راه‌های دفاعی گیاهان در برابر عوامل پاتوژن و علف‌خواران

ژیلا رحیمی
دبیر زیست‌شناسی ناحیه‌ی ۲ رشت

کلیدواژه‌ها: دفاع گیاهان، ترپن‌ها، فنل‌ها.

اشاره

در طبیعت گیاهان را گروه وسیعی از دشمنان میکروسکوپی و ماکروسکوپی احاطه کرده‌اند به طوری که گیاهان در برابر آن‌ها هیچ راه فرار و مخفی شدن ندارند؛ لذا باید به روش‌های دیگری از خود در برابر این دشمنان حمایت کنند. در این مقاله برخی از مهم‌ترین روش‌های تدافعی گیاهان بیان شده است.

دفاع سطحی در گیاهان

همه‌ی بخش‌هـای گیاهی که در معرض هـوا قرار دارند از لایه‌هایی از جنس مواد لیپیدی پوشـیده شـده‌اند که سبب کاهـش هدر رفتن آب می‌شـوند و به عنوان سـدی در برابر ورود باکتری‌هـا و قارچ‌های پاتوژن عمل می‌کنند. اصلی‌ترین مواد تشکیل‌دهنده‌ی این پوشش عبارت‌اند از: کوتین، سوبرین و موم. کوتین معمولاً در بخش‌های هوایی گیاه و سـوبرین در بخش‌های زیرزمینی، ساقه‌های چوبی و زخم‌های درمان یافته دیده می‌شـود. موم‌ها نیز همراه کوتین و سوبرین وجود دارند. هم‌چنین وجود کرک و خار روی تنه و برگ‌های گیاهان نیز از آن‌ها تا حدود زیادی محافظت می‌کند

همه‌ی بخش‌های گیاهی که در معرض هوا قرار دارند از لایه‌هایی از جنس مواد لیپیدی پوشـیده شده‌اند که سبب کاهش هدر رفتن آب می‌شوند و بـه عنوان سـدی در برابـر ورود باکتری‌ها و قارچ‌های پاتوژن عمل می‌کنند

متابولیت‌های ثانویه

متابولیت‌های ثانویه ترکیباتی در گیاه هستند که هیچ نقش مستقیمی در فرایندهایی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، تمایز و یا تشـکیل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها یا لیپیدها ندارند و در حقیقت فرآورده‌ی جانبی در جریان تولید متابولیت‌های اولیه در داخل سلول‌های گیاهی هستند.

این ترکیبات برخلاف متابولیت‌های اولیه (آمینواسـیدها، نوکلئوتیدها، قندها و اسیدهای چرب) انتشار محدود در قلمرو گیاهـان دارند و به عبارت دیگر متابولیت‌های ثانویه‌ی خاص، اغلـب فقط در یـک گونه، یا گیاهان مرتبط بـا آن‌گونه یافت می‌شوند.

نقش‌هـای مهم این ترکیبات عبارت‌انـد از: ۱. حمایت از گیاهـان در برابر گیاه‌خـواران، ۲. جلوگیری از آلوده شـدن با پاتوژن‌های میکروبی و ۳. ایجـاد جاذبه برای جانورانی که در گستراندن دانه‌ها و گرده‌افشانی نقش دارند.

متابولیت‌های ثانویه به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. ترپن‌ها، ۲. فنل‌ها، ۳. ترکیبات نیتروژن‌دار

ترپن‌ها

ترپن‌ها یا ترپنوئیدها بزرگ‌ترین گروه از متابولیت‌های ثانویه را تشـکیل می‌دهند. عموماً غیرقابل حـل در آب‌اند. برخی از ترپن‌ها در رشد و نمو گیاه نقش دارند و لذا می‌توان آن‌ها را به عنوان متابولیت‌های اولیه نیز در نظر گرفت. از این گروه می‌توان جیبرلین‌ها (گروه مهمی از هورمون‌های گیاهی)، یا کارتنوئیدها (پیگمان‌های کمکی در فتوسنتز) را نام برد. با وجود این بیش‌تر ترپن‌ها به عنوان متابولیت‌های ثانویه‌ای به حساب می‌آیند که از گیاهان در برابر علف‌خواران، مخصوصاً حشرات دفاع می‌کنند. برخی از این ترپن‌ها عبارت‌اند از:

ـ پیرتروئیدهـا[1] کـه در برگ‌ها و گل‌هـای گونه‌های گل داوودی وجود دارد و دارای خاصیت حشره‌کشـی قوی است. امروزه پیرتروئیدهای مصنوعی و طبیعی به عنوان حشره‌کش‌های تجاری مورد استفاده وسیعی دارند که دلیل مهم آن دوام کم آن‌ها در طبیعت و سمیّت ناچیزشان برای جانوران است.

ـ لاتکس و رزین در گیاهان، حاوی مقادیر فراوانی از ترپن‌ها هسـتند که برای بسیاری از حشرات از جمله سوسک‌های تنه درخت، سمّی هستند.

ـ روغن‌هـای ضروری[2] مخلوطی از انـواع ترپن‌های فرّار هستند که در برخی از گیاهان مثل نعناع و مرکبات وجود دارند و سـبب ایجاد عطر مخصوص شـاخ و برگ آن‌ها می‌شوند. خاصیت دفع حشره به وسیله‌ی روغن‌های ضروری به خوبی شناخته شده است.

ـ کاردنولیدها و ساپونین‌ها از جمله ترپن‌هایی هستند که در برابر مهره‌داران علف‌خوار فعال‌اند.

ترکیبات فنولی

ترکیبات فنلی مهم در گیاهان عبارت‌اند از:

ـ لیگنیـن: فراوان‌تریـن ترکیـب آلی در گیاهـان پس از سـلولز به حساب می‌آید و پلی‌مری با شاخه‌های زیاد از گروه پروپانوئید است که دارای نقش‌های اولیه و ثانویه در گیاه است.

بسـیاری از گونه‌های گیاهی در پاسخ به حمله پاتوژن‌ها یا ایجاد زخم با تولید لیگنین یا کالوز به تهاجم باکتری‌ها واکنش نشان می‌دهند

سفتی و استحکام لیگنین نقش حمایتی مهمی برای گیاهان دارد. سفتی آن سبب می‌شود که خوردن گیاه مشکل شود و از طرف دیگر سـاختار شیمیایی آن به گونه‌ای است که ماده‌ای غیرقابل هضم برای علف‌خواران به حساب می‌آید. لیگنین هم‌چنین با اتصال به سلولز و پروتئین، قابلیت هضم و جذب آن‌ها را نیز در علف‌خوار کم می‌کند. همچنین بسیاری از گونه‌های گیاهی در پاسخ به حمله پاتوژن‌ها یا ایجاد زخم با تولید لیگنین یا کالوز به تهاجم باکتری‌ها واکنش نشان می‌دهند. تصور بر این است که این مواد با ایجاد سد و دیواره به‌طور فیزیکی جلو باکتری‌ها را از انتشار به دیگر بخش‌های گیاهی می‌گیرند.

ـ فلاونوئیدهـا: یکی دیگر از گروه‌هـای بزرگ فنلی در گیاهان فلاونوئیدها هسـتند. فلاونوئیدهایی مثل آنتوسیانین‌ها که مسؤول ایجاد رنگ‌های قرمز، صورتی، بنفش و آبی هستند در جذب حشـرات و جانوران برای پراکنده سـاختن بذرها و دانه‌های گرده‌ی گل‌ها نقش مهمی دارند.

ایزوفلاونوئیدها که اکثراً در بقولات (لگوم‌ها) یافت می‌شوند، دارای خاصیت ضد میکروبی هسـتند. امروزه ایزوفلاونوئیدها به علت نقش مهم‌شـان به عنوان فیتوالکسین شناخته شده‌اند. فیتوالکسین‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند با فعالیت ضد میکروبی قوی که در پاسخ به آلودگی باکتریایی یا قارچی خیلی سریع سـاخته و در اطراف منطقه‌ی آلوده در غلظتی که برای پاتوژن سمی است، تجمع پیدا می‌کنند.

تولید فیتوالکسین مکانیسمی دفاعی در مقابل پاتوژن‌های میکروبی در بسیاری از گیاهان است. گیاهان مختلف، ترکیبات ثانویه مختلفی را به عنوان فیتوالکسین تولید می‌کنند. به عنوان مثال، ایزوفلاونوئیدها، از فیتوالکسین‌های عمومی در خانواده‌ی بقولات اسـت در حالی‌که در گیاهان خانواده‌ی سـیب‌زمینی، ترپن‌هـای مختلف بـه عنوان فیتوالکسـین تولید می‌شـوند. تولید فیتوالکسـین‌ها به سرعت پس از آلوده شدن به وسیله‌ی میکروب‌ها صورت می‌گیرد و در گیاهان سالم به‌طور عمومی نمایان نیست.

ـ تانن‌ها: گروه دیگر از ترکیبات فنلی مهم در گیاه تانن‌ها هستند. تانن‌ها به‌طور عمومی سمومی هستند که وقتی به رژیم غذایی علف‌خواران اضافه شـوند، رشـد آن‌ها را به‌طور قابل توجهـی کاهش می‌دهند. گله‌های گاو و آهوان معمولاً به طور غریزی از خوردن گیاهان یا بخش‌هایی از گیاه که محتوی تانن زیاد هستند، خودداری می‌کنند. ایجاد پیوند بین تانن و پروتئین در دسـتگاه گوارش علف‌خواران تأثیرهایی منفی بر هضم غذا در جانور دارد. همچنین تانن‌ها می‌توانند آنزیم‌های گوارشـی جانـور را نیز غیرفعال کنند. تانن‌ها در برگ‌های بلوط و تنه‌ی کاج به مقدار فراوان یافت می‌شود. میوه‌های نارس مثل خرمالو نیز دارای مقادیر زیادی تانن در خود هستند که ممکن است در لایه‌های سلولی خارجی آن‌ها متمرکز شده باشند.

ترکیبات نیتروژن‌دار

ـ آلکالوئیدها: خانواده‌ای بزرگ متشکل از بیش از ۱۵۰۰۰ متابولیت ثانویه نیتروژن‌دار که در تقریباً ۲۰٪ از گونه‌های گیاهان آوندی یافت می‌شوند.

بیش‌تـر آلکالوئیدها به عنوان عامل دفاعی گیاهان در برابر علف‌خواران مخصوصاً پستانداران عمل می‌کنند. تقریباً همه‌ی آلکالوئیدها در مقادیر مناسب برای انسان نیز سمّی هستند، ولی در مقادیر کم اکثراً از نظر پزشـکی و دارویی به عنوان مسکن مفیدند (ترکیباتی مثل مورفین و کدئین).

مقدار آلکالوئیدها در گیاهان در پاسـخ به صدمه توسـط

علف‌خواران زیاد می‌شود. به عنوان مثال، نوعی تنباکوی وحشی (*Nicotiana attenuate*) که دارای مقادیر بالایی از آلکالوئید نیکوتین در برگ‌های خود است (بیش از ۱۲٪ وزن خشک برگ‌ها)، پس از حمله‌ی علف‌خواران، تحت تأثیر جاسمونیک اسید (هورمون استرس در گیاهان) در حد بسیار بالایی افزایش می‌یابد. نکته‌ی قابل توجه درباره‌ی این گیاه این است که زمانی که گیاه توسط کرم‌های مقاوم به نیکوتین مورد حمله قرار می‌گیرد، هیچ‌گونه افزایشی در میزان نیکوتین آن ایجاد نمی‌شود. در عوض ترپن‌های فراری را آزاد می‌کند که سبب جذب دشمنان این کرم‌ها می‌شود. به نظر می‌رسد که این تنباکوی وحشی باید روشی برای شناسایی نوع علف‌خواری که به آن صدمه وارد می‌کند، داشته باشد.

ـ گلیکوزیدهای سیانوژنیک: این ترکیبات خود سمّی نیستند، ولی به سهولت شکسته می‌شوند و ترکیبات فرّار سمی مثل سیانید هیدروژن (HCN) تولید می‌کنند. به‌طور طبیعی این ترکیبات در گیاهان سالم شکسته نمی‌شوند، زیرا گلیکوزید و آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن توسط بخش‌های سلولی مختلف یا بافت‌های مختلف جدا می‌شوند. به عنوان مثال در سورگوم (ذرت خوشه‌ای) سیانوژنیک گلیکوزیدها در واکوئل‌های سلول‌های اپیدرمی وجود دارند، در حالی‌که آنزیم‌های تجزیه کننده آن‌ها در مزوفیل قرار گرفته‌اند. سیانید هیدروژن گازی

بیش‌تر آلکالوئیدها به عنوان عامل دفاعی گیاهان در برابر علف‌خواران مخصوصاً پستانداران عمل می‌کنند. تقریباً همه‌ی آلکالوئیدها در مقادیر مناسب برای انسان نیز سمّی هستند

سمی و با سرعت بالای عملکردی است و بازدارنده‌ی عمل متالو پروتئین‌هایی مثل سیتوکروم اکسیداز است که آنزیمی کلیدی در تنفس میتوکندریایی به حساب می‌آید.

ـ گلیکوزینولات‌ها: گلیکوزینولات یا روغن خردل نیز شبیه به سیانوژنیک گلیکوزیدها شکسته می‌شود و ترکیبات دفاعی فرار تولید می‌کند. روغن خردل در تیره‌ی شب‌بو و خانواده‌های وابسته به آن یافت می‌شود و عامل ایجاد بو و طعم خاص در سبزیجاتی مثل کلم بروکلی و تربچه است.

ـ آمینواسیدهای غیرپروتئینی

بسیاری از گیاهان آمینواسیدهایی دارند که در پروتئین‌سازی دخالتی ندارند ولی به فرم آزاد حضور دارند و به عنوان ترکیبات حمایتی برای گیاه عمل می‌کنند. این آمینواسیدها به طور عمومی بسیار شبیه به آمینواسیدهای پروتئینی هستند. به عنوان مثال، کاناوانین[3] آنالوگ نزدیک آمینواسید آرژنین است که در باقلای هندی به مقدار زیاد در دانه‌ها تولید می‌شوند.

برخی از این آمینواسیدها تولید و یا ورود آمینواسیدهای پروتئینی را به داخل سلول مسدود می‌کنند. برخی دیگر مثل کاناوانین می‌توانند در مسیر سنتز پروتئین‌ها به طور اشتباه به جای آرژنین وارد شوند، که نتیجه‌ی معمولی آن تولید پروتئین‌هایی بدون عملکرد صحیح به علت تغییر در ساختار سوم پروتئین یا تخریب جایگاه کاتالیتیک آن است.

ـ پروتئین‌هایی که مانع از عمل هضم در علف‌خواران می‌شوند.

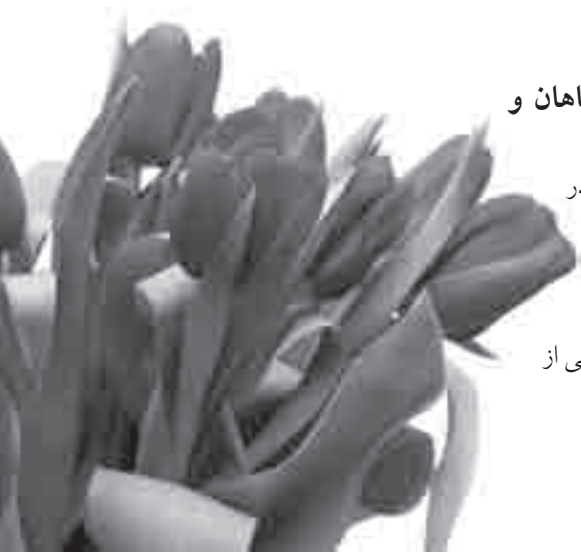
شناخته شده‌ترین ترکیبات پروتئینی ضد گوارشی در گیاهان بازدارنده‌های پروتئازی هستند که عمل آنزیم‌های پروتئولیتیک علف‌خواران را مسدود می‌کنند.

برخی از گیاهان پروتئینی به نام لکتین[4] تولید می‌کنند که با کربوهیدرات‌ها یا پروتئین‌های حاوی کربوهیدرات اتصال برقرار می‌کنند. پس از خوردن این گیاهان لکتین با سلول‌های پوشاننده در لوله‌ی گوارش علف‌خواران اتصال پیدا می‌کنند و بدین وسیله در جذب مواد غذایی اختلال ایجاد می‌کنند.

در برخی از گیاهان تیره‌ی بقولات نیز پروتئین‌های بازدارنده‌ی α- آمیلاز تولید می‌شود که عمل این آنزیم در هضم نشاسته را مسدود می‌کند.

پاسخ‌های فوق حساسیتی

پس از آلوده شدن گیاه به وسیله پاتوژن، گیاه طیف وسیعی از مکانیسم‌های دفاعی را در مقابل میکروب‌ها ایجاد می‌کند. یک مکانیسم دفاعی عمومی، واکنش فوق حساسیتی[5] است که در آن سلول‌های اطراف منطقه‌ی آلوده به سرعت می‌میرند. به این ترتیب پاتوژن از کسب ترکیبات غذایی محروم و همچنین از انتشار آن به دیگر نقاط گیاه جلوگیری می‌شود. پس از یک واکنش فوق حساسیتی موفق، فقط یک منطقه‌ی کوچک از بافت گیاه در منطقه مورد تهاجم می‌میرد و بقیه گیاه سالم باقی می‌ماند.



ارتباط بین گیاهان و محافظان

ترکیبات فرار در گیاهان نقش بسیار مهمی را در ارتباط بین گیاهان با هم و بین گیاهان و برخی از

حشـرات دارند. تحقیقات نشان داده اسـت که در ذرت، پنبه و برخـی دیگـر از گونه‌ها به محض جویده شـدن برگ گیاه توسط حشـرات، ترکیبات فرار ویژه‌ای تولید و در فضا منتشر می‌شود. این ترکیبات دشمنان طبیعی و شکارچیان این حشرات را به سـمت خود جذب می‌کنند. همچنین ریشه‌های ذرتی که توسط لاروهای سوسک آسیب می‌بینند، ترکیبات فراری را آزاد می‌کنند که نماتودهای انتمـو پاتوژنیک[6] را جذب می‌کند و با کشتن لاروها مانع از آسیب بیش‌تر گیاه می‌شوند.

بسیاری از گیاهان آمینواسـیدهایی دارند که در پروتئین‌سـازی دخالتی ندارند ولـی به فرم آزاد حضور دارند و به عنوان ترکیبات حمایتی برای گیاه عمل می‌کنند

ترکیبات فرّاری که به وسیله‌ی گیاهان پس از حمله حشرات تولید می‌شـوند، ویژه و اختصاصی هستند و هم‌چنین با ایجاد صدمات مصنوعی به برگ‌ها تولید نمی‌شوند.

برخـی از گیاهان دانـه‌دار با تولید نکتار گـروه خاصی از مورچه‌ها را برای دفاع از خود جذب می‌کنند. به عنوان مثال، در گونه‌های آکاسیا، مورچه‌های مقیم روی این گیاه بسیار مهاجم هسـتند و از درخت در مقابل علف‌خواران مهره‌دار و بی‌مهره دفاع می‌کنند. برخی از این گونه‌های گیاهی بسیاری از راه‌های دفاع شـیمیایی خود را از دست داده‌اند و کاملاً متکی به وجود مورچه‌ها هسـتند به طوری که با دور نگه داشـتن مورچه‌ها، درخت خیلی زود به علت حمله‌ی علف‌خواران از بین می‌رود. نکته‌ی جالب توجه این اسـت که در زمان گرده‌افشانی آکاسیا که گیاه نیاز به حشرات گرده‌افشان دارد، در اولین روز گل‌دهی، مورچه‌ها به سـرعت درخت را ترک می‌کنند و پس از فعالیت گرده‌افشانی باز می‌گردند.

پی‌نوشت

1. Pyrethroid
2. essential oil
3. Canavanine
4. Lectin
5. Hypersensitive Respond
6. Entemo Pathogenic Nametode

منابع

1. Hans Lambers, F. Stuart Chapin III, Thijs L. Pons. Plant Physiological Ecology. 2nd ed., 2008, Springer, New York, USA. 448-465.
2. Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. Plant Physiology, 3rd ed., 2002. 283-306.
3. Plant defense against herbivory, from Wikipedia, the free encyclopedia.

گیاهی به پیشباهای غیرریبوزومی

نظام جلیلیان

کلیدواژه‌ها: ریبوزوم، پپتید، پپتید سنتتاز.

مقدمه

ریبوزوم‌ها سـاختارهایی هسـتند که با اسـتفاده از اطلاعات موجود در مولکول mRNA و با کمک مولکول‌های tRNA و فاکتورهای پروتئینی مختلف، پپتیدها و پلی‌پپتیدها را سـنتز می‌کنند. اما واقعیت این اسـت که همه‌ی پپتیدها توسـط ریبوزوم‌ها ساخته نمی‌شود. انواعی از پپتیدها که تاکنون بالغ بر ۷۰۰ نوع از آن‌ها شناسایی شده‌اند و بزرگ‌ترین آن‌ها ۴۸ آمینواسید دارد، بدون دخالت ریبوزوم و یا مولکول‌های mRNA و tRNA سنتز می‌شوند. این پپتیدها که پپتیدهای غیرریبوزومی[1] نامیده می‌شوند، توسط بزرگ‌ترین آنزیم‌های شناخته شده در طبیعت، یعنی پپتیدسنتازهای غیرریبوزومی[2] ساخته می‌شوند. در این مقاله به‌طور مختصر و در حد آشنایی به اهمیت و چگونگی سنتز پپتیدهای غیرریبوزومی خواهیم پرداخت.