آللوپاتی و روش‌های مطالعه آن

مهدی غفاری ا
دانشجوی دکتری علوم علف‌های‌هرز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

آللوپاتی یا دگرآسیبی یک فرایند فیزیولوژیک با مفهوم و کاربرد اکولوژیک می‌باشد. دگرآسیبی نتیجه تولید مولکول‌های فعال بیولوژیکی توسط گیاهان در حال رشد یا بقایای آن‌ها می‌باشد که ممکن است پس از تغییر شکل و ورود به محیط بر رشد و نمو افراد همان گونه یا گونه‌های دیگر تأثیر مستقیم یا غیر مستقیم بگذارند. به‌منظور بررسی اثرات آللوپاتیک روش‌های متعددی ارائه شده است که در این مطالعه به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.
کلمات کلیدی: دگرآسیبی، عصاره گیاهی، فشار اسمزی، مواد آللوشیمیایی

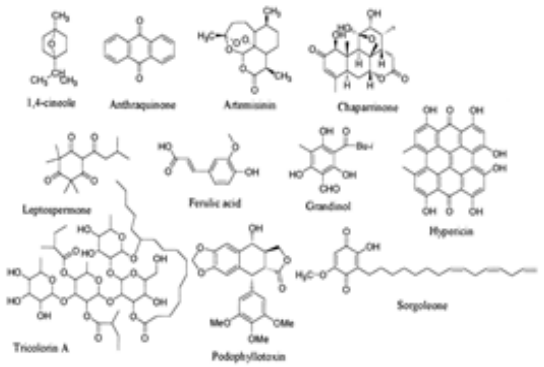
"مقدمه

فیلسوف یونانی به نام Democritus (۳۰۰ سال قبل از میلاد) در دست نوشته‌های خود، استفاده از فرآورده‌های گیاهی را که در طبیعت تولید می‌شوند، به‌عنوان یک روش عملی برای کنترل علف‌های هرز معرفی کرده است و اشاره نموده است که تیمار ریشه‌های درختان با مخلوطی از گل‌های باقلای مصری خیسانده شده در عصاره شوکران کبیر، سبب از بین رفتن آن‌ها می‌شود. اما اصطلاح آللوپاتی که یک واژه یونانی است، اولین بار توسط دانشمندی به نام مولیش در سال ۱۹۳۷ بکار برده شد. کلمه آللوپاتی از دو واژه «Allelon» به معنی «دیگری» و «Pathos» که به معنی «آسیب و ضرر» تشکیل شده است و ترجمه لغوی و لفظ به لفظ آللوپاتی «آسیب و زیان یکی علیه دیگری» می‌باشد. مولیش واژه آللوپاتی را برای اثرات متقابل شیمیایی موجودات زنده بکار برد و ترکیبات شیمیایی درگیر این فرایند را مواد آللوشیمیایی نامید. تعریف مولیش هم اثرات بازدارندگی و هم اثرات تحریک کنندگی مواد آللوشیمیایی بین گیاهان و میکروب‌ها را شامل می‌شود. آللوپاتی (دگرآسیبی) به اثرات مضر یک گیاه یا یک میکروارگانیسم بر گیاه یا میکروارگانیسم دیگر از طریق تولید ترکیبات شیمیایی مختلف و رهاسازی آن‌ها در محیط می‌گویند که مضر بودن مواد شیمیایی به نوع و غلظت آن‌ها در محیط و مدت زمانی که گیاه در معرض آن‌ها قرار می‌گیرد، بستگی دارد.

"گیاهان دگرآسیب و مواد مؤثره

گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز آللوپات متعلق به تیره‌های گیاهی مختلف می‌باشند، اما از این بین خانواده‌های *Liliaceae*، *Cruciferae*، *Compositae*، *Oleaceae*، *Rutaceae*، *Juglandaceae* و *Gramineae* در گیاهان زراعی، و خانواده‌های *Portulacaceae*، *Chenopodiaceae*، *Convolvulaceae*، *Amaranthaceae* و *Gramineae* در علف‌های‌هرز بیشترین تعداد گیاهان دگرآسیب را به خود اختصاص داده‌اند و در مطالعات مربوط به بررسی اثرات بازدارندگی گیاهان آللوپاتیک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان هدف، مورد توجه بوده‌اند. همچنین لازم به ذکر است که گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز خانواده *Gramineae* بیشترین سهم را در مقالات مربوط به آللوپاتی به خود اختصاص دادند.

در جدول ۱ برخی ترکیبات آللوپاتیک مهم طبیعی و محل هدف آن‌ها آورده شده است. از بین این ترکیبات، ۶ ترکیب ۱،۴-cineole، Grandinol، Leptospermone، Podophyllotoxin، Sorgoleone و Tricolorin A ترکیبات دگرآسیب گیاهی هستند که برخی از آن‌ها دارای محل‌های هدف مشترک با علف‌کش‌های سنتتیک می‌باشند (مولکول‌های هدف مشترک بین ترکیبات دگرآسیب و علف‌کش‌ها در جدول ۱ به صورت ایتالیک مشخص شده است). ساختار شیمیایی برخی ترکیبات دگرآسیب گیاهی در شکل ۱ آورده شده است.

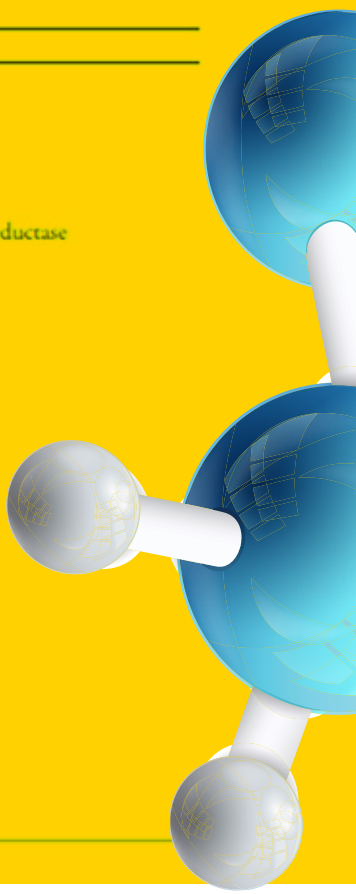


شکل ۱- ساختار شیمیایی برخی ترکیبات دگرآسیب تولید شده توسط گیاهان

جدول ۱- محل هدف برخی ترکیبات طبیعی با قابلیت سمیت بالا

Compound	Molecular target site[a]
AAL-toxin (a toxin from *Alternaria alternata*)	Ceramide synthase
Actinonin	Peptide deformylase
Brefeldin	Golgi apparatus function
Carbocyclic coformycin	Adenosine monophosphate deaminase
Cerulenin	3-ketoacyl-acyl-carrier protein synthase
Cochlioquinones	Mitochondrial reduced nicotinamide adenine dinucleotide reductase
Coronatine	Jasmonic acid antagonist
1,4-cineole	Asparagine synthetase
Fisherellin	*D-1 protein of photosystem II*
Fumonisin	Ceramide synthase
Fusicoccin	Plasma membrane adenosine triphosphatase (ATPase)
Gabaculin	Many transaminases
Gostatin	Aspartate amino transferase
Grandinol	*D-1 protein of photosystem II*
Hydantocidin	Adenylosuccinate synthase
Leptospermone	*4-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase*
Phaseolotoxin	Ornithine carbamoyltransferase
Phosphinothricin	Glutamine synthetase
Podophyllotoxin	*Tubulin*
Prehelminthosporol	Plasma membrane ATPase
Pyridazocidin	*Energy diversion from photosystem I*
Quassinoids	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate oxidase?
Rhizobitoxin	β-Cystathionase
Tagetitoxin	RNA polymerase
Sorgoleone	*D-1 protein of photosystem II*
Syringotoxin	Plasma membrane ATPase
Tentoxin	CF_1 ATPase of the chloroplast
Tricolorin A	Plasma membrane ATPase
Thiolactomycin	Acetyl-CoA transacylase
Usnic acid	*4-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase*

[a] Molecular target sites in italics are shared by synthetic herbicides.



"عوامل مؤثر بر غلظت مواد آللوپاتیک در گیاهان

عوامل متعددی همچون گونه گیاهی، سن گیاه، اندام گیاه، رقم و عوامل محیطی بر روی میزان مواد آللوپاتیک که جزء متابولیت‌های ثانویه در گیاه هستند، تأثیرگذار می‌باشند که در ادامه به اختصار در مورد هریک از آن‌ها توضیحاتی ارائه می‌شود:

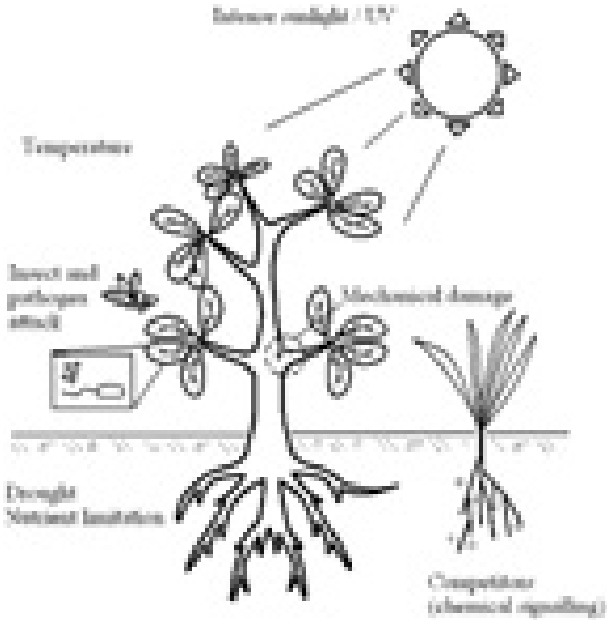
گونه گیاهی: ترکیبات دگرآسیب تولید شده توسط گونه‌های مختلف از لحاظ نوع، میزان، نحوه رها شدن از گیاه و اثرگذاری بر گونه‌های هدف متفاوت می‌باشند.

سن گیاه: میزان ترکیبات دگرآسیب در طول دوره رشد یک گیاه (مرحله گیاهچه‌ای، پیش از گل‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی) متفاوت می‌باشد. بسته به نوع مطالعه (مزرعه‌ای، گلخانه‌ای، آزمایشگاهی) و نوع بررسی اثرات آللوپاتیک (بررسی بقایای مخلوط شده با خاک، عصاره گیاهی و ...) نمونه‌برداری از اندام گیاهی و اعمال تکنیک‌های مزرعه‌ای در مراحل مختلف رشد گیاهان آللوپات انجام می‌گردد.

اندام گیاه: اندام‌های مختلف گیاه شامل؛ ریشه، ساقه، برگ، گل، میوه و دانه از لحاظ میزان مواد آللوپاتیک می‌توانند با یکدیگر متفاوت باشند. که اغلب در مطالعات آزمایشگاهی می‌توان اثر عصاره آبی اندام‌های مختلف گیاه دگرآسیب را بر روی گونه‌های هدف مورد بررسی قرار داد. در مطالعات مزرعه‌ای، اغلب کل اندام گیاهی در یک مرحله مشخص از رشد و یا مراحل مختلف، با خاک مخلوط شده و یا به‌عنوان مالچ گیاهی در سطح خاک قرار می‌گیرند.

رقم: ارقام مختلف گیاهان زراعی و یا ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه علف‌هرز می‌توانند اثرات آللوپاتیک متفاوتی را بر روی گونه‌های هدف داشته باشند. در این مورد، اثرات آللوپاتیک ارقام مختلف گیاهان زراعی همچون گندم در مقالات مختلف مورد بررسی قرار گرفته و به وجود اثرات آللوپاتیک متفاوت ارقام یک گونه اشاره شده است.

عوامل محیطی: عوامل محیطی به دو دسته عوامل زنده و غیر زنده تقسیم می‌شوند که نقش بسزایی را در میزان ترکیبات آللوپاتیک تولید شده توسط گیاهان ایفا



شکل ۲- عوامل محیطی زنده و غیر زنده مؤثر بر تولید ترکیبات آللوپاتیک

می‌کنند. از جمله این عوامل می‌توان به شدت نور (به ویژه نور UV)، دما، محدودیت منابع آبی و غذایی، خسارت مکانیکی، آفات و بیماری‌ها، و رقابت اشاره کرد (شکل ۲). به طور کلی می‌توان گفت، هر عاملی که سبب نامساعد شدن شرایط رشدی گیاه گردد، می‌تواند به افزایش غلظت متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه افزایش ترکیبات دگرآسیب منجر شود.

"روش‌های رها شدن مواد آللوپاتیک

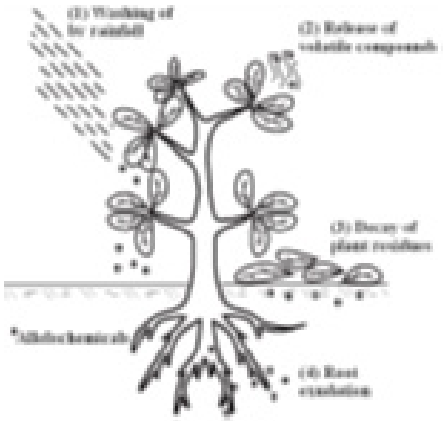
ترکیبات آللوپاتیک به صور مختلف از گیاهان تولید کننده رها می‌شوند (شکل ۳). در ذیل به انواع روش‌های رها شدن ترکیبات دگرآسیب در محیط اشاره شده است.

– شسته شدن با آب از سطح برگ و ساقه: در برخی از گیاهان دگرآسیب، ترکیبات آللوپاتیک به سطح برگ منتقل شده و در نتیجه بارندگی، شبنم و یا مه از سطح برگ شسته شده و بر روی گیاه هدف یا خاک ریخته و اثر خود را بر گیاه گیرنده می‌گذارد. مثال بارز رها شدن ترکیبات دگرآسیب به این روش، گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) می‌باشد.

– تولید مواد فرار در گیاهان زنده: برخی از گیاهان این قابلیت را دارند که ترکیبات دگرآسیب را به صورت بخار و گاز از روزنه‌های خود رها کرده و گیاهان اطراف خود را تحت تأثیر این ترکیبات سمی قرار دهند. مثال بارز رها شدن ترکیبات دگرآسیب به این روش، مریم‌گلی (*Salvia reflexa*) می‌باشد.

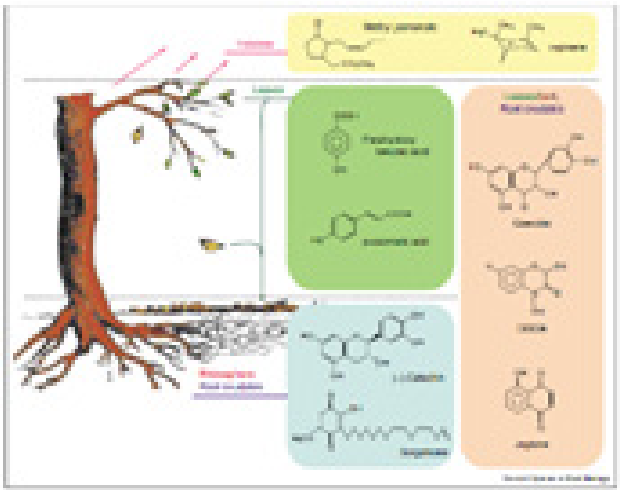
– بقایای گیاهان مرده: در بسیاری از موارد، ترکیبات آللوپاتیک در نتیجه تجزیه بقایای گیاهی آزاد می‌شود. در این مورد می‌توان به بقایای گیاهان زراعی مخلوط شده با خاک و یا کودهای سبز افزوده شده به خاک اشاره کرد. همچنین ترکیبات آللوپاتیک موجود در برخی از علف‌های‌هرز پس از تجزیه آزاد می‌شود که در این مورد می‌توان به دم‌روباهی (*Alopecurus myosuroides*) اشاره نمود.

– تراوش از ریشه‌ها: در برخی از گونه‌های دگرآسیب، ترکیبات آللوپاتیک از طریق تراوشات ریشه‌ای به محیط وارد شده و گونه‌های هدف را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله گیاهانی که بدین صورت مواد آللوپاتیک را در



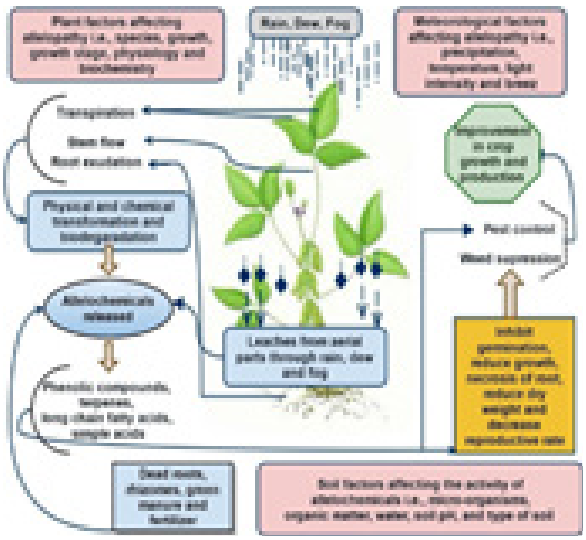
شکل ۳- راه‌های ممکن برای رهاسازی ترکیبات آللوپاتیک در محیط

محیط رها می‌کنند، می‌توان به سورگوم (*Sorghum halepense*) و مرغ (*Cynodon dactylon*) اشاره کرد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، ترکیبات آللوپاتیک می‌توانند از اندام‌های مختلف گیاه منشأ گرفته و به اشکال مختلفی به محیط وارد شوند. به طور مثال، Methyl jasmonate و α-pinene (منشأ برگی) به صورت ترکیبات فرار، Parahydroxy benzoic acid و p-coomeric acid (منشأ برگی) به صورت آبشویی و تجزیه بقایای گیاهی، Catechin-(-) و Sorgoleone (منشأ ریشه‌ای) به صورت تراوشات ریشه به محیط وارد می‌شوند. برخی از ترکیبات دگرآسیب همچون DIBOA، Qvercitin و Juglone از اندام‌های مختلف گیاه (برگ، پوست ریشه) منشأ گرفته و در نتیجه به طرق مختلفی نیز در محیط رها می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴- ساختار شیمیایی، منشأ و نحوه رها شدن برخی از ترکیبات دگرآسیب در محیط

به طور کلی فرایند آللوپاتی تحت تأثیر عوامل گیاهی (گونه، مرحله رشدی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و شیمیایی)، اقلیمی (دما، میزان بارش، شدت نور و باد) و خاکی (فعالیت میکروارگانیسم‌ها، ماده آلی، رطوبت، pH خاک و نوع خاک) قرار دارد و اثرات آللوپاتیک یک گونه تحت

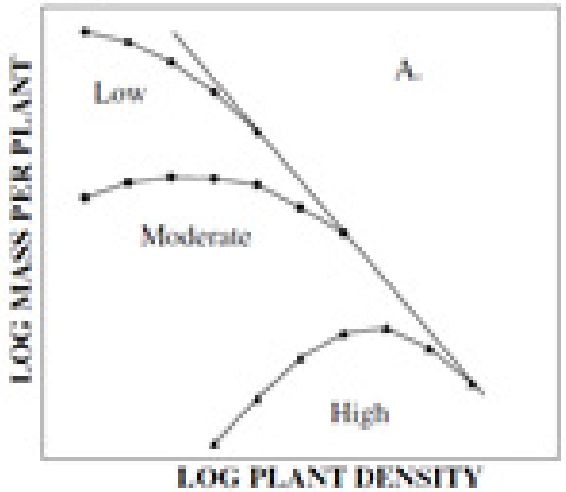


شکل ۵- فرایندهای آللوپاتی و فاکتورهای مؤثر بر خاصیت آللوپاتیک

تأثیر این عوامل دست‌خوش تغییر شده و می‌تواند سبب بروز نتایج متفاوتی از لحاظ بازدارندگی جوانه‌زنی، کاهش رشد، نکروزه شدن ریشه، کاهش وزن خشک و تولید مثل گونه‌های هدف شوند. به هر حال، اگر کاربرد گیاهان آللوپاتیک آگاهانه و بجا باشد، و شرایط برای بروز و اثرگذاری ترکیبات دگرآسیب مهیا باشد، این خاصیت می‌تواند به مدیریت آفات و علف‌های‌هرز در اکوسیستم‌های کشاورزی و به ویژه اراضی زراعی کمک نماید و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی گردد (شکل ۵).

"مقایسه آللوپاتی و رقابت

هر چند که گیاهان از آللوپاتی به‌عنوان ابزاری برای رقابت استفاده می‌کنند، اما آللوپاتی و رقابت ماهیتاً با هم متفاوت هستند. در آللوپاتی موادی به محیط افزوده می‌شود، این در حالی است که در رقابت عوامل و منابعی از محیط حذف می‌شوند و این عمده تفاوت بین آللوپاتی و رقابت می‌باشد. همچنین در رقابت، با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، میزان تولید هر بوته کاهش می‌یابد این در حالی است که در آللوپاتی، با افزایش تراکم بوته بسته به غلظت ترکیب آللوپاتیک در محیط، واکنش تک بوته متفاوت می‌باشد. در شرایطی که غلظت مواد دگرآسیب در محیط زیاد باشد، با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، تولید تک بوته به واسطه کاهش سهم ترکیب آللوپاتیک برای هر بوته در ابتدا افزایش می‌یابد. چرا که دز ترکیب دگرآسیب کمتر از آن است که بتواند بوته گیاه هدف را تحت تأثیر قرار داده و تولید آن را کاهش دهد. اما با افزایش تراکم از یک حدی، تولید در غلظت بالای ترکیب دگرآسیب نیز کاهش یافته است، و این افت تولید تک بوته به دلیل تراکم بالا و قالب شدن اثر رقابت می‌باشد. با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که در غلظت متوسط ترکیب دگرآسیب این حالت ضعیف بوده و در غلظت کم ترکیب دگرآسیب عملاً افزایش تراکم بر میزان تولید تک بوته اثرگذار بوده است.



شکل ۶- اثر غلظت سمیت در محیط بر رابطه تراکم-عملکرد

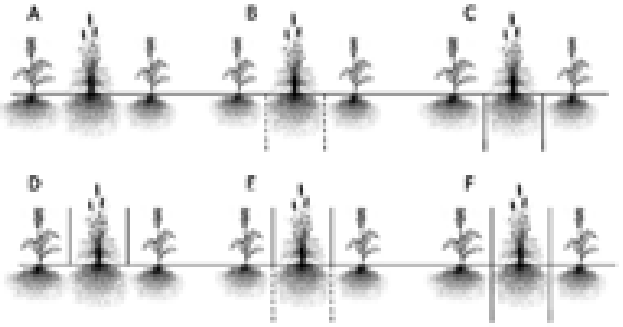
تفکیک اثرات آللوپاتی و رقابت در مطالعات مزرعه‌ای امری دشوار است. محققین مشکلات تمایز بین آللوپاتی از انواع دیگر تداخل بویژه رقابت را در مطالعات مزرعه‌ای به شرح ذیل بیان کردند:

- فقدان اصطلاحاتی که بتواند واکنش‌های گیاهی را که از طریق آللوپاتی بوجود می‌آید، توضیح دهد.

- نبود روش‌هایی که بتواند اثرات متقابل آللوپاتیک را از رقابت جدا نماید.

- عدم موفقیت در اثبات وجود اثرات مستقیم در مقابل اثرات غیر مستقیمی که بوسیله موجودات زنده دیگر، از طریق تغییر محیط‌های اطراف گیاه بوجود می‌آید.

این در حالی است که به‌منظور تفکیک اثرات آللوپاتی از رقابت، روش‌هایی در مطالعات گلخانه‌ای و آزمایشگاهی پیشنهاد شده است که در ادامه به نمونه‌ای از این مطالعات اشاره می‌شود. با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌شود، به‌منظور تفکیک اثر آللوپاتی و رقابت در حضور یک گونه تک‌لپه به‌عنوان گیاه دگرآسیب (دهنده) و یک گونه دولپه به‌عنوان گیاه هدف (گیرنده) ۶ حالت مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت (A)، دو گونه بر سر همه منابع با یکدیگر رقابت داشته و آللوپاتی هم می‌توانند رخ دهد، در حالت (B)، رقابت بر سر نور وجود داشت، اما با قرار دادن لایه‌هایی نیمه تروا بین ریشه‌های گیاهان مانع از رقابت ریشه‌ها با یکدیگر شدند، اما ترکیبات آللوپاتیک به طور آزادانه می‌توانستند از لایه نیمه تراوا عبور کنند، لذا شرایط برای وقع آللوپاتی مهیا بود، در حالت (C)، رقابت بر سر نور وجود داشت، اما با قرار دادن لایه‌هایی غیر تروا بین ریشه‌های گیاهان ضمن ممانعت از رقابت ریشه‌ها با یکدیگر، از وقوع آللوپاتی نیز ممانعت گردید، حالت (D)، اندام هوایی گونه‌ها با استفاده از لایه‌هایی غیر شفاف از یکدیگر جدا شدند (رقابت برای نور وجود نداشت)، اما شرایط برای وقوع رقابت بین ریشه‌ها و آللوپاتی مهیا بود، حالت (E)، اندام هوایی گونه‌ها با استفاده از لایه‌هایی غیر شفاف از یکدیگر جدا شدند (رقابت برای نور وجود نداشت)، با قرار دادن لایه‌هایی نیمه تروا بین ریشه‌های گیاهان مانع از رقابت ریشه‌ها با یکدیگر شدند، اما ترکیبات آللوپاتیک به طور آزادانه می‌توانستند از لایه نیمه تراوا عبور کنند، لذا شرایط برای وقع آللوپاتی مهیا بود، و حالت (F)، اندام هوایی گونه‌ها با استفاده از لایه‌هایی غیر شفاف از یکدیگر جدا شدند (رقابت برای نور وجود نداشت)، با قرار دادن لایه‌هایی



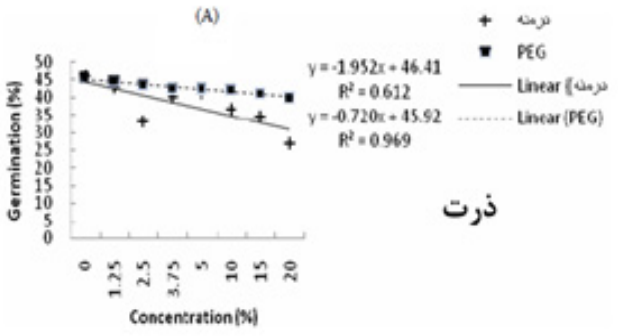
شکل ۷- اعمال حالت‌های مختلف، به‌منظور تفکیک اثرات آللوپاتی از رقابت در مطالعات گلخانه‌ای

غیر تروا بین ریشه‌های گیاهان ضمن ممانعت از رقابت ریشه‌ها با یکدیگر، از وقوع آللوپاتی نیز ممانعت گردید (عدم رقابت و عدم مهیا بودن شرایط برای وقوع آللوپاتی).

"تفکیک اثر فشار اسمزی از اثر آللوپاتی عصاره گیاهی

یکی از مواردی که عدم توجه به آن می‌تواند سبب بروز خطا در نتایج مطالعات آللوپاتی شود، فشار اسمزی عصاره گیاهی تهیه شده است. تغییرات فشار اسمزی عصاره گیاهی می‌تواند به دلیل اختلال در جذب آب توسط بذور گیاهی مورد مطالعه، خود منجر به ممانعت از جوانه‌زنی بذور گردد. در این شرایط، نتایج حاصل ناشی از اثرات آللوپاتیک عصاره گیاهی نبوده و یا تلفیقی از اثر فشار اسمزی و آللوپاتی بر روی جوانه‌زنی تأثیرگذار بوده است. برای تعیین استاندارد فشار اسمزی در مشخص نمودن تأثیر عصاره گیاهی روی جوانه‌زنی و رشد بذور مورد مطالعه و تفکیک آن از تأثیر آللوپاتیکی، آزمایش‌های پلی‌اتیلن‌گلایکول انجام می‌گیرد. برای این کار پتانسیل اسمزی عصاره‌ها در غلظت‌های مختلف با دستگاه اسمزسنج تعیین و سپس محلول‌های PEG با پتانسیل مشابه تهیه می‌شود. برای ارزیابی تأثیر عصاره گیاهی و پلی‌اتیلن گلایکول آزمایش‌ها بطور جداگانه در شرایط مشابه انجام می‌گیرد. در صورت مشابه بودن نتایج ارزیابی تأثیر عصاره گیاهی و پلی‌اتیلن گلایکول بر روی جوانه‌زنی بذور مورد مطالعه، فشار اسمزی محلول عامل مؤثر در بروز نتایج بوده است. برای درک بهتر این مطلب به شکل ۸ که اثر آللوپاتیک عصاره درمنه بر جوانه‌زنی بذور ذرت را نشان می‌دهد، توجه نمایید.

کاهش جوانه‌زنی بذور ذرت ضمن تغییر پتانسیل اسمزی، ناشی از اثرات بازدارندگی عصاره آللوپاتیک گیاه درمنه نیز می‌باشد. چرا که شیب کاهش درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر عصاره گیاه درمنه بیشتر از شیب کاهش ناشی از آزمایش PEG می‌باشد.



شکل ۸- اثر آللوپاتیک عصاره گیاه درمنه بر درصد جوانه‌زنی بذور ذرت

کاهش جوانه‌زنی بذور ذرت ضمن تغییر پتانسیل اسمزی، ناشی از اثرات بازدارندگی عصاره آللوپاتیک گیاه درمنه نیز می‌باشد. چرا که شیب کاهش درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر عصاره گیاه درمنه بیشتر از شیب کاهش ناشی از آزمایش PEG می‌باشد.

"تکنیک‌های مورد استفاده در مطالعات آللوپاتی

سن گیاه، گونه گیاهی، اندام گیاه، رقم و فاکتورهای مختلف محیطی هر یک می‌توانند میزان آزادسازی مواد آللوپاتیک را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش یا افزایش آن‌ها گردند. فرض کلی این است که عوامل متعددی می‌توانند روی فعالیت آللوپاتی اثر گذار باشد. انتخاب یک متدولوژی مناسب برای تشخیص گیاهان دگرآسیب و یا ترکیبات آللوپاتیک حائز اهمیت می‌باشد. در زیر برخی پروتوکول‌های مرسوم در مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای آورده شده است.

۱. استفاده از روش زیست‌سنجی پتری‌دیش (Bioassay using Petri dishes)

روش زیست‌سنجی یک تکنیک مرسوم و نسبتاً دقیق در مطالعات آللوپاتی می‌باشد. این روش شامل ارزیابی اثرات عصاره‌های گیاهی (عصاره آبی، هیدروالکلیک و حلال‌های مختلف)، روغن‌های ضروری فرار و ترکیبات شیمیایی تجاری روی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه هدف می‌باشد. عصاره‌ها معمولاً از برگ گیاه مورد نظر تهیه شده، اما ممکن است که در مطالعات عصاره اندام‌های مختلف گیاه (ساقه، ریشه، گل، میوه، بذر) به طور مجزا مورد بررسی قرار گیرد. در آزمایشات زیست‌سنجی اغلب در کف پتری‌دیش کاغذ صافی قرار داده و بذور گیاه هدف تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول مورد نظر قرار می‌گیرند. پتری‌ها ممکن است در داخل اتاقک رشد (BOD) و تحت شرایط تاریکی یا برنامه نوری (دوره نوردهی) که بر روی فتوبلاستی در آزمایشات بذر مؤثر است، قرار گیرند. یک تغییر جزئی که در این روش ایجاد شده، استفاده از آگار به جای کاغذ صافی در پتری‌ها می‌باشد که این امر تغییرات احتمالی غلظت محلول ناشی از تبخیر از کاغذ صافی را به حداقل می‌رساند. سرعت اولیه جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و اندام هوایی به‌عنوان متغیرهای مرسوم در مطالعات زیست‌سنجی پتری‌دیش اندازه‌گیری می‌شوند.

۲. آزمایشات رقابت (Competition tests)

رقابت بر سر منابع مشترک محیطی است، این در حالی است که در دگرآسیبی، ترکیبات شیمیایی با پتانسیل سمیت به محیط اضافه می‌شود. با این وجود در مطالعات مزرعه‌ای تفکیک اثرات آن‌ها تقریباً غیر ممکن است. با این حال از مطالعات رقابت به‌منظور بررسی اثرات آللوپاتیک استفاده می‌شود. چهار روش اصلی برای مطالعات رقابت شامل: روش افزایشی، جایگزینی، سیستماتیک و همجواری می‌باشند. از میان آن‌ها روش افزایشی (که در آن تراکم یک گونه گیاهی ثابت و تراکم دیگر متغیر است) می‌تواند به‌منظور تعیین گونه‌های آللوپاتیک استفاده گردد. و مبنای آن این است که واکنش گیاه هدف، به غلظت ماده آللوپاتیک قابل دسترس در محیط وابسته است. در این روش آزمایش، تعداد گونه‌های دهنده (آللوپات) ثابت حفظ شده و تعداد گیاه هدف کمتر می‌باشد. بنابراین یک تعداد مشخصی از گونه دهنده می‌تواند سبب آزادسازی مقدار مشخصی از مواد آللوپاتیک در محیط شده

و بی‌تردید تعداد کمتر گیاهان هدف سبب شده که مقدار بیشتری از مواد آللوپاتیک قابل دسترس برای هر بوته گیاه هدف فراهم گردد. همچنین اگر مشاهده شد که اثرات منفی ناشی از رقابت می‌باشد، استفاده از یک تراکم کمتر برای گونه‌های هدف بهتر می‌باشد و منجر به نتایج مناسب‌تری می‌شود. این کاهش تراکم بوته‌های هدف سبب شده تا در بالاتری از ترکیبات آللوپاتیک برای هر بوته مهیا شود. این آزمایش با استفاده از بقایا یا عصاره گیاهی با تراکم متغیر گونه هدف نیز قابل اجرا می‌باشد. این نوع آزمایش می‌تواند در قالب زیست‌سنجی، آزمایش گلخانه‌ای یا مزرعه‌ای اجرا شود.

۳. سمیت باقیمانده در خاک (Residual toxicity in the soil)

در این روش از خاک محل مورد نظر نمونه تهیه می‌شود. نمونه‌برداری از خاک، از ناحیه ریزوسفر گونه‌های آللوپاتیک گرفته شده و به‌منظور تهیه بستر جوانه‌زنی و رشد گونه‌های هدف استفاده می‌شود. نمونه خاکی نیز از نواحی مجاور (نقاط نمونه‌برداری) اما بدون گونه‌های آللوپاتیک، به‌عنوان تیمار شاهد گرفته می‌شود. همچنین عصاره آبی این خاک‌ها می‌تواند در روش زیست‌سنجی پتری‌دیش استفاده گردد.

۴. تکنیک دفع سمیت از بستر کشت (Detoxification of the substrate)

در این روش از کربن فعال استفاده می‌شود و کربن فعال این توانایی را دارد که دامنه وسیعی از ترکیبات آلی را وقتی با خاک مخلوط است، جذب نماید و می‌تواند به‌عنوان یک روش مفید برای ارزیابی فعالیت آللوپاتیک استفاده گردد. کربن فعال می‌تواند به طور غیر مستقیم فعالیت فیتوتوکسین به‌خصوص آن‌هایی که ساختار بزرگ دارند را کاهش دهد، که این احتمالاً ناشی از جذب و نگهداری آن توسط کربن فعال باشد.

از این‌رو، فرض بر این است که هر بستری می‌تواند سبب فعالیت آللوپاتیک شود، که این اثر در نتیجه حضور کربن فعال تقلیل یافته یا حذف شده است. کربن فعال می‌تواند به طور مستقیم روی سطح خاک، مخلوط در خاک، مخلوط با عصاره گیاهی و یا در محلول هیدروپونیک استفاده گردد. ارزیابی فعالیت آللوپاتیک از طریق مقایسه تیمارها با یک تیمار شاهد (بدون افزودن کربن فعال) انجام می‌شود، و انتظار داریم که رشد و توسعه گیاه در این تیمار در مقایسه با تیمار دارای کربن فعال کمتر باشد.

۵. آزمایشات هیدروپونیک (Hydroponic experiments)

روش هیدروپونیک به‌عنوان ابزاری قابل توجه در تحقیقات آللوپاتی استفاده می‌شود. روش هیدروپونیک به‌منظور دو هدف اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱) به‌عنوان واسطه‌ای برای نفوذ و انتقال ترکیبات آللوپاتیک (عصاره گیاهی یا ترکیبات شیمیایی تجاری) به گیاه هدف

۲) برای جمع‌آوری ترکیبات مترشحه از ریشه که می‌تواند بازیابی شود و برای زیست‌سنجی بعدی و یا شناسایی ترکیب شیمیایی بکار برده شود.

در مطالعه‌ای اثر ۳ غلظت ژوگلان (M ۶-۱۰, M ۵-۱۰ and M ۴-۱۰) بر روی گیاهچه‌های سویا و ذرت در محیط کشت هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. طی سه روز، ترکیب آللوپاتیک، بازدارندگی معنی‌داری روی مقدار رشد ریشه و اندام هوایی، فتوسنتز برگ، تعرق، هدایت روزنه‌ای، تنفس برگ و ریشه در مقایسه با تیمار شاهد (بدون افزودن ژوگلان) نشان داد.

۶. روش افزودن بقایای گیاهی (Amendment of plant residues)

تغییر بقایای گیاهی، شامل افزودن مقادیر مختلف بقایای گیاهی به بستر کشت به‌منظور آزمایش اثر آللوپاتی این بقایای مرده و آزادسازی ترکیبات آللوپاتیک روی گونه‌های هدف می‌باشد. با فرض اینکه افزودن بقایای گیاهی به بستر کشت، احتمالاً سبب افزایش فعالیت میکروبی و در نتیجه تقلیل مواد غذایی در بستر کشت شود، از این‌رو کوددهی یا استریلیزه کردن بستر کشت توصیه می‌شود. این تکنیک در آزمایشات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای به‌منظور نشان دادن اثرات آللوپاتیک، موفقیت نسبی دارد.

۷. روش جعبه گیاهی (Plant box method)

روش جعبه گیاهی مبتنی بر اصل پاسخ به دز بوده و به رابطه بازدارندگی رشد با غلظت تراوشات ریشه در محیط واسط بستگی دارد. آگار به‌عنوان واسط انتشار، امکان پراکنش ترکیبات آللوپاتیک مترشحه از ریشه گیاه دهنده (دگرآسیب) به بوته‌های هدف را فراهم می‌کند. در این روش، گیاه دهنده (دگرآسیب) در جعبه گیاهی حاوی محیط کشت آگار اتوکلاو شده و خنک شده (۴۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفته و بذور گیاهان هدف در نواحی اطراف گیاه دگرآسیب قرار گرفته و به‌منظور ممانعت از تبخیر، ظروف مهر و موم می‌شوند. یک جعبه گیاهی بدون گیاه دگرآسیب نیز به‌عنوان شاهد استفاده می‌شود. انتظار

شکل ۹- بررسی اثر دگرآسیبی Fescue بر روی گیاهچه‌های Lettuce در محیط کشت آگار در روش جعبه گیاهی

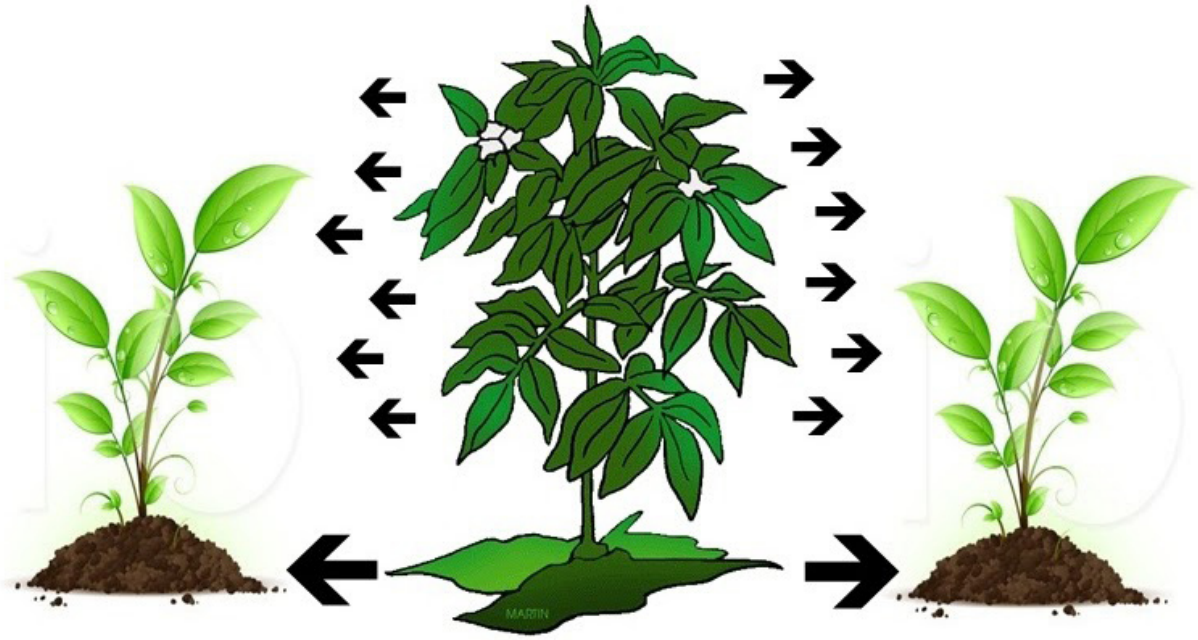
می‌رود که اثرات آللوپاتی به تدریج بر روی گیاهچه‌های گیاهان هدف مشاهده شود. بین اثرات آللوپاتی و فاصله بوته‌های هدف از گیاه دگرآسیب، هبستگی وجود دارد (شکل ۹). با توجه به شکل ۹ مشاهده می‌شود، هر چه فاصله گیاهچه‌های Lettuce از گیاهچه‌های Fescue افزایش یافته، رشد ریشه‌های Lettuce افزایش یافته است (اثر دگرآسیبی Fescue با افزایش فاصله کاهش یافته است).

۸. روش ساندویچ (The sandwich method)

روش ساندویچ شامل استفاده از ظرف‌های مخصوص (sixwell multidish) بوده که برگ‌های خشک گیاه دگرآسیب (دهنده) در کف آن‌ها قرار گرفته و آگار اتوکلاو شده و خنک شده (۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد) روی آن اضافه می‌شود. بعد از گرفتن آگار (ژله‌ای شدن)، همان مقدار از آگار مجدداً اضافه شده و یک واسط دو لایه شکل گرفته، بذور گیاه هدف به طور عمودی در محیط کشت قرار می‌گیرد. سپس ظروف مهر و موم شده و در اتاقک رشد (Biochemical Oxygen Demand chamber) قرار می‌گیرند. بستر آگار تنها (فاقد برگ خشک گیاه دگرآسیب)، به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

"نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی می‌توان گفت که آللوپاتی یک فرایند فیزیولوژیک با مفهوم و کاربرد اکولوژیک می‌باشد. آللوپاتی تحت تأثیر فاکتورهای متعدد اقلیمی، گیاهی، خاکی و ... قرار دارد. از این‌رو، به‌منظور بررسی اثرات دگرآسیبی در گیاهان بایستی موارد متعددی مد نظر قرار گیرد، و از تکنیک‌های مختلف و روش‌های متفاوت آزمایش (آزمایشگاهی، گلخانه‌ای و مزرعه‌ای) برای شناسایی ترکیبات آللوپاتیک و ارزیابی اثرات آن‌ها بر گونه‌های هدف، استفاده گردد.



"منابع مورد استفاده

• علی‌پور، ش. فیلی‌زاده، ی. منتظری، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر آللوپاتیک گیاه دارویی درمنه (Artemisia annua L.) روی علف‌های‌هرز ذرت. مجله پژوهش علف‌های‌هرز، جلد ۲، شماره ۱، صفحه ۸۳- ۶۹.

▪ Bandeira de Albuquerque, M. Cavalcanti dos Santos, R. Maria Lima, L. de Albuquerque Melo Filho, P. Jurema Mansur Custódio Nogueira, J. Augusto Gomes da C^amara, C. and de Rezende Ramos, A. 2010. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. Agron. Sustain, 395–31:379.

▪ Chon, S.U and Nelson, C.J. 2010. Allelopathy in Compositae plants. A review. Agron. Sustain, –349 :30 358.

▪ Duke, S. 2015. Proving Allelopathy in Crop –Weed Interactions. Weed Science, Special Issue:132–121.

▪ Duke, S. Dayan, F. Rimando, A. Schrader, K. Aliotta, G. Oliva, A. and Romagni, J. 2002. Chemicals from nature for weed management. Weed Science, 151–50:138.

▪ Noor Shah, A. Iqbal, J. Ullah, A. and Yang, G. 2016. Allelopathic potential of oil seed crops in production of crops: a review. Environ Sci Pollut Res, DOI 10.1007/ s6-6969-016-11356.