکینین، شاخه، گل و برگ می‌شود که به آن چیرگی رأسی می‌گویند (یعنی سبب رشد جوانه انتهایی و مانع رشد جوانه جانبی می‌شود).

ه) اکسین عامل اصلی چیرگی رأسی است. در ادامه می‌خوانید که وقتی اکسین تولید شده از جوانه رأسی وارد جوانه کناری می‌شود، در جوانه کناری تولید **سیتوکینین** را مهار ولی تولید **اتیلن** را افزایش می‌دهد تا مانع ایجاد انشعابات در اندام‌های هوایی شود.

و) سبب **ایجاد میوه‌های بدون دانه** و **درشت کردن میوه‌ها** می‌شود. در برخی میوه‌های فاقد دانه فراوان (گوجه‌فرنگی، گلابانگ) افزایش یا اسپری اکسین سبب رشد میوه آن‌ها و مطلوب شدن گیاه می‌شود.

ز) اکسین در نوک ساقه تولید می‌شود و در آنجا سبب رشد طولی یاخته‌ها می‌شود ولی این هورمون از محل ساخت خود پایین آمده و به جوانه جانبی و ریشه می‌رسد. در ریشه سبب افزایش تقسیم یاخته و ایجاد ریشه و انشعابات آن می‌شود.

● استفاده از اکسین‌ها بر علیه انسان‌ها!! (سوء استفاده از علم)

وقتی ساختار شیمیایی اکسین‌ها پیدا شد، محققین توانستند این ماده را به صورت مصنوعی نیز در آزمایشگاه ایجاد کنند. در نتیجه این تحقیقات، برخی ترکیباتی پیدا شدند که سبب از بین بردن گیاهان **دولپه‌ای** می‌شوند (چون همان‌طور که گفتیم اکسین‌ها مانع رشد جوانه جانبی و ایجاد برگ می‌شوند). محققین ابتدا از این ترکیبات برای ساختن **سموم کشاورزی** به منظور از بین بردن گیاهان خودروی مزارع گندم استفاده کردند. سپس محققین ماده‌ای به نام **عامل نارنجی** تولید کردند که **مخلوطی** از اکسین‌های متفاوت بود که می‌توانست سبب از بین بردن گیاهان خودروی مزارع شود ولی این ماده سبب ایجاد بیماری‌هایی مثل سرطان یا نقص مادرزادی در نوزادان متولد شده نیز می‌شود.

در جنگ آمریکا و ویتنام وقتی مبارزان ویتنامی در مقابل آمریکا سال‌ها مقاومت کردند و در بین جنگل‌ها مخفی شدند، آمریکا به مدت ده سال ماده نارنجی را روی این جنگل‌ها در بخشی از ویتنام ریخت که طی آن در اثر ریزش برگ و کاهش فتوسنتز بخشی از جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی از بین رفت. بعد از این جنگ استفاده از عامل نارنجی ممنوع شد ولی سال‌ها و دهه‌ها برای احیای جنگل‌ها و نسل بعد مردم ویتنام زمان نیاز می‌باشد.

سیتوکینین‌ها (هورمون جوانی)

الف) این هورمون محرک رشد، سبب **تقسیم یاخته‌ای** و رشد گیاه می‌شود و شرایط تشکیل **دوک** تقسیم را سریع می‌کند. با این کار تقسیم یاخته‌ها بیشتر شده و پیر شدن اندام‌های **هوایی** گیاه مثل گل، برگ، ساقه و ... را به تأخیر می‌اندازد.

ب) از این هورمون به صورت افشانه در گل‌فروشی‌ها استفاده می‌شود چون با اسپری کردن آن سبب تأخیر در از بین رفتن برگ و گل‌های تازه می‌شوند و **ضد پیری** می‌باشد.

ج) اگر در فن کشت بافت و در محیط سترون، در مریستم ساقه‌زا، نسبت سیتوکینین به اکسین بالا باشد، **ساقه‌زایی** را در این قسمت مریستمی تمایز نیافته تسریع می‌کند. پس وجود هر دو هورمون در رشد آن مؤثر است.

د) اگر مقدار سیتوکینین در جوانه جانبی زیاد شود، می‌تواند نسبت بالای سیتوکینین به اکسین در جوانه جانبی سبب ایجاد شاخ و برگ زیاد در گیاه شود.

ه) نسبت بالای اکسین به سیتوکینین در دانه رست یا توده‌های تمایز نیافته (کال)، سبب افزایش و تسریع در

ریشه‌زایی قلمه‌ها و سبب تکثیر رویشی یاخته‌های تمایز نیافته مریستمی می‌شود. $\frac{\text{اکسین}}{\text{سیتوکینین}} \uparrow \leftarrow$ ریشه‌زایی



«اکسین زیاد سیتوکینین کم»



«اکسین کم سیتوکینین زیاد»

و) نسبت بالای سیتوکینین به اکسین در دانه رست حاوی یاخته‌های تمایز نیافته (کال)،

سبب تسریع در ساقه‌زایی آن می‌شود. $\frac{\text{سیتوکینین}}{\text{اکسین}} \uparrow \leftarrow$ ساقه‌زایی

برهم کنش اکسین و سیتوکینین (تأثیر بر رشد انواع جوانه‌ها)

یکی از کارهای اکسین در گیاه، **چیرگی رأسی** می‌باشد. چون منبع اصلی تولید اکسین **جوانه انتهایی** یا همان **جوانه رأسی** گیاه می‌باشد، این هورمون نمی‌گذارد تا گیاه در جوانه جانبی مقدار زیادی سیتوکینین تولید کند و سبب مقدار زیاد نسبت اکسین به سیتوکینین در جوانه‌های انتهایی و جانبی می‌شود. در این حالت جوانه انتهایی یا رأسی رشد کرده و گیاه طویل‌تر می‌شود ولی جوانه جانبی در این حالت که سیتوکینین کم و اکسین زیاد دارد، رشد نمی‌کند و شاخه، برگ و گل گیاه زیاد نیست. باغبانان به همین دلیل برای اینکه گیاهان پر شاخه و برگ داشته باشند، با هرس کردن، نوک ساقه (جوانه رأسی) را قطع می‌کنند و با این کار مقدار اکسین در گیاه و جوانه جانبی کاهش یافته ولی مقدار سیتوکینین آن زیاد می‌شود و سبب رشد و تقسیم یاخته‌های آن شده و شاخه، برگ و گل ایجاد می‌شوند.

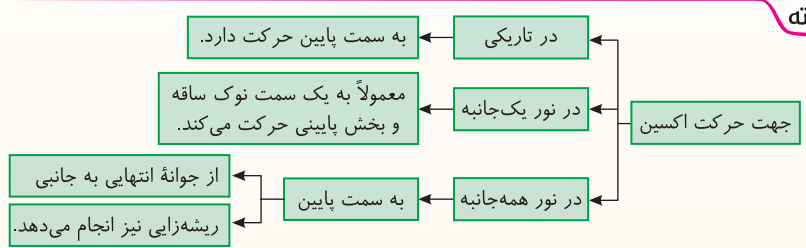
نکته

جوانه جانبی محل تولید هورمون سیتوکینین می باشد. البته در این محل در اثر فعالیت اکسین، جوانه جانبی به تولید هورمون مهارکننده اتیلن هم می پردازد.

نکته

اگر به ساقه گیاه که نوک آن قطع شده است و در حال فعالیت زیاد جوانه جانبی خود برای تولید شاخ و برگ است، در محل قطع شدن نوک، اکسین اضافه کنیم، دوباره جوانه جانبی رشد نمی کند و چیرگی رأسی در اثر عمل اکسین ایجاد می شود. این آزمایش نشان دهنده تولید اکسین در جوانه رأسی و حرکت آن به سمت جوانه جانبی می باشد تا مانع رشد آن ها شود.

نکته



الف) رشد کم جوانه های جانبی
ب) ایجاد شاخه های جدید
پ) حذف جوانه انتهایی
«جوانه رأسی مانع از رشد جوانه های جانبی می شود.»

جیبرلین ها (هورمون محرکی برای رفع مشکلات)

۱) قارچ جیبرلا

- محل تولید
- ۲) رویان دانه های در حال رشد (رویانه نامرست)
- ۳) بخش های مختلف مربوط به رشد گیاهان

تاریخچه پیدایش جیبرلین

محققین ژاپنی در حین مطالعه روی دانه رست هایی از برنج که رشد سریعی نسبت به سایر برنج ها داشتند، متوجه شدند که این دانه رست ها به نوعی قارچ به نام **جیبرلا** آلوده شده اند. این دانه رست ها **باریک و دراز** بودند و فاقد **بافت استحکامی** (اسکلراژیم و کورژیم) بودند و در نتیجه رشد زیاد خود، سریع خم می شدند و روی زمین می افتادند و سبب کاهش محصول برنج می شدند. پس از آن دانشمندان قارچ جیبرلا که سبب آلودگی برنج ها شده بود را استخراج کردند و ترکیبات تولیدی آن ها را بررسی کردند. یکی از این ترکیبات ماده ای به نام **جیبرلین** بود که باعث رشد سریع دانه رست (رانه جوانه زره) گیاه برنج می شد. پس از این آزمایش ها، محققین فهمیدند که **جیبرلین**، ماده ای است که در **خود گیاه** نیز تولید می شود و **رشد و فعالیت های گیاه** را به عنوان یک **ماده محرک رشد** کنترل می کند.

کارهای جیبرلین در گیاه



«درشت شدن میوه»

- با اثر بر **جوانه انتهایی** و **مریستم** درون آن هم سبب تحریک **رشد طولی یاخته** (همانند اکسین) و هم سبب تحریک **تقسیم یاخته** (همانند سیتوکینین) و باعث **رشد طولی ساقه** می شود.
- جیبرلین ها سبب **جوانه زنی دانه ها** و **ظهور دانه رست** می شوند و بدین طریق همراه با ورود آب و اکسیژن به دانه و رشد آن فعالیت می کنند و گل زایی را نیز جلو می اندازند. (در ادامه می بینیم اثر جیبرلین در رویش دانه غلات را بررسی می کنیم!)
- جیبرلین ها، همانند اکسین ها می توانند سبب **تحریک رشد تخمدان ها** شوند و **رشد میوه** حقیقی را زیاد کنند. با این کار و یا با افشانه کردن جیبرلین روی گیاه، سبب تولید میوه های **درشت** و میوه های **بی دانه** نیز می شوند.



«افزایش طول ساقه»

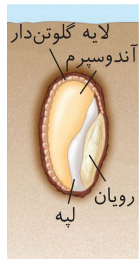
نکته

برای تولید میوه بی دانه باید جلوی گرده افشانی یا جلوی تشکیل لوله گرده را گرفت که این کار را هورمون های اکسین و جیبرلین می توانند انجام دهند. در حقیقت این هورمون ها مانع لقاح می شوند.

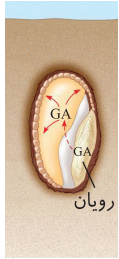
۴) جیبرلین با اثر بر گیاهان بوته ای نیز می تواند رشد طولی ساقه و تولید برگ، شاخه و گل را در آن ها تسریع کند.

مکانیسم اثر جیبرلین بر رویش بذر غلات

از فصل قبل به یاد دارید که دانه غلات (تک لپه ای) از سه بخش پوسته ضخیم، آندوسپرم پرنشاسته یا اندوخته پر حجم ذخیره ای و یک رویان تشکیل شده است. در دانه غلات، یک لپه، مشخص ترین بخش رویان می باشد به صورت نازک وجود دارد که وظیفه **انتقال غذا** از آندوسپرم به رویان برای رشد و ایجاد گیاه اصلی را دارد. در شرایط مناسب دانه رشد می کند و دانه رست را ایجاد می کند.



همچنین از سال قبل به یاد دارید که **واکونول** بذر غلات (**گندم، جو...**) دارای **پروتئین ذخیره‌ای گلوتن** می‌باشد. مشاهده و تحقیق شده است که وقتی دانه غلات در حال رویش هستند، مقدار زیادی **جیبرلین** در **رویانه** آن‌ها ساخته می‌شود. این جیبرلین‌ها از طریق لپه به آندوسپرم رسیده و روی خارجی‌ترین لایه آندوسپرم که ذخایر گلوتن زیادی دارند اثر می‌کنند.



«GA: جیبرلیک‌اسید»

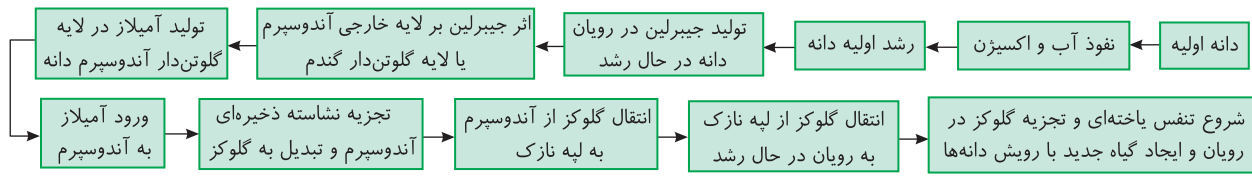
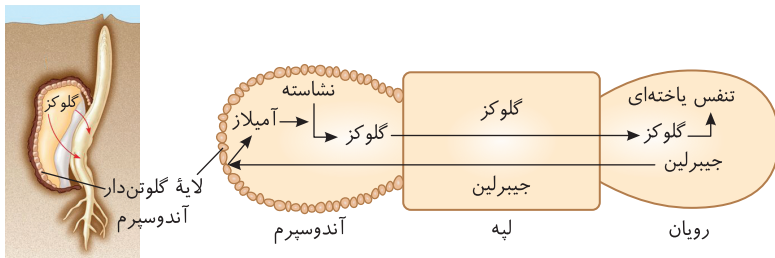


در اثر تحریک جیبرلین، در لایه گلوتن‌دار آندوسپرم دانه، مقدار زیادی آنزیم گوارشی **هیدرولاز (آمیلاز و سلولاز)** تولید می‌شود تا مثلاً **سلولاز** سبب **هیدرولیز دیواره یاخته‌ها و آمیلازها** سبب **هیدرولیز نشاسته** درون آندوسپرم شوند. آمیلاز تولیدی به درون **آندوسپرم پرنشاسته** ترشح می‌شود. درون آندوسپرم، نشاسته‌ها در اثر **آمیلاز** شروع به **هیدرولیز** یا **آبکافت** شدن می‌کنند و به **گلوکز** تبدیل می‌شوند که قند مورد نیاز برای **تنفس یاخته‌ای** و **رشد رویانه** می‌باشد.

گلوکزها توسط لپه نازک از آندوسپرم به رویانه رسیده و با **تنفس درون یاخته‌ای** مقدار زیادی **ATP** برای رشد رویانه و رشد دانه رست و گیاه جدید ایجاد می‌شود.

نکته

واکونول‌های لایه خارجی آندوسپرم و میتوکندری‌های رویانه در رشد دانه نقش بسیار مهمی دارند.



هورمون‌های بازدارنده رشد

دو هورمون **آبسیزیک اسید** و **اتیلن** از تنظیم‌کننده‌ها یا هورمون‌های رشدی هستند که فرایندهای مربوط به مقاومت گیاه در شرایط سخت که سبب رشد کم گیاه، رسیدن میوه‌ها، ریزش برگ و میوه‌ها می‌شوند را تنظیم می‌کنند. این هورمون‌ها در مراحل پیری گیاه و مراحل نهایی رشد گیاه مؤثرند و گیاهان را با شرایط سخت محیطی سازگار می‌کنند.

نکته

دقت کنید که اتیلن و آبسیزیک اسید هرکدام یک ترکیب مشخص شیمیایی دارند و مانند هورمون‌های محرک متنوع نیستند و به همین دلیل به آن‌ها **پسوندها** یعنی اتیلن‌ها یا آبسیزیک اضافه نمی‌شود.

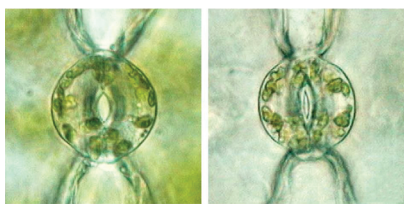
الف) هورمون آبسیزیک اسید: هورمون مقابله با شرایط نامساعد

نام این هورمون از کلمه **abscission** یعنی ریزش گرفته شده است. محققین در ابتدا تصور می‌کردند که این ماده عامل ریزش برگ‌ها می‌باشد و سبب پیری گیاه می‌شود ولی سپس با پژوهش‌های بیشتر متوجه شدند که این ماده نه عامل پیری گیاه است و نه باعث ریزش برگ می‌شود بلکه باعث مقاومت گیاه در شرایط نامساعد رشد می‌شود.

شرایط تولید آبسیزیک اسید در گیاه

الف) وقتی گیاه در شرایط گرم و خشک قرار گیرد

فرض کنید گیاهی که دارای اندام‌های رویشی و زایشی است در محیط گرم و خشک با نور و دمای بالا و رطوبت کم قرار گیرد. در این حالت محیط آب کمی دارد و سعی می‌کند طبق قانون اسمز آب گیاه را خارج کند. اگر **روزنه‌های هوایی** گیاه (**رشته‌کننده روزنه‌ها** که **آب** گیاه همواره باز هستند) در این شرایط باز بمانند، سبب **تعرق** بیشتر گیاه شده و آب گیاه به صورت **بخار** خارج می‌شود و محیط نیز آب چندانی ندارد که **ریشه** گیاه جذب کند. در این شرایط **تولید آبسیزیک اسید** در گیاه زیاد می‌شود. این هورمون باعث از دست دادن یون و آب توسط **یاخته‌های نگهبان روزنه** به **یاخته‌های رپوستی کناری** می‌شود. در پی این عمل، تورژانسس یاخته‌های **کنار** نگهبان روزنه زیاد شده و به همراه پلاسمولیز یاخته‌های نگهبان روزنه، روزنه را مسدود می‌کند تا آب گیاه خارج نشود. در نتیجه آب گیاه در **ریشه** و سایر قسمت‌ها حفظ شود. این عمل رشد گیاه را **گند** می‌کند ولی مانع از بین رفتن گیاه در محیط خشک می‌شود.

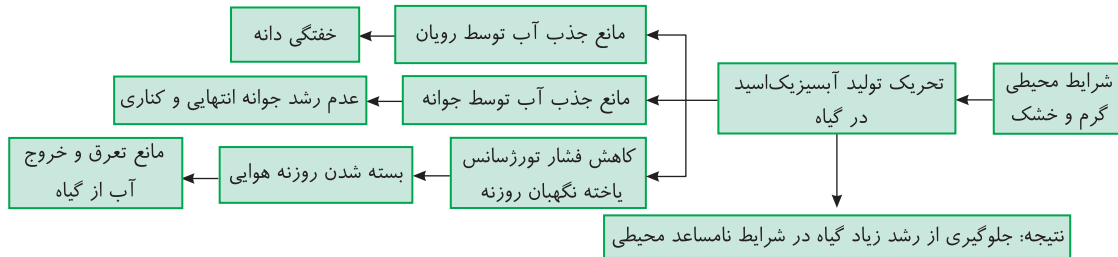


روزنه بسته / روزنه باز
«حفظ آب گیاه با بسته شدن روزنه‌ها»

از زیست سال دهم به یاد دارید که در هنگام باز شدن روزنه‌های هوایی، یاخته‌های نگهبان باید تورژانس شوند و در هنگام بسته شدن باید آب خود را به یاخته‌های کناری خود بدهند. حتماً به یاد دارید که در باز یا بسته شدن روزنه‌های هوایی، قطر هر یاخته نگهبان همواره به دلیل سلولزهای شعاعی ثابت است ولی طول نگهبان در هنگام باز شدن روزنه افزایش می‌یابد.

● (ب) وقتی دانه در شرایط خشکی محیط قرار گیرد

در فصل قبل گفتیم که دانه برای رشد به آب، اکسیژن و دما نیاز دارد. آب را از محیط مرطوب برای متورم شدن و شکفته شدن پوسته خود می‌گیرد. حال فرض کنید که محیط خشک است و دانه می‌خواهد با جذب کمی آب رشد خود را آغاز کند. اگر دانه رشد کند، در اثر خشکی محیط و کم‌آبی، دانه رست ایجاد شده نمی‌تواند رشد مناسبی کند و زود می‌میرد. به همین دلیل در شرایط خشک، تولید آبسیزیک اسید زیاد در گیاه مانع جذب آب توسط دانه شده و رویان را به مرحله توقف رشد می‌برد و مانع ایجاد دانه رست و ترکیدن پوسته دانه می‌شود. این فرایندها با اینکه سبب رشد کند گیاه می‌شود ولی باعث می‌شود که گیاه وارد شرایط بدتر نشود و منتظر تغییر محیط و ایجاد شرایط مناسب باقی بماند.



آبسیزیک اسید روی رشد همه جوانه‌ها (انتهای و جانبی) اثر منفی دارد ولی جیبرلین روی رشد آنها اثر مثبت دارد. اکسین روی جوانه انتهایی اثر مثبت ولی روی جوانه جانبی و ایجاد شاخه، گل و برگ اثر منفی دارد.

هورمون آبسیزیک اسید در کم‌آبی و خشکی زیاد می‌شود و سبب مقاومت گیاه می‌شود. از کتاب دهم به یاد دارید که هنگام کم‌آبی، تعداد کانال‌های پروتئینی مخصوص انتقال آب در عرض غشای یاخته‌های گیاهی و واکوتول‌ها زیاد می‌شود پس زیادی آبسیزیک اسید، هم‌زمان با افزایش تولید کانال‌های آب غشایی می‌باشد.

(ب) هورمون اتیلن C_2H_4

تاریخچه

از سال‌های بسیار قبل محققین می‌دانستند که هنگام سوختن سوخت‌های فسیلی، ترکیبی گازی شکل به نام اتیلن خارج می‌شود که سبب ریزش برگ درختان می‌شود ولی در آن موقع نمی‌دانستند که خود گیاه نیز قادر به تولید اتیلن برای تنظیم رشد خود می‌باشد.

- محل تولید اتیلن در گیاهان
- ۱) برخی میوه‌های رسیده
 - ۲) بافت‌های آسیب‌دیده گیاهی
 - ۳) قسمت‌های پیر و رسیده گیاه
 - ۴) در جوانه جانبی تحت تأثیر اکسین برای چیرگی رأسی

کارهای هورمون اتیلن

● (۱) رسیده کردن میوه‌ها



«گوجه‌فرنگی‌های هر دو جعبه در یک زمان چیده شده، اما گوجه‌فرنگی‌های سمت راست، سه روز در محیط اتیلن‌دار بوده‌اند»

اتیلن هورمونی است که در میوه‌های رسیده بیشتر تولید می‌شود و از آنها آزاد می‌شود. این گاز آزاد شده از میوه‌های رسیده (همانند سیب و موز رسیده) می‌تواند سبب رسیده شدن سایر میوه‌های نارس شود (از این روشت در پخش میوه در بازار استفاده می‌کنند که میوه‌ها ک نارس را می‌چینند و به مدت مشخص تحت تأثیر اتمفر داراک اتیلن قرار می‌دهند).

● (۲) ریزش میوه‌ها

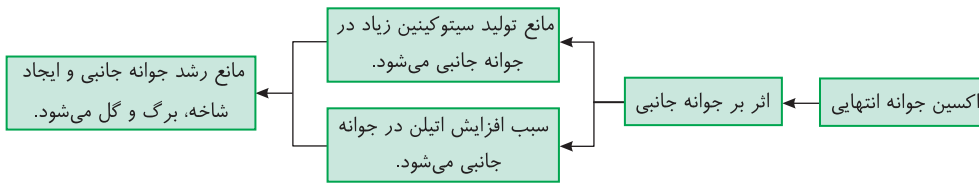
وقتی میوه‌ای رسیده می‌شود برای اینکه این قسمت از گیاه دیگر از مواد گیاهی تازه ساخته شده استفاده نکند و مواد حاصل از فتوسنتز گیاه به قسمت‌های جوان‌تر برسند، اتیلن سبب افتادن و ریزش میوه‌های رسیده می‌شود. (میوه‌ها ک رسیده در معرض حشرات نیز قرار می‌گیرند. این کار اتیلن به‌طور غیرمستقیم در پخش دانه رسیده درون این میوه‌ها نیز نقش دارد.)

● (۳) ترمیم زخم بافتی

هر بافت زنده آسیب‌دیده گیاهی در اثر ضربه یا عوامل بیماری‌زا می‌تواند هورمون اتیلن بسازد و به کمک سایر عوامل شیمیایی رشد سبب ترمیم آسیب‌دیدگی شود.

● (۴) اثر بر چیرگی رأسی

همان‌طور که قبلاً گفتیم، اکسین تولید شده در جوانه انتهایی، عامل چیرگی رأسی است و سبب رشد طولی ساقه می‌شود و از طرفی مانع رشد جوانه جانبی و مانع افزایش سیتوکینین و تقسیم باخته‌های آن‌ها می‌شود. تحقیقات اخیر نشان داده است که اکسین جوانه انتهایی علاوه بر کاهش سیتوکینین در جوانه جانبی، سبب افزایش اتیلن نیز در جوانه‌های جانبی می‌شود و افزایش هورمون بازدارنده اتیلن در جوانه‌های جانبی سبب توقف رشد مریستم آن و مانع ایجاد شاخه، گل و برگ می‌شود.



● (۵) خراب کردن محصولات گیاه

تعجب نکنید!! هنگامی که محصولات کشاورزی مثل میوه را در جایی ذخیره می‌کنند یا در مدت طولانی آن‌ها را منتقل می‌کنند، گاز اتیلن خارج شده از محصولات رسیده و پیر سبب اتصال به گیرنده‌های مخصوص حساس به اتیلن در یاخته‌های گیاهی شده و سرعت رسیده شدن و از بین رفتن محصولات را زیاد می‌کند.

● رفع این مشکل

دانشمندان برای رفع مشکل خراب کردن برخی محصولات ذخیره‌ای یا انتقالی توسط اتیلن، ترکیباتی را تولید کرده‌اند که می‌توانند به گیرنده مخصوص اتیلن متصل شوند و اثر اتیلن آزاد شده را در یاخته‌ها برای رسیده کردن محصولات خنثی کنند و این فرایند و اثر اتیلن را متوقف کنند.

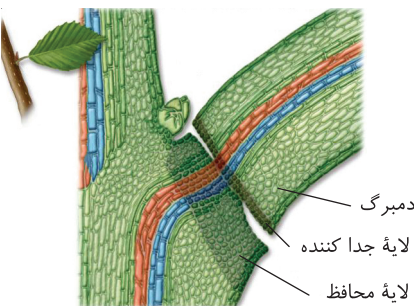
نکته



زیست‌شناسان در تلاش هستند که با تغییر و دستکاری در ژن‌های گیاهی و یا تراژنی کردن آن‌ها (استفاده از ژن لونه‌ریز) گیاهان را نسبت به اتیلن غیرحساس کنند تا رشد آن‌ها به مرحله پیری و پژمردگی نرسد. این کار برای گل‌دهی و باقی ماندن گل‌ها شاید مؤثر باشد ولی در رسیده شدن میوه‌ها در درختان میوه‌دار اشکال ایجاد می‌کند، که مثلاً شاداب ماندن گل‌های اطلسی دستکاری شده ژنی را در شکل مقابل مشاهده می‌کنید که نسبت به گیاهان دستکاری نشده به مدت زیادی در مقابل گاز اتیلن مقاوم مانده‌اند!!

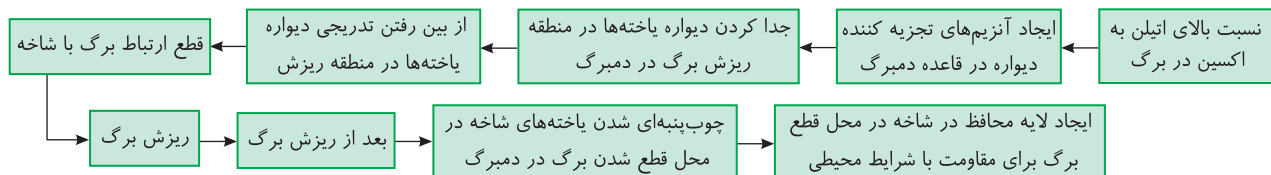
● (۶) ریزش برگ‌ها

اگر در برگ‌های گیاهی نسبت مقدار اتیلن به اکسین زیاد شود، تجربه نشان داده است که آن برگ‌ها می‌ریزند و از شاخه جدا می‌شوند. همان‌طور که می‌دانید برگ‌ها شیره خام را از طریق آوندهای چوبی دمبرگ از شاخه می‌گیرند و با فتوسنتز، مواد آلی را از طریق آوندهای آبکش به همه جای گیاه می‌رسانند. در نتیجه اگر ارتباط یاخته‌ای بین برگ با شاخه قطع شود، برگ سرنوشتی جز ریزش ندارد!! محققین با مشاهدات میکروسکوپی به این نتیجه رسیدند که در قاعده دمبرگ که عامل اتصال برگ به شاخه می‌باشد، لایه‌ای جداکننده تشکیل می‌شود که سبب ریزش برگ می‌گردد. اگر در برگ و منطقه ریزش، نسبت بالای اتیلن به اکسین برقرار شود، این عامل سبب می‌شود که آنزیم‌های تجزیه‌کننده یاخته‌ای در منطقه ریزش برگ لایه جداکننده ایجاد کند. در حقیقت این آنزیم‌ها سبب جدا شدن دیواره یاخته‌ها از یکدیگر و از بین رفتن تدریجی دیواره یاخته‌ها در دمبرگ و در محل لایه جداکننده می‌شوند.



«ریزش برگ با تشکیل لایه جداکننده»

در نتیجه این اعمال ارتباط شاخه با برگ قطع می‌شود و شیره خام از شاخه به برگ نمی‌رسد و برگ در اثر عدم داشتن شیره خام کافی، تغییر رنگ داده و نمی‌تواند فتوسنتز کند (سبزیمه) به رنگ ریشه تبدیل می‌شوند) و در نتیجه سبب ریزش برگ می‌شود. پس از ریزش برگ، یاخته‌های شاخه که در محل اتصال با دمبرگ بوده‌اند با فرایند چوب‌پنبه‌ای شدن (کوتینیزه شدن) لایه محافظی در برابر محیط بیرون ایجاد می‌کنند تا شاخه در برابر عوامل محیطی حفظ شود.



نکته

لایه زاینده جداگر، در دمبرگ ایجاد می‌شود و با جدا شدن برگ، از گیاه خارج می‌شود. لایه چوب‌پنبه‌ای روی بخش‌هایی از شاخه که در گیاه باقی مانده‌اند، تشکیل می‌شود.

نکته

با توجه به اینکه فرمول هورمون‌ها یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی پیدا شده است، محققین این ترکیبات را به صورت مصنوعی نیز در آزمایشگاه تولید کرده‌اند و برای نگهداری و تولید محصولات گیاهی استفاده می‌کنند که این هورمون‌ها ممکن است در سلامت مصرف‌کننده‌های گیاهی اشکال ایجاد کنند چون خیلی از این ترکیبات به عوامل مؤثر در بدن انسان و جانوران شباهت دارند.

نکات و اثر و فعالیت

محل تولید	نوع	هورمون
جوانه انتهایی نوک ساقه - دانه رسته‌ها	محرك رشد	اکسین‌ها
دانه‌ها و جوانه‌جانبی	محرك رشد	سیتوکینین‌ها (هورمون جوانه‌زنی)
قارچ جنبرلا دانه رست گیاهان رویان دانه‌ها	محرك رشد	جنبرلین‌ها (هورمون رفع مگس)
قسمت‌های پیر و رسیده گیاه	بازدارنده رشد	آبسیزیک اسید
قسمت‌های پیر میوه رسیده	بازدارنده رشد	اتیلن

- (۱) افزایش رشد طولی باخته ← رشد طولی ساقه
- (۲) سبب خمش نوک ساقه به سمت نور یک‌جانبه می‌شود.
- (۳) ترکیبات مشابه با اثرات مشابه در گیاهان متفاوت دارند.
- (۴) تحریک ریشه‌زایی در قلمه‌ها اگر به نسبت سیتوکینین مقدار بیشتری داشته باشد.
- (۵) رشد تخمدان و ایجاد میوه درشت یا میوه بی‌دانه
- (۶) عامل نارنجی از مشتقات آن است که سبب از بین بردن گیاهان دوپهای می‌شود.
- (۷) چیرگی رأسی می‌دهد و مانع رشد جوانه جانبی و ایجاد شاخه، برگ و گل می‌شود.
- (۸) تولید اتیلن و سیتوکینین را در جوانه جانبی به ترتیب زیاد و کم می‌کند.
- (۹) در قسمت نور ندیده (سب) تجمع بیشتری دارد و رشد آن منطقه را زیاد می‌کند.

- (۱) تقسیم باخته را زیاد می‌کند، سبب رشد گیاه می‌شود.
- (۲) پیر شدن برگ‌ها و ریش آن‌ها و سایر اندام‌های هوایی را به تأخیر می‌اندازد.
- (۳) افشانه یا اسپری آن‌ها سبب شادابی گل و گیاه می‌شود.
- (۴) نسبت بالای آن به اکسین سبب ساقه‌زایی در قلمه‌ها و دانه رسته‌ها و محیط کشت بافت می‌شود.
- (۵) بدون وجود رأس ساقه، مقدار زیاد آن در جوانه جانبی به ایجاد گیاهان بر شاخ و برگ کمک می‌کند.

- (۱) رشد طولی ساقه با افزایش طول باخته‌ها و همچنین افزایش تقسیم باخته‌ها انجام می‌دهند.
- (۲) سبب رشد تخمدان و میوه شده و ایجاد میوه درشت و بی‌دانه می‌کند.
- (۳) سبب جوانه‌زنی دانه‌ها می‌شود و ایجاد دانه رست را تسریع می‌کند.
- (۴) در رویان دانه‌ها ساخته شده و سبب ایجاد آمیلاز از لایه خارجی آندوسپرم کلون‌دار دانه می‌شود.

سبب مقاومت گیاه در شرایط سخت می‌شود.
سبب خفتگی دانه‌ها و جوانه‌ها و بستن روزنه‌های هوایی در شرایط گرم و خشک می‌شود.

رسیدن میوه نارس - ریش برگ با ایجاد لایه جداکننده دمیرگ - مؤثر در چیرگی رأسی با زیاد شدن در جوانه جانبی - ریش میوه رسیده - در زخم‌های باقی‌زاد می‌شود.

درسنامه

گفتار ۲ پاسخ گیاه به عوامل محیطی

در این بخش می‌خواهیم پاسخ گیاه به عوامل محیطی مثل پاسخ به نور، پاسخ به دما، پاسخ به تماس، پاسخ به گرانش زمین و پاسخ‌های دفاعی گیاهان را بررسی کنیم. مثلاً به دنبال این هستیم که چرا برخی گیاهان با کاهش سرما گل می‌دهند یا چرا گلبرگ برخی از گیاهان در شب جمع می‌شوند و دوباره در روز باز می‌شوند و گیاهان در مقابل عوامل بیماری‌زا و مهاجم‌ها چه دفاعی از خود می‌کنند؟

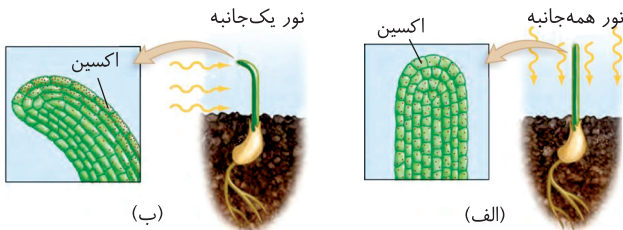
الف) پاسخ گیاهان به نور

نکته

نور در گیاهان نقش‌های حیاتی دارد که مهم‌ترین آن به فتوسنتز برمی‌گردد که منبع انرژی این عمل، نور می‌باشد ولی فرایندهای مهم دیگری مثل رشد ساقه و ریشه و گل‌دهی نیز به آن وابسته است.

● (۱) پاسخ ساقه به نور

در درسنامه قبل به این نتیجه رسیدیم که در اثر نور کافی، هورمون اکسین در جوانه انتهایی نوک ساقه ساخته می‌شود. اگر نور همه‌جانبه در محیط باشد، این عامل سبب تجمع یکنواخت اکسین در مناطق زیر نوک ساقه شده و با افزایش طولی یاخته‌های زیر منطقه نوک، ساقه رشد می‌کند ولی خمش نمی‌یابد.



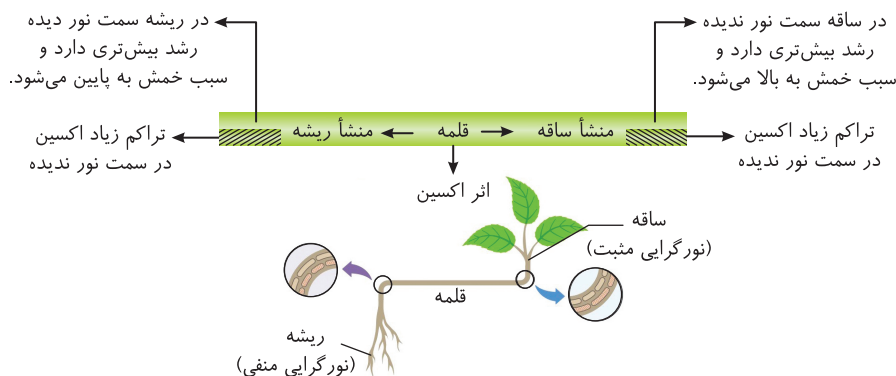
«تابش نور سبب تجمع اکسین در سمت سایه می‌شود.»

نکته

اگر نور یک‌جانبه به ساقه برخورد کند، اکسین ایجاد شده در نوک ساقه، در منطقه سایه (روزانور) تجمع بیشتری می‌یابد و رشد طولی بیشتر یاخته‌های آن منطقه سبب رشد ساقه و خمش آن به سمت نور یک‌جانبه می‌شود.

● (۲) پاسخ ریشه به نور

اگر یک قلمه یا دانه رستی را روی زمین قرار دهیم، در منطقه مریستمی ایجاد ساقه و ریشه، همواره مقدار اکسین در سمت سایه (روزانور) (سمت که به سمت خاک است) بیشتر می‌باشد. یاخته‌های ریشه به مقدار اکسین حساسیت کمی دارند و مقدار زیاد اکسین مانع رشد زیاد آن‌ها می‌شود، در نتیجه در ریشه، رشد قسمت‌هایی که اکسین کمتری دارند (سمت نورریشه) بیشتر از بخش سایه (روزانور) (به سمت خاک) می‌باشد و این مکانیسم برخلاف ساقه سبب خمش و رشد ریشه به سمت خاک و نورگرایی منفی یا زمین‌گرایی مثبت می‌شود.



● (۳) اثر نور در گل‌دهی گیاهان

در طبیعت، گیاهان مختلف در زمان‌ها و شرایط متفاوتی گل می‌دهند. برخی گیاهان نهاندانه در فصلی خاص و برخی در همه فصول گل می‌دهند. حتی می‌توان با تغییر شرایط محیطی و تنظیم نور یا دما، گیاهی را در فصلی که گل نمی‌دهد، وادار به گل‌دهی کنیم.

نکته

به یاد دارید که هر جوانه گیاه از یاخته‌های مریستمی و برگ‌های بسیار جوان ایجاد شده‌اند. این مریستم‌های درون جوانه‌ها ابتدا همگی مریستم رویشی هستند و سبب فرایندهای رویشی برای افزایش طول گیاه می‌شوند ولی وقتی رشد رویشی پایان یافت، درون جوانه در اثر دما و طول روز و شب، مریستم رویشی به مریستم زایشی یا قلمه تبدیل می‌شود و گیاه آماده گل‌دهی می‌شود. (تبدیل فعالیت مریستم از رویش به زایش به دما و طول روز و شب یعنی به مقدار نور در یک شبانه‌روز بستگی دارد.)

انواع گیاهان از نظر گل‌دهی براساس نیاز به نور

(۱) روز کوتاه ← داوودی (۲) روز بلند ← شبدر (۳) بی‌تفاوت ← گوجه‌فرنگی (گیاه جابجری)

● (A) گیاهان روز کوتاه (شب بلند)

این گیاهان در زمان‌هایی از سال مثل پاییز که طول روز به تدریج کوتاه‌تر شده و شب‌ها زمان طولانی‌تری دارند گل می‌دهند. از این گیاهان می‌توان به گیاه **داوودی** اشاره کرد که به‌طور طبیعی در پاییز گل می‌دهد و در تابستان گل نمی‌دهد. **در واقع این گیاهان زمانی گل می‌دهند که طول شب از حد معینی کمتر نباشد.**



نکته

داوودی به‌طور طبیعی در پاییز با طول روز کوتاه گل می‌دهد ولی اگر بخواهیم گیاه داوودی را در تابستان و آوار به گل‌دهی کنیم، باید طول روز را کم کنیم مثلاً سایه و محیط تاریک در مدتی از روز برای گیاه قرار دهیم تا در تابستان نیز گل بدهد.

● (B) گیاهان روز بلند (شب کوتاه)

گیاهانی مثل **شبدر** که در تابستان برخلاف پاییز به‌طور طبیعی گل می‌دهند را گیاه روز بلند می‌گویند. این گیاهان برای گل‌دهی به نور طولانی‌مدت و شب کوتاه نیاز دارند و **اگر طول شب از حدی بیشتر شود دیگر گل نمی‌دهند.**



نکته

شبدر و سایر گیاهان روز بلند به‌طور طبیعی در تابستان گل می‌دهند ولی اگر بخواهیم در پاییز آن‌ها را وادار به گل‌دهی کنیم، باید با شکستن شب و نور مصنوعی یا یک جرعه نوری طول شب را کاهش دهیم. در این صورت شبدر در پاییز نیز همانند یک گیاه روز کوتاه (**رابورسک**) گل می‌دهد ولی در این حالت داوودی مطابق شکل روبه‌رو دیگر گل نمی‌دهد.

نکته

در صنعت پرورش گل با تغییر مصنوعی طول شب و روز کاری می‌کنند که برخی گل‌های زینتی در تمام طول سال در دسترس مردم قرار بگیرند.

● (C) گیاهان بی‌تفاوت

گیاهانی مثل **گوجه‌فرنگی** که گل دادن آن‌ها وابسته به طول شب و روز نمی‌باشند و در هر شرایط نوری سال گل می‌دهند را گیاهان بی‌تفاوت می‌گویند. این گیاهان به‌طور طبیعی و بدون نیاز به تغییرات مصنوعی طول روز و شب در تمام سال گل می‌دهند.

(ب) پاسخ گیاهان به دما

هر گیاهی نمی‌تواند هر دمایی را تحمل کند و رشد قسمت‌های مختلف آن بستگی به دمای محیط دارد که به صورت نکات زیر آن‌ها را بررسی می‌کنیم:

(A) **سرماى شدید**، معمولاً مانع از رویش دانه‌ها و جوانه‌ها می‌شود و جوانه‌زنی یا ایجاد دانه رست را به تأخیر می‌اندازد.

(B) در فصل پاییز و با شروع کاهش دما، مقدار ساخت اتیلن نسبت به اکسین در گیاه بالا می‌رود و ساخت لایه جداکننده دمبرگ را تحریک می‌کند. این عمل در **برخی گیاهان** سبب ریزش برگ‌ها در پاییز می‌شود و گیاه وارد مرحله خفتگی می‌شود. در این حالت جوانه‌های گیاه با برگ‌های پولک‌مانند در برابر عوامل محیطی در امان می‌مانند تا سال بعد دوباره شاخه و برگ از آنجا ایجاد شود.

(C) همان‌طور که در بخش قبل گفتیم، گل‌دهی گیاهان مختلف برحسب نور و طول متفاوت شب و روز با هم متفاوت می‌باشد. در مورد اثر دما نیز در گل‌دهی گیاهان همین موضوع وجود دارد. مثلاً برخی از گیاهان برای تسریع در گل‌دهی نیاز به گذراندن **یک دوره سرما** دارند. به‌طور مثال در **نوعی گیاه گندم** که نوعی گیاه علفی یک‌ساله می‌باشد اگر بذر آن را **مرطوب** کنیم و در **سرما** قرار دهیم با جذب آب و فعالیت آنزیم‌ها، دوره رویشی آن کوتاه شده و زودتر مریستم زایشی آن ایجاد می‌شود و گل می‌دهد.

نکته

سرما تبدیل مریستم رویشی به مریستم زایشی را در جوانه این نوع گندم تسریع می‌کند و سبب گل‌دهی در همان یک سال زندگی می‌شود.

نکته

با کشف این ویژگی گل‌دهی در نوعی گندم در اثر عبور از دوره سرما، محققین توانستند در زمین‌هایی که بیشتر مدت سال پوشیده از برف و یخ هستند نیز بهره‌برداری گیاهی کنند.

(ج) پاسخ گیاه به نیروی گرانش زمین

اگر دانه رستی از یک گیاه مثل ذرت را در وضعیت افقی روی خاک قرار دهید، پس از مدتی مریستم ساقه سبب ایجاد ساقه‌ای با نورگرایی مثبت و زمین‌گرایی منفی می‌شود و به سمت بالا می‌آید ولی مریستم ریشه‌ساز سبب ایجاد ریشه‌ای می‌شود که به سمت زمین یا زمین‌گرایی مثبت و نورگرایی منفی رشد می‌کند.

● زمین‌گرایی

رشد جهت‌دار **اندام‌های** گیاه به گرانش زمین را زمین‌گرایی می‌گویند که برای ریشه مثبت و برای ساقه منفی می‌باشد.

نکته

در شکل روبه‌رو می‌بینید که وقتی گیاهی به صورت عمودی در یک گلدان قرار دارد ساقه آن به سمت بالا و برگ‌ها به سمت نور رشد می‌کنند ولی ریشه به سمت گرانش زمین و زمین‌گرایی مثبت می‌رود.

نکته

اگر گیاهی که در یک گلدان در حال رویش بوده است را با کج کردن گلدان به صورت افقی قرار دهیم، می‌بینیم که پس از مدتی ساقه و برگ‌ها در خلاف جهت گرانش زمین به سوی بالا (نور) رشد کرده ولی ریشه به سمت گرانش زمین خم شده و رشد می‌کند.



● (د) پاسخ گیاه به تماس

برخی گیاهان در هنگام رشد خود یا در هنگام مقابله با یک عامل تغذیه‌ای حمله‌کننده به خود، اگر تماسی با گیاه دیگر یا جانور یا شیء دیگری پیدا کنند، می‌توانند به این تماس پاسخ بدهند که در ادامه آن‌ها را بررسی می‌کنیم.



«پیچش ساقهٔ مو»

مثال ۱: برخی گیاهان مثل ساقهٔ گیاه مو اگر در هنگام رشد خود به یک درخت دیگر یا پایه دیگری برخورد کنند، می‌توانند با حرکت **پیچشی** به دور آن پایه یا درخت بپیچند و رشد کنند. در این گیاهان همواره سرعت رشد قسمتی از گیاه که به تکیه‌گاه متصل است از قسمت مقابل کمتر است. این تفاوت در سرعت رشد ساقه سبب می‌شود که به صورت پیچشی به دور تکیه‌گاه خود بپیچد و رشد کند.

نکته

در پیچش رشد یاخته‌ها در محل تماس با پایه یا درخت دیگر همواره کمتر از سمت مقابل است و مثل نورگرایی به مقطع خاصی برای خمش و رشد بیشتر ربط پیدا نمی‌کند.



«روی هم تا شدن برگچه‌های گیاه حساس»

مثال ۲: برخی گیاهان دارای برگ‌های حساس به تماس‌ها و لرزش‌های محیطی می‌باشند. مثلاً در گیاه حساس، برگ‌های تاشونده‌ای وجود دارد که اگر با ضربه آن‌ها را لمس کنیم و لرزش دهیم، سبب ایجاد تغییر فشار تورژسانس در یاخته‌های قاعده آن برگ‌ها می‌شویم و برگ‌های آن تاخورده و جمع می‌شوند تا از خود دفاع کنند.

مثال ۳: از زیست دهم به یاد دارید که برخی از گیاهانی که در خاک‌های فقیر از نظر نیتروژن زندگی می‌کنند با اینکه فتوسنتزکننده‌اند ولی برای تأمین نیتروژن کافی ساخت پروتئین خود نیاز به شکار و گوارش جانوران ریز دارند. این گیاهان (مانند توبره‌واش) برگ تله‌مانندی با کرک‌های بسیار حساس به تماس دارند. اگر حشره‌ای به آن کرک‌ها برخورد کند، با تحریک شدن آن، پیام‌هایی در گیاه به راه می‌افتد که سبب بسته شدن برگ و به دام افتادن حشره شده و سپس آن حشره را با گوارش پرون‌یاخته‌ای از بین می‌برد.

نکته

برخی برگ‌های گیاه توبره‌واش بخش حساس **گوزه‌مانند** برای به دام انداختن حشره دارد.



«بسته شدن برگ گیاه گوشت‌خوار با برخورد حشره»

● (ه) پاسخ‌های دفاعی گیاهان

نکته

در این قسمت می‌خواهیم بررسی کنیم که گیاهان در مقابل عوامل هجومی میکروبی و جانوران گیاه‌خوار و برخی قارچ‌ها مثل زنگ یا سیاهک گندم و... چه تدابیر دفاعی دارند.

- (A) تلاش برای جلوگیری از ورود عامل مخرب
 - (B) دفاع شیمیایی
 - (C) مرگ یاخته‌ای (اغلب برای مبارزه با ویروس)
 - (D) حمایت توسط سایر جانوران
- پاسخ‌های دفاعی گیاهان

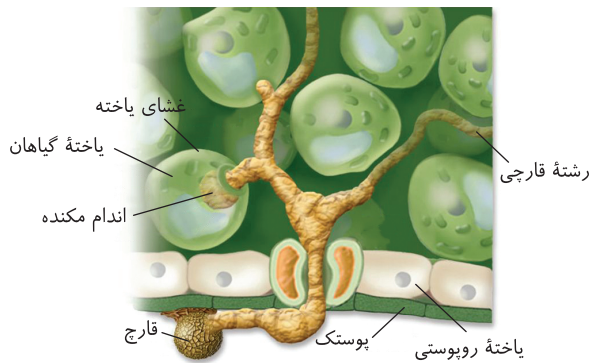
● (A) انواع تلاش گیاه برای جلوگیری از ورود عامل مخرب

خارجی‌ترین قسمت‌های ساقه، ریشه و برگ گیاه، همانند پوست جانوران سدی را تشکیل می‌دهند که از ورود عوامل بیگانه به گیاه جلوگیری می‌کنند که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم:

(I) در سال قبل متوجه شدید که بخش‌های جوان زمینی و هوایی گیاه دارای **روپوست** هستند که معمولاً یک لایه یاخته دارند. در بخش‌های هوایی گیاه (ساقه، شاخه و برگ) در سطح خارجی یاخته‌های روپوستی، لایه‌ای از ماده لیپیدی به نام **پوستک** وجود دارد که به آب نفوذناپذیر است. این لایه توسط یاخته‌های روپوستی ترشح می‌شود و مجاور هوا می‌باشد و تا حدی از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا (مانند رشتنه قارچ‌ها) به درون گیاه ممانعت می‌کند (البته پوستک ضمیمه به حفظ گیاه در برابر سرما و آب گیاه نیز کمک می‌کند).

نکته

روپوست ریشه جوان پوستک ندارد چون نیاز به جذب آب از ریشه دارد و وجود پوستک لیپیدی مانع این عمل می‌شود. به همین دلیل، ریشه با روش‌های دیگری می‌تواند از ورود عوامل بیماری‌زا جلوگیری کند.



«پوستک، سدی در برابر ورود عوامل بیماری‌زاست.»

(II) دیواره یاخته‌های گیاهی هم به تنهایی و هم با اضافه شدن مواد کانی مانند سیلیسی شدن و یا چوبی شدن (**لگنین شدن**) بسیار مستحکم می‌شوند که عبور از این دیواره سخت برای عوامل بیماری‌زا کار آسانی نیست. (**پوستک** و دیواره یاخته‌های مکنده به افزایش سد فیزیکی مانع ورود عوامل بیماری‌زا به گیاه کمک می‌کنند).

(III) با وجود اینکه پوستک و دیواره سد محکمی برای جلوگیری از عوامل بیماری‌زا هستند ولی برخی عوامل مثل قارچ‌ها (رنگ و سیاهک گندم و...) می‌توانند از فضای بین یاخته‌ها یا از منافذ روزنه‌ها عبور کنند و وارد گیاه شوند و حالا باید گیاه از سد دیگری برای دفاع از خود استفاده کند (البته در شکل مقابل قارچ در برخی موارد وارد یاخته برگ نیز شده است).

(IV) **کرک و خار** نیز در دفاع گیاهان نقش دارند. مثلاً کرک‌های روی برگ زبری زیاد دارند و حشره‌های کوچک نمی‌توانند به راحتی روی آن حرکت کنند و از طرفی برخی کرک‌ها ترشحات چسبناکی دارند که حرکت حشره را کند و گاه غیرممکن می‌کند. (خارها نیز مانع خورده شدن گیاهان توسط گیاه‌خواران می‌شوند.)

(V) وقتی گیاهی زخمی می‌شود، از بافت پارانشیمی خود ترشحاتی آزاد می‌کنند. این ترکیبات مثل رزین، سبب محافظت گیاه می‌شوند تا ترمیم بافت صورت بگیرد. در برخی موارد این ترشحات آنقدر زیاد و پر حجم می‌باشد که حشره روی گیاه در آن به دام می‌افتد و گیاه بدین طریق از خود دفاع می‌کند.

نکته



«سنگواره گیاهی»

ترشحات دفاعی آزاد شده از بخش‌های زخمی گیاه، گاه آنقدر زیاد است که حشره به دام افتاده در آن همراه ترکیبات سخت و سفت می‌شوند و در مقابل عوامل محیطی حفظ می‌شوند. این ترکیبات ممکن است سنگواره یا فسیلی شوند و در بررسی تکامل جانداران به کار رود.

(VI) در اندام‌های **مسن** گیاه، به جای روپوست، ممکن است بافت پسین چوب‌پنبه‌ای یا پریدرم ایجاد شود. این یاخته‌های مرده چوب‌پنبه‌ای شده نسبت به آب و گازها نفوذناپذیرند و می‌توانند مانعی در برابر عوامل آسیب‌رسان باشند.

(VII) کلاهک محافظت‌کننده از مریستم نوک ریشه، سبب دفاع از مریستم ریشه در برابر آسیب‌های محیطی می‌شود و البته با ترشح ماده پلی‌ساکاریدی در نفوذ ریشه به خاک نیز مؤثر است (**ریست رهم**).

● (B) دفاع گیاهان از راه شیمیایی

گیاهان نیز در محیط برای گرفتن بیشتر نور، آب و... با هم به رقابت می‌پردازند. برخی گیاهان موادی سمی برای سایر گیاهان تولید و ترشح می‌کنند که مانع رویش دانه و رشد سایر گیاهان شده و استفاده آن‌ها از منابع محیط بیشتر می‌شود. البته گیاهان با تولید و ترشح ترکیبات شیمیایی می‌توانند سبب مرگ گیاه‌خواران یا ایجاد بیماری در گیاه‌خواران شوند که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

(I) **ترکیبات سیانیددار**: این ترکیبات در تعدادی از گونه‌های گیاهی ساخته می‌شوند و سبب **توقف تنفس یاخته‌ای** و توقف تولید ATP و واکنش‌های انتهایی تولید آب در میتوکندری‌های عامل بیماری‌زا می‌شوند (**ریست رازرهم**). در نتیجه سبب مرگ گیاه‌خوار یا بیماری آن‌ها می‌شوند و خود گیاه در امان می‌ماند.

نکته

ترکیبات سیانیددار برای تنفس یاخته‌ای خود گیاه اشکالی ایجاد نمی‌کنند و بی‌ضرر هستند ولی وقتی جانوری این ترکیبات را می‌خورد، در **لوله گوارش جانور**، این ترکیبات سیانیددار **تجزیه** می‌شوند و سیانید سمی حاصل از آن آزاد شده و سبب توقف تنفس یاخته‌ای در جانور و سرانجام مرگ جانور می‌شود. دقت کنید که سیانیدها با پر کردن جایگاه فعال آنزیم‌ها، سبب عدم فعالیت آن پروتئین می‌شوند (روزانه).

(II) **آلکالوئیدهای گیاهان:** آلکالوئیدها از ترکیبات گیاهی هستند که در شیرابه بعضی گیاهان به مقدار فراوان وجود دارند و در دفاع از گیاه در مقابل گیاه‌خواران با **دور کردن آن‌ها** مؤثر هستند (نم‌کش آرنه!).

مثال: گیاه تنباکو، آلکالوئیدی به نام **نیکوتین** دارد که برای دور کردن گیاه‌خواران از گیاه تنباکو مؤثر است.

نکته

انسان از برخی آلکالوئیدها برای ساخت داروهای مسکن، آرام‌بخش و داروهای ضد سرطان استفاده می‌کند (تربت رهم فصل ۶).

نکته

برخی آلکالوئیدها مثل شیرابه خشخاش سبب ایجاد مواد اعتیادآور می‌شوند و برای سلامت و امنیت دنیا مضر می‌باشند.

نکته

ترکیبات شیمیایی دفاعی گیاهان (**تربیت ساینیدها یا آلکالوئیدها**...) برای سلامت **خود گیاه** مشکلی ایجاد نمی‌کنند و مرگبار نیستند چون گیاهان با سازوکار متفاوتی از اثر آن‌ها بر بدن خود جلوگیری می‌کنند.

نکته

این مواد ممکن است سبب مرگ جانور مزاحم نشوند ولی چون آن‌ها را مسموم می‌کند، جانور یاد می‌گیرد که با رفتار آزمون و خطا دیگر به دنبال استفاده از آن گیاه نرود (روزانه).

● (C) دفاع گیاهان با مرگ یاخته‌ای

مرگ یاخته‌ای مکانیسمی است که گیاه به وسیله **آنزیم‌های خود**، یاخته آلوده خود را گوارش می‌دهد و از بین می‌برد تا ارتباط آن با یاخته‌های سالم از بین برود. **مثالی از مرگ یاخته‌ای:** می‌دانید که **ویروس** به خودی خود زنده نیست و آنزیم ندارد. ویروس‌ها وقتی وارد یک یاخته می‌شوند و آن را آلوده می‌کنند سریع از آنزیم‌های یاخته آلوده شده استفاده می‌کنند و با ساخت ژنوم و ساختار خود، تعداد فراوانی ویروس می‌سازد و سپس با ترکاندن غشا و دیواره یاخته آلوده به



«با مرگ یاخته‌ها ارتباط یاخته‌های آلوده با سالم قطع می‌شود»

سایر یاخته‌های سالم حمله می‌کنند. در گیاهان وقتی ویروس از سدهای پوششی و ترشحات عبور کرده و وارد گیاه شود، فرآیندهایی در یاخته گیاهی ایجاد می‌شود که سبب مرگ زودرس یاخته گیاهی و به عبارتی خودکشی این یاخته‌ها می‌شود. با این کار ویروس فرصت استفاده از آنزیم‌های میزبان و زیاد کردن خود ندارد و در سایر یاخته‌ها تکثیر نمی‌شود. در اثر مرگ یاخته‌ای، یاخته آلوده می‌میرد و ارتباط یاخته مرده و آلوده با سایر یاخته‌های سالم از بین می‌رود و گیاه با فرصت کافی که در اختیار دارد با سازوکارهای دیگری و تولید **ترکیبات ضد ویروس** آن ویروس‌های ورودی را نیز از بین می‌برد.

نکته

سالیسیلیک اسید نوعی تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در موقع ورود عامل بیماری‌زا به گیاهان، **درون یاخته‌ها** تولید می‌شود و از یاخته رها می‌شود. این ترکیب سبب مرگ یاخته‌ای گیاه می‌شود و عامل بیماری‌زا دیگر در گیاه پخش نمی‌شود.

● (D) دفاع گیاهان به کمک جانوران محافظت‌کننده

(الف) در این روش که انواع مختلفی دارد، ممکن است جانورانی که از برخی گیاهان استفاده غذایی می‌کنند مانع مزاحمت سایر جانوران و گیاهان انگل بر روی گیاه میزبان خود شوند.

مثال: رابطه مورچه با برگ‌های درخت آکاسیا:

برگ‌های درخت آکاسیا محل زندگی و در حقیقت قلمروی مورچه‌ها می‌باشند و مورچه با زندگی همیاری از برگ گیاه استفاده می‌کند ولی مانع حمله سایر مهاجمان به این گیاه می‌شود.

اگر **حشره‌ای** به برگ درخت آکاسیا حمله کند، مورچه‌های فراوان روی درخت به سوی حشره مهاجم هجوم می‌آورند و به احتمال زیاد حشره را از بین می‌برند. این مورچه‌ها حتی به **پستانداران کوچک** و **گیاهان دارزی** حمله‌کننده به این گیاهان نیز هجوم می‌آورند. با این کار مورچه‌ها از وطن! یا محل زندگی یا قلمروی خود محافظت می‌کنند.

نکته

گیاهان دارزی انگل خارجی رشد‌کننده روی سایر درختان هستند.

نکته

گل‌های درخت آکاسیا بو و رنگ و شکل مناسب همراه با علائم نوری ماوراء بنفش برای زنبورها دارد و گرده‌افشانی آن‌ها وابسته به این زنبورها می‌باشد. وقتی گل‌های این گیاه باز می‌شوند نوعی ترکیب شیمیایی در خود تولید و منتشر می‌کنند که برای **مورچه‌ها** ناسازگار است و آن‌ها را فراری می‌دهد تا مانع حمله آن‌ها به زنبورهای روی گل برای گرده‌افشانی شوند. در حقیقت این مواد فرار ربطی به جلب توجه زنبورهای گرده‌افشان ندارد.



«این مورچه‌ها در حقیقت از محل زندگی خود محافظت می‌کنند.»

در این رابطه مورچه برای حفظ قلمروی خود به دفاع از گیاه در برابر سایر جانوران می‌پردازد.

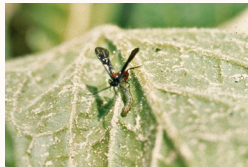
(ب) برخی گیاهان در برابر حمله گیاه‌خواران ماده فرار گازی در هوا پخش می‌کنند تا سبب جلب توجه جانوران صیادی برای از بین بردن جانور حمله برنده به گیاه شوند.

مثال: رابطه برگ تنباکو با نوزاد کرمی شکل حشره مزاحم و جلب توجه زنبور به خود:

گفتیم که گیاه تنباکو توانایی تولید **آلکالوئیدهایی** برای فراری دادن جانور فراهم دارد. برخی مواقع این مواد دفاعی برای برخی جانوران مثل نوزاد کرمی شکل حشرات، سمی نمی باشد و این نوزادان کرمی شکل از برگ درخت تنباکو استفاده می کنند و به گیاه آسیب می رسانند. در این حالت **این یاخته های آسیب دیده** برگ تنباکو، ترکیب فراری از خود متصاعد می کنند که این ترکیب مورد علاقه **زنبور وحشی ماده** می باشد. این زنبورها به سمت برگ تنباکو آسیب دیده می روند و به نوزادان کرمی شکل حشرات حمله می کنند و در روی آن تخم گذاری می کنند. وقتی **نوزادان زنبورها** از تخم خارج شدند از نوزاد کرم استفاده غذایی می کنند و آن ها را می کشند. نتیجه این رویداد **کاهش جمعیت حشره آفت** می باشد.

نکته

زنبور ماده وحشی بالغ به نوزادان حشره که روی درخت تنباکو هستند حمله می کنند ولی نوزادان زنبورها سبب مرگ نوزادان حشره کرمی شکل می شوند. دقت کنید که این زنبور، زیستا و زایا بوده و از نوع کارگر نمی باشد.



ث) زنبور وحشی در حال تخم گذاری روی نوزاد کرمی شکل حشره

نوزاد کرمی شکل حشره با برگ تنباکو ← انگلی
 رابطه نوزاد زنبور و نوزاد کرمی شکل حشره ← صیادی
 زنبور ماده وحشی و گیاه ← همیاری

نکته

تولید و رهاسازی سالیسیلیک اسید، ترکیب فرار از برگ تنباکو، اینترفرون نوع ۱ و هیستامین ماستوسیت در التهاب، توسط **یاخته های آسیب دیده** صورت می گیرد.