باکتری‌های اندوفیت و اثرات مفید آن ها در محصولات کشاورزی

مهدی رستمی و وحید خسروی
اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور - مازندران

مقدمه:

تئوری حضور و استقرار باکتری‌های غیر بیماری‌زا در بافت‌های گیاهی به سال ۱۹۲۶ و تئوری پروتی (Perotti۱۹۲۶) بر می‌گردد. تحقیق روی باکتری‌هایی که در بافت‌های داخلی گیاه مستقر بوده و علایمی‌از بیماری را نشان نمی‌دهند، به دهه ۱۸۷۰ و تحقیقات پاستور بر می‌گردد. بعد از سال ۱۹۴۰ تاکنون گزارشات زیادی در ارتباط با باکتری‌های اندوفیت بومی‌در بافت‌های مختلف گیاهی وجود دارد. در گذشته تصور می‌شد که باکتری‌های اندوفیت سبب بیماری زایی خفیفی در گیاهان می‌شوند. اما تحقیقات اخیر ثابت نمود که این دسته از باکتری‌ها قادرند رشد گیاه را بهبود بخشیده و سبب افزایش مقاومت علیه بیمارگرهای گیاهی شوند. کنترل بیولوژیکی پژمردگی فوزاریومی‌پنبه با استفاده از باکتری‌های اندوفیت که با تحریک سیستم مقاومت گیاه (Induced systemic resistance) باعث کنترل بیماری آنتراکنوز خیار می‌شود و کنترل قارچ Rhizoctonia solani و Sclerotium rolfsii با استفاده از گونه‌های اندوفیت جنس Bacillus نمونه‌ای از این مثال‌ها است. مواردی نیز مشاهده شد که تحمل پایین گیاهان عاری از باکتری‌های اندوفیت در مقابل استرس‌های محیطی تا حدودی مربوط به غیاب این میکروارگانیزم‌های مفید است(۷).

باکتری‌های اندوفیت در بیشتر گونه‌های گیاهی حضور دارند. آن‌ها بافت‌های گیاهی مانند بذر، غده، ریشه، ساقه، برگ و میوه را به دو صورت موضعی و سیستمیک کلونیزه می‌نمایند. در حدود ۵۴ جنس و ۱۲۹ گونه باکتریایی از بافت‌های داخلی گیاهان سالم جدا شدند که جنس‌های Pseudomonas ,Bacillus Entrobacter و Agrobacterium از شایع ترین ترین جنس‌ها هستند(۷).

از نظر تکاملی به نظر می‌رسد، باکتری‌های اندوفیت حد واسط باکتری‌های ساپروفیت و باکتری‌های بیمارگر گیاهی بوده و آن‌ها ساپروفیت‌هایی هستند که به سمت بیمارگری تکامل یافتند. و یا این‌که اندوفیت‌ها از بیمارگرهای گیاهی تکامل یافته تر بوده و توانسته اند خود را در پناهگاهی حفظ نمایند و بدون این‌که میزبان خود را از بین ببرند، از مواد موجود در گیاه برای رشد و تکثیر خود استفاده نمایند(۷).

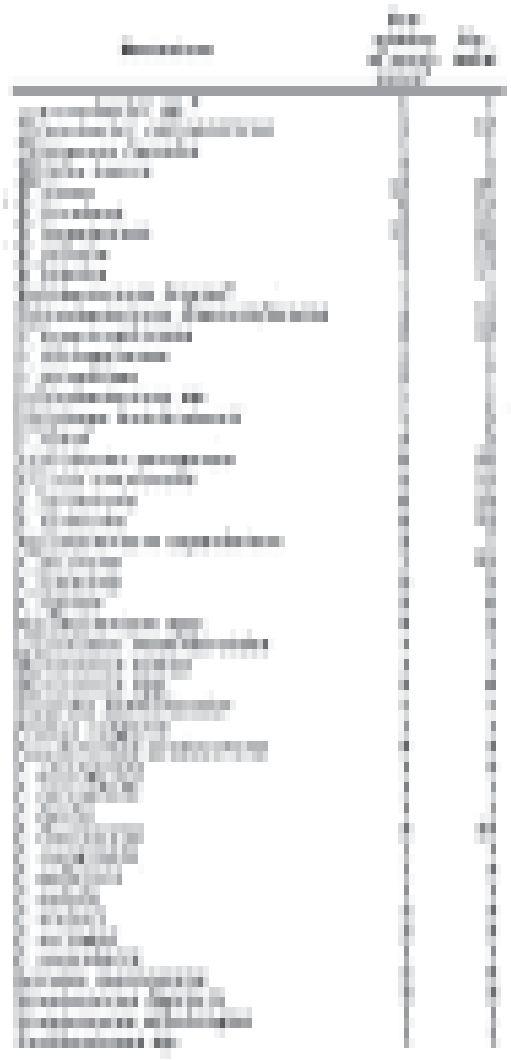
کادو (Kado ۱۹۹۲) عنوان می‌کند که اندوفیت‌های باکتریایی در

بافت‌های زنده گیاهی ساکن هستند، بدون آن‌که به گیاه صدمه ای بزنند. کوئیزپل (Quispel۱۹۹۲) عنوان می‌کند که اندوفیت‌ها قادرند همزیستی داخلی با گیاه برقرار نموده و برای گیاه یک محیط سودمند اکولوژیکی به واسطه حضور اندوفیت‌ها ایجاد می‌شود که به واسطه آن نسبت به تنش‌های محیطی متحمل شده و یا سبب بهبود و افزایش رشد گیاه می‌شود. ویلسون (Wilson ۱۹۹۵) نیز عنوان می‌کند که اندوفیت‌های باکتریایی، بافت‌های زنده گیاهی را مورد تهاجم قرار داده و علایمی‌از بیماری را در گیاه ایجاد نمی‌نمایند(۷).

اکولوژی باکتری‌های اندوفیت

اندوفیت بودن یک مزیت اکولوژیکی است که بعضی از باکتری‌ها قادرند بافت‌های درونی گیاه را کلونیزه نمایند. این در حالی است که تعدادی از

[illegible]



اهمیت بذر به عنوان منشاء باکتری‌های اندوفیت مورد بحث و اختلاف نظر می‌باشد. موندت و هینکل (Mundt and Hinkle ۱۹۷۶) از ۱۹ جنس و ۴۶ گونه گیاهی، ۱۱ جنس و ۱۵ گونه باکتریایی را از بذر جدا نمودند. از بین جنس‌های جدا شده، گونه‌های Erwinia herbicola cereus Bacillus, Bacillus megaterium, devoorance Flavibacterium, و Pseudomonas fluorescence بیشترین جمعیت را داشتند(۱۵)

در مطالعه موخوپدیای و همکاران روی برنج(Mukhopadhyay et al. ۱۹۹۶) باکتری‌های B. polymyxa, intermedius Enterobacter, Enterobacter cloacae در پوشش داخلی بذر وجود داشتند و باکتری‌های Yersinia enterocolitica Enterobacter agglomerances, Serratia polymuthica, Morganella morgani, از بذر پوست کنده شده جدا شدند که احتمالا اندوفیت‌های حقیقی می‌باشند. در بین این جنس‌ها E. agglomerances به نسل بعدی منتقل شد که در جنین بذر وجود داشت . گیاهچه‌های به‌دست آمده از بذرنسل دوم و جداسازی باکتری از گیاهچه‌های حاصله نشان داد که فقط E. agglomerance به نسل بعدی منتقل شده است(۱۴).

در مطالعات میکروسکوپ الکترونی بذر برنج مشاهده شد که جمعیت پایینی از باکتری‌های اندوفیت در محل‌های حفاظت شده ای در پوشش بذر، پوسته‌های بذری و بافت‌های جنینی حضور دارند. باکتری‌های اندوفیت این مکان‌ها را از میان شکاف‌های ریزی که در پوشش بذر وجود دارد کلونیزه می‌کنند. زمان جوانه زنی بذر، جمعیت پایینی از باکتری موجود در بذر به سرعت افزایش یافته و ابتدا اسکوتلوم را کلونیزه می‌کند. زمان جوانه زنی بذر، باکتری ریشه و کلئوپتیل را کلونیزه نموده و در استیل ریشه، بالاترین تمرکز را دارد. در تیمار بذری با باکتری اندوفیت، رادیکال‌های ریشه که تازه از پوشش بذری خارج شدند کلونیزه می‌شوند. کلونیزه شدن بافت توسط اندوفیت‌ها با مهاجرت باکتری‌ها از میان شکاف‌های تشکیل شده در اثر جوانه زنی بذر شروع شده و وارد آندوسپرم می‌شود و بدین صورت رادیکال و کلئوپتیل و سرانجام باکتری در همه قسمت‌های گیاه فراگیر می‌شود (۱۴).

ریزوسفر خاک، منبع و مآخذ اولیه باکتری‌های اندوفیت است. به عبارتی

شکل ریشه ویتو که بذر آن با باکتری Enterobacter asaharae مایه زنی شده است. مقدمات باکتری در قسمت های بالای ریشه مشاهده می شود(گلباس، از منبع شماره ۶)

شکل: تعداد زیادی از سلولهای باکتری Enterobacter asaharae که در فضای بین سلولی پوست داخلی ریشه قرار گرفتند.

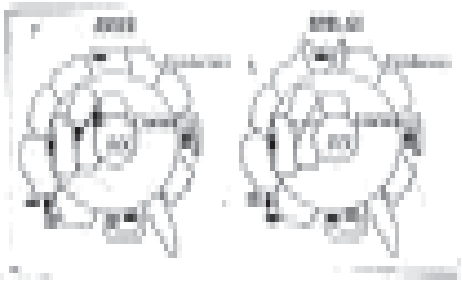
باکتری‌ها قادرند گیاه را فقط به صورت رورستی (Epiphyte) کلونیزه نمایند. بافت داخلی گیاه محیط حفاظت شده و یک‌نواختی را برای میکروارگانیزم‌ها فراهم می‌کند. عواملی مانند درجه حرارت، اشعه ماوراء بنفش و رقابت میکروبی از جمله عواملی هستند که بقاء طولانی مدت باکتری‌ها را محدود می‌سازند. استقرار و بقاء یک جمعیت باکتریایی درون بافت گیاه، تحت تاثیر عواملی قرار می‌گیرد که سلامتی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند(۷).

منشاء باکتری‌های اندوفیت

دو تا از بیشترین سوالاتی که در ارتباط با باکتری‌های اندوفیت مطرح می‌شود این است که منشاء باکتری‌های اندوفیت از کجاست. و این‌که این‌ها در طبیعت چگونه وارد بافت گیاه می‌شوند.

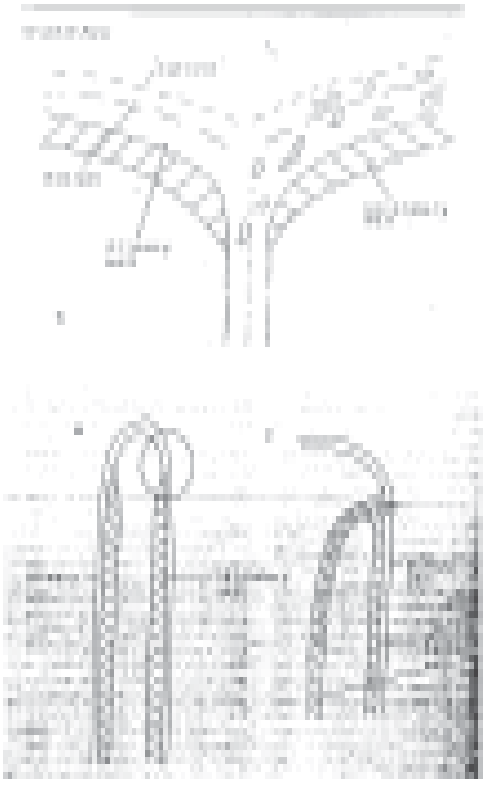
جمعیت باکتری‌های رو رست (Epiphyte) که در برگ سپهر (Phyllospher) و فرا ریشه (Rhizospher) و همچنین بذر، ساقه و غده وجود دارند، به عنوان منبع با کتری‌های اندوفیت بیان شدند. در محیط اطراف گیاه(Phylloplane)، تبادل جمعیتی بین جمعیت‌های باکتریایی خارج و داخل گیاه از طریق روزنه‌ها صورت می‌گیرد. به عبارتی بین جمعیت‌های باکتریایی که در سطح برگ وجود دارند با جمعیتی که در اتاق زیر روزنه‌ای ، فضاهای بین سلولی برگ یا بافت‌های آوندی وجود دارد ، تبادل جمعیتی فعالی وجود دارد که از طریق روزنه‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین باکتری‌هایی وجود دارند که قادرند به هر دو صورت رورستی و درون رستی (Endophyte) گیاه را کلونیزه نمایند(۷).

شکل ۱- ارزیابی دقاق های کلونیزه درون باکتری Pectobacterium fluorescens ANB-47 در مقابل مراحل رشد های ریشه در هفته دوم از مایه زنی بذر در مقایسه با P/X Xanthomonas axonopodis Jaro۱ لوله پوپی لوید ایلیاس باکلیایی از منبع شماره ۲۰

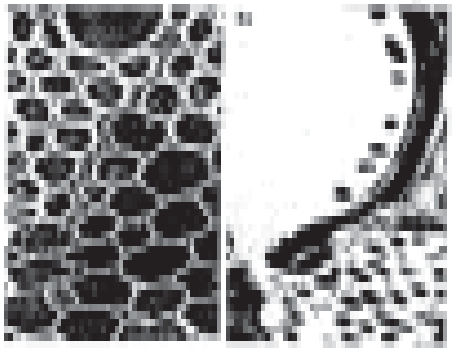


شکل ۲- مقایسه ورود باکتری ها به درون مقوی های ریشه (۱) و ریشه باکتری Rhizobium sp. بین سلول های پارانشیمی و قبل سلولهای دارای مقایسه و باکتری ها در فاصله بین دیواره و درون دیواره Kaller gram (۲) لوله پوپی از منبع شماره ۲۳ و ۶

(۱)



(۲)



[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	
[illegible]	+	+
[illegible]	+	+
[illegible]	+	+
[illegible]	+	+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]		+
[illegible]	+	+
[illegible]	+	+
[illegible]		+
[illegible]	+	+
[illegible]	+	+

بیشتر باکتری‌های اندوفیت از فراریشه(ریزوسفر) منشا می‌گیرند. بنابراین تسلسلی از میکروارگانیزم‌های همراه با ریشه گیاه از فراریشه(ریزوسفر) به محیط اطراف ریشه(ریزوپلان) و از محیط اطراف ریشه به اپیدرم و پوست وجود دارد. این پیوستگی از آندودرم به آوندهای چوبی ریشه و از آوندهای چوبی ریشه به آوندهای چوبی ساقه نیز وجود دارد. بنابراین ترکیب جمعیتی اندوفیت‌ها بستگی به ترکیب جمعیتی باکتری‌های مستقر در ریزوسفر گیاه دارد. با این وجود، جمعیت اندوریزا کاملا متمایز از جمعیت ریزوسفر است. معمولا جمعیت بیشتری ازباکتری‌ها در ریزوسفر در مقایسه با اندوریزا وجود دارد(۲۴) .

استورز(Sturz ۱۹۹۵) باکتری‌های اندوفیت غده‌های بذری سیب‌زمینی سالم را شناسایی نمود و نشان داد، گونه‌هایی که غده‌های سالم را به صورت داخلی کلونیزه می‌نمایند، از فراریشه(ریزوسفر) گیاه منشا گرفتند. به عبارتی غالب‌ترین گونه‌های جدا شده از خاک اطراف ریشه همان گونه‌هایی بودند که از داخل غده‌ها جدا شدند. گونه‌های Pseudomonas فلورسنت و غیر فلورسنت، Bacillus ، Xanthomonas ، Agrobacterium ، Acinetobacter و Actinomyces از غده‌ها جدا شدند. نتیجه این‌که تعدادی ازباکتری‌های اندوفیت، ریزوسفر و بافت‌های درونی گیاه را تواما کلونیزه نموده و در واقع باکتری‌های اندوفیت قسمتی از جمعیت ریزوسفر محسوب می‌شوند(۱۹).

پاتری کوئین و همکاران (Patriquine et al. ۱۹۸۳) نشان دادند، گونه‌های Azospirillum spp موجود در ناحیه ریزوسفرگراس‌ها قادرند بافت‌های داخلی ریشه مانند آوندهای چوبی، فضای بین سلولی و پوست را کلونیزه نمایند(۱۶).

نحوه ورود باکتری‌های اندوفیت به درون بافت‌های گیاهی

نحوه ورود باکتری‌های اندوفیت به درون بذر از میان سیستم آوندی، لوله تندشی دانه گرده و شکاف‌های موجود در پوشش بذر، صورت می‌گیرد. در مواردی باکتری‌ها ممکن است از میان درز پشتی نیام به سوی بند ناف و پوشش بذر حرکت نموده و بذر را کلونیزه نمایند(۷).

باکتری‌هایی که قادرند در گیاه به صورت اندوفیت درآیند، ابتدا سطح ریشه را کلونیزه نموده و در نهایت بافت‌های درونی گیاه را کلونیزه می‌نمایند. به طوری‌که ابتدا به صورت پدیده جلب یا شیمی‌گرایی (Chemotaxis) و Electrotaxis به صورت تصادفی به میزبان نزدیک می‌شوند. در این ارتباط یو و همکاران (You et al. ۱۹۹۵) پروسه اتصال گونه faccalis Alcaligenes را به سلول‌های ریشه برنج مطالعه نمودند. این باکتری ریزوسفر را کلونیزه نموده و در نهایت تعدادی از سلول‌های آن قادر بودند وارد سلول‌های ریشه شوند. باکتری مذکور دارای تاژک‌های محیطی بوده و به سمت ترشحات ریشه (اسید آمینه، شکر و اسیدهای ارگانیک) حرکت می‌نماید. روند اتصال باکتری به سطح ریشه‌های برنج در سه مرحله صورت می‌گیرد.

۱ - Adsorbtion: اتصال سلول‌های باکتری به سطح سلول‌های ریشه را می‌گویند. سلول‌های باکتری ۳۰ دقیقه پس از مایه زنی، به ریشه متصل می‌شوند. در این حالت تعامل بین سلول ریشه و باکتری ضعیف است. پروتئین‌های سطحی موجود در دیواره سلولی باکتری در Adsorbtion نقش دارد.

۲-Anchoring: اتصال بسیار قوی سلول‌های باکتری به سطح سلول‌های ریشه را می‌گویند. سلول‌های باکتری ۹ تا ۱۶ساعت پس از مایه‌زنی ریشه، روی ریشه‌های برنج تثبیت می‌شوند. در این حالت تعامل بسیار قوی

آنزیمی‌صورت می‌گیرد. آنزیم‌هایی وجود دارند که سبب دژنره شدن پیوندهای پلی‌ساکاریدی دیواره سلولی می‌شوند. هیورک و همکاران (Hurek et al. ۱۹۹۴) نشان دادند، آنزیم سلولیتیک(Cellolitic) در باکتری Azoarcus sp سبب نفوذ فعال باکتری در سلول‌های ریشه گیاه می‌شود(۸). همچنین کوادت و همکاران(Quadt et al. ۱۹۹۷a)نشان دادند، آنزیم سلولاز در Enterobacter asburia و Pseudomonas fluorscens سبب تجزیه سلولز می‌شود(۱۹). در مطالعه دیگرتوسط بل و همکاران (Bell et al. ۱۹۹۵)، فراوانی آنزیم‌های هیدرولیتیک باکتری‌های ریزوسفر ریشه بیشتر از باکتری‌های ساکن در آوندهای چوبی (Xyllem limited bacteria) گزارش شد(۱). در این مطالعه مشاهده شد که اندوفیت‌ها جهت ورود به درون بافت گیاه این آنزیم را تولید می‌نمایند. باکتری‌های اندوفیت دارای مکانیزم‌های تنظیمی‌برای تولید آنزیم‌های دژنره کننده دیواره سلولی در زمان‌های خاصی می‌باشند. اضمحلال آنزیمی‌دیواره سلولی گیاه فقط در زمان کلونیزه شدن اپیدرم ریشه‌ها رخ می‌دهد. این در حالی است که بعد از کلونیزه نمودن فضای بین سلولی پوست ریشه، اضمحلال آنزیمی‌دیواره سلولی مشاهده نشده است. این اطلاعات نشان می‌دهد که این دسته از باکتری‌ها تولید سلولاز و پکتیناز را فقط برای نفوذ فعال به درون بافت گیاه تولید می‌کنند. به عبارتی تولید این آنزیم فقط در زمان شروع اولین مرحله تهاجم باکتری صورت گرفته و بعد از قرار گرفتن باکتری در درون بافت گیاه، متوقف می‌شود. به هر حال باکتری‌های اندوفیت مکانیزم‌های تنظیمی‌را برای تولید و زمان تولید این قبیل آنزیم‌ها را دارند. هنوز در مورد منشا تنظیم این آنزیم‌ها اطلاعاتی در دست نیست(۱).

حرکت باکتری‌های اندوفیت در بافت‌های گیاهی

باکتری‌های اندوفیت گیاهی به دو صورت گیاه را کلونیزه می‌کنند.

۱ - کلونیزه نمودن بافت که محدود به بافت گیاهی می‌شود.

۲ - کلونیزه نمودن سیستمیک و فرا گیر گیاه.

کلونیزه نمودن سیستمیک گیاه با عبور از میان آوندها و یا از مسیرهای درون سلولی، بین سلولی و آپوپلاستی صورت می‌گیرد. حرکت Pseudomonas aurofaciense از ریزوسفر ریشه به اندام‌های هوایی گیاه نشان داده شده است(۹). پس از مایه زنی بذر با باکتری مذکور ، باکتری از اندام‌های هوایی گیاه(ساقه، برگ و کوتیلودون) جداسازی شد. همچنین هنگامی‌که سوسپانسیون باکتری P . aureofaciens به صورت سطحی روی گیاه اسپری پاشی شد، باکتری به داخل برگ ذرت راه یافت. حرکت باکتری از درون برگ‌های آلوده به قطره‌های سترون آب که روی گیاه پاشیده شد، به اثبات رسید. حرکت درونی این باکتری از ریشه به اندام‌های هوایی نیز ثابت شده است. در حدود ۲۴ ساعت پس از مایه زنی ریشه با باکتری، باکتری مزبور در اندام‌های هوایی گیاه رد یابی شد و انتقال آوندی آن از ریشه به اندام‌های هوایی به اثبات رسید. انتقال باکتری از طریق تماس اندام‌های هوایی گیاه از گیاه مایه زنی شده به گیاه سترون در رطوبت نسبی ۱۰۰درصد به

بین باکتری و میزبان وجود دارد.

۳-Clonization: پراکنش، رشد و تکثیر باکتری‌های تثبیت شده (Anchored) در لایه موسیژل ریشه را می‌گویند. سلول‌های باکتری ۲۰ ساعت پس از مایه زنی به ریشه برنج چسبیدند و با تکان‌های شدید هم ازسطح ریشه جدا نشدند. مکان‌های موثر در اتصال باکتری به ریشه، محل‌های تخلیه پروتون درسطح ریشه است که در این مکان‌ها ردوکسی آنزیم و ATPase فعالیت می‌نمایند. شیب‌های بیولوژیکی و فیزیکی که نتیجه خروج فعال و غیر فعال مواد غذایی از ریشه است، از مکان‌های موثر در اتصال باکتری‌ها است(۲۹).

باکتری‌ها به دلیل نداشتن ساختمانی جهت نفوذ فعال به درون بافت‌های گیاهی، قادر نیستند از نیروهای فیزیکی و مکانیکی برای نفوذ به سلول‌های اپیدرمی‌سالم استفاده نمایند. ورود باکتری‌های اندوفیت به درون بافت‌های گیاهی از طریق روزنه، عدسک، زخم‌های حاصله از شکسته شدن تریکوم‌ها، خروج ریشه‌های جانبی، منطقه خروج رادیکال‌های ریشه صورت می‌گیرد. ورود باکتری‌های اندوفیت به درون گیاه بیشتر از میان زخم‌هایی است که به طور طبیعی در گیاه ایجاد شده است. برای نمونه زخم حاصل از رشد گیاه در محل تارهای کشنده و اتصالات اپیدرمی‌نمونه ای از راه‌های ورود باکتری‌های اندوفیت می‌باشد. باکتری‌های اندوفیت از راه بافت‌های مریستمی‌ریشه وارد گیاه می‌شوند. ریشه‌های ثانویه در محل انشعاب به طور وسیعی کلونیزه می‌شوند. در اثر انشعابات ایجاد شده در ریشه ناحیه اندودرمیس پوست شکاف یافته که منجر به کلونیزه نمودن باکتری در منطقه مذکور می‌گردد. در نهایت باکتری در عرض آندودرم گسترش یافته و به بافت‌های آوندی نفوذ می‌کند(شکل ۱ و ۲). پیچ خوردگی‌های دیواره سلولی، تارهای کشنده ریشه، محل اتصال بین تارهای کشنده ریشه و سلول‌های اپیدرمی‌از محل‌های ورود باکتری‌های اندوفیت به درون بافت‌های گیاهی است (۷ و ۲۳). شکل : ۱ و۲ و۳و۴

زخم‌های گیاهی توسط بعضی از میکروارگانیزم‌ها و عوامل زنده خاک مانند قارچ‌ها، نماتدهای پارازیت گیاهی، حشرات و عواملی مانند پنجه زنی، نوسانات شدید حرارتی ایجاد می‌شود. زخم ایجاد شده ضمن این‌که راه را برای نفوذ باکتری‌های اندوفیت باز می‌نماید، سبب تراوش ترشحات گیاهی به بیرون شده و منبع غذایی مناسبی را جهت تکثیر باکتری‌ها ایجاد می‌نماید(۷).

در بعضی از موارد رخنه یا نفوذ باکتری به درون بافت گیاهی با پروسه فعال

جدول ۴: میزان تراکم جمعیتی باکتری Pseudomonas aeruginosa همراه با ریشه، ساقه و برگ نارنج که در مراحل مختلف ریشه‌زنی با باکتری مورد نظر مایه‌زنی شده(کلنیایی از منبع شماره ۴).

Age of plant in incubation	Mean ± S.E*		
	Roots	Stems	Leaves
0	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	Since emergence from the soil		
4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ذخیره‌ای را کلونیزه نمایند. در ارتباط با کلونیزه نمودن بافت‌های آوندی توسط باکتری‌ها این سوال مطرح است که آیا بافت آوندی به صورت کانال انتقال برای حرکت اندوفیت‌ها عمل می‌کند و یا این‌که باکتری درون سیستم آوندی تکثیر می‌شود. در صورتی که تکثیر باکتری مطرح باشد، می‌بایست جمعیت بالایی ازباکتری‌ها در درون آوندهای گیاه سبب بسته شدن سیستم آوندی شده و سبب ایجاد بیماری روی گیاه شوند. در صورتی‌که جمعیت باکتری‌های اندوفیت درون سیستم آوندی به نسبت پایین‌تر است. بنابراین کلونیزه نمودن کم‌تر بافت آوندی توسط اندوفیت‌های مفید سبب می‌شود تا فضای کمتری از آوندها اشغال شود که این یک خصوصیت مهم برای اندوفیت‌ها و یک عامل اصلی در تمایز اندوفیت‌های مفید از بیمارگرهای گیاهی است(۷).

چن وهمکاران(Chen et al. ۱۹۹۵)، ثابت نمودند که اندوفیت‌ها با تکثیر در بافت گیاه تراکم جمعیتی خود را به سطح معینی می‌رسانند و آن‌را در سطح معینی نگه می‌دارند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تغییرات ونوسانات جمعیتی اندوفیت‌ها در گیاه بستگی به سن گیاه و عامل‌های محیطی دارد و با افزایش سن گیاه میزان تراکم جمعیت آن‌ها در بافت گیاهی کاهش می‌یابد(۴).

باکتری‌های اندوفیت برای رشد و استقرار در بافت گیاه به مواد غذایی نیاز دارند و از مواد موجود در فضای بین سلولی استفاده نموده و از مواد پیچیده دیواره سلولی به‌عنوان منبع غذایی استفاده نمایند(۷). (کنی و هوآنگ۱۹۹۳ Canny and Huang) نشان دادند، در فضاهای بین سلولی پتاسیم، کلسیم ومقادیر کمی‌گوگرد، فسفر و کلر وجود دارد که مورد استفاده اندوفیت‌ها قرار می‌گیرد. ازآن‌جایی‌که غلظت یون‌های معدنی در فضای بین سلولی متغیر است، بنابراین این موضوع می‌تواند برای پراکنش ناهمگن اندوفیت‌ها در بافت‌های گیاهی توجیه مناسبی باشد(۳). دونگ و همکاران (Dong et al. ۱۹۹۴) مشاهده نمودند، در نیشکر فضای بین سلولی محتوی سوکروز بوده که محیط مناسبی برای رشد و تکثیر باکتری‌های تثبیت کننده ازت مانندAcetobacter spمی‌باشد(۵).

تغییرات دینامیک جمعیتی باکتری‌های اندوفیت

جمعیت باکتری‌های اندوفیت موجود در گیاه همواره در حال تغییر می‌باشد .از آن‌جایی‌که باکتری‌ها در بافت‌های گیاهی پراکنش ناهمگنی دارند، برآورد درستی از جمعیت اندوفیت‌ها مشکل است. تفاوت‌هایی نیز در فراوانی جنس‌های مختلف باکتری‌ها در بافت‌های مختلف گیاهی وجود دارد. عموما تنوع گونه‌های باکتریایی در ریشه بیشتر از ساقه است. برای نمونه ۱۴ گروه تاکسونومیک باکتریایی در ریشه پنبه شناسایی شدند که در ساقه پنبه وجود نداشتند. Agrobacterium tumefacience ، Burkholderia solanacearum و Serratia spp عمومی‌ترین جنس‌های جداشده ازریشه بوده و فقط چند گونه از Bacillus از ساقه جدا شدند(۱۳)

به‌طور کلی باکتری‌های اندوفیت از نظر تراکم جمعیتی نسبت به

نمودار ۱: مقایسه میزان جمعیت باکتری های اندوفیت موجود در آوند های چوبی ریشه های لیمو(rough lemon) رشد شده از دو نشان سالم(K) و جمعیت باکتری های بیماری زای موجود در درختان بیمار(پوکی سرشاخه های پوکی) (K) در ماه‌های مختلف سال(کلنیایی از منبع شماره ۴).

اثبات رسید.

حرکت سلولی باکتری در درون گیاه

مسیر آپوپلاستی موقتی، بین پوست و دایره محیط به ریشه‌های جانبی وجود دارد. پیترسون و همکاران (Peterson et al. ۱۹۸۱) ثابت نمودند، در گیاهان مسیرهای آپوپلاستی دایمی‌از بافت اپیدرمی‌ریشه به قسمت‌های هوایی وجود دارد. بااین حال مسیرهای موقت بین سلولی که بین پوست و آوندهای چوبی وجود دارد، برای حرکت باکتری‌های اندوفیت به درون آوندها کافی است(۱۷).

کلونیزیشن(Clonization) سیستمیک(Systemic) بافت‌های گیاهی توسط باکتری‌ها بستگی به گونه باکتری دارد. کوادت و همکاران(Quadt et al. ۱۹۹۷a) مشاهده نمودند، زمانی که بذر پنبه را با استرینی از Pseudomonas fluorescens مایه زنی نمایند، بافت آوندی کلونیزه نشده و در ساقه، کوتیلودون و برگ ردیابی نخواهد شد. همچنین هنگامی‌که ساقه را با باکتری مزبورمایه زنی نمودند، باکتری ریشه و برگ را نیز کلونیزه نکرده بود. اما هنگامی‌که بذر پنبه را با استرینی از asburia Enterobacter مایه زنی نمودند، باکتری مزبور در بافت‌های ساقه، دمبرگ و مریستم بالایی گیاه ردیابی شد. در این‌جا چند فرضیه مطرح است، فرضیه اول: محدودیت درگسترش سیستمیک باکتری P. fluorescens به علت شناسایی باکتری توسط میزبان است که واکنش فعال دفاعی گیاه را نشان می‌دهد. فرضیه دوم این‌که الگوهای افتراقی جهت کلونیزه نمودن بافت‌های داخلی گیاه توسط اندوفیت‌ها وجود دارد. به طوری‌که ممکن است بعضی از اندوفیت‌ها به ویژه پوست را کلونیزه نمایند(Cortical clonist) و بعضی دیگر از کلونیزه کنندگان سیستمیک گیاه باشند(Systemic clonist). تعدادی از آزمایشات فرضیه دوم را تقویت می‌کند، چرا که زمانی‌که P. fluorescens به درون ساقه پنبه مایه زنی شد، باکتری قادر به کلونیزه نمودن ریشه نبود. ولی هنگامی‌که بذر پنبه با باکتری مایه زنی شد، باکتری در ساقه ، برگ و مریستم هوایی گیاه ردیابی شده بود(۲۰).

حال این سوال مطرح است که آیا کلونیزه نمودن سیستمیک گیاه به‌واسطه حرکت درونی باکتری است یا این‌که در اثر نیروی موئینگی آوندی گیاه است. در این مورد نظرها متفاوت است. دونگ و همکاران(Dong et al. ۱۹۹۴) عنوان می‌کنند که استقرار باکتری‌های اندوفیت در بافت‌های گیاهی ازمکانیزم تکثیری تبعیت می‌کند. به عبارتی باکتری در اثر تکثیر رویشی انتقال یافته و به سرعت از مسیر آپوپلاستی در بافت‌های گیاهی مستقر می‌شود(۵). در صورتی که لمب و همکاران (Lambet al. ۱۹۹۶) معتقدند، حرکت باکتری ازطریق نیروی موئینگی و از طریق آوند چوبی صورت می‌گیرد(۹).

محل استقرار باکتری‌های اندوفیت(Localization)

به‌طور کلی باکتری‌های اندوفیت فضای بین سلولی را کلونیزه می‌کنند. ولی تعداد معدودی ازباکتری‌ها قادر به کلونیزه نمودن داخل سلول هستند. باکتری Azoarcus sp یکی از اندوفیت‌های تثبیت کننده ازت (Diazotrophic) است و می‌تواند در فضای بین سلولی و داخلی سلول‌های پارانشیم هوایی ریشه برنج تکثیر یابد. مکانیزم عمل به این صورت است که پس از تکثیر باکتری در فضای بین سلولی ، بین سلول‌های دایره محیطیه حرکت نموده و در نهایت وارد سلول‌های پارانشیم یا فیبر می‌شود. باکتری‌های اندوفیت ممکن است سلول‌های پارانشیمی‌و واکوئل‌های

در مطالعات صورت گرفته نشان داده شد که بیشتر باکتری‌های اندوفیت جدا شده از گیاهان، گونه‌های گرم منفی بودند. برای مثال ۷۸درصد از جدایه‌های اندوفیت در مو و ۸۴درصد از جدایه‌های آوندی ریشه‌های مرکبات از گونه‌های گرم منفی بودند. عمومی‌ترین جنس‌های اندوفیت شناسایی شده ازبافت‌های گیاهی نشان می‌دهد که جنس اصلی متعلق به گروه Pseudomonas بوده و شامل Phyllobacterium Pseudomonas, Burkholderia. و خانواده Entrobacteriacea که شامل Erwinia, Entrobacter و Klebsiella می‌باشد(۷)

تغییر وتنوع ساختار جمعیتی میکروبی اندوفیت‌ها در بافت‌های گیاهی ارتباط زیادی به عامل‌های زنده و غیر زنده دارد که با هم در تعامل می‌باشند.

فاکتورهای زنده (Biotic factors)

الف) میکروارگانیزم‌های همراه با گیاه

باکتری‌های اندوفیت با باکتری‌ها و قارچ‌های کلونیزه کننده بافت‌های گیاهی در تعامل(Interaction) هستند. فضا و مواد غذایی فراهم شده توسط گیاه از عوامل محدودکننده برای اندوفیت‌ها و دیگر میکروارگانیزم‌ها می‌باشد. تعاملاتی که بین میکروارگانیزم‌ها وجود دارد جمعیت اندوفیت‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این تعاملات شامل آنتی‌بیوز ، محدودیت مکان‌های اکولوژیکی و همزیستی می‌باشند. برای نمونه کوادت و همکاران (Quadt et al. ۱۹۹۷a) در آزمایشی نشان دادند، زمانی که دو باکتری اندوفیت Entrobacter asburia و Paenibacillus macerans با هم در تیمار بذری به‌کار برده شوند، کاهش اندازه جمعیتی هر دو اندوفیت در مقایسه با زمانی که هر کدام از اندوفیت‌ها به تنهایی به‌کار برده شوند، در ریشه‌های گیاه پنبه مشاهده شده است. در این مورد کاهش اندازه جمعیت، به خاطر رقابت برای منابع محدود غذایی و فضای محدود فیزیکی درون بافت گیاه است . در آزمایشی دیگر مشاهده شد که کاربرد توام دو باکتری E. asburia با Arthrobacter agilis (که هر دو باکتری کلونیزه کننده ریزوسفر می‌باشند) در تیمار بذری اندازه جمعیتی E. asburia را تحت تاثیر قرار نداده است(۱۹).

تعامل اندوفیت‌ها و ویروس‌ها بسیار جزیی است که به‌خاطر زیستگاه متفاوتی است که این دو گروه دارند. باکتری‌ها، فضاهای بین سلولی ریشه‌ها و قسمت‌های پایین گیاه را کلونیزه می‌نمایند. در صورتی‌که ویروس‌ها درون سلولی بوده و قسمت‌های هوایی گیاه را مورد تهاجم قرار می‌دهند. ولی به‌طور کلی ویروس و باکتری وابسته به متابولیسم فعال گیاه بوده و برای دریافت انرژی تولید شده توسط گیاه با هم رقابت می‌نمایند(۷).

وجود نماتدهای پارازیت گیاهی نیز سبب افزایش جمعیت باکتری‌های درون گیاه می‌شود. زخم ایجاد شده توسط نماتد، راه را برای ورود باکتری‌ها فراهم می‌سازد و نشت (Likage) مواد غذایی باعث بوجود آمدن جمعیت بالایی از باکتری‌ها شده که سبب تقویت کلونیزه کنندگان داخلی شده که منشا آن‌ها از ریزوسفر است(۷).

ب) ژنوتیپ گیاه :

استفاده وسیع از ارقام مقاوم علیه پاتوژن‌های باکتریایی این سوال را مطرح می‌کند که آیا ژنتیک میزبان جمعیت باکتری‌های اندوفیت را تحت تاثیر قرار می‌دهد ؟. صفات ویژه‌ای در گیاهان شناخته شده که قادرند جمعیت‌های میکروبی فراریشه(ریزوسفر) واندوفیت‌ها را تغییر دهند. به عنوان نمونه تغییرات فیزیولوژی گیاه می‌تواند سبب افزایش جمعیت باکتری‌های اندوفیت شود. گیاه باید خصوصیات فنوتیپی مشخصی جهت ورود باکتری‌ها به درون ریشه داشته باشد. ارقام زراعی اصلاح شده ممکن است دارای مورفولوژی و یا ترکیب شیمیایی خاصی باشند که توانایی باکتری‌های ریزوسفر را برای کلونیزه نمودن درون گیاه تحت تاثیر قرار دهند. گونه‌هایی که ریزوسفر را کلونیزه نموده و بعد از آن بافت‌های درونی گیاه را کلونیزه نمایند، سبب تغییراتی در فیزیولوژی گیاه می‌شوند(۷). ون پر و شیپر (Vanper and Shippers ۱۹۸۹) اختلافاتی را در چندین خصوصیت بیوشیمیایی گونه‌های Pseudomonas . spp ، که به صورت داخلی و خارجی بافت گیاه را کلونیزه می‌نمایند، نشان دادند و ثابت نمودند که نفوذ باکتری‌ها به درون گیاه تصادفی نبوده و فرم‌هایی ازانتخاب برای نفوذ باکتری‌ها اتفاق می‌افتد. اختلافات بیوشیمیایی در مصرف بعضی از مواد آلی در گونه‌ها ممکن است پاسخی به استقرار آن‌ها در محیط جدید باشد(۲۸).

نتایج آزمایشات سی سی لیانو و همکاران (Siciliano et al. ۱۹۹۸) روی سه رقم کلم، کلزا و شلغم روغنی نشان داد، جمعیت میکروبی ریزوسفر و جمعیت اندوفیتی ارقام تراریخته متفاوت با ارقام غیر تراریخته است. در این صورت اختلافات ژنتیکی باعث تغییر و تنوع زیادی در جمعیت ریزوسفر و جمعیت اندوفیت ریشه می‌شود. نتایج دیگری نشان داد که تنوع جمعیتی و گونه ای در ارقام کلزا و شلغم روغنی بیشتر از گندم بوده است. نوع گیاه می‌تواند به عنوان یکی از عوامل اصلی تاثیر گذار درساختار جمعیتی باکتری‌ها باشد و از آن‌جایی‌که اندوفیت‌ها به مواد غذایی فراهم شده به‌وسیله گیاه وابسته‌اند، هر گونه پارامتری که وضعیت تغذیه‌ای گیاه را تحت تاثیر قرار دهد، قادر خواهد بود جمعیت باکتری‌های اندوفیت را نیز تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین مقاومت گیاه در مقابل بیمارگر ضمن این‌که به ژنتیک گیاه وابسته است می‌تواند به‌علت مقاومت القاء شده در گیاه به‌واسطه تغییر در جمعیت اندوفیتی باشد که با مقاومت گیاهی همراه است(۲۲). بیرد(Bird ۱۹۸۲) عنوان نمود که ممکن است مقاومت گیاه به بیمارگر تنها به خاطر سیستم ژنتیکی گیاه نباشد، بلکه احتمال دارد مقاومت ایجاد شده در گیاه به‌خاطر تغییر در جمعیت اندوفیتی گیاه باشد که یک مقاومت چند جانبه(Multiadversity) را در گیاه ایجاد نموده است. بنابراین درک درستی از تعاملات بین باکترهای اندوفیت، میکروارگانیزم‌ها، پارازیت‌ها و میزبان مقدمه ای برای کاربرد موفقیت‌آمیز میکروارگانیزم‌هایی است که اثرات مفیدی برای گیاه دارند(۲).

عامل‌های غیر زنده(Abiotic factors) :

بافت درونی گیاه محیط حفاظت شده‌ای را برای باکترهای اندوفیت فراهم می‌کند. عواملی ازقبیل درجه‌حرارت، شرایط خاک واشعه ماوراء بنفش به‌صورت مستقیم روی گیاه میزبان و به‌صورت غیر مستقیم روی باکتری‌های اندوفیت اثر می‌گذارد. عامل‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درجه اسیدیته(PH)، شوری و بافت خاک جمعیت اندوفیت‌ها را با تغییر در جمعیت باکتری‌های ریزوسفر، به‌صورت غیر مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد(۱۸). در مواردی رشد رویشی گیاه، نقش مهمی‌در کلونیزه نمودن اولیه اندوفیت‌ها دارد. چرا که ساختار و ترکیب شیمیایی رشد وحرکت باکتری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج آزمایش ماهافی و همکاران (Mahaffe et al. ۱۹۹۷b) نشان داد، کلونیزه شدن ریشه لوبیا با باکتری P. fluorescens و E. asburia در خاک شنی در مقایسه با خاکی که شن کم‌تری دارد بیشتر بوده است. این تفاوت به خاطر زخم‌هایی است که در هنگام رشد ریشه در میان کریستال‌های

بیمارگرها در سطوح پایین تری قرار دارند. متوسط تراکم جمعیتی باکتری‌های اندوفیت بین 10^3cfu/gr تا 10^5 در بافت گیاه متغیر است. از لحاظ تراکم جمعیتی، ریشه بالاترین جمعیت باکتریایی را دارد. در ساقه جمعیت باکتری‌ها پایین تر ازریشه‌ها بوده ودر دمبرگ و دمگل‌ها جمعیت باکتری‌ها به پایین ترین میزان می‌رسد(۹)

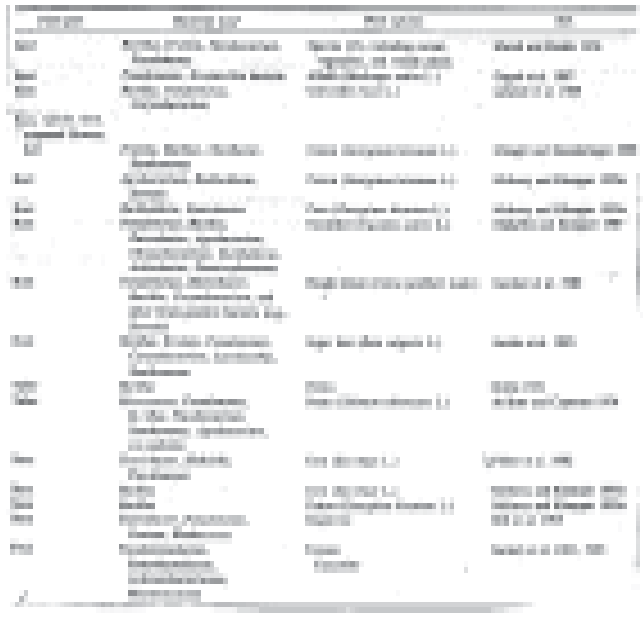
میزان جمعیت باکتری‌های اندوفیت پایین‌تر از سطح آستانه بیماری‌زایی (محدوده بیماری‌زایی 10^7cfu/gr بافت گیاه) باکتری‌های بیماری‌زا است. برای نمونه گاردنر و همکاران(Gardner et al. ۱۹۸۲) جمعیت باکتری‌های اندوفیت موجود در آوند چوبی سرشاخه‌های پرتقال را بین ۷x۱۰۲- ۱۰ در بافت گیاه گزارش نمودند(۶)(نمودار ۱).

مک اینروی و کلوپر(McInroy and Kloepper۱۹۹۵) متوسط جمعیت باکتری‌های اندوفیت را در طول فصل رویشی 10^4cfu/gr و 10^6 بافت گیاه در ریشه‌ها و ساقه‌های ذرت گزارش نمودند(۱۲). در صورتی‌که در بیماری پژمردگی باکتریایی سیب‌زمینی(Ralstonia solanacearum) جمعیت باکتری بیماری‌زا 10^{10}-10^9cfu/gr بافت گیاه گزارش شد. همچنین در بیماری زوال سرشاخه‌های مرکبات جمعیت باکتری‌های بیمارگر بیشتر از جمعیت باکتری‌های سرشاخه‌های سالم گزارش شد. ولی با این وجود گزارش‌هایی نیز موجود است که نشان می‌دهد اندوفیت‌ها قادرند تراکم جمعیتی خود را به 10^{10}-10^9cfu/gr بافت گیاه افزایش دهند. بدون این‌که روی رشد گیاه اثر منفی داشته باشند. حتی در بعضی موارد همبستگی مثبتی بین بهبود رشد و افزایش محصول با تراکم بالای جمعیتی اندوفیت‌ها مشاهده شده است. با این حال میزان جمعیت باکتری‌های اندوفیت درون بافت گیاه، توسط بافت گیاهی و شرایط محیطی کنترل می‌شود و به سطح اپتیمم می‌رسد. در این‌جا عامل‌های زنده وغیر زنده تاثیرات زیادی روی میزان کلونیزه نمودن بافت گیاهی دارند وهمان‌طور که گفته شد در مواردی کلونیزه کردن سیستمیک بافت‌های گیاهی تحت تاثیر بافت‌های گیاهی قرار می‌گیرد. برای نمونه یک رقم از سیب‌زمینی که با گونه ای ازباکتری Pseudomonas با غلظت 10^5cfu/gr بافت گیاه مایه‌زنی شد، جمعیت آن در ریشه به 10^6cfu/gr بافت گیاه افزایش یافته بود و در ساقه میزان جمعیت آن به 10^3cfu/gr بافت گیاه کاهش یافت. بنابراین در اعمال روش‌های بیوکنترل، مکانیزم تاثیر جمعیت بالای اندوفیت‌ها که باعث بهبود رشد گیاه شوند، ناشناخته می‌باشد. چرا که ممکن است تعدادی از گونه‌ها به‌صورت آنتاگونیستی عمل نمایند و تعدادی دیگر تنظیم کننده‌های رشد را آزاد نمایند و تعدادی سبب ایجاد مقاومت القایی در گیاه شوند(۷).

در مطالعات اکولوژیکی بر اساس روش‌های آنالیز اسیدهای چرب (FAME) و سیستم بایولوگ(Biolog) خصوصیات باکتریولوژی، ساختار جمعیتی، تغییر و تنوع در جمعیت‌های میکروبی تعیین می‌شود. این روش‌ها جایگزین روش‌های شناسایی بر اساس استفاده از منابع کربن شدند. در این روش تعداد زیادی از جدایه‌های باکتریایی در زمان کوتاهی شناسایی می‌شوند. این تکنیک‌ها در توصیف جمعیت و گونه‌های باکتریایی بسیار مفید و کارا است(۷).

از سیستم بایولوگ تی ام(Biolog Tm) جهت شناسایی جمعیت‌های متنوع میکروبی استفاده می‌شود که کارایی بسیار بالایی دارد. در این سیستم با در نظر گرفتن توانایی میکروارگانیزم‌ها در استفاده از مواد آلی کربن‌دار و استفاده از این مواد توسط جمعیت‌های متفاوت میکروبی ، تغییرات جمعیت میکروبی شناسایی می‌شود(۷).

جدول ۲: [illegible]



۲۹/۳درصد ازجدایه‌ها، دررقم بوربک(Burback)، ۱۲/۹درصد جدایه‌ها و دررقم بوتل (Butle)، ۱/۸درصد از جدایه‌ها قادر بودند ازرشد باکتری عامل بیماری در محیط آزمایشگاه (Invitro) جلوگیری نمایند. در میان باکتری‌های کنترل کننده عامل بیماری، باکتری Curtobacterium luteum فراوانی زیادی را در بین ارقام سیب زمینی داشته است . در رقم بوتل(Butle) نیز باکتری Pantoae agglomerance سبب کنترل E. carotovora شده است. در شرایط محیط زنده (Invivo)، رقم بوتل (Butle) ، حساسیت زیادی به عامل بیماری پوسیدگی نرم داشت و رقم کنبک (Kennebec) حساسیت کم‌تری را در مقابل عامل بیماری نشان داد . در این آزمایش مشخص شد که یک ارتباط منفی بین توسعه بیماری پوسیدگی نرم با تراکم جمعیت اندوفیت باکتریایی وجود دارد. دو رقم کنبک (Kennebec) و سباگو(Sebago) جمعیت‌های اندوفیت بالاتری داشتند و به‌عنوان رقم مقاوم به بیماری و رقم بوتل(Butle)) به علت داشتن جمعیت پایین باکتری‌های اندوفیت به‌عنوان رقم حساس به بیماری شناخته شدند(۲۵).

۲ –افزایش رشد گیاه (Plant Growth promotion) :

باکتری‌های اندوفیت سبب افزایش رشد محصولاتی مانند برنج، ذرت، سیب‌زمینی و شبدر می‌شوند. استورز و همکاران (۱۹۹۸ .Sturz et al) نقش اندوفیت‌های باکتریایی شبدر و سیب‌زمینی را در افزایش رشد سیب‌زمینی آزمایش نمودند. در این مطالعه مشخص شد ۲۱درصد از جدایه‌ها سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. این جدایه‌ها به‌میزان ۶۳درصد باعث افزایش ارتفاع اندام‌های هوایی گیاه و به میزان ۶۶درصد، سبب افزایش وزن اندام‌های هوایی و به‌میزان ۵۵درصد باعث افزایش وزن ریشه‌ها شدند. ۲۴درصد از جدایه‌ها نیز باعث کاهش رشد و ۵۶درصد از جدایه‌ها اثری روی رشد گیاه نداشتند(۲۶)

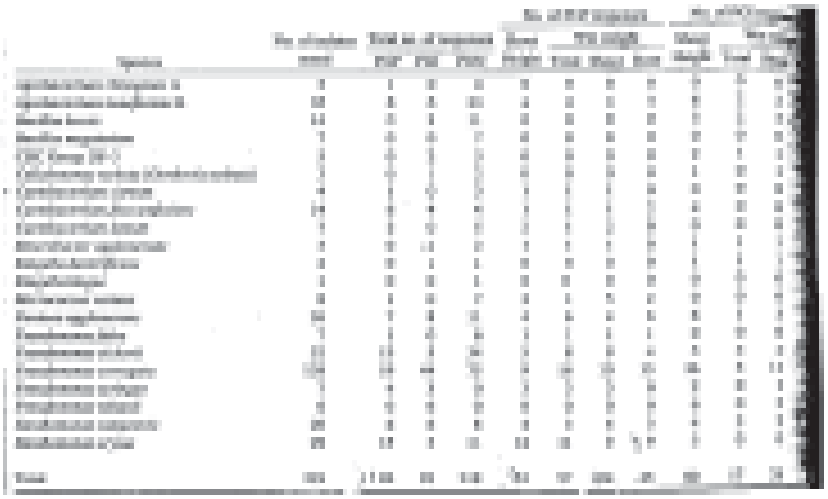
در آزمایشی دیگر زمانی‌که دو جدایه اندوفیت به‌نام‌های citreum Curtobacterium , Rhizobium leguminosarum همزمان روی شبدر مایه‌زنی شدند، سبب افزایش رشد گیاه شده و هنگامی‌که هر کدام به تنهایی روی شبدر مایه‌زنی شدند، باعث کم شدن رشد شبدر شده بود. این موارد طبیعت رقابتی بودن باکتری‌های اندوفیت را نشان می‌دهد و زمانی‌که در اثر این رقابت رشد گیاه افزایش می‌یابد، اثرات آللوپاتیک سودمند اندوفیت‌های باکتریایی توجیه می‌شود. به‌عبارتی در اثر رقابت اندوفیت‌های باکتریایی در گیاه و اثرات بیوشیمیایی آن‌ها بر یکدیگر، بیومولکول‌هایی در محیطشان آزاد شده که سبب افزایش رشد گیاه می‌شود(۲۶).

گاهی افزایش رشد گیاه، به‌خاطر افزایش مواد معدنی و بهبود روابط آبی در گیاه است که با کلونیزه شدن ریشه‌های گیاه توسط اندوفیت‌های باکتریایی همراه است. برای نمونه مایه‌زنی ریشه‌های برنج با یک اندوفیت دیازوتروفیک (Azoarcus sp) واسترین دیگری ازاین جنس که قادر به تثبیت نیتروژن نبوده است، نشان داد که هر دو استرین سبب رشد بافت گیاهی (Biomass) می‌شوند. استفاده از استرین جهش یافته ای که قادر به تثبیت ازت نبوده است، نشان داد که تثبیت ازت مولکولی (N۲) باعث افزایش رشد گیاه نشده بلکه افزایش رشد به‌خاطر افزایش مواد معدنی در گیاه و بهبود روابط آبی گیاه است که با کلونیزه شدن ریشه‌های گیاه با یک اندوفیت همراه می‌باشد(۷).

تعدادی ازاندوفیت‌ها مانند استرین‌هایی ازباکتری Pseudomonas Azosprillium, Azotobacter, Entrobacter, با تولید هورمون و یا تنظیم کننده‌های رشد مانند اتیلن، اکسین، سیتوکینین، جیبرلین سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند(۱۰). از آن‌جایی‌که این تنظیم کننده‌ها در غلظت‌های پایینی باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند، حتی مقادیر کمی‌ازافزایش غلظت هورمون می‌تواند اثرات مخربی را روی رشد و یا مورفولوژی گیاه ایجاد نماید. برای نمونه تولید هورمون IAA (اندول استیک اسید) در باکتری‌هایی که اثرات مخربی (Deletrius bacteria) روی گیاه دارند، هفت برابر بیشتر از استرین‌هایی است که اثرات مفیدی روی رشد گیاه دارند. با افزایش تولید هورمون این دسته ازباکتری‌های مضر، اثرات نامطلوبی روی رشد و مورفولوژی گیاه خواهند داشت.

در مواردی هورمون‌های تولید شده توسط باکتری اندوفیت. Azosprilium sp سبب تحریک ایجاد همزیستی بین لگوم‌ها با باکتری‌های جنس ریزوبیوم

جدول ۸. فراوانی باکتری های بهبود دهنده رشد گیاه(PGP) محدود کننده رشد گیاه(PGI) و بی اثر در رشد گیاه(PGN) جداسازی شده از غده های سیب زمینی(اقتباس از منبع شماره ۲۴)



زبر شنی در ریشه‌ها ایجاد می‌شود(۱۱).

اصلاح و بهبود مواد آلی خاک سبب تغییرات فیزیولوژیکی گیاه می‌شود که به دنبال آن موجب تغییرات در جمعیت باکتری‌های اندوفیت خواهد شد. برای نمونه اضافه نمودن کیتین به خاک، ساختار جمعیتی اندوفیت‌ها را در ریشه پنبه تغییر می‌دهد. برا ی مثال جمعیت باکتری cepacia Burkholderia در خاک اصلاح شده با کیتین ۷۳درصدجمعیت باکتری‌های اندوفیت ریشه‌های پنبه را تشکیل داده است. در صورتی که ریشه‌هایی که در خاک فاقد کیتین بودند باکتری مذکور به‌ندرت ردیابی شده است(۷).

اثرات مفید باکتری‌های اندوفیت گیاهی :

۱-کنترل بیولوژیکی بیمارگرهای گیاهی

باکتری‌های اندوفیت همان آشیان (Nich) اکولوژیکی را که باکتری‌های بیمارگر آوندی مورد حمله قرار می‌دهند ، کلونیزه می‌نمایند. در کنترل بیولوژیکی بیمارگرها، به‌کارگیری آشیان (Nich) دیگری جهت استقرار عوامل بیوکنترل، سبب کنترل بیماری و پایداری عامل بیوکنترل می‌شود(۷). در آزمایشاتی که چن و همکاران (Chen et. al ۱۹۹۵) در ارتباط با کنترل بیولوژیک پژمردگی فوزاریومی‌پنبه با استفاده ازباکتری‌های اندوفیت انجام داده بودند، تعدادی ازاندوفیت‌ها کنترل بیولوژیکی معنی‌داری را نشان دادند که از میان آن‌ها Ralstonia solanacearum putidae, Phyllobacterium rubiacearum, Pseudomonas Aureobacterium superdae, Bacillus pumilis, سبب کنترل بیماری پژمردگی فوزاریومی‌شد. مکانیسم بیوکنترل ، بصورت تولید ترکیبات ضد قارچی، تولید سیدروفور، رقابت برای مواد غذایی، محدود شدن آشیان (Nich)اکولوژیکی و تحریک مقاومت گیاه (Induced resistance) می‌باشد. در مواردی ممکن است دو یا چند مکانیسم با هم در کنترل بیولوژیکی علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی(Fusarium wilt)عمل نمایند. در این میان مقاومت القایی سیستمیک(Induced systemic resistance) درگیاه نقش مهمی‌در کنترل بیماری دارد. در این آزمایش مشخص شد که مهم‌ترین عامل بیوکنترل، افزایش دفاع میزبان از طریق ایجاد مقاومت القایی بوده که باعث کاهش شدت بیماری می‌شود. دفاع میزبان در مقابل بیمارگر به‌صورت افزایش فعالیت آنزیم‌های بتا ۱ و ۳ گلوکوناز (gluconas)۳۳- ۱-β ، پر اکسیداز، PR پروتئین (Pathogenicity Related)، فیتوآلکسین‌ها، تشکیل پلی مرهای حفاظت کننده گیاهی مانند کالوز و لیگنین تظاهر می‌کند. زنجیره‌های آنتی ژنیک(O-antigenic) واقع در غشاء خارجی سلول باکتری fluoresens P. (Outer membrane) در القاء مقاومت علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی‌گوجه فرنگی موثر است. نتایج به‌دست آمده نشان داد اثر بیوکنترل استرین‌ها به‌صورت افزایش دفاع میزبان مهم‌تر از نقش متابولیت‌های تولید شده است(۴).

در مواردی اندوفیت‌های باکتریایی باعث ایجاد مقاومت میزبان در مقابل بیماری پوسیدگی نرم درارقام سیب‌زمینی شده‌اند. در مطالعات استورز و ماتسون (Sturz and Matheson ۱۹۹۶) در میان چند رقم سیب‌زمینی، ۴۹/۵درصد از جدایه‌های اندوفیت رقم سباگو(Sebago) توانست ازرشد و تکثیر باکتری Erwinia carotovora جلوگیری نماید. دررقم گرین(Green)، ۳۳درصد ازجدایه‌ها، در رقم کنبک(Kennebec)،

رقابت کننده با بیمارگرها و با تولید آنتی بیوتیک و مواد ضد قارچی اثرات تدافعی و حفاظتی روی گیاه داشته باشند(۲۱).

۳ –استفاده از باکتری های اندوفیت در مهندسی ژنتیک

جدیدترین تحقیقات در ارتباط با استفاده از یک باکتری اندوفیت در مهندسی ژنتیک است. باکتری cynodontis Clavibacter xylisubsp که درون آونـــدهای چوبـــــــی قرار دارد و به‌طـــور طبیعی در مرغ (Cynodon dactylis) سبب ایجاد بیماری می‌شود. این باکتری که به لحاظ ژنتیکی دستکاری شده قادر است گیاه را به‌صورت فراگیر کلونیزه نماید. توماسینو و همکاران(Tomasinoet al. ۱۹۹۵) ازاین باکتری جهت بیان ژن مولد اندوتوکسین پروتئینی باکتری Bacillus thurengiensis برای مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار ذرت (European corn borrer)استفاده نمودند. به‌طوری‌که استرین‌هایی از این اندوفیت را که قادر به بیان ژن مولد اندوتوکسین پروتئینی بود، وارد گیاهچه‌های ذرت نمودند. این استرین‌ها با ورود به آوندهای چوبی گیاه را به‌طور سیستمیک کلونیزه نموده و باعث آزادسازی اندوتوکسین در گیاه شد. این توکسین در گیاه به‌صورت فراگیر در آمده و در اثر تغذیه آفت ازبافت‌های گیاه به‌خصوص قسمت‌های آوندی، سبب کنترل آفت می‌شود(۲۷).

نحوه استفاده از باکتری های اندوفیت

برای استفاده از باکتری‌های اندوفیت در تولید محصولات کشاورزی، روش‌های عملی و واقعی در به‌کارگیری زادمایه(اینوکولم) ، باید توسعه یابد. به طور عمومی، روش‌های توسعه یافته ای برای استفاده از این دسته از باکتری‌ها در فراریشه(ریزوسفر) و سطح اندام‌های گیاه (فیلوسفر) وجود دارد. تیمار بذری(خیساندن بذر در سوسپانسیون باکتری، تزریق سوسپانسیون باکتری به داخل بذر)، خیساندن خاک، تزریق به درون ساقه و اسپری سوسپانسیون باکتری روی سطح اندام‌ها ی گیاه، وارد نمودن باکتری از طریق ایجاد زخم، مایه زنی در شرایط خلاء، فرو بردن ریشه‌های هرس شده به داخل سوسپانسیون باکتری، از روش‌هایی هستند که برای وارد نمودن آن‌ها به داخل گیاه در سطح آزمایشگاهی استفاده می‌شود. در مجموع تیمار بذر با باکتری یک روش معتبر، آسان، ارزان، سریع و اقتصادی می‌باشد. با وجود این، تلفیقی از روش‌های تیمار بذر با خیساندن خاک یا اسپری نمودن سطح اندام‌های گیاه می‌تواند کلونیزه نمودن باکتری را در داخل گیاه افزایش داده و باعث تداوم تاثیرات سودمند آن‌ها روی گیاه گردد. با این حال دانش ما در ارتباط با چگونگی ورود و کلونیزه نمودن گیاه محدود است و توسعه تکنولوژی‌ها برای کاربرد موفق آن‌ها، بستگی به افزایش دانش و فهم ما از اکولوژی این دسته از باکتری‌ها دارد(۷).

آینده تحقیقات مطالعه باکتری های اندوفیت و نتیجه‌گیری:

هنوز دانش بشر در ارتباط با اکولوژی این دسته از باکتری‌ها، محدود است. فهم درستی ازاکولوژی و بر همکنش‌های متفاوت بین باکتری‌های اندوفیت با دیگر میکروارگانیزم‌ها و گیاه ، کاربرد موفقیت آمیز این دسته از میکروارگانیزم‌ها را در بیوکنترل بیمارگرهای گیاهی و بهبود رشد گیاه مرتفع می‌سازد. عامل‌هایی مانند شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک، میکروفلور خاک، مواد غذایی، آب و تنش ناشی از عوامل بیمارگر گیاهی از جمله عامل‌های مهم و موثر در عملکرد این گروه از باکتری‌ها است که کاربرد تجارتی آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با این حال تحقیقات درارتباط با استفاده بهینه از باکتری‌های اندوفیت برای افزایش رشد گیاه ادامه دارد. تلفیق باکتری‌های اندوفیت که محل‌های اکولوژیک متفاوتی را در درون گیاه اشغال می‌نمایند، همچنین تلفیق اندوفیت‌های باکتریایی با باکتری‌های فراریشه (ریزوسفر) و در تحقیقاتی دیگر تلفیق باکتری‌های اندوفیت با قارچ‌های اندوفیت در حال بررسی می‌باشد. برای بکارگیری بهینه این دسته از باکتری‌ها به عنوان عوامل بیوکنترل و همچنین افزایش توانایی محققان برای استفاده بهتراز این میکروارگانیزم‌های مفید، در کشاورزی پایدار سوالاتی نیزوجود دارد. این که چه مکانیزم هایی سبب ایجاد مقاومت و تحمل گیاه در مقابل عوامل بیمارگر می‌شود؟ و اندوفیت‌های باکتریایی از چه منابع غذایی استفاده می‌نمایند؟ و سوال دیگر این‌که چرا تعدادی از اندوفیت‌ها سلول‌های گیاهی را به‌صورت داخلی کلونیزه می‌نمایند؟ و این عمل واقعا چگونه صورت می‌گیرد؟ و آیا اندوفیت‌های درون سلولی با هسته سلول‌های گیاهی ارتباط برقرار می‌کنند؟ و در صورت ارتباط با هسته‌ها چه استفاده‌ای از این ارتباط می‌برند؟ جواب به این سوالات تصمیم گیری در استفاده هرچه بهتر وکاربرد این‌دسته از باکتری‌های مفید را آسان تر می‌سازد.

.(Rhizobium spp) می‌شود، به طوری که هورمون‌های تولید شده روند گره زایی را تحت تاثیر قرار داده و سبب افزایش تعداد گره و ریشه‌های یونجه می‌شود(۷).

در مواردی افزایش رشد گیاه به‌صورت جایگزین شدن یک اندوفیت باکتریایی مفید با یک اندوفیت محدود کننده رشد در بافت درونی ریشه صورت می‌گیرد. ونپیرو شیپرز (Vanpeer and Schipperse ۱۹۸۹) در مطالعات خود نشان دادند، زمانی‌که گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی به نسبت یک به یک (۱:۱) با دواندوفیت مفید و نامطلوب مایه‌زنی شوند، استرینی که باعث افزایش رشد گیاه می‌شود می‌تواند اثراسترینی را که باعث کاهش رشد گیاه می‌شود را کاهش دهد. این آزمایش نشان داد که باکتری اندوفیت افزایش‌دهنده رشد قادر است جایگزین استرین محدود کننده رشد شود(۲۸).

گروه دیگری که سبب افزایش رشد گیـــــاه می‌شوند اکتینومیست‌ها. (Actinomycet spp) هستند. اکتینومیست‌ها قسمت بزرگی ازمیکروفلورای فرا ریشه (ریزوسفر) را تشکیل می‌دهند. فعالیت بیولوژیک این‌دسته از میکروارگانیزم‌های اندوفیت که همراه با تولید مواد ضدقارچی می‌باشد، سبب حفاظت طبیعی گیاه در مقابل بیمارگرهای خاکزی می‌گردد. همچنین رشد ریسه وار این میکروارگانیزم‌ها در داخل سلول‌های پوستی بافت ریشه نقش مهمی‌در رشد مطلوب و سلامت گیاه دارد. فعالیت بیولوژیک اکتینومیست‌ها به‌صورت ترکیب و آماده‌سازی مواد غذایی برای گیاه، تولید متابولیت‌های ثانویه تحریک کننده رشد گیاه و یا در مواردی کاهش‌دهنده رشد گیاه، می‌باشد. این‌دسته از میکروارگانیزم‌ها به دوصورت اثر حفاظتی شان را روی گیاه اعمال می‌نمایند. آن‌ها قادرند به‌عنوان عوامل

جدول ۴: باکتری های جداسازی شده از ریزوسفر، غلظت هورمون ایندول استیک اسید در محیط کشت و تاثیر استرین ها روی چغندر قند(اقتباس از منبع شماره ۱۰)

Strain	Taxonomic designation[a]	Relevant characteristic	IAA concentration (μg ml⁻¹)	Sugar beet growth[b] Primary root length (mm)	Shoot/root ratio
Beneficial					
B4	Pseudomonas putida	Increases yield of sugar beet (26)	0.33 ± 0.07[c]	82.7 abc	0.40 b
B10	P. fluorescens/putida	Increases yield of potato (34)	1.22 ± 0.02	74.3 abcd	0.44 b
A1	P. putida	Increases yield of potato and sugar beet (HJT)	0.44 ± 0.02	85.6 abc	0.39 b
B6	P. fluorescens	Increases yield of potato and sugar beet (HJT)	<0	88.3 ab	0.39 b
B8	P. fluorescens/putida	Increases yield of radish (O)	0.57 ± 0.03	82.5 abc	0.40 b
I11	Enterobacteriaceae	Increases yield of radish (O)	0.79 ± 0.08	75.5 abcd	0.40 b
CcD17	Enterobacteriaceae	Stimulates seedling growth of corn (unpublished)	<0	86.9 abc	0.47 b
Deleterious					
TSR5	Enterobacteriaceae	Inhibits seedling growth of sugar beet (T. Sadow, personal communication)	0.28 ± 0.14	17.0 e	1.89 a
TSR11	Enterobacteriaceae	Inhibits seedling growth of sugar beet (26)	4.59 ± 0.03	31.5 e	1.71 a
Wasco 4	Enterobacteriaceae	Inhibits seedling growth of sugar beet (26)	7.58 ± 0.10	78.9 bcd	0.49 b
S-027	Enterobacteriaceae	Inhibits seedling growth of lettuce (unpublished)	1.38 ± 0.02	94.8 a	0.39 b
TSR8	P. fluorescens/putida	Inhibits seedling growth of sugar beet (T. Sadow, personal communication)	0.48 ± 0.03	78.8 abcd	0.44 b
TSR3	P. fluorescens/putida	Inhibits seedling growth of sugar beet (26)	0.57 ± 0.01	47.3 cd	0.52 b
SSQ7	Pleurocarium sp. Bergey et al. (10)	Inhibits seedling growth of sugar beet (26)	1.30 ± 0.01	68.5 cd	0.59 b
Water control				83.2 abc	0.40 b
LSD (P=0.05)				20.9	0.51

دو عارضه مهم فیزیولوژیکی سیب زمینی در کشور

عبدالستار دارابی- عضو هیات علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان و دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

سابقه کشت سیب زمینی به بیش از ۶۰۰۰ سال بیش بر می‌گردد. سیب‌زمینی برای اولین بار در مناطق کوهستانی آمریکای جنوبی کشت و کار شده است. در قرن شانزدهم میلادی این گیاه توسط ملوانان اسپانیایی به اروپا وارد و به تدریج به صورت یک محصول غذایی مهم در آمد. در خلال قرن نوزدهم این محصول از اروپا به کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری وارد شد. هم اکنون سیب زمینی بعد از ذرت دارای گسترده ترین توزیع در دنیا می‌باشد، به‌طوری‌که در ۱۴۰ کشور کشت می‌شود که بیش از ۱۰۰ کشور آن در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری قرار دارند. سیب زمینی مهمترین منبع دو لپه ای در تغذیه انسان می‌باشد. اهمیت غذایی سیب زمینی به دلیل بالا بودن نشاسته و انرژی زایی آن می‌باشد. این محصول از نظر تولید ماده خشک و انرژی در واحد سطح بر غلات برتری دارد و میزان ویتامین "ث" آن نیز قابل توجه است . (رضائی و سلطانی، ۱۳۷۵) و (Lal and sood , ۲۰۰۱). غده سیب زمینی به بسیاری از ناهنجاری‌ها حساس می‌باشد. علاوه بر آلودگی‌هایی که توسط عوامل بیماری‌زای قارچی، باکتریایی، ویروسی، نماتدها و حشرات ایجاد می‌شود، عملیات زراعی نامناسب، تغذیه نامتعادل، فاکتورهای فیزیولوژیکی دیگر نیز شرایط طبیعی رشد و نمو و گیاهان را تغییر داده و ناهنجاریهایی در غده سیب زمینی ایجاد می‌نمایند که به عنوان عوارض فیزیولوژیک شناخته شده اند. عوارض فیزیولوژیکی کیفیت غده را تحت تاثیر قرار داده و بازار پسندی محصول را کاهش می‌دهند. به همین دلیل در سیب‌زمینی علاوه بر عملکرد کل، عملکرد قابل فروش را نیز بایستی مورد ارزیابی قرار داد.دو عارضه مهم فیزیولوژیک سیبزمینی که دراغلب مناطق سیب زمینی کاری کشور دیده می‌شوند سبز شدن غده و رشد ثانویه می‌باشد.

Greening یا سبز شدن غده:

در این ناهنجاری بر کل یا قسمتی از غده رنگ سبز تیره تا روشن تشکیل می‌شود(تصویر۱) که علت آن قرار گرفتن غده‌ها در معرض نور در مزرعه، انبار و فروشگاه می‌باشد. این تغییر رنگ نزدیک به سطح غده بوده و به عمق ۲ تا ۳ میلی متر ممکن است در داخل غده توسعه یابد. در پدیده سبز شدن رنگدانه غالب کلروفیل بوده که ماده غیر سمی‌و بی ضروری می‌باشد، در این فرآینده گلیکوآلکالوئیدها به‌خصوص سولانین نیز تشکیل می‌شوند که سمی‌می‌باشند. در سیب زمینی سبز رنگ میزان سولانین به حداکثر ممکن افزایش می‌یابد. افزایش میزان سولانین سبب تلخ شدن مزه سیب زمینی بعد

منابع:

1- Bell, C. R., Dickie, G. A., Harvey, W. L G. and Chan , J.W.Y.F. 1995. Endophytic bacteria in grapevine. Can. J. microbiol. 41: 46-53.

2- Bird, L. S. 1982. The MAR(multi- adversity resistance) system of genetic improvement of cotton. Plant Dis. 66: 172-176.

3- Canny, M. J., and Huang, C. X. 1993. what is in the intercellular spaces of roots? Evidence from the cryo-analytical- scanning electron microscope. Physiol. Plant. 87: 561- 568.

4- Chen, C., Bauske, E. M., Musson, G., Rodriguez- kabana, R. and Kloepper, J. W. 1995. Biological control of Fusarium wilt on cotton by use of endophytic bacteria Biol. Control. 5 : 83- 91.

5- Dong, Z., Canny, M. J., McCully, M. E., Roboredo, M. R., Cabadilla, C. F., Ortega, E., and Rodes, R. 1994. A nitrogen-fixing endophyte of sugarcane stems. Plant Physiol.105: 1139- 1147.

6- Gardner, J. M., Feldman, A. W. and Zablotowicz, R. M. 1982. Identity and behavior of xylem- residing bacteria in rough lemon roots of Florida citrus trees. Appl. Environ. Mocrobiol.43: 1335- 1342.

7- Hallmann, J., Quadt- Hallmann, A., Mahaffee, W. F. and Kloepper, J. W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Can. J. Microbiol. 43: 895- 914.

8- Hurek, T., Reinhold- Hurek, B., Uanmontagu, M., and Kellenberger, E. 1994. Root colonization and systemic spreading of Azoarcus sp. Strain BH72. in grasses. J. Bacteriol. 176: 1913- 1923.

9- Lamb, T. G., Tonkyn, D. W., and Kluepfel, D. A. 1996. Movement of Pseudomonas aureofaciens from the rhizospher to aerial plant tissue. Can. J. Microbiol. 42: 1112-1120.

10- Loper, J. E. and Schroth, M. N. 1986. Influence of bacterial sources of indole- 3- acetic acid on root elongation of sugar beet. Phytopathology. 76: 386- 389.

11- Mahaffee, W. F., Kloepper, J. W., Van Vuurde, J. W.L., Van der Wolf, J. M., and Van der Brink, M. 1997b. Endophytic colonization of Phaseolus vulgaris by Pseudomonas fluorescence strain 89B- 27 and Enterobacter asburiae strain JM22. In improving plant productivity in rhizosphere bacteria. Edited by M. H. Ryder, P. M. Stephens and G. D. Bowen. CSIRO, Melbourne Australia. p. 180.

12- McInory, J. A. and Kloepper, J. W. 1995. Population dynamics of endophytic bacteria in field- grown sweet corn and cotton. Can. J. Microbiol. 41: 895- 901.

13- McInory, J. A. and Kloepper, J. W. 1995. Survey of indigenous bacterial endophytes from cotton and sweet corn. Plant and Soil. 173: 337- 342.

4- Mukhopadyay, N. K. Garrson, N. K, Hinton, D. M., Bacon, C. W., Khush, G. S., Peck, H. D., and Dettan, N. 1996. Identification and characterization of bacterial endophytes of rice. Mycopathologia 134: 151- 159.

15- Mundt, J. O., and Hinkle, N. F. 1976. Bacteria within ovules and seeds. Appl. Environ. Microbiol. 32: 694- 698.

16- Patriquin, D. G., Dobereiner, J., and Jain, D. K. 1983. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. Can. J. Microbiol. 29: 900- 915.

17- Peterson, C. A., Emanuel, M. E., and Humphreys, G. B. 1981. Pathway of movement of apoplastic fluorescent dye tracers through the endodermis at the site of secondary root formation in corn (Zea mays) and broad bean (Vicia faba). Can. J. Bot. 59: 618-625.

18- Quadt- Hallmann, A., and Kloepper, J. W. 1996. Immunological detection and localization of the cotton endophyte Enterobacter asburiae JM22 in different plant species. Can. J. Microbiol. 42: 114- 1154. ÿ

19- Quadt- Hallmann, A., Benhamou, N. and Kloepper, J. W. 1997a. Bacterial endophtes in cotton: mechanisms of entering the plant. Can. J. Microbiol. 43: 577- 582.

20- Quadt- Hallmann, A., Hallmann, J. and Kloepper J. W. 1997a. Bacterial endophytes in cotton: location and interaction with other plant- associated bacteria. Can. J. Microbiol. 43: 254- 259.

21- Sardi, R., Saracchi, M., Quaroni, S., Petrolini, B., Borgonovi, G. E., AND Merli, S. 1992. Isolation of endophytic Streptomyces strains from surface- disinfested roots. App. Environ. Microbiol. 58: 2691- 2693.

22- Siciliano, S. D., Theoret, C. M., Defreitas, J. R., Hucl, P. J., and Germida, J. J. 1998. Differences in the microbial communities associated with the roots of different cultivars of canola and wheat. Can . J. Microbiol. 44: 844- 851.

23- Sprent, J. I., and de Faria, S. M. 1988. Mechanisms of infection of plants by nitrogen fixing organisms. Plant and Soil. 110: 157- 165.

24- Sturz, A. V. 1995. The role of endophytic bacteria during seed piece decay and potato tuberization. Plant and soil. 175: 257- 263.

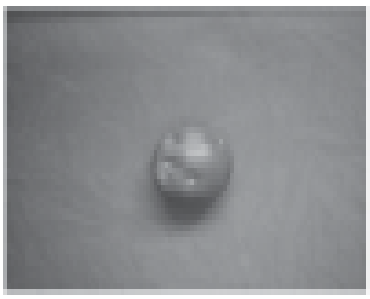
25- Sturz, A. V. and Matheson, B. G. 1996. Populations of endophytic bacteria which influence host- resistance to Erwinia- induced bacterial soft rot in potato tubers. Plant and soil. 184: 265- 271.

26- Sturz, A. V. Chrivtie, B. R. and Matleson, B. G. 1998. Associations of bacterial endophyte populations from red clover and potato crops with potential for beneficial allelopathy. Can. J. Microbiol. 44: 162- 167.

27- Tomasino, S. F., Leister, R. T., Dimock, M. B., Beach, R. M., and Kelly, J. K. 1995. Field performance of clavibacter xyli subsp. cynodontis expressing the insecticidal protein gene CryIA (c) of Bacillus thuringiensis against European corn borer in field corn. Biol. Control. 5 : 442- 448.

28- Vanpeer, R., and shippers, B. 1989. Plant growth responses to bacterization with selected Pseudomonas spp. Strains and rhizosphere microbial development in hydroponic cultures. Can. J. Microbiol. 35: 456- 463.

29- You, C. B., Lin, M., Fang, X. J., and Song, W. 1995. Attachment of Alcaligenes to rice roots. Soil. Biol. Biochem. 27: 463- 466.



تصویر ۱-غده نارس

فرسایش خاک و ترک خوردن خاک، سبز شدن غده‌ها را افزایش می‌دهد. اگر در اواخر فصل رشد خاک ترک بخورد غده‌های نزدیک سطح خاک در معرض نوری که از طریق ترک‌ها نفوذ می‌کند قرار گرفته و سبز می‌شوند. از خشک‌شدن خاک به‌خصوص بعد از از بین بردن اندام‌های هوایی باید جلوگیری نمود. در مناطق خشک آبیاری قبل از از بین بردن اندام‌های هوایی، سبب کاهش ترک‌ها در سطح خاک شده و تاثیر از بین بردن اندام‌های هوایی را تشدید می‌کند (Palista , ۲۰۰۵).

هدایت عملیات زراعی به سمت به دست آوردن تراکم مناسب و با فاصله یکنواخت بین بوته‌ها، نگهداری غده‌ها در اتمسفر حاوی ۱۵درصد و یا بیشتر و CO_2 و نیز پوشش غده‌ها با مو یان‌ها در جلوگیری از سبز شدن موثر می‌باشد. (Thomas , ۱۹۸۴). تصویر۴

رشد ثانویه (Secondry Growth)

در بعضی از شرایط رشد غده متوقف می‌شود و استولونون‌ها (از یکی یا تعداد بیشتری) از چشمک‌های سیب زمینی رشد می‌کنند. به دلیل این که این عارضه با دمای بالای خـــاک همراه می‌باشد، این پدیـــــده به نام Heat sprouting نیز نامیده می‌شود. Heat sprouting از خاتمه یافتن خواب غده که بعد از برداشت روی می‌دهد متفاوت می‌باشد. در این حالت خواب غده شکسته شده ولی تمام نمی‌شود. وقتی شرایط محیطی(دمای پایین و یا رطوبت بالای خاک که سبب کاهش دمای خاک می‌شود) برای رشد مجدد غده مساعد شد، رشد غده‌ها به صورت رشد ثانویه می‌باشد.

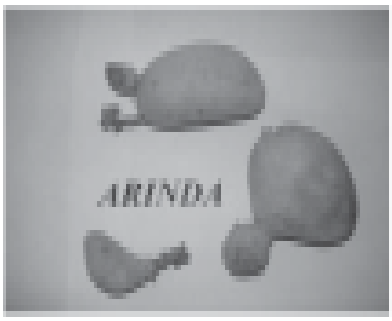
این ناهنجاری به اشکال گوناگونی از جمله ایجاد برجستگی و تورم غده‌ها (تصویر۵)، تشکیل غده‌های کوچک انتهایی، جوانه زنی غده‌ها در زیر خاک (تصویر۶)و یا تولید تعداد زیاد غده بسیار ریز برروی استولون یا جوانه‌زدن غده‌ها در زیر خاک مشخص می‌شود(تصویر۷). تصویر۵و۶و۷

علل

۱) دمای بالا

اگر دمای خاک از $27^{\circ}C$ بالاتر رود رشد ثانویه در غده مشاهده می‌شود، گر چه گاهی در دماهای پایین تر هم این پدیده رخ می‌دهد. در شرایط کنترل

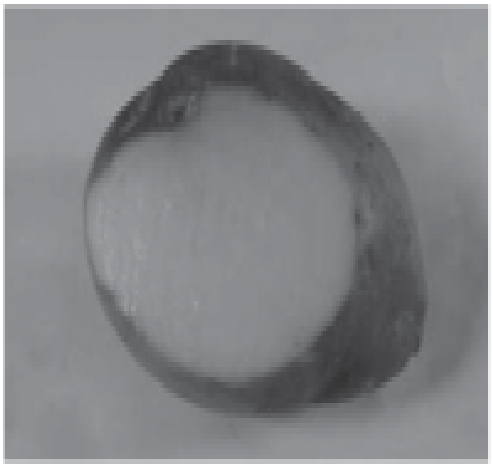
تصویر۵- ایجاد برجستگی و تورم غده



تصویر۶- جوانه زدن غده‌ها ی دختری در زیر خاک

تصویر۷ - تولید تعداد زیادی غده ریز بر روی استولون

تصویر۱- سبز شدن تمام غده سیب زمینی



تصویر۲- عمق نفوذ رنگ سبز در غده

از پخت می‌شود. بیوستز کلروفیل و سولانین به طور موازی صورت گرفته ولی این دو پدیده از هم مستقل می‌باشند. برخلاف کلروفیل، بیوسنتز سولانین نیاز به نور ندارد ولی در حضور نور میزان تشکیل گلیکوآلکالوئیدها نیز افزایش می‌یابد(Vander , ۱۹۹۸ و Pavlista , ۲۰۰۵). در استانداردهای ایالات متحده اگر بیشتر از ۵درصد غده سیب زمینی موجود در یک محموله سبز باشد، به عنوان خطرناک تلقی گشته و محصول درجه یک محسوب نمی‌شود. در سیب زمینی اگر میزان سولانین غده بیشتر از ۱درصد باشد برای خوردن مناسب نمی‌باشند. مصرف سیب زمینی با مقدار زیاد سولانین می‌تواند سبب ناراحتی‌های گوارشی و حتی مرگ شود(Vander,۱۹۹۸و Pavlista ,۲۰۰۵). سبز شدن سبب نکروزه شدن بافت‌ها نمی‌شود ولی چنان‌چه مدت در معرض نور آفتاب قرار گرفتن طولانی بوده و دما نیز بالا باشد سبب از بین رفتن و مرگ سلول‌ها شده و عارضه ای به نام Sun sculd یا آفتاب سوختگی روی می‌دهد(تصویر۳) (Hiller et al , ۱۹۸۵). تصویر۱- تصویر۲

علل:

قرار گرفتن غده‌ها در معرض نور آفتاب و نیز نور مصنوعی با شدت ۳ تا ۱۱ وات در متر مربع در طول یک دوره ۲۴ ساعته می‌تواند سبب سبز رنگ شدن غده‌ها شود. کیفیت نور نیز مهم می‌باشد. نور ماوراء بنفش و نور مرئی در ناحیه آبی - بنفش سبب افزایش تولید سولانین می‌شود. درجه حرارت نیز تاثیر بسزایی در سبز شدن دارد. زیرا سبز شدن یک واکنش آنزیمی‌بوده و فعالیت آنزیم‌ها با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد. تصویر۳-

تصویر۳-آفتاب سوختگی غده

در مزرعه علت اصلی سبز شدن پوشش کم غده‌ها با خاک یا شست و شوی خاک‌های سبک به دنبال بارندگی سنگین می‌باشد. قارچ Rhizoctonica سبب تولید غده‌هایی در سطح خاک شده و به توسعه این عارضه کمک می‌کند. برخی از ارقام به طور طبیعی غده‌ها را در نزدیکی سطح خاک تشکیل داده که امکان سبز شدن آن‌ها بیشتر می‌باشد (Hiller at al ., ۱۹۸۵). درجه حرارت نیز تاثیر بسزایی در سبز شدن دارد. در ۵°C سبز شدن قابل توجه نبوده اما در ۲۰°C سبز شدن بسیار شدید است. (Storey and Davies , ۱۹۹۲).

کنترل:

۱ - پوشش غده‌ها با خاک کافی که این عمل را می‌توان با کاشت عمیق غده‌ها و یا خاک دهی پای بوته انجام داد(Palista , ۲۰۰۵).

۲ - کود دهی تاثیر مستقیم بر میزان سولانین ندارد اما مصرف زیاد و دیر هنگام نیتروژن می‌تواند با به تاخیر انداختن بلوغ، سبب افزایش میزان سولانین شود(Palista , ۲۰۰۵).

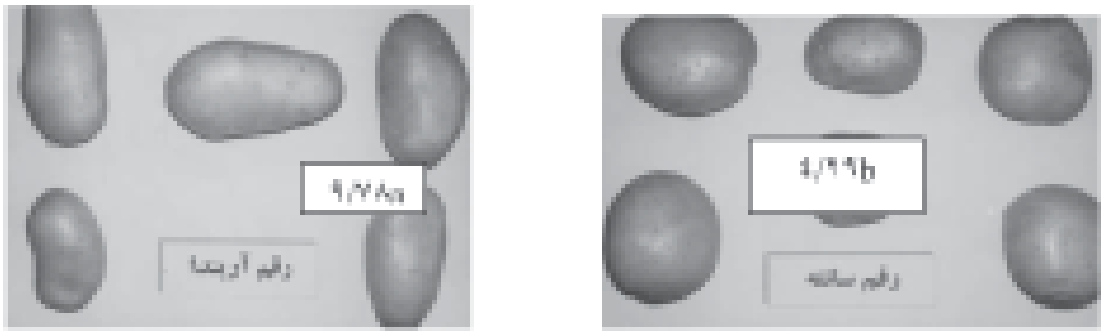
۳ - عدم برداشت غده‌های نارس که حاوی میزان سولانین بیشتری نسبت به غده‌های بالغ می‌باشند(تصویر۴). بنا براین غده‌های نارس را نباید برداشت نمود، ابتدا باید اندام‌های هوایی را قطع و بسته به شرایط آب و هوایی یک و یا دو هفته بعد غده‌ها را برداشت نمود(Palista , ۲۰۰۵).

۴ - پشته‌های پهن و مسطح نسبت به پشته‌های باریک و قله مانند، فضای کافی برای رشد غده‌ها بدون خارج شدن از خاک فراهم می‌کنند و از سبز شدن غده‌ها جلوگیری می‌کنند(Palista , ۲۰۰۵).

۵ - خشکی به طور مستقیم تاثیری بر سبز شدن غده ندارد ولی از طریق

جدول۱-مقایسه درصد وزنی رشد ثانویه در دورهای مختلف آبیاری

دور آبیاری تبخیر از طشت کلاس A (mm)	آب مصرف شده در هکتار (m^3)	تعداد آبیاری	درصد رشد ثانویه
۵۰	۹۱۱۵	۱۲	۲/۸ d
۷۵	۸۵۰۱	۹	۱/۷۹c
۱۰۰	۷۲۶۷	۷	۷/۳۵b
۱۲۵	۶۱۰۸	۵	۹/۰۶a



تصویر۸-مقایسه درصد وزنی رشد ثانویه در دو رقم آریندا و سانته (دارابی،۱۳۸۶)

افزایش طول روز و دربرد نیروزن رشد در هنگام رسد غده رشد نیز می‌تواند سبب بروز این عارضه شود (krauss , ۱۹۸۵). مصرف بعضی از این علف کش‌ها سبب رشد ثانویه خواهد شد. هورمون دیگری که در رشد ثانویه موثر می‌باشد ABA بوده که اثرات GA را خنثی می‌کند و رشد ثانویه در غده‌ها معمولا با نسبت پایین ABA به GA همراه می‌باشد (Hiller et al., ۱۹۸۵). تصویر۸

کنترل

از آن‌جایی‌که هوای گرم اثر بسیار قوی بر وقوع رشد ثانویه دارد در نتیجه اجتناب از وقوع رشد ثانویه، به طور کامل امکان پذیر نمی‌باشد. عملیات زراعی که منجر به پوشش سریع خاک می‌شوند از قبیل اندازه، سن فیزیولوژیک (کاشت غده‌ها در مرحله چند جوانه ای) و تراکم مناسب که سبب ایجاد یک پوشش گیاهی متراکم به‌طور سریع می‌شوند در کاهش این عارضه موثر می‌باشد.

منابع :

۱- دارابی، ع. ۱۳۸۶ الف. اثر کاشت پاییزه و زمستانه و تنش دما بر عملکرد، عملکرد کل، قابل فروش و اجزاء عملکرد چند رقم سیب زمینی. نهال وبذر. ۲۳(۳): ۳۸۶-. ۳۷۳

۲- دارابی، ع. ۱۳۸۶ب. اثر تراکم بوته و تاریخ برداشت بر عملکرد کل و اجزء عملکرد چند رقم سیب زمینی در بهبهان. نهال وبذر. ۲۳(۲): ۲۴۵-. ۲۳۳

۳- رفیع، م. ر. و ع. دارابی. ۱۳۸۶۰ بررسی تاثیر دور و میزان آبیاری بر عملکرد کل و قابل فروش و اجزای عملکرد ارقام سیب زمینی. مجله علمی کشاورزی. ۳۰(۱): ۳۶-. ۲۷

۴- رجبی، الف. : ۱۳۷۹ بیماری‌های سیب زمینی (ترجمه). چاپ اول. مرکز نشر دانشگاهی، تهران: ۵۵-. ۴

۵- رضائی، ع. وا. ساطانی. . ۱۳۷۵ زراعت سیب زمینی (ترجمه). چاپ اول. انتشارات

6-Hiller ,L.K., Koller ,.D.C.and Thornton, R. E . 1985 . Phyiological Disorders of Potato Tubers .pp .399 - 455 . In: H.L.L Paul (ed). Potato Physio logy. Acadmic Press , Inc.New York.

7-Krauss, A. 1985 . Interaction of nitrogen nutrition, Phytohormones and tuberization. In : li P.H. (ed.) Potato Physiology. Acadamic Press, Orlando. pp. 209-230.

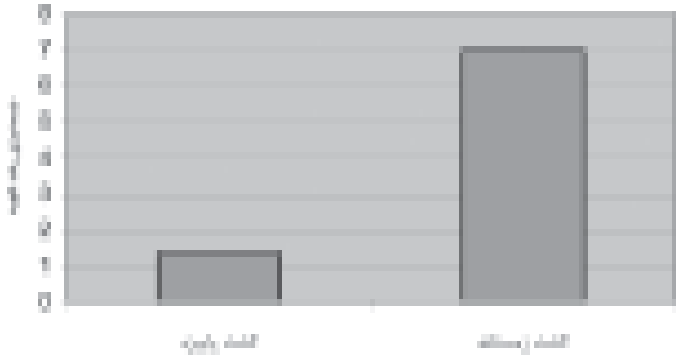
8-Lal. S.S.and Sud. k . C. 2001 . Potato . PP.497-516. In : Rathore, P.S. (ed.) Technique and Management of Field Crop Production .Agrobios . India .

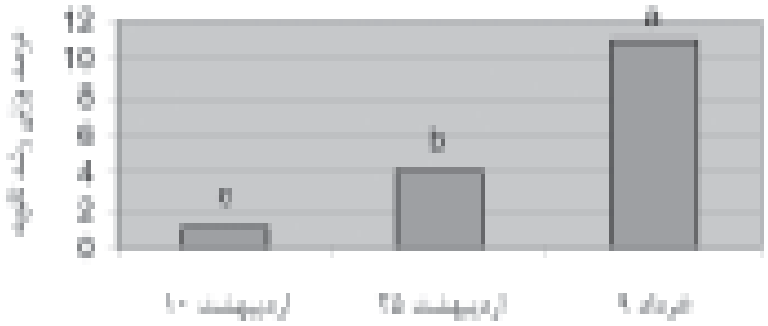
9-Palvista, A.D.2005. Green Potatoes : The Problem and The Solution . Lincorn Extention , Institue of Agriculture and Natural Resources . University of Nebraska.

10-Storey, R.M.J. and Davis, H.V .1992. Tuber quality. pp. 504-569.I n : Harris, P.M.(ed.) The Potato Crop . Chapman and Hall . London.

11-Thomas, p.1984. Radiation preservation of foods of plant origin. part I. Potatoes and other Tuber Crops CRC . Crit, Rev. in food Sci and Nutr.19 , 327.

12-Vander, W.1989.Greening of Potatoes. Cooprative Extention Service , University of Alaska FairBanks.





۲) تنش آبیاری

تنش آبیاری یک عامل نامنظم و یا میزان آب

شده قرار گرفتن غده‌ها در دمای ۳۲°C به مدت ۷ روز سبب بروز رشد ثانویه می‌گردد (Hiller et al., ۱۹۸۵). هر چه دمای هوا بالاتر و مدت زمانی که گیاه در معرض دمای بالا قرار گیرد طولانی تر باشد، شدت رشد ثانویه نیز طولانی تر است.(رجبی، ۱۳۷۹). چنان‌چه نتایج یک بررسی در بهبهان مشخص نمود که درصد وزنی رشد ثانویه در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه به طور معنی داری در سطح احتمال ۱درصد بیشتر است(نمودار ۱).(دارابی، ۱۳۸۶ الف) نتایج یک پژوهش دیگر نشان داد که وقتی غده‌ها در سه تاریخ ۱۰، ۲۵ اردیبهشت و ۹ خرداد برداشت شدند با به تعویق افتادن تاریخ برداشت درصد وزنی این عارضه افزایش یافته است (نمودار ۲)(دارابی، ۱۳۸۶ ب)

سه دلیل اساسی برای تاثیر درجه حرارت بالا برای بروز رشد ثانویه غده‌ها بیان شده است:

۱ -۱ درجه حرارت بالا شرایط غده زایی و حتی رشد غده را متوقف می‌کند و با پایین آمدن دما و شروع رشد دوباره ، رشد ثانویه در غده‌ها حاصل می‌شود.

۲-۱ در شرایط دمای بالا تنفس غده‌ها بالا رفته و نشان داده شده است که افزایش تنفس با رشد ثانویه مرتبط می‌باشد (Hiller et al., ۱۹۸۷).

۳-۱ احتمالا درجه حرارت بالای خاک سبب افزایش تولید جیبرلین شده و کاربرد اسید چیبرلیک در بروز رشد ثانویه بسیار موثر می‌باشد. اگر چه رشد ثانویه به‌وسیله در معرض قرار گرفتن هر قسمت گیاه در دمای بالا ایجاد می‌شود ولی قرار گرفتن غده در دمای بالا بسیار موثر می‌باشد (Struik et al , ۱۹۸۹).

۲) تنش آبیاری

تنش آبیاری یک عامل موثر در بروز رشد ثانویه می‌باشد (van loon , ۱۹۸۶) آبیاری نامنظم و یا میزان آب ناکافی سبب بروز رشد ثانویه بسیار موثر می‌شود. ولی باید توجه نمود که استرس خشکی به طور معمول با دمای بالای خاک همراه بوده که نقش مهمی‌در این پدیده ایفا می‌کند. جدول(۱) نشان می‌دهد که متناسب با افزایش فاصله آبیاری و کاهش مصرف آب در دوره رشد و نمو سیب زمینی،درصد رشد ثانویه در غده افزایش یافته است(رفیع ودارابی۱۳۸۶). جدول-۱

۳) حساسیت متفاوت ارقام

اختلاف زیادی بین ارقام از نظر حساسیت به رشد ثانویه وجود دارد، اما رقمی‌تا کنون مشاهده نشده است که به طور کامل نسبت به این عارضه مقاوم باشد. رقم‌هایی که غده طویل تولید می‌کنند(مثل آریندا) نسبت به این عارضه حساسیت بیشتری دارند(Wein , ۱۹۹۷) (تصویر۸).

استراتژی‌های جذب آهن توسط گیاهان

غلظت آهن در بیشتر خاک‌ها به حدی است که برای تامین نیاز گیاه کافی است. ولی در خاک‌های به‌خوبی تهویه شده غلظت آن کم بوده، بنابراین گیاهان بایستی با روش‌های خاصی آهن را جذب نمایند(۴۳)

در بسیاری از گیاهان, کمبود آهن موجب تحریک عکس العمل‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک متعددی می‌شود (۲۹، ۳۵، و۴۷) مکانیسم‌های جذب آهن توسط ریشه گیاهان با نام مکانیسم‌های سازشی ویا قابل تحریک در میان ژنوتیپ‌ها متفاوت است و این تفاوت‌ها را می‌توان براساس دو استراتژی تقسیم بندی نمود (۲۹،۹ و ۴۳)

استراتژی I که بیشتردر گیاهان عالی دولپه ای و تک لپه ای‌های غیر گرامینه(گیاهان علفی) دیده می‌شود، توسط چهار نوع عکس العمل فیزیولوژیک مشخص می‌گردند که شامل (۱) افزایش آزاد سازی یون هیدروژن، که سبب افزایش انحلال و احیاء آهن سه ظرفیتی به دو ظرفیتی می شود (۲۰و۴۴) (۲) - تشکیل سلول های انتقال دهنده ریزودرم[1] (۱۹و ۲۱) که در بعضی مراحل به اسیدی بودن محیط ریزوسفر بستگی دارد(۲۰ و ۴۱) (۳)- افزایش احیاء آهن سه ظرفیتی همراه با جذب بیشتر آهن دو ظرفیتی به سبب فعالیت آنزیم رداکتاز تحریک پذیر متصل به غشاء پلاسمایی[2] و انتقال سریع الکترون[3] (۱۱ و ۱۴) (۴) افزایش رهاسازی ترکیبات احیاء کننده یا کلاتورها مانند فنول‌ها وفلاوین ها (۱۰ ، ۲۹ ، ۳۸ و۴۱) می‌باشند. علاوه برموارد فوق تجمع اسیدهای آلی از جمله اسید سیتریک و اسید مالیک در ریشه ها را نیز می‌توان مشاهده نمود(شکل ۱) .

اهمیت نسبی این چهار خصوصیت در گونه‌ها و ارقام مختلف گیاهان، همچنین در محلول‌های غذایی و شرایط خاک متفاوت است. برای نمونه در محلول‌های غذایی حاوی غلظت‌های بالای Fe^{3+} کلات شده، آزادسازی مواد احیاءکننده و کلات‌کننده از اهمیت کمی‌برخوردار بوده در حالی که در شرایط خاک‌های آهکی، اهمیت بیشتری دارد(د۲۸). ترشح یون H^+ در شرایط خاک‌های آهکی که با کمبود آهن مواجه هستند به‌خصوص از ریشه‌های گیاهان دولپه‌ای بسیار با اهمیت است. افزایش ترشح H^+ و نیز افزایش ظرفیت احیایی ریشه در پاسخ به کمبود آهن، محدود به گیاهان زراعی نبوده و در علف‌ها و بوته‌های وحشی سازش یافته با خاک‌های قلیایی نیز مشاهده

اهمیت اکولوژیک سیدروفورها و تاثیر عوامل محیطی بر تولید و ترشح آن‌ها

علیرضا فلاح و حسین بشارتی
استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

به علت آهکی بودن بیشتر خاک‌ها و بالا بودن pH آن‌ها جذب آهن توسط گیاهان با مشکل روبه‌رو است. گیاهان با روش‌های خاصی آهن را مورد نیاز خود را تامین می‌نمایند. استراتژی‌های جذب آهن توسط گیاهان به نام استراتژی‌های I و II معروف هستند. استراتژی I (که بیشتردر گیاهان عالی دولپه ای و تک لپه ای‌های غیر گرامینه(گیاهان علفی) دیده می‌شود)، با چهار خصوصیت آزاد سازی یون هیدروژن، تشکیل سلول‌ه‌ای انتقال دهنده ریزودرم، افزایش احیاء آهن سه ظرفیتی و افزایش رهاسازی ترکیبات احیاء کننده یا کلات کننده ها مشخص می‌شود. استراتژی II نیز، پاسخ ریشه گیاهان علفی (گراس‌ها) به کمبود آهن بوده و با دو ویژگی فیزیولوژیک آزادسازی فیتوسیدروفورها (اسیدهای آمینه غیرپروتئینی) و وجود یک سیستم انتقال قوی فیتوسیدروفورهای آهن سه ظرفیتی مشخص می‌شود. تعدادی از گونه‌های گیاهی قادرند از هر دو استراتژی I و II و همچنین از سیدروفورهای میکروبی برای جذب آهن سود ببرند که این استراتژی بنام استراتژی نوع III معروف است.

سیدروفورهای میکروبی و گیاهی برای مقابله با کمبود آهن قابل جذب محیط تولید و ترشح شده و با اهن فریک کمپلکس پایداری را ایجاد می‌کنند. دو مسیر برای جذب آهن کمپلکس شده توسط سیدروفور، پیشنهاد شده است. در مکانیسم اول کمپلکس سیدروفور-آهن دست نخورده توسط یک سیستم انتقالی ویژه موجود در غشای پلاسمایی به داخل سیتوپلاسم منتقل می‌شود. در مکانیسم دیگر آهن کمپلکس شده توسط سیدروفور با عمل آنزیم احیا کننده آهن(III) که در غشای پلاسمایی وجود دارد احیا شده، کمپلکس در سطح خارجی سلول شکسته، آهن جذب گردیده و سیدروفور در خارج سلول رها می‌گردد، و یا آهن از طریق فرآیند تبادل لیگاندی جذب می‌شود. به‌طورکلی مقادیر بالای جذب و انتقال آهن ناشی از وجود سیستم جذب اختصاصی، قابلیت رداکس بالای کمپلکس آهن و یا ثابت پایداری کم کمپلکس (تبادل لیگاندی) است.

هرگاه آهن به عنوان عامل محدودکننده رشد بوده و میکروارگانیسم‌های رقیب نیز حضور داشته باشند، توانایی استفاده از سیدروفورهای تولید شده توسط سایر میکروارگانیسم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به علاوه این توانایی می‌تواند در فعالیت‌های متابولیکی که در درون سلول میکروبی انجام می‌شود، صرفه‌جویی انجام دهد و فعالیت‌های متابولیک سلول میکروبی را کاهش دهد. توانایی پسودوموناس‌های محرک رشد گیاه در استفاده از سیدروفورهای تولید شده توسط سایر میکروارگانیسم‌ها، مانند پیووردین ها که پسودوموناس‌های دیگر آن را تولید می‌کنند، توان رقابت آن‌ها در ریزوسفر را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد و باعث برتری رقابتی آن‌ها می‌گردد. اگر میکروارگانیس می‌بتواند از سیدروفورهای گوناگون استفاده نماید، قدرت کلونیزاسیون ریشه توسط آن بیشتر بوده و از قدرت رقابتی بالاتری نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها برخوردار خواهد بود. سیدروفورهای میکروبی علاوه بر تامین آهن مورد نیاز، به عنوان منبع ذخیره آهن، عامل رشد و پاسخی به تنش‌های محیطی نیز نقش ایفا می‌کنند. عوامل محیطی (درجه حرارت، نور ، کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول) و گیاهی (سن گیاه و میزان مقاومت آن به کمبود آهن) مختلفی در ترشح فیتوسیدروفورها موثر هستند. افزایش جمعیت میکروبی تجزیه کننده سیدروفور و مصرف کودهای حاوی آهن باعث کاهش تولید فیتوسیدروفورها می‌شود.

کلمات کلیدی: سیدروفور، فیتوسیدروفور، استراتژی‌های جذب آهن، اهمیت اکولوژیک

برای جذب آهن سود ببرند که این استراتژی به‌نام استراتژی نوع III معروف است. در زیر به برخی از مکانیسم‌های استراتژی جذب آهن اشاره می‌شود.

۱- ترشح و خروج پروتون (H^+): pH ریزوسفر نقش مه‌می‌در تحرک عناصر غذایی و فعالیت میکروارگانیزم‌ها دارد و بسته به وضعیت غذایی گیاه، ظرفیت بافری خاک و سن گیاه، ممکن است تفاوت آن با pH توده خاک به ۲ واحد نیز برسد. اسیدی شدن محیط ریزوسفر ممکن است در اثر تغییر در الگوی جذب کاتیون - آنیون، متابولیسم نیتروژن، خروج H^+ توسط پمپ ATPase در اثر کمبود آهن و فسفر روی دهد. بسیاری از دو لپه ای ها و برخی تک لپه ای‌های غیر گرامینه، در پاسخ به کمبود آهن باعث افزایش اسیدی شدن ریزوسفر می‌شوند. این پدیده هنوز در گیاهان علفی مشاهده نشده است. اسیدی شدن, اکسیدهای آهن را از طریق ضعیف کردن پیوندهای O-Fe حل کرده و در نتیجه باعث آزادسازی فلز می‌شود. افزایش اسیدی شدن تحت شرایط کمبود آهن به فعالیت H^+-ATPase غشاء سلولی نسبت داده شده است. زیرا بازدارنده‌های اختصاصی ATPase همانند DES[۴] و DCCD[۵] اسیدی کردن محیط تحت شرایط کمبود آهن را متوقف می‌نمایند. در محلول غذایی که تمام نیتروژن از منبع نیترات باشد بعضی گیاهان مانند گوجه‌فرنگی، آفتابگردان و بادام زمینی اسیدی کردن ریزوسفر را در طی کمبود تشدید می‌کنند. در حالی‌که برخی دیگر به‌خصوص سویا در اسیدی‌کردن محیط ریزوسفر اثر کم‌تری دارند.

شکل تامین نیتروژن, تاثیر قابل توجهی بر نسبت جذب کاتیون به آنیون دارد و بدین صورت بر pH ریزوسفر گیاهان یک‌ساله و چند ساله تاثیر می‌گذارد. تامین نیتروژن از منبع نیترات با آزاد شدن بیشتر HCO_3^- یا مصرف H^+ همراه بوده ولی تامین نیتروژن از منبع آمونیوم باعث ایجاد عکس حالت فوق می‌گردد. بنابراین در خاک‌های با pH خنثی تا قلیایی، تغذیه نیتروژن از منبع آمونیومی‌بدلیل اسیدی کردن محیط, جذب عناصر غذایی کم مصرف به ویژه آهن را افزایش می‌دهد (۲۶).

دلیل افزایش ترشح H^+ در اثر کمبود آهن هنوز کامل شناخته نشده است. تثبیت CO_2 و تجمع اسیدهای آلی در گیاهان در اثر کمبود آهن افزایش یافته ، به نظر می‌رسد اسیدهای آلی(مالئات و سیترات) در آزادسازی H^+ موثر باشند. از طرف دیگر تحقیقات نشان داده است که رابطه مثبتی بین تثبیت CO_2 و اسیدی شدن ریزوسفر وجود دارد.

۲- خروج ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم: ترکیبات آلی متفاوتی به صورت فعال یا غیرفعال توسط ریشه ها آزاد می‌شود که شامل قندها ی احیاء شده، اسیدهای آمینه، فنل ها و اسیدهای آلی می‌باشند. اگر چه الگوی ترشح ریشه به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود اما عوامل محیطی ممکن است اهمیت بیشتری از تفاوت‌های داخل گونه ای داشته باشند. میزان آزادسازی ترکیبات آلی می‌تواند تا ۲۰درصد کربن تثبیت شده را در بر گیرد. میزان ترشح و ترکیب مواد مترشحه به خصوصیات گهرمایه [۶]، pH، نوع خاک، شدت نور، درجه حرارت خاک، وضعیت تغذیه ای گیاه و حضور میکروارگانیزم‌ها بستگی دارد. علاوه بر این ترشح ریشه تحت تاثیر سن گیاه، وضعیت تغذیه ای و آلودگی گیاه به میکوریزا قرار دارد. خروج ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم، تحت شرایط کمبود مواد غذایی به ویژه فسفر و آهن افزایش می‌یابد. در طی تغذیه ناکافی آهن، میزان خروج و آزادسازی فنلیک ها، ریبوفلاوین ها و اسیدهای آلی توسط ریشه افزایش می‌یابد. مواد مترشحه ریشه به صورت مستقیم قابلیت استفاده عناصر کم مصرف را به وسیله اسیدی کردن ریزوسفر، کلاته کردن یا احیاء Fe^{3+} تحت تاثیر قرار می‌دهند.

تصور می‌شود فنل ها (مانند اسید کافئیک و اسید کلروژنیک) منابع اصلی الکترون برای احیاء ترکیبات آهن III می‌باشند. آزمایشات بسیاری حاکی از آن است که فنل ها نقش اساسی را در احیاء ترکیبات آهن در محلول غذایی ایفا ن‌می‌کنند. جلوگیری از تخریب بیولوژیک اسیدهای آلی (که ممکن است یک منبع مهم برای تغذیه آهن باشند) و کلاته کردن Fe (III) شناخته شده ترین وظایف فنل‌های خارج شده از ریشه ها است.

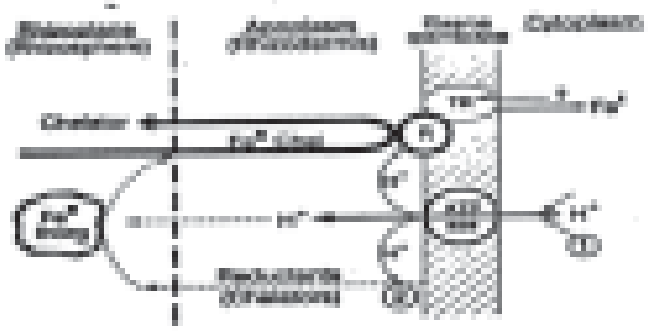
اهمیت ترشح فلاوین ها توسط گیاهان دچار کمبود آهن به درستی شناخته نشده است. تجمع و یا ترشح فلاوین ها محدود به گونه‌های معینی بوده و به عنوان یک حالت عمومی‌در پاسخ به کمبود آهن نیست . فلاوین‌های اصلی در محلول غذایی گیاه چغندرقند دچار کمبود آهن شامل ریبوفلاوین ۳-سولفات و ریبوفلاوین ۵ - سولفات هستند. نقش دیگر فلاوین ها در جذب آهن مربوط به خصوصیات ضد میکروبی آن است که به عنوان یک سد در مقابل میکروارگانیزم‌های رقابت کننده بر سر آهن قابل استفاده است. اسیدهای آلی ممکن است بیشترین جزء ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم ترشح شده توسط ریشه ها را شامل گردند. حدود ۱تا ۱۵ درصد کل کربن خارج شده از گیاه به صورت اسیدهای آلی بوده که این میزان با احتساب مقدار ورودی آن است.

در pH های پایین خاک, اسیدهای آلی می‌توانند با آهن تولید کمپلکس‌های پایداری نمایند. برخی محققان غلظت سیترات آهن (III) را در سطح ریشه نسبت به خاک بین ۵ /۰-۰/۱ و بیشترین غلظت اسیدهای آلی را در ریزوسفر در شرایط استثنایی تا ۹۰۰۰ گزارش کرده اند. بنابراین غلظت آهن پیوندی با اسیدهای آلی برای رفع نیاز آهن کافی است. در pH های بالای خاک تحرک آهن به وسیله مالات و سیترات کم‌تر بوده و کمپلکس‌های ناپایدار به سرعت تخریب می‌گردند.

۳ - احیاء کلات‌های آهن (III): برای جذب آهن بایستی کلات‌های (آهن III) قبل از جذب احیاء گردند. امروزه مشخص شده است که احیاء می‌تواند توسط سیستم احیاء کننده متصل به غشاء که الکترون را از سیتوسل

جدول ۱- اثرات کمبود آهن در خیار بر روی خروج پروتون، ظرفیت احیاء ریشه و میزان جذب آهن

وضعیت تغذیه آهن	کلروفیل	pH ۱۲ دقیقه	ظرفیت احیاء	جذب آهن
+Fe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-Fe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]



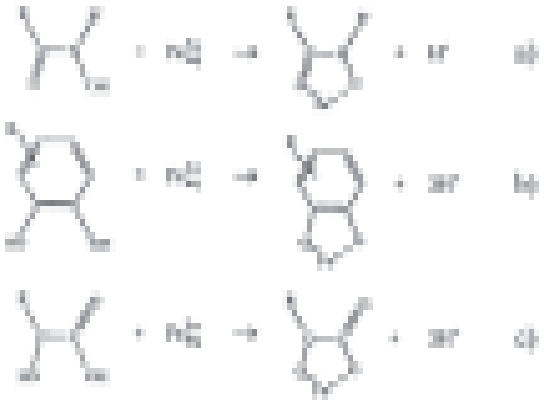
شکل۱- جذب آهن در دو شبه اپیها و شبه اپی ماي مو گرامینه (استراتژي II)
R: ردکتاز قابل القاء TR: ناقل یا کانال Fe^{2+}، ۱: تقویت ترشح HCO^{-}_{3}؛
افزایش رهاسازي کلات کننده ها / احیا کننده ها

شکل ۲- مدل براي جذب آهن در گونه هاي گرامینه (استراتژي II)
(R) افزایش سنتز و آزادسازي فیتوسیدروفور (TY) ناقل آهن III-
فیتوسیدروفور در غشاء سلولی

می‌شود. نتایج تحقیقات گلدانی و مزرعه‌ای در خاک‌های مختلف و نتایج آزمایش‌های انجام شده در شرایط کنترل شده در محلول‌های غذایی نشان داده که در شرایط خاک‌های آهکی با تهویه ضعیف، غلظت بالای $CaCO_3$ و HCO_3^- فاکتورهای عمده و دخیل در کلروز آهن در گیاهان استراتژی I هستند. غلظت بالای بی‌کربنات با جذب یون H^+ و جلوگیری از اسیدی شدن حد فاصل بین دیواره سلولی و غشاء پلاسمایی تاثیر آنزیم احیاءکننده متصل به غشاء پلاسمایی را کاهش داده، بنابراین میزان احیای Fe^{3+} نیز کم شده و جذب آهن کاهش می‌یابد (۲۸). شکل ۱

استراتژی II، پاسخ ریشه گیاهان علفی (گراس‌ها) به کمبود آهن بوده و با دو ویژگی فیزیولوژیک مشخص می‌شود که شامل آزادسازی فیتوسیدروفورها (اسیدهای آمینه غیرپروتئینی) و وجود یک سیستم انتقال قوی فیتوسیدروفورهای آهن سه ظرفیتی در غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه هستند(شکل ۲). آزادسازی فیتوسیدروفورها در شرایط کمبود آهن به شدت افزایش می‌یابد و تابع pH محیط نیست. فیتوسیدروفورها علاوه بر آهن با عناصری مانند روی، مس، منگنز و سایر عناصر ریزمغذی و حتی تا حدی با کلسیم و منیزیم نیز کلات‌های محلول تشکیل می‌دهند. با وجود متحرک‌شدن سایر کاتیون‌ها، جذب کمپلکس‌های فیتوسیدروفور - آهن به طور کامل انتخابی بوده و بیشتر از سایرین جذب می‌شود. جذب سایر ریزمغذی‌های کلات شده، تقریبا به اندازه جذب آن‌ها از اشکال معدنی یا کلات‌های مصنوعی می‌باشد. همبستگی مثبت بین میزان آزادسازی فیتوسیدروفورها تحت شرایط کمبود آهن و مقاومت به کلروز در ارقام گیاهان علفی خاک‌های آهکی (مانند یولاف) نشان‌دهنده اهمیت استراتژی II در جذب آهن است (۲۸). شکل ۲

تعدادی از گونه‌های گیاهی مابین دو استراتژی I و II هستند به عبارت دیگر قادرند از هر دو استراتژی I و II و همچنین از سیدروفورهای میکروبی



شکل ۴- تشکیل حلقه پنج وجهی بین آهن فریک و گروههای پیوند دهنده سیدروفورهای حلقه

کمپلکس شده با سیدروفورهای میکروبی به کمک سیستم‌های انتقال اختصاصی که در غشاء سلولی وجود دارند، ممکن می‌شود. به پدیده مذکور استراتژی III نیز گفته می‌شود. گیاهانی که قادر به استفاده از سیدروفورهای میکروبی به عنوان حامل آهن III هستند، کارآیی بالایی نسبت به جذب آهن دارند. آهن کمپلکس شده توسط سیدروفور میکروبی می‌تواند با عمل آنزیم احیاءکننده کلات آهن III که در غشاء پلاسمایی وجود دارد (گیاهان استراتژی I) و یا از طریق فرآیند تبادل لیگاندی با فیتوسیدروفورها (گیاهان استراتژی II) جذب شود. در خاک‌های غنی از عناصر کم مصرف، در منطقه ریزوسفر که ترشحات ریشه فراوان است، غلظت هیدروکسامات‌ها نیز زیاد می‌باشد. روی (Zn) بیشترین تاثیر را در ترشح سیدروفورها دارد. سیدروفورها بیشتر شش دندانه‌ای بوده و با Fe^{3+} کمپلکس ۱ به ۱ تشکیل می‌دهند. پایداری این کمپلکس‌ها بین ۱۰۲۵ تا ۱۰۵۱ متغیر است

تشکیل کمپلکس سیدروفور با آهن فریک با خروج H^+ از گروه‌های پیوند دهنده و ایجاد حلقه پنج وجهی همراه می‌باشد (شکل ۴). نقش سیدروفورهای میکروبی در تامین آهن گیاه به ثابت پایداری آن‌ها و توانایی آن‌ها در تامین آهن به صورت منابع خارج سلول برای کلات شدن با فیتوسیدروفورها بستگی دارد. در آزمایشی کلروز ناشی از آهک در بادام‌زمینی با مصرف ۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم Fe-siderophore به‌طور کامل رفع شد. به‌طور کلی گیاهان استراتژی I کارآیی بیشتری در استفاده از سیدروفورها دارند. در گیاهان گرامینه در شرایط رشدی استریل شده، جذب آهن از Fe-۱۰۰HMA تا ۳۰۰ برابر بیشتر از Fe-siderophore بود. آهن هر دو منبع بدون احیاء شدن در خارج سلول جذب گردید. به تازگی استفاده موفق از سیدروفورهای میکروبی به صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها نیز گزارش شده است. شکل ۴

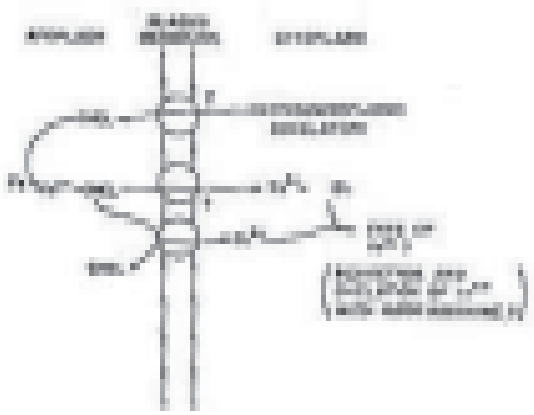
به‌طور کلی مقادیر بالای جذب و انتقال آهن, ناشی از وجود یک سیستم جذب اختصاصی کمپلکس‌های آهن (مثل فیتوسیدروفورها در گیاهان استراتژی II)، قابلیت رداکس بالای کمپلکس آهن (احیاء آهن توسط آنزیم‌های احیاءکننده غشاء در گیاهان استراتژی I) و یا ناشی از ثابت پایداری کم‌کمپلکس (تبادل لیگاندی) می‌باشد. یکی از عوامل تبادل لیگاندی آهن سیدروفوری، اسید سیتریک است که در مقادیر زیادی در ریزوسفر وجود دارد ولی کمپلکس‌کننده ضعیفی است ، بنابراین اگرچه به راحتی توسط گیاه جذب و منتقل می‌شود ولی در خاک از اهمیت کمی‌برخوردار می‌باشد. احیاء کلات های حاوی آهن مهم‌ترین مکانیسم فراهم‌کننده آهن برای گیاهان است. قابلیت رداکس غشای پلاسمایی گیاهان کلروزه ۳۷۰- میلی‌ولت، فری اکسامین ۴۷۰- میلی‌ولت و ۲۳۰ Fe-EDDHA میلی‌ولت گزارش شده است. بنابراین میزان جذب Fe-EDDHA توسط گیاهان بالاست.

مقادیر قابل توجهی از سیدروفورها به سطوح رس‌ها می‌چسبند، بنابراین درگیاهان کاشته شده در خاک در مقایسه با گیاهان هیدروپونیک، اثر فعالیت میکروبی در افزایش آهن سطوح ریشه بسیار مشهود است. سیدروفورهای متصل به رس‌ها با مکانیسم تبادل کاتیونی، احیاءکننده‌های موجود در محلول خاک، انتقال توسط اسیدهای آلی، فیتوسیدروفورها و سیدروفورهای میکروبی، آهن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کنند.

سیدروفور جذب سطحی شده از منطقه ریزوسفر, آبشویی نشده و به عنوان یک کود کندرها عمل می‌نماید در جذب آهن توسط گیاه نقش بسزایی ایفا می‌کند. تامین آهن گیاه از این منبع به تامین لیگاند کافی بستگی دارد تا بتواند از یک طرف آهن را از سیدروفور گرفته و از طرف دیگر آن را به شکل قابل استفاده به ریشه منتقل نماید. ریزوفرین (Rhizoferrin) یک سیدروفور با بار منفی بوده و ناقل قوی برای آهن می‌باشد. نتایج متناقضی در مورد احیاء کمپلکس سیدروفور ۷FOB با آهن مشاهده شده است. کمپلکس Fe-FOB به صورت احیاء نشده و دست نخورده جذب ریشه می‌گردد ولی کمپلکس اسید رودوترولیک (RA) - آهن به صورت احیاء شده جذب می‌گردد.

اهمیت اکولوژیک سیدروفورهای میکروبی

بیشتر گونه‌های قارچی قادرند چندین نوع سیدروفور مشخص را تولید کنند. شاخص ترین موارد شامل قارچ خاکزی به‌نام E . purpurascens، قارچ اکتومیکوریزی Boletus edulis و قارچ انباری ochraceous Aspergillus هستند که بیش از ۱۰ نوع سیدروفور مختلف را در محیط



شکل ۳- جذب آهن از طریق فیتوسیدروفورها در گیاهان علفی

به سطح خارجی غشاء پلاسمایی منتقل می‌نماید, انجام گیرد. ریشه ها دارای دو نوع رداکتاز هستند. یک نوع رداکتاز الکترون‌ها را به پذیرنده‌های با قابلیت متوسط - کم انتقال می‌دهد بنابراین ظرفیت بالایی را شامل می‌شود. نوع دیگر تنها قادر به احیاء فری سیانید(پذیرنده الکترون با قابلیت بالا و معروف به رداکتاز استاندارد) است.

اگر چه پمپ احیاء ترا غشایی ممکن است منجر به ترشح H^+ گردد ولی افزایش ترشح H^+ در اثر کمبود آهن مربوط به پمپ ترشح H+ در غشای پلاسمایی بوده و ارتباطی با فعالیت رداکتاز ندارد. فعالیت رداکتاز (R) در pH پایین افزایش می‌یابد بنابراین افزایش ترشح H^+ به وسیله ATPase برای کارآیی در احیاء Fe^{3+} موثر و مهم می‌باشد. پاسخ ریشه به کمبود آهن و افزایش میزان جذب آن در گیاه خیار (استراتژی I) در جدول (۱) آورده شده است. جدول ۱

احیاء مقادیر بالای آهن (III) در سطح غشاء سیتوپلاس می‌سلول‌های ریزودرمی‌به طور ویژه ای جذب آهن را افزایش می‌دهد. هنوز مشخص نیست که انتقال آهن احیاء شده Fe^{2+} را ردکتاز و یا پروتئین‌های وابسته (TR) در سیتوپلاسم به عهده دارند.

استراتژی II مختص به گیاهان گرامینه است . در این استراتژی هنگام کمبود آهن آزادسازی اسیدهای آمینه غیر پروتوژنیک که سیدروفور نامیده می‌شود افزایش می‌یابد. فیتوسیدروفورها مانند اسید موژنیک کمپلکس‌های بسیار پایداری با آهن (III) تشکیل می‌دهند که ضریب پایداری آن در آب ۱۰۳۳ است.

نحوه جذب سیدروفورها

وقتی گیاهان علفی و دو لپه ای‌ها در خاک‌های آهکی که دارای آهن قابل استفاده پایین است کشت شوند، اغلب گیاهان علفی از دو لپه ای‌ها به کلروز مقاومتر هستند. زیرا آن‌ها برای به‌دست آوردن آهن مکانیزم متفاوتی نسبت به دو لپه ای‌ها دارند. برای نخستین بار در سال ۱۹۷۶ دانشمندان با شستن ریشه‌های برنج ترکیباتی را مشاهده نمودند که می‌توانستند آهن(III) را حل نماید. اسید موژنیک و اسید آونیک از ترکیبات کلات کننده می‌باشند، که شناخته شده اند. مسیر بیوسنتز این ترکیبات به‌درستی شناخته نشده است. اسید موژنیک و اسید آونیک کلات‌های پایداری با آهن (III) و کلات‌های با پایداری کم‌تری با Fe۲+ تشکیل می‌دهند. در پاسخ به کمبود آهن فیتوسیدروفورها و پذیرنده‌های غشاء پلاسمایی سنتز می‌شود، بنابراین ترکیبات گروه اسید موژنیک کلات‌های آهن (III) هستند که برای جذب آهن به ریزوسفر می‌ریزند.. فیتوسیدروفورها که برای کلات کردن آهن (III) اختصاصی می‌باشند، با آهن (III) خارج سلول پیوند برقرار می‌نمایند. کمپلکس فیتوسیدروفور- آهن (III) به پذیرنده‌های ویژه ای در خارج غشاء متصل شده و سپس یا Fe^{3+} به Fe^{2+} احیاء شده و یا به صورت کمپلکس فیتوسیدروفور آهن دست نخورده به داخل سلول منتقل می‌گردد. در مورد مکانیزم جذب فیتوسیدروفورها در گیاه اطلاعات ک‌می‌وجود دارد. تحقیقات بر روی جو نشان داده است که جذب آهن از فیتوسیدروفور - آهن (III) صد تا هزار برابر سریعتر از کلات‌های سنتتیک مانند EDTA بوده و نیازی به احیاء Fe(III) قبل از جذب نیست و کمپلکس فیتوسیدروفور آهن (III) به طور کامل و دست نخورده جذب گیاه جو می‌گردد. این عمل توسط یک گیرنده خاص در غشاء سلولی تسهیل می‌گردد. دو مسیر ممکن برای جذب آهن از طریق فیتوسیدروفورها وجود داشته باشد. فیتوسیدروفور به صورت دست نخورده منتقل می‌شود و یا کمپلکس در سطح خارجی غشاء پلاسمایی شکسته و آهن جذب شده و فیتوسیدروفورها به محلول خارجی آزاد می‌گردد (شکل۳).

به عنوان جزء استراتژی II یک سیستم انتقالی بسیار ویژه در غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه گرامینه وجود دارد که فیتوسیدروفورهای آهن(III) را به داخل سیتوپلاسم منتقل می‌نماید. در گونه‌های دارای استراتژی I این سیستم وجود ندارد. فیتوسیدروفورها با دیگر یون‌های سنگین مانند روی و منگنز نیز کمپلکس تشکیل می‌دهند اما ناقل‌های موجود در غشاء پلاسمایی تمایل ک‌می‌به این کمپلکس ها دارد. با این وجود خروج فیتوسیدرفورها به طور غیر مستقیم میزان جذب این عناصر را به وسیله افزایش تحرکشان در ریزوسفر و آپوپلاسم ریشه، افزایش می‌دهد. تحت شرایط کمبود آهن نه تنها آزادسازی فیتوسیدروفورها افزایش می‌یابد بلکه میزان جذب کمپلکس‌های سیدروفور آهن (II) نیز افزایش می‌یابد. جذب آهن از فیتوسیدروفورها با مکانیسم تبادل لیگاندی صورت می‌گیرد که سرعت این واکنش به عواملی مانند مقدار فیتوسیدروفور ترشح شده، غلظت کمپلکس سیدروفور-آهن، ثابت پایداری لیگاندهای Fe^{3+} و سایر کاتیون‌های رقابت‌کننده بستگی دارد.

علاوه بر فیتوسیدروفورها، سیدروفورهای میکروبی نیز می‌توانند به عنوان منبع آهن برای گیاهان (استراتژی I و II) بکار روند. انتقال آهن

میکروارگانیسم‌های دیگر، کلونیزاسیون ریشه توسط موتانت‌های پیووردین منفی را توضیح می‌دهد. به عبارت دیگر اگر چه دو سویه مذکور نتوانسته‌اند پیووردین تولید کنند، ولی چون قادرند از سیدروفورهای تولید شده توسط میکروارگانیسم‌های دیگر استفاده کنند، بنابراین قدرت کلونیزاسیون آن‌ها با سویه‌های بومی‌تولیدکننده پیووردین برابری می‌کند. نقش سیدروفورها و سیستم‌های جذب آهن در رقابت میکروبی، برای باکتری‌ها خیلی مهم‌تر از قارچ‌ها است. بسیاری از باکتری‌ها قادرند از سیدروفورهای قارچی استفاده کنند، اما این ارتباط دو جانبه نیست و استفاده از سیدروفورهای باکتریایی توسط قارچ‌ها به اثبات نرسیده است. تنوع ساختمان شیمیایی سیدروفورهای باکتریایی خیلی بیشتر از سیدروفورهای قارچی می‌باشد.

پیووردین‌هایی که توسط سودوموناس‌های فلورسنت تولید می‌شوند، در واقع خاص یک سویه (Strain specific) بوده و باکتری‌هایی که به گروه سودوموناس‌های فلورسنت تعلق ندارند، قادر به استفاده از آن‌ها نیستند. اهمیت استراتژیک تولید پیووردین برای سودوموناس‌های فلورسنت گویای این واقعیت است که عوامل متعددی در تولید سیدروفورها توسط سودوموناسهای فلورسنت موثرند.

Osulivan و همکاران (۳۷) تنظیم منفی تولید سیدروفور در سودوموناس‌های فلورسنت را به اثبات رساندند.

Leong و همکاران (۲۲) حضور (وجود) دو ژن مستقل تنظیم مثبت که می‌توانند تولید پیووردین را در باکتری p. putida سویه WSC ۳۵۸ فعال کنند، ثابت کردند. عنصر روی و برخی از عناصر سنگین دیگر، محرک تولید پیووردین ها در سودوموناسهای فلورسنت می‌باشند. به علاوه نشانه‌هایی وجود دارند که ثابت می‌کنند که حداقل در باکتری P.aeruginosa سویه ۷NSK۲ ، تولید پیووردین پاسخی به تنش‌های محیطی است . باکتری Arthrobacter flavescens سویه JG-۹ برای رشد به سیدروفورهای هیدروکساماتی نیاز دارد. باکتری مذکور عامل‌های رشدی متنوعی دارد و تقریبا تمام سیدروفورهایی که تاکنون شناسایی شده‌اند (به جز فری کروم A) رشد آرتروباکتر را افزایش می‌دهند. باکتری Salmonella hyphimurum سویه enb۱ که یک موتانت (جهش یافته) است، جهت رشد به سیدروفورها به عنوان عامل رشد نیاز دارد و می‌تواند از سیدروفورهایی نظیر ردوترولیک اسید، فری کروم و سیدروفورهای باکتریایی مانند شیزوکینن به عنوان عامل رشد استفاده نماید.

عوامل محیطی موثر بر تولید سیدروفورهای میکروبی

بیوسنتز سیدروفورهای میکروبی تا حدود زیادی متاثر از عامل‌های محیطی است، بنابراین تنظیم شرایط رشد میکروارگانیسم‌ها نقش بسزایی در تولید هر چه بیشتر سیدروفورهای میکروبی دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر در تولید سیدروفورهای میکروبی، مقدار آهن قابل جذب موجود در محیط رشد میکروارگانیسم می‌باشد. به همین دلیل در بررسی توان تولید سیدروفور میکروارگانیسم‌های مختلف از محیط کشت بدون آهن یا محیط کشت با حداقل آهن استفاده می‌شود.

به‌طورکلی هر عامل محیطی که نیاز میکروارگانیسم به آهن را افزایش دهد و یا موجب کاهش میزان آهن قابل جذب در محیط رشد آن گردد، باعث تشدید تولید سیدروفور خواهد گردید. نوع منبع کربن مورد استفاده، عامل دیگری است که تولید سیدروفور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای نمونه در باکتری‌ها استفاده از قند سوکسینات یا لاکتات به‌جای گلوکز باعث تشدید تولید سیدروفور می‌گردد. افزایش غلظت یون منگنز در محیط کشت و تشدید تهویه نیز از جمله

عواملی هستند که تولید سیدروفورها توسط باکتری‌ها را تحریک می‌کنند. دمای محیط کشت در دوره رشد باکتری نیز از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است . هر میکروارگانیس‌می‌در دامنه مشخصی از درجه حرارت حداکثر تولید سیدروفور را دارا می‌باشد، به‌طوری که هر چه درجه حرارت محیط از محدوده مذکور دورتر شود، تولید سیدروفور نیز به همان نسبت کاهش می‌یابد. به عنوان مثال انتروباکتین از سیدروفورهایی است که توسط باکتری Salmonella typhimurium تولید می‌شود، مشاهده شده که تولید این سیدروفور در دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد بوده و در دمای حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد تولید آن به طور کامل متوقف می‌شود.

ph محیط کشت نیز یکی دیگر از عواملی است که به طرق مختلف بر تولید سیدروفور تاثیر می‌گذارد. پ‌هاش محیط کشت از طریق تاثیر بر سرعت رشد باکتری، قابلیت جذب آهن در محیط و تغییر ساختمان شیمیایی سیدروفورها، نقش خود در تولید سیدروفور را اعمال می‌نماید. برای نمونه پ‌هاش قلیایی باعث شکسته شدن اسکلت و تخریب گروه کاتکول در سیدروفورهای نوع فنل-کاتکولی می‌شود. علاوه بر شرایط محیطی مرحله رشد میکروارگانیسم نیز در تولید سیدروفورها بی‌تاثیر نیست. به‌طوری که حداکثر مقدار تولید سیدروفورها به طور معمول در اواخر فـــاز رشد نمایی و اوایل فاز سکون (Statonary phase) صورت می‌گیرد.

تولید سیدروفور ممکن است سایر خصوصیات باکتری‌ها را نیز تحت تاثیر قرار دهد، دیده شده که ریزوبیوم‌هایی که قادر به تولید مقادیر کافی سیدروفور باشند، در حالت زندگی آزاد در خاک‌های دچار کمبود آهن توان ماندگاری بیشتری دارند، به علاوه این باکتری‌ها موجب افزایش گره‌بندی در گیاهان میزبان می‌شوند. در یک بررسی مشخص گردید که باکتری‌های ریزوبیومی‌همزیست با بادام‌زمینی که بیشترین توان تولید سیدروفور را دارا

کشت خود تولید می‌کنند. بدیهی است که سیدروفورها آهن را برای سلول تدارک می‌بینند. با وجود این دیده شده که برخی از سیدروفورهای قارچی به عنوان منبع ذخیره آهن در اسپورها و میسلیوم‌های قارچ عمل می‌کنند و اشکال ذخیره آهن در اندام‌های مذکور محسوب می‌شوند. به علاوه سیدروفورهای باکتریایی نوع مایکوباکتین نیز وظیفه ذخیره آهن در درون سلول را به عهده دارند. اهمیت اکولوژیک سیدروفورهای قارچی نوع هیدروکسامات توسط Bossier و همکاران (۱۲) به تفصیل بررسی و گردآوری شده است. علاوه بر قارچ‌ها، در باکتری‌ها نیز تولید سیدروفورهای مختلف مشاهده شده است. به‌عنوان نمونه باکتری vinelandii Azotobacter که یک باکتری آزادزی تثبیت کننده نیتروژن است، حداقل سه نوع سیدروفور مختلف تولید می‌کند که شامل ازتوکلین (Azotochelin)، ازتوباکتین (Azotobactin) و آمینوکلین (Aminochelin) هستند. وجود نظم و ترتیب در تولید این سیدروفورها توسط باکتری Vinelandii .A، براساس منبع آهن قابل دسترس، به اثبات رسیده است. به علاوه این باکتری ماده دیگری به نام DHBA را نیز تولید می‌کند که ممکن است تمایل اندکی به جذب آهن داشته باشد.

سویه‌های باکتریایی مختلفی می‌توانند از سیدروفورهای قارچی یا باکتریایی به عنوان منبع آهن استفاده کنند. باکتری E . coil می‌تواند از فری‌اکسامین‌ها (Ferrioxamins) و سیدروفورهای قارچی مانند کوپروژن (Coprogen)، رودوترولیک اسید (Rhodotorulic acid) و فری‌کرم‌های خاص استفاده کند. بعضی از سویه‌های باکتری brasilense Azospirillum قادرند از فری‌کرم (Ferrichrome)، کوپروژن و فری‌اکسامین B استفاده کنند. باکتری Pseudomonas aeruginosa قادر است از انتروباکتین، دسفری اکسامین (Desferrioxamine B) B و سیترات به عنوان سیدروفور استفاده کند. باکتری P . putida سویه ۳۵۸ WCS که یک باکتری محرک رشد گیاه بوده و از ریشه جداسازی شده، قادر است از پیووردین (Pyoverdine) تولید شده توسط پسودوموناس‌های دیگر اشغال کننده ریشه، استفاده کند. نکته جالب توجه این است که پروتئین‌های قسمت بیرونی غشاء سلولی، که خاص سیدروفورهای اگزوژنیک (خارجی) هستند، فقط در صورت حضور این سیدروفورها القاء می‌شوند.

هرگاه آهن به عنوان عامل محدودکننده رشد بوده و میکروارگانیسم‌های رقیب نیز حضور داشته باشند، توانایی استفاده از سیدروفورهای تولید شده توسط سایر میکروارگانیسم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است . به علاوه این توانایی می‌تواند در فعالیت‌های متابولیکی که در درون سلول میکروبی انجام می‌شود، صرفه‌جویی انجام دهد و فعالیت‌های متابولیک سلول میکروبی را کاهش دهد. توانایی پسودوموناس‌های محرک رشد گیاه در استفاده از سیدروفورهای تولید شده توسط سایر میکروارگانیسم‌ها، مانند پیووردین ها که پسودوموناس‌های دیگر آن را تولید می‌کنند، توان رقابت آن‌ها در ریزوسفر را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد و باعث برتری رقابتی آن‌ها می‌گردد.

Schippers و همکاران (۴۵) نشان دادند که موتانت‌های باکتری P . putia (سویه‌های جهش یافته این باکتری) که قادر به تولید پیووردین نیستند، به اندازه سویه‌های بومی‌و غیرجهش یافته، ریشه‌ها را کلونیزه (اشغال) می‌کنند. به عبارت دیگر سویه‌های بومی‌تولیدکننده سیدروفور نسبت به سویه‌های جهش یافته که توانایی تولید سیدروفور نداشتند، در اشغال ریشه‌ها برتری رقابتی نشان نداند. گزارش‌های مشابهی توسط Hofte و همکاران (۱۷) در مورد سویه ۷nsk۲ باکتری P . aeruginosa که یک موتانت پیووردین منفی بود (توانایی تولید پیووردین نداشت) ارایه شده است. توانایی دو سویه مذکور در استفاده از طیف وسیعی از سیدروفورهای تولید شده توسط

منابع :

۱. رسولی صدقیانی، م. ح. (۱۳۸۴). پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس.

۲. رسولی صدقیانی، م. ح. خاوازی، ک.. ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۲). نشریه فنی،شماره ۳۰۷، موسسه تحقیقات خاک و آب.

۳. رسولی صدقیانی، م. ح. خاوازی، ک.. ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۴). باکتری‌های تولید کننده سیدروفور و امکان تامین آهن مورد نیاز گیاهان. در: ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. خاوازی، ک.. ه.، اسدی رحمانی و ملکوتی، م. ج. (نگارندگان).

۴. رسولی صدقیانی، م. ح. خاوازی، ک.. ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۴). نشریه فنی،شماره ۴۲۷، موسسه تحقیقات خاک و آب.

۵. علیخانی، ح. ع.، (۱۳۸۲). پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۶. علیخانی، ح. ع.، ن. صالح راستین وم. ج. ملکوتی. ۱۳۸۲. مجله علوم خاک و آب، جلد۱۷، شماره ۲، صفحات ۱۷۷-۱۸۹.

7. Bakker, P. A. H. M., Van Peer, R., and Schippers, B. (1990) . In "Biological Control of Soil- Borne Plant Pathogens" (D. Hornby, ed.), pp. 131-142. CAB International, Wallingford.

8. Barton, L.L., and Hemming, B.C. 1993. Iron Chelation in Plants and Soil Microorganisms. Academic Press, Inc.

9. Bavaresco, L., M. Fregoni and P. Fraschini. 1991. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapvine root stocks and a V. vinifera cultivar. Plant and Soil 130:109-113.

10. Bavaresco, L., M. Fregoni and P. Fraschini. 1992. Investigations on some physiological parameters involved in chlorosis occurrence in grafted grapevine. J. Plant Nutr. 15:1791-1807

11. Bienfait, H. F., J. Duivenvoorden and W. Verkerke. 1982.Ferric reduction by roots of chlorotic bean plants: Indications for an enzymatic process. J. Plant Nutr. 5: 451-456

12. Bossier, P., Hoft, M. and Verstraete, W. 1988. Ecological significance of siderophores in soils. Adv. Microb. Ecol. 10 : 385-434.

13. Cakmak, I., Torun, B., Erenoglu, B., Ozturk, L., Marschner, H., Kalayci, M. and Ekiz, H. 1998. Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. Euphytica, 100: 349-357.

14. Chaney. R. L., L. C. Brown and J. C. Tiffin. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. Plant Physiol. 50: 208- 213.

15. Guerinot, M . L. (1991). Iron uptake and metabolism in the rhizobia/legume symbiosis. Plant and Soil, 130: 199-209.

16. Hansen, N. C., Jolley, V.D., Berg, W. A., Hodges, M. E. and Krenzer, E.G. 1996. Phytosiderophore release related to susceptability of wheat to iron deficiency. Crop Sci., 36: 1473-1476.

17. Hofte, M. Seong, K. Y., Jurkevitch, E., and Verstraete, W. 1991. Pyoverdine production by the plant growth beneficial pseudomonas strain 7SNK2: Ecological significance in soil. Plant and Soil, 130 : 249-257.

18. Kochian, L.V. 1993. Zinc absortion from hydroponic solutions by plant roots. In: Zinc in soils and plants. A.D. Robson (ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp.45-57.

19. Kramer, D., V. Romheld, E. Landsberg and H. Marschner. 1980. Induction of transfer- cell formation by iron deficiency in the root epidermis of Helianthus annuus L. Planta 147: 335-339.

20. Landsberg, E. C. 1981. Organic acid synthesis and release of hydrogen ions in response to Fe- deficiency strees of mono and dicotyledonous plant species. J. Plant Nutr. 3:579- 591

21. Landsberg, E. C. 1986. Function of rhizodermal transfercell in the Fe stress response mechanism of Capsicum annuum L. Plant Physiol. 82: 511- 517.

22. Leong, S., and Expert, D. (1989). In "Plant-Microbe Interactions" (T. Kosuge and E. W. Nester, eds.), Vol. 3, pp. 62-83. McGraw-Hill. New York.

23. Loper, J. E. (1990). In "New Directions in Biological Control: Alternative for Suppressing Agricultural Pests and Diseases," pp. 735-747. Liss, New York.

24. Loper, J. E., and Buyer, J. S., (1991). Mol. Plant-Microbiol Interact. 4, 5-13.

25. Ma, J.F., Kusano, G., Kimura, S. and Nomoto, K. 1993. Specific recognition of mugineic acid-ferric complex by barley roots. Phytochemistry, 34 : 599-603.

26. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press., London.

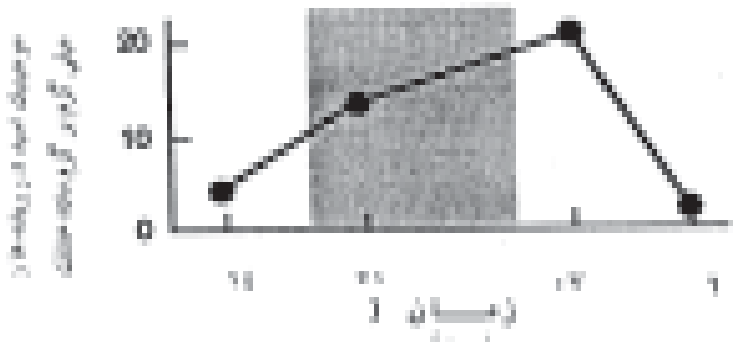
27. Marschner, H. and V. Rommheld. 1995. Strategies of plants for acquisition of iron . Iron Nutrition in Soil and Plants. Kluwer Academic Publishers. 375- 388

28. Marschner, H., and Romheld, V. 1994. Sterategies of plants for acquisition iron. Plant and Soil, 165: 261-274.

29. Marschner, H., Romheld, V. and Kissel, V. 1986. Different sterategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant Nutr. 9: 695-713.

30. Marschner, H., V. Romheld and M. Kissel. 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant Nutr. 6: 695-713

31. Mori, S. 1994. Mechanisms of iron acquisition by graminaceouse (strategy II) plants. In: Biochemistery of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. J.A. Manthey, D.E. Crowley and D.G. Luster (eds.). Lewise Publisher, pp.225-



شکل ۵- ترشح فیتوسیدروفورها در جو میکلا به کمبود آهن در ساعات مختلف

بودند از لحاظ وزن خشک گره تولید شده در گیاه میزبان نیز حایز رتبه نخست بودند. سویه‌های ریزوبیومی‌که سیدروفور تولید می‌کنند باعث بهبود کارآیی سیستم همزیستی تثبیت نیتروژن در گیاهان میزبان می‌شوند، زیرا این باکتری‌ها اولا در مقایسه با سایر میکروارگانیسم‌ها در اشغال ریشه از برتری رقابتی بالاتری برخوردار بوده و ثانیا با توجه به این‌که آهن در سیستم آنزی‌می‌نیتروژناز نقش اساسی را داراست، این باکتری‌ها با افزایش جذب آهن کارآیی این آنزیم را افزایش می‌دهند. سویه‌هایی که قادر به تولید سیدروفور هستند در کنترل عوامل بیماری‌زایی گیاهی نیز موثرند. برای مثال در بررسی ۱۲ سویه باکتری Sinorhizobium meliloti تنها دو سویه تولیدکننده سیدروفور قادر بودند بیماری پوسیدگی ذغالی ریشه گیاه را کنترل کنند.

عوامل موثر بر ترشح فیتوسیدروفورها

عوامل محیطی و گیاهی مختلفی در ترشح فیتوسیدروفورها توسط گیاهان استراتژی II موثر هستند. یکی از مهم‌ترین عامل ها نوع گیاه می‌باشد، به‌طوری که گیاهان مختلف، مقادیر بسیار متفاوتی سیدروفور تولید می‌نمایند. در میان عوامل گیاهی موثر بر تولید فیتوسیدروفور می‌توان به سن گیاه و میزان مقاومت آن به کمبود آهن اشاره نمود. در گیاهانی مانند برنج که مقاومت زیادی در برابر کمبود آهن (کلروز) ندارند، مقدار تولید آن کم است. مقدار ترشح فیتوسیدروفورها از ریشه‌ها با شروع کلروز آغاز شده و با افزایش سن گیاه به حداکثر می‌رسد و سپس با تشدید علایم کمبود، کاهش پیدا می‌کند. پس از سربرداری اندام‌های هوایی، کاهش تولید سیدروفورها در گندم گزارش شده است که این امر موید اهمیت کربوهیدرات‌ها در تولید و آزادسازی فیتوسیدروفورها می‌باشد.

عوامل محیطی موثر بر تولید سیدروفورها شامل درجه حرارت، میزان نور، شدت نور، میزان کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول موجود، دوره نور و تاریکی هستند. آزادسازی فیتوسیدروفورها از ریشه تا حدودی تحت تاثیر دمای منطقه ریشه است. با کاهش درجه حرارت منطقه رشد ریشه، ترشح فیتوسیدروفورها کم می‌شود. بررسی در مورد ترشح فیتوسیدروفورها در برخی از گیاهان نشان داده است که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر ترشح ۲ تا ۵ ساعت بعد از شروع نوردهی اتفاق می‌افتد در حالی که در دمای کم‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد زمان مذکور سه ساعت به تاخیر افتاده و با افزایش دما و رسیدن آن به ۳۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر ترشح سه ساعت زودتر اتفاق می‌افتد.

به‌طور کلی ترشح سیدروفورها در گیاهان چند ساعت بعد از شروع دوره نوردهی آغاز می‌شود. گزارشات حاکی از آن است که افزایش شدت نور، بروز کمبود روی و آهن را در گیاه افزایش داده و در نتیجه سبب افزایش تولید سیدروفور می‌شود. افزایش شدت نور برای افزایش تولید فیتوسیدروفورها ضروری است ، زیرا فراه‌می‌قندهای محلول و کربوهیدرات‌ها را به ریشه افزایش می‌دهد. در شرایط نور کم، غلظت قندهای محلول در انتهای ریشه‌ها کاهش یافته و در تولید فیتوسیدروفورها محدودیت ایجاد می‌نماید. اگرچه نور برای تولید فیتوسیدروفورها ضروری است ولی چند ساعت دوره تاریکی برای شروع ترشح نیز لازم است. شکل ۵ میزان ترشح موجینیک اسید را از ریشه‌های جو در محیط کشت مایع دچار کمبود آهن نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل مذکور پیداست، در حوالی ساعت ۷ صبح ترشح به حداکثر مقدار رسیده است. آزادسازی فیتوسیدروفورها به فراه‌می‌انرژی متابولیک یا میزان ترکیبات انرژی‌زا مانند قندها و کربوهیدرات‌ها بستگی دارد.

از جمله عوامل دیگری که بر تولید سیدروفورها موثر هستند می‌توان به جمعیت میکروبی تجزیه کننده سیدروفورها در خاک اشاره نمود. در شرایط طبیعی بخشی از سیدروفور تولید شده توسط گیاهان و میکروارگانیسم‌ها به‌وسیله جمعیت میکروبی موجود در خاک تجزیه می‌گردد، به‌طوری که نتایج یک بررسی نشان داده است که مقدار فیتوسیدروفور تولید شده از ریشه گیاهان جو، گندم و سورگوم در یک محلول غذایی غیر استریل به ترتیب ۵/۲، ۷/۸ و ۰/۴ میکرومول به ازای هر گرم وزن خشک ریشه در هر روز بوده که این مقادیر در شرایط استریل فاقد میکروارگانیسم ها بسیار بیشتر برآورد گردیده است. مصرف کودهای حاوی آهن به صورت برگپاشی نیز، در تولید سیدروفورهای گیاهی موثر است، به طوری‌که مصرف آن‌ها می‌تواند تولید سیدروفورهای گیاهی را تا ۷۵ درصد کاهش دهد.

اثرات درجه حرارت و تاریخ‌کاشت بر نمو دانه و درصد اسیدهای چرب روغن آفتابگردان

مصطفی احمدی - کارشناس ارشد زراعت

چکیده:

عوامل محیطی به ویژه درجه حرارت در طول نمو و رسیدگی دانه درصد و ترکیب روغن دانه‌های رسیده تاثیر می گذارد. اما اثرات درجه حرارت روی درصد روغن متغیر بوده است. رسیدگی دانه در طی دوره‌های دماهای بالا درصد بالای اولئیک و درصد کم‌تر لینولئیک اسید را به همراه دارد. اما در شرایط دماهای پایین تر این وضعیت برعکس می شود. استراتژی‌های تولید در تاریخ کاشت دیرتر برای کاهش تنش رطوبتی در زمان گلدهی می‌تواند باعث تنظیم و کنترل میزان اسیدهای چرب روغن آفتابگردان شود. به این شرط که تاریخ کاشت مناسب بتواند باعث رسیدگی محصول در دماهای مطلوب برای تولید روغن با کیفیت بالا گردد. بنابراین تاریخ کاشت مناسب می‌تواند در ترکیبات اسیدهای چرب در دانه روغن موثر باشد.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، روغن، اسیدهای چرب، درجه حرارت، تاریخ کاشت.

مروری بر پژوهش های انجام شده

برای تعیین اثر دما بر میزان ترکیب اسیدهای چرب روغن کانوین(۱۹۶۴) اثرات دما بر میزان اسیدهای چرب روغن در چهار دانه روغنی کلزا ، گلرنگ، آفتابگردان و کنف را بررسی کرد و آن‌ها را در چهار شرایط دمایی مختلف کشت نمود و رابطه بین دما و درصد اسیدهای غیراشباع روغن در این چهار گیاه را مورد مطالعه قرار داد. در این آزمایش مشاهده شد هرگاه گیاه درشرایط اقلیمی سردتر کشت شود و در طول فصل رشد بادماهای پایین تر مواجه گردد، میزان اسیدهای چرب غیراشباع در دانه نسبت به گیاهان کشت شده در اقلیم با دمای بالاتر، بیشترخواهد بود.

یکی از مطالعاتی که در این زمینه (۷) انجام شد به این مسئله مهم پرداخته است. در این آزمایش‌ها بعد از مرحله گلدهی نمونه‌های طبق گل در فاصله زمانی ۳۰ روز و در هر هفته ۲ یا ۳ بار جمع آوری گردید و وزن و قطر طبق، درصد وزن خشک دانه، درصد و وزن روغن و غلظت اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک تعیین و محاسبه شدند. هم چنین نمونه‌های مجزای دانه‌های واقع در بخش‌های خارجی، میانی و داخلی طبق تهیه گردید. در مطالعات مذکور تاریخ کاشت، تاریخ نمونه برداری و موقعیت قرارگیری طبق به خوبی اثرات خود را نشان دادند و به طور معنی داری روی هریک از متغیرهای مورد مطالعه اثر گذاشتند. ابتدا قطر و وزن تر دانه در طول نمو دانه افزایش یافت سپس به دلیل انقباض طبق و خشک شدن در هنگام رسیدگی کاهش یافت.

249.

32. Mori, S. and Nishizawa, N. 1987. Methionine as a dominant precursore of phytosiderophores in graminaceae plants. Plant Cell Physiol. 28 : 1081-1092.

33. Mori, S. Nishizawa, N., Hayashi, H., Chino, M., Yoshimura, E., and Ishihara, J. 1991. Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency? Plant and Soil 130: 143-156.

34. Neilands, J. B. (1995). Siderophores : structure and function of microbial iron transport componds. J. Biol. Chem. 270: 26723-26726.

35. Nikolic, M. and V. Romheld. 1999. Mechanism of Fe uptake by the leaf symplast: Is Fe inactivation in leaf a cause of Fe deficiency chlorosis? Plant and Soil. 215: 229-237

36. Nomoto, K., Sugiura, Y., and Takagi, S. (1987). In " Iron Transport in Microbes, Plants and Animals" (G. Winkelmann, D. van der Helm, and J. B. Neilands, eds.), pp. 401-425. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany.

37. O'Sullivan, D. J., and O'Gara, F. (1990). Mol. Plant-Microbe Interact. 3, 86-93.

38. Olsen, R. A., J. H. Bennet, D. Blume and J . C. Brown. 1981. Chemical aspects of the Fe stress response mechanism in tomatoes. J. Plant Nutr.3: 905-921

39. Payne, S.M. 1994. Detection, isolation and characterization of siderophores. Methods Enzymol., 235 : 329-344.

40. Powell, P. E., Szaniszlo, P. J., Cline, G.R. and Reid, C. P. (1982). Hydroxamate siderophores in the iron nutrition of plants.J. Plant Nutr, 5:653-673.

41. Romheld, V. and D. Kramer. 1983. Relationship between proton efflux and rhizodermal transfer cells induced by iron deficiency. Z. Pflanzen Physiol. 113: 73- 83

42. Romheld, V. and H. Marschner. 1981. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. Physiol. Plant. 53: 354-360

43. Romheld, V., 1987. Different strategies for iron aquisition in higher plants. Physiol. Plant. 70: 231- 234

44. Romheld, V., C. Muller and H. Marchner. 1984. Localization and capacity of proton pumps in roots of intact sunflower plants. Plant Physiol. 76: 603- 606

45. Schippers, B., Bakker, A. W., and Bakker, P. A. H. M. (1987). Ann. Rev. Phytopathol. 25, 339-358.

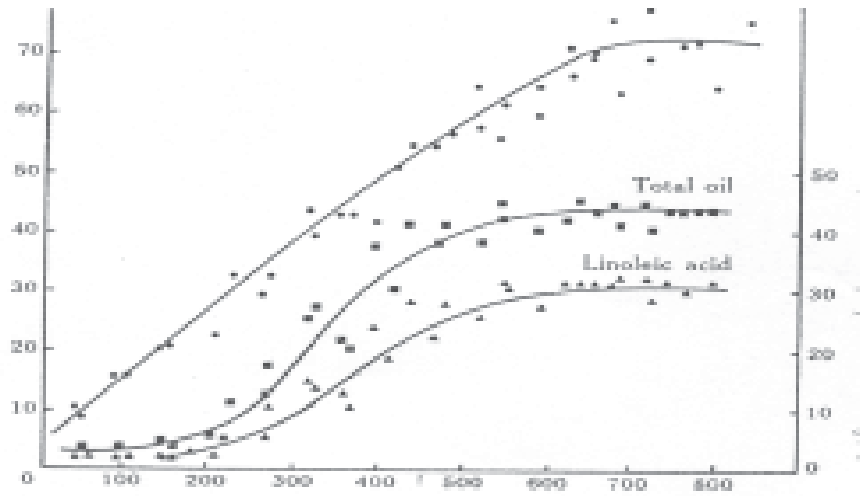
46. Takagi, S.,Nomoto, K. and Takemoto, T. 1984. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of gramineous plants. J. Plant Nutr., 7: 469-477.

47. Vizzotto, G., R. Pinton, C. Bomben, S. Cesco. Z. Varanini and G. Costa. 1999. Iron reduction in iron- stressed plants of Actinidia deliciosa genotypes: Involvement of PM Fe (III)- chelate reductase and H+- ATPase activity. J. Plant Nutr. 22(3): 479-488.

48. Weisbeek, P. J., van der Hofstad, G. A. J. M., Schippers, B., and Marugg, J. D.(1986). In " Iron , Siderophores , and Plant Diseases " (T. R. Swinburne , ed.), pp. 299-313 . Plenum Press , New York .

پی نوشت:

1 - Rhizodermal Transfer cells
2 - Plasmamembrain bound inducable reductase
3 - Turbo electron
4 - Diethyl Stilbestrol
5 - Dicyclohexyl Carbodiamide
6 - T-Substrate
۷ -فری اکسامین ب



نمودار۱. الگوی تجمع ماده خشک، روغن و اسید لینولئیک در طی نمو دانه در آفتابگردان. دانه‌ها بر اساس سه جمعیت آفتابگردان کاشته شده در تابستان آرمیدال.

اسیدهای چرب غیراشباع مانند اولئیک و لینولئیک در مقایسه با دماهای زیر۱۵ درجه سانتی گراد، بالاتر نشان داد.

ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند تحت تاثیرگونه گیاهی نیز قرارگیرد. در یک گونه ممکن است تغییرات قابل توجه ای در تناسب اسیدها رخ دهد. این موضوع در مورد بافت دانه آفتابگردان واقعی به نظر می‌رسد. به ویژه در جایی که نسبت اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک و لینولئیک در دامنه ای از۱:۱ تا ۱ :۶ گزارش شده است. دما بر میزان روغن دانه و ویژگی‌های بذر اثر می‌گذارد اما اغلب سایر شرایط محیطی مانع از آشکار شدن اثرات آن برگیاهان در حال رشد در مزرعه می‌شوند. دمایی که در زمان گلدهی بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد باقی بماند میزان بذر و روغن آن را کاهش می‌دهد.

براساس آزمایشی در استرالیا میان میزان لینولئیک اسید و میانگین کمینه دمای روزها در دوره گلدهی تا برداشت، رابطه بسیارجدی وجود داشت. با کاهش دمای محیط در دوره رشد گیاه، اسید لینولئیک بین ۴۹-۴۷ درصد افزایش یافت و افزایش دما افزایش اسید اولئیک را به همراه داشت. این موضوع می‌تواند ارتباط بین دما و تاریخ کاشت را نشان دهد. به نحوی که می‌توان تاریخ کاشت را بر اساس میانگین دماهای ماهانه در زمان گلدهی تنظیم کرد تا روغن با کیفیت مطلوب تولید شود. بنابراین میان بذرهایی که در شرایط گرم یا معتدل تولید می‌شوند تفاوت اساسی مشاهده می‌شود. دمای بالا در زمان رشد بذر می‌تواند برکل میزان روغن تاثیرگذارد و آن را کاهش دهد. در استرالیا در چنین شرایطی میزان روغن در مقایسه با حد معمول آن که ۴۲-۴۰ درصد است به حدود ۲۴ درصد کاهش یافت. ترکیب متوسط روغن آفتابگردان در مناطق معتدله، دارای ۶۵-۵۵ درصد لینولئیک و ۳۰-۲۵ درصد اولئیک است. اما روغن موجود در بذری که در منطقه گرمسیر حاصل می‌شود دارای حدود ۶۵ درصد اولئیک و تقریبا ۲۰ درصد اسید لینولئیک دارد.

نتایج و بحث

با تحلیل و تجزیه آزمایش‌ها و پژوهش‌های انجام شده نتایج بدست آمده در خصوص نمو، عملکرد دانه ، میزان و درصد روغن، ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن به شرح ذیل ارایه می‌گردد:

رشد دانه: در نمودار زیر وضعیت رشد دانه بررسی شده است. این نمودار بر اساس آزمایش‌های‌هاریس و همکاران (۶)، ترسیم گردیده است .

گرم اسید لینولئیک(در۱۰۰گرم دانه) رسیدگی فیزیولوژیکی گرده افشانی

با توجه به نمودار می‌توان به رابطه بین تجمع ماده خشک، وزن دانه، کل روغن تولید شده و درجه روز پی برد. نمودار نشان می‌دهد که بیشینه وزن دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی حدود۶۵۰ درجه روز بعد از گرده افشانی به دست آمد. در این مرحله اسیدلینولئیک بالاترین میزان را دارا بود. همچنین میزان رطوبت دانه در طی این دوره از مقدار ۷۸ درصد بعد از گرده افشانی به ۳۹ درصد در رسیدگی فیزیولوژیکی کاهش یافت. روغن سه روز پس از گرده‌افشانی به طورقابل توجه پدیدار گردید. بیشتر مقدار روغن اولیه احتمالا در دیواره خارجی ذخیره می‌گردد که اغلب در دوره گرده افشانی نمو خوبی نشان می‌دهد. جدول زیر ترکیب اسیدهای چرب را در فواصل زمانی ۳ روز در طول نمو دانه در شرایط دمایی مطلوب را بررسی کرده است.

جدول روند رو به رشد میزان تولید اسید لینولئیک را در اغلب مراحل نمو دانه نشان می‌دهد. در جدول مشاهده می‌شود به دلیل وجود شرایط مناسب دما اسید لینولئیک جزء اصلی ترین و مهم ترین اسیدهای چرب تشکیل

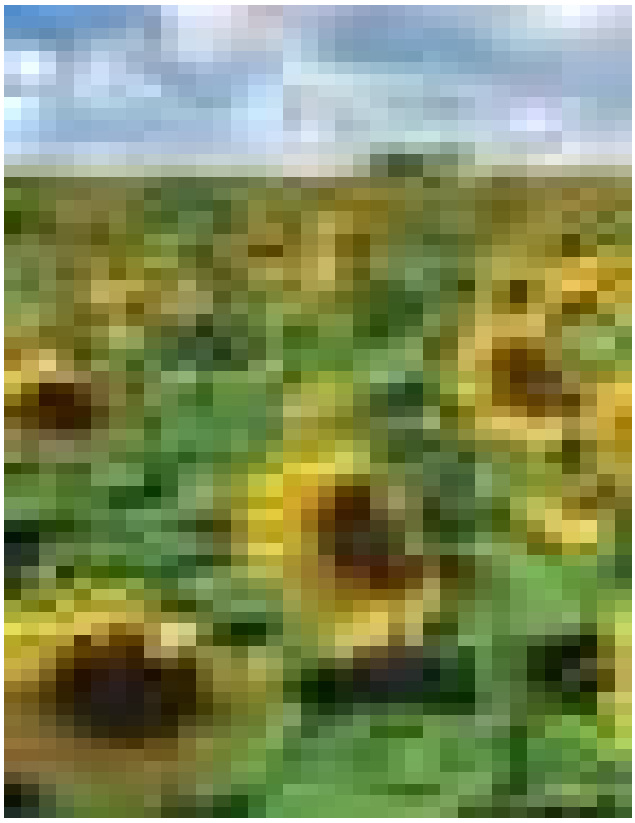
وزن خشک دانه در تمام نمونه گیری‌ها افزایش یافت ولی مقدار و میزان این افزایش برای تمام تاریخ‌های کاشت یکسان نبود. کل درصد روغن از اولین تا هفتمین نمونه گیری افزایش یافت و دانه‌هایی که تاریخ کاشت دیرتری داشتند به طور معمول درصد روغن کمتری را به خود اختصاص دادند. برای دانه‌هایی که تاریخ کاشت دیرتری داشتند، میزان درصد اسیداولئیک نسبت به لینولئیک بالاتر بود.

در آزمایش‌هایی که درسال‌های ۱۹۷۱-۱۹۶۹ در فاصله زمانی ۱۱ مارس (همزمان با اسفندماه) تا۲۲ ژولای (همزمان با تیرماه) روی دو رقم پریدوویک (دیررس) و رقم کرسنو دراتتز (زودرس) برای تعیین اثرات تاریخ کاشت روی عملکرد دانه، روغن و ویژگی‌های گیاهی آفتابگردان انجام شد، بالاترین عملکرد دانه و درصد روغن دانه‌ها هنگامی‌بدست آمد که تاریخ کاشت حد فاصل نیمه مارس تا آوریل (همزمان با فروردین) بود. همچنین دریافتند درصدروغن آفتابگردان برای گیاهانی که با تاخیر کشت شده بودند و دوره رسیدگی آن‌ها در فصل سرد بود، در مقایسه با ارقامی‌که زودکشت شده بودند و دوره رسیدگی آن‌ها در فصل گرم انجام می‌گیرد، پایین تر است. در این آزمایش‌ها مشاهده گردید که به تدریج گیاهانی که درتاریخ‌های کاشت دیرترکشت می‌شوند درصد اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع آن‌ها تحت‌تاثیرتاریخ کاشت و شرایط محیطی قرارگرفته است. به طوری که گیاهانی که درتاریخ‌های کاشت دیرترکشت شده بودند به علت مواجه شدن با شرایط دمایی بالاتر میزان اسید اولئیک نسبت به اسید لینولئیک در دانه‌های آن‌ها افزایش یافت. همچنین مشاهده گردید بذرهایی که در قسمت خارجی طبق قرار داشتند نسبت به بذوری که در بخش‌های میانی و درونی طبق واقع بودند دارای میزان و درصد بیشتری از روغن و اسیدهای چرب بودند.

در پژوهشی در دانشگاه صنعتی اصفهان، عملکرد دانه رقم آرماویرسکی در تاریخ کاشت‌های مشابه بعد از برداشت جو و گندم به ترتیب ۳/۲ و۲/۹ تن در هکتار بود. برای موفقیت در کشت دوم لازم است، در برداشت محصول پاییزه تسریع شود و آفتابگردان در تاریخ زودتری کشت گردد. اگرچه ارقام میان رس مانند رکورد و ونیمیک ۸۹۳۱ در کاشت بسیاردیر هنگام ممکن است عملکرد مشابه با ارقام زودرس مانند آرماویرسکی، زاریا، لوچ و چرنیانکا داشته باشند، اما ریسک برخورد رسیدگی دانه با سرما ایجاب می‌نماید که برای کاشت دیرهنگام از ژنوتیپ‌های زودرس استفاده گردد. هرچه طول فصل رشد باقی مانده در زمان کاشت دیر هنگام بیشتر باشد، استفاده از ارقام میان رس از اولویت بیشتری برخوردار است.

تاریخ کاشت‌های دیرهنگام سبب برخورد دوران پرشدن و خشک شدن دانه با هوای خنک پاییزی می‌گردد. در این شرایط دماهای پایین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های غیر اشباع کننده اسیدهای چرب شده و نسبت این اسیدها را در روغن افزایش می‌دهد. در پژوهشی که در موسسه تحقیقات دیم کشور در مراغه و هشترود انجام شد دو رقم آذرگل و پروگرس در دو تاریخ کاشت ۳۰ آذر و ۱۲ فروردین کشت شدند. با توجه به این‌که دو سال اجرای آزمایش از نظر شرایط آب و هوایی متفاوت بودند، نتایج زیرحاصل گردید:

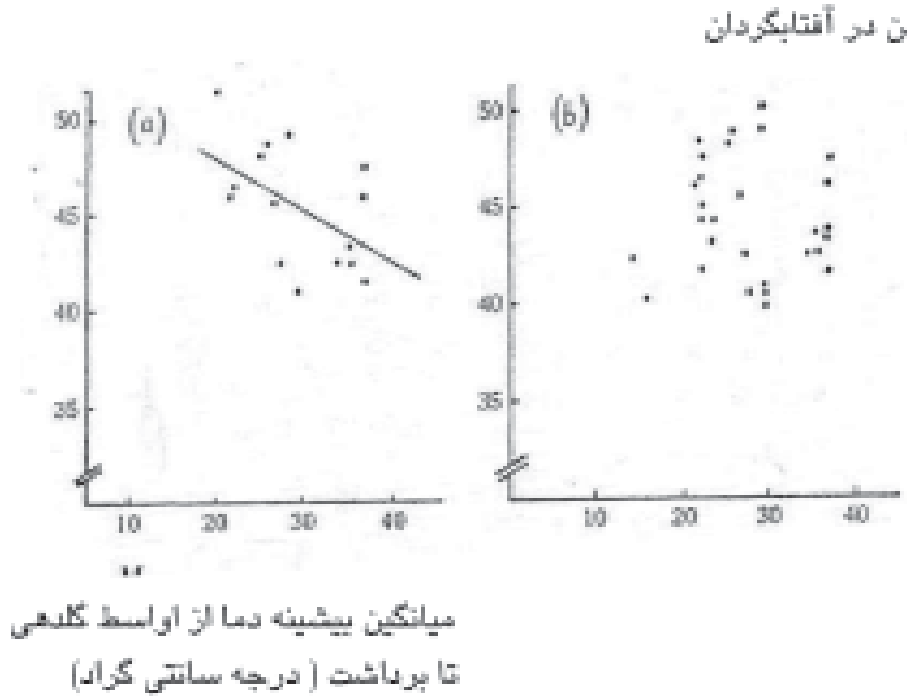
در سال اول که تعداد روزهای با پوشش برفی بیشتر بوده و حدود صد روز گزارش شده است، بیشترین عملکرد دانه با۸۶۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آذرگل با تاریخ کاشت ۳۰ آذرماه و کم‌ترین آن با۴۳۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم پروگرس با تاریخ کاشت ۱۲ فروردین بود. این نتیجه موید این نکته است که در مناطق سردسیر کشور مشابه با محل اجرای طرح (مراغه - هشترود) به شرط وجود پوشش برفی مناسب که بتواند بذور موجود در زیر خاک را از خطرسرماهای زمستانه محافظت کند، می‌توان به کشت انتظاری



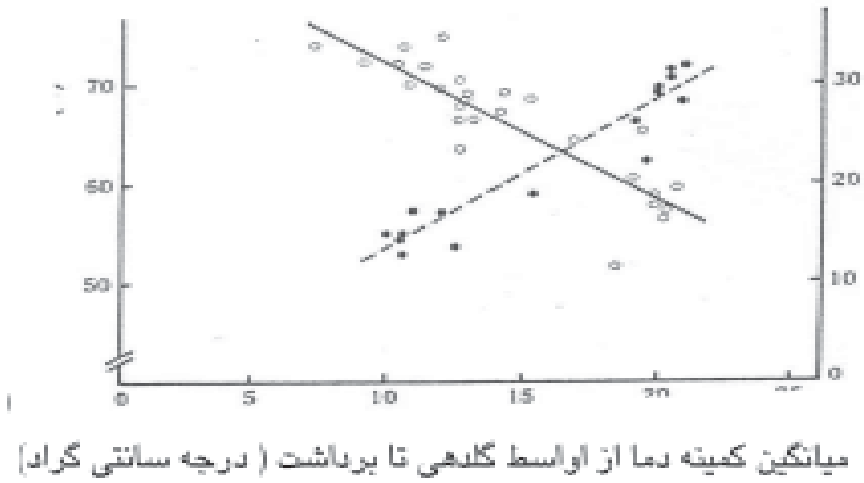
آفتابگردان دیم (کشت در پاییز و جوانه زنی در بهار) امیدوار بود.

در سال دوم به علت فقدان پوشش برفی مناسب، تعداد روزهای یخبندان، کشت‌های مربوط به تاریخ کاشت پاییزه از بین رفتند و موفق به جوانه‌زنی نشدند. بیشترین عملکرد با۵۸۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آذرگل با تاریخ کاشت ۱۲ فروردین و کم‌ترین آن با ۲۳۹ کیلوگرم مربوط به رقم پروگرس با تاریخ کاشت ۳۰ آذرماه بود. نتایج حاکی از آن است که در مناطق سردسیر به علت نوسانات شرایط آب و هوایی و تغییرات فصلی آن کشت پاییزه آفتابگردان دیم توام با ریسک و عدم اطمینان است و کشت‌های بهاره نسبت به کشت انتظاری داشته و علاوه براین عملکرد و میزان روغن موجود در دانه نیز در آن‌ها بالاتر است. آزمایش‌های دیگری هم در زمینه ترکیب اسیدهای چرب روغن آفتابگردان انجام شد. در آزمایش‌هاریس و همکاران (۱۹۷۸) در مورد تعیین تاثیر دما بر مقدار و ترکیب دانه روغن آفتابگردان در استرالیا مشخص گردید که دماهای بالا در دوره نمو دانه با کاهش عملکرد کل دانه روغن همراه می‌باشد. این اثر دما در تحت شرایط مزرعه به ویژه زمانی که با دیگر عوامل محیطی مانند تنش رطوبتی توام بود و رشد و نمو و عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌داد، متغیر نشان داد.

درجه حرارت‌ها به ویژه، درجه حرارت‌های بالا در شب سبب کاهش درصد اسیدلینولئیک گردید که این کاهش در ارتباط با اثر درجه حرارت روی فعالیت آنزیم‌هایی که مسئول تبدیل اولئیک اسید به لینولئیک اسیدهستند، می‌باشد. این عمل بیانگر این است که کاهش و افت عملکردها و تبدیل ترکیبات روغنی آفتابگردان تحت شرایط دماهای بالا در نیمه تابستان به دلیل اثرات تنش گرما روی بیوسنتز اسیدهای چرب می‌باشد. در استرالیا هنگامی‌که دوره نمو و رسیدگی دانه آفتابگردان در دمای بالاتر از میانگین ۱۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد، تجمع وزن خشک دانه، میزان و درصدروغن دانه، میزان



نمودار۲. روابط میانگین دماهای بیشینه در طی نمو دانه و میزان روغن آفتابگردان.



نمودار۳. روابط میانگین دماهای کمینه در طی نمو دانه و میزان اسید لینولئیک و اولئیک دانه آفتابگردان.

اواسط دوره گلدهی تا مرحله رسیدگی روند نزولی داشت مادامی‌که اولئیک اسید در یک میزان برابر افزایش یافت. با این اوصاف می‌توان نتیجه گرفت که دماهای کمینه در مقایسه با دماهای بیشینه دارای همبستگی بیشتری با تولید و تجمع اسید لینولئیک و کاهش اسید اولئیک در طی فصل رشد گیاه است. منحنی‌های زیر روابط بین کل روغن، لینولئیک اسید و دما برای گیاهانی که تحت شرایط کنترل شده رشد کرده اند را نشان می‌دهد.

نمودار.۴

درجایی که دما تنها عامل متغیر بود، عملکرد روغن یا به عبارت دیگر درصد وزن خشک دانه با افزایش دمای بیشینه روزانه کاهش نشان داد. دانه‌های تولید شده در دماهای بالا در طول روز از میانگین وزن کم‌تری برخوردار بوده و عملکرد کم‌تری نشان دادند. در این آزمایش‌ها مشخص گردید در این ارقام درصد روغن مستقل از وزن دانه است. این نتایج براساس منحنی سمت چپ تحت شرایط کنترل شده به‌دست آمد. کاهش درصداسید لینولئیک با افزایشی در دمای کمینه (شب هنگام) نتایج برآورد مزرعه ای را تاییدکرد. گرچه منحنی پاسخ که شاید از یک محدودیت بالای ژنتیکی واریته حاصل می‌شود در مزرعه کشف نشد.

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب در فاصله‌های زمانی سه روز طی نمو دانه آفتابگردان در شرایط دمایی مطلوب

روزهای از گرده افشانی	اسید پالمیتیک (٪)	اسید استئاریک (٪)	اسید اولئیک (٪)	اسید لینولئیک (٪)
۳	۱۹/۶	۱/۸	۱۰/۴	۴۹/۹
۶	۱۸/۴	۳/۰	۱۶/۹	۴۸/۹
۹	۱۹/۴	۴/۰	۱۸/۱	۴۶/۲
۱۲	۱۰/۹	۵/۸	۲۵/۰	۴۷/۰
۱۵	۱۳/۳	۷/۷	۲۳/۸	۴۳/۱
۱۸	۹/۶	۷/۱	۲۷/۰	۵۴/۰
۲۱	۸/۳	۷/۰	۲۸/۱	۵۱/۱
۲۴	۷/۳	۶/۱	۲۹/۶	۶۰/۳
۲۷	۶/۷	۶/۹	۳۳/۷	۶۱/۹
۳۰	۶/۳	۵/۰	۱۹/۳	۶۸/۱
۳۳	۶/۳	۵/۳	۱۷/۹	۶۹/۲
۳۶	۶/۱	۵/۱	۱۷/۶	۶۹/۱
۳۹	۵/۹	۵/۳	۱۷/۰	۷۰/۱
۴۲	۵/۹	۵/۶	۱۵/۴	۷۱/۲
۴۵	۶/۰	۴/۹	۱۶/۳	۷۱/۶
۴۸	۵/۹	۶/۱	۱۶/۴	۷۰/۱
۵۱	۶/۳	۵/۱	۱۵/۷	۷۳/۱

دهنده روغن در دانه آفتابگردان در طول نمو بوده است. افزایش میزان اسیدلینولئیک از حدود ۵۰ درصد در ابتدای مرحله نمو تا مقدارتقریبی ۷۳ درصد در دوره رسیدگی فیزیولوژیکی، این مطلب را به خوبی تایید می‌کند. اما وضعیت در مورد میزان اسید اولئیک متفاوت بوده و کاهشی از حدود ۳۰ درصد مدت کوتاهی پس ازگرده افشانی، تا ۱۶-۱۴ درصد در دوره رسیدگی فیزیولوژیکی نشان داد. اسید پالمیتیک روند تولید آن به شکل دیگری بود. بدین ترتیب که میزان آن از۲۰-۱۸ درصد پس ازگرده افشانی تا حدود ۶ درصد در اواسط دوره نمو دانه ادامه یافت و بعد از آن ثابت ماند. نمودار زیر روابط بین دمای بیشینه در طی نمو دانه و میزان روغن دانه را بررسی کرده است. نمودار.۲

عملکرد روغن با افزایش میانگین بیشینه دما در طی دوره اواسط گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت دانه مقداری کاهش یافت. در این صورت خط رگرسیون فقط ۳۰ درصد از تغییرات در هرسال ارایه گردید. نمودار سمت راست نشان می‌دهد که وقتی داده‌ها از هر دو فصل ترکیب شدند، اثر دما درعملکرد روغن قابل کشف نبود. در نمودار زیر رابطه بین کمینه دما در طی نمودانه با میزان اسیدهای اولئیک و لینولئیک مورد بررسی قرار گرفته است.

نمودار.۳

نمودار نشان می‌دهد درصد لینولئیک با افزایش متوسط دمای کمینه از

کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب (هیدروژل‌ها) در کشاورزی

حمیدرضا اولیائی -استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
سیدهاشم خادم-کارشناس ارشد علوم خاک

مقدمه:

خشکسالی و کمبود منابع آب یکی از مهم‌ترین مشکلات دنیای امروز است که توسعه کشاورزی را با محدودیت‌های جدی مواجه نموده است. کمبود آب نه تنها برای کشاورزی و باغداری که برای سایر مصارف از جمله شرب، صنعت و مصارف بهداشتی به مشکل روز افزون قرن جاری تبدیل شده است. آب عامل عمده در تولید محصولات کشاورزی، اکولوژی و محیط زیست سالم و تامین مواد غذایی برای جمعیتی است که با افزایش روزافزون خود به بهره برداری بی رویه از منابع زمینی و آلوده سازی آن پرداخته اند. مجموعه این شرایط موجب گردیده است که در چنین وضعیتی صرفه جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدر رفتن آن از طریق مدیریت صحیح و افزایش بهره‌وری مصرف آب اهمیت ویژه ای داشته باشد. در این مقاله سعی گردیده

داده‌ها و اطلاعات مربوط به ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن آفتابگردان درطول دوران نمو دانه بیانگراین است که اسیدلینولئیک از اسیدپالمیتیک از طریق اسیداستئاریک تشکیل می‌شود. اسیدهای پالمیتیک و استئاریک به وسیله غیراشباع کردن تحت شرایط خاصی می‌توانند به اسیدلینولئیک و اسیداولئیک تبدیل شوند.

اثر دما بدون شک عامل اصلی و مهم کنترل کننده روغن است. رابطه عکس بین دما ودرجه غیراشباعی روغن بیان می‌کند که آنزیم‌هایی که باعث غیر اشباعی روغن می‌شوند در شرایط دمای سرد از کارآیی و سازگاری محیطی بیشتر و بهتری برخوردارند. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که برای افزایش درصد اسیدلینولئیک روغن به ۶۴ درصد و یا بیشتر به میانگین دماهای کمینه کم‌تر و یا برابر با ۱۶ درجه سانتی گراد در طی دوره پرشدن دانه نیاز است.

استراتژی‌های تولید در تاریخ کاشت دیرتر برای کاهش تنش رطوبتی در زمان گلدهی می‌تواند سبب تنظیم وکنترل میزان اسیدهای چرب روغن آفتابگردان شود. به این شرط که تاریخ کاشت مناسب بتواند باعث رسیدگی محصول در دماهای مطلوب برای تولید روغن با کیفیت بالا گردد. بنابراین تاریخ کاشت مناسب می‌تواند در ترکیبات اسیدهای چرب موجود در دانه روغن موثر باشد.

در ایران در نواحی اقلیمی‌با زمستان سرد، تاریخ کاشت باید براساس فرار از سرمای پاییزه تنظیم گردد. در نواحی با زمستان نیمه سرد تا کمی‌سرد، تاریخ کاشت باید درجهت حصول رشد رویشی کافی قبل از ورود به فاز زایشی انتخاب شود. در اقلیم‌های اشاره شده بهتر است کاشت با رسیدن میانگین دمای شبانه روزی به حدود ۱۲ درجه سانتی گراد انجام شود. در نواحی اقلیمی‌با زمستان ملایم، کاشت می‌تواند براساس میانگین دمای گرم ترین و سردترین ماه سال در پاییز و یا اواسط بهمن تا اوایل اسفند (به عنوان کشت بهاره) انجام گیرد. در نواحی گرم مانند استان خوزستان که میانگین دمای سردترین ماه سال بیش از۱۰ درجه سانتی گراد و میانگین دمای گرمترین ماه سال به ۳۴ درجه سانتی گراد می‌رسد، کاشت بهتر است در پاییز و با رسیدن میانگین دمای شبانه روزی به حدود ۲۰ درجه سانتی گراد به عمل آید. در نواحی با تابستان خنک تر بهتر است کشت به صورت بهاره و با رسیدن میانگین دمای شبانه روزی هوا به حدود ۱۲ درجه سانتی گراد انجام گیرد. در نواحی ساحلی خزر تاریخ کاشت آفتابگردان در شرایط دیم به میزان وتوزیع وپراکنش بارندگی بستگی دارد. از نظرشرایط دمایی کاشت در زمان‌هایی که میانگین دمای شبانه روزی هوا به ۱۵-۱۰ درجه سانتی گراد برسد، مناسب به نظر می‌رسد.

منابع:

۱- خواجه پور، م . ر. . ۱۳۸۳ گیاهان صنعتی . انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان . اصفهان.

۲- رستگار، م. ع. . ۱۳۸۴زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات برهمند. تهران

۳- عبدالرحمنی، ب. ۱۳۸۲ . تاریخ کاشت آفتابگردان دیم درمناطق سردسیر. انتشارات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم . تهران

4. Canvin. D .T.1965 .The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from sevsral oil seed crops . Can .J.Bot .43: 63-69

5. Johnson .B. J . and M.D . Jellem .1972 . Effect of planting Date on sunflower yield , oil and plants characristics .Agron . J. 64: 747-748 .

6. Hazel C.Harries ,J.R. Mc William and W.K .Manson .1978 . Influence of temperature on oil content and composition of suflower seed .AUS .J.Agric .Res .29, 1203-1212.

7. Paul W.Unger and .Tommy E. Thompson .1982. Planting Date Effects on sunflower Head Development .Agron .J.74: 389- 395.

برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب مانند انبارهای مینیاتوری آب عمل کرده و در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب را در اختیار آن قرار می‌دهند. مقدار آبی که در خاک ذخیره می‌شود به ظرفیت نگهداری رطوبت آن بستگی دارد. پلیمرهای سوپر جاذب ضمن بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های سبک می‌توانند مشکل نفوذپذیری خاک‌های سنگین را نیز مرتفع کنند. با این‌که سوپر جاذب‌ها تحت فشار هم قادر به نگهداری آب جذب کرده خود هستند، ولی به محض نیاز ریشه، آب را به سهولت در اختیار آن قرار می‌دهند. جذب سریع آب و حفظ آن، بازده جذب آب ناشی از بارندگی‌های پراکنده را بالا برده و درصورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را نیز افزایش می‌دهد. علاوه بر نگهداری آب، سوپر جاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم (انبساط به هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آب) میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهند.

میانگین قطر ذرات سوپر جاذب برای کاربردهای بهداشتی بسیار ریزتر و در حدود ۳۰۰ میکرومتر است. برای امور کشاورزی و باغبانی، بهتر است که از ذرات بزرگتر در ابعاد ۱ تا ۳ میلی متر که استحکام بیشتری داشته استفاده گردد. علت این امر این است که ذرات کوچک یا ژل‌های نرم فضاهای خالی در خاک را پر می‌کنند و از تنفس و جذب آب توسط ریشه جلوگیری می‌نمایند. از جمله نکاتی که در مورد سوپرجاذب‌ها مطرح است ، این ترکیبات جایگزین کودهای شیمیایی و آبیاری نمی‌باشند. این مواد تنها قابلیت نگهداری آب و برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را در خاک افزایش می‌دهند. سوپرجاذب‌ها براساس نوع ترکیب شیمیایی می‌توانند عناصری مانند: N، P، K، Zn، Fe، و B را در خود نگهداری نموده و از آبشویی و هدر رفتن آن‌ها جلوگیری به‌عمل آورند.

سوپر جاذب‌ها می‌توانند میزان آب مصرفی را تا حدود ۵۰ درصد و میزان کود مصرفی را تا حد ۳۰ درصد بسته به شرایط مختلف کاهش دهند. سوپرجاذب‌ها می‌توانند با کودهای شیمیایی، علف کش‌ها و آفت کش‌ها مخلوط شده و بدون هیچ‌گونه اثرمتقابل منفی، با یکدیگر به کار برده شوند.

اندازه ذرات پلیمرهای سوپر جاذب

پلیمرهای سوپر جاذب معرفی شده جهت مصرف در خاک در ۳ اندازه کوچک (۰/۳ تا ۱ میلی متر)، متوسط (۱ تا ۲ میلی متر) و بزرگ (۲ تا ۴ میلی‌متر) می‌باشند که هر گروه اندازه ای دارای مصرف خاص خود می‌باشد. بر اساس توصیه‌های انجام شده بهتر است تا تحت شرایط گلدان و یا مزرعه از اندازه‌های متوسط و بزرگ آن استفاده شود تا بدین ترتیب مدت زمان بقای آب در خاک افزایش یافته و دیرتر مورد تجزیه میکروبی قرار گیرند. به استثنای نوع پودری که دارای خاصیت بقاء و عمر کوتاه در خاک می‌باشند، پایداری این مواد در خاک بسته به شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت، شدت نور، فعالیت ریز موجودات و غیره حدود ۳ تا ۵ سال است و قادر به صدها بار جذب و دفع آب می‌باشد.

با توجه به ph حدود خنثی سوپرجاذب که بین ۶ تا ۷ است، کاربرد آن‌ها اثر سویی بر خاک نداشته و هیچ‌گونه سمیتی را نیز ایجاد نمی‌نماید. سوپر جاذب‌ها زمانی را که خاک به نقطه رطوبتی پژمردگی کامل برسد طولانی می‌کنند. با مصرف این نوع مواد، رطوبت خاک برای مدت زمان طولانی تری در سطح بالایی خاک و زیر ناحیه ریشه نگهداری می‌شود. کاربرد عمقی این مواد در مناطقی که بارندگی‌های سبک دارند، مناسب ن می‌باشد. جدول شماره ۱ برخی مشخصات فیزیکی - شیمیایی پلیمرهای سوپر جاذب در ابعاد ریز و درشت را نشان می‌دهد. جدول ۱

نکات مهم در مورد میزان کاربرد سوپر جاذب‌ها

مقدار کاربرد این مواد در خاک بستگی به نوع پلیمر سوپر جاذب، بافت خاک، گونه گیاه و شرایط اقلی می‌منطقه دارد. خاک رسی به دلیل دارا بودن درصد بالاتری خلل و فرج ریز، نیاز کم‌تری به سوپر جاذب نسبت به خاک شنی و لو می‌دارد. بنابراین خاک شنی به دلیل قابلیت نگهداری آب کم‌تر، عکس العمل بهتری نسبت به خاک رسی در مقابل کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب نشان داده، در نتیجه میزان کاربرد آن در خاک‌های رسی کمتر از خاک‌های لو می‌و شنی است.

مقدار مصرف آن در خاک‌های نواحی گرم و خشک به مراتب بیشتر از نواحی مرطوب و خنک است. . این ترکیبات با چسباندن ذرات سست خاک به یکدیگر به میزان زیادی مقاومت آن‌ها را در برابر جابه‌جایی و فرسایش افزایش می‌دهند. شکل ۲ کاربرد این مواد را جهت تثبیت خاک شیب‌ها نشان می‌دهد. کاربرد بیش از حد آن توصیه نشده، زیرا این ماده در اثر جذب آب متورم می‌شود و ممکن است موجب خروج ریشه‌ها و گیاه از خاک شود. به هنگام کاربرد بهتر است به خوبی با خاک مخلوط شده و از قرار دادن آن در لایه پنج سانتی متری بالایی خاک خودداری نمود. علت این امر تاثیر خورشید و اشعه ماوراء بنفش آن بر روی سوپر جاذب بوده که موجب شکستگی و

است تا خوانندگان با آخرین اطلاعات در ارتباط با پلیمرهای سوپر جاذب که کارایی مناسبی به عنوان یک مخزن ذخیره آب در محیط ریشه گیاه داشته، آشنا گردند.

ساختار شیمیایی پلیمرهای سوپر جاذب

مواد پلیمری سوپر جاذب که تحت عناوین دیگری مانند هیدروژل، کریستال‌های جاذب آب و ابر جاذب نیز نامیده می‌شوند، پلیمرهایی هستند که می‌توانند مقدار زیادی از مایعات را بسته به وزن خود جذب و نگهداری نمایند. پلیمرهای جذب کننده آب جزء هیدروژل‌ها طبقه بندی شده که محلول‌های آبی را از طریق پیوندهای هیدروژنی با ملکول‌های آب جذب می‌نماید. بنابراین توانایی این پلیمرهای سوپر جاذب در جذب آب یک عامل مرتبط با غلظت یونی محلول است. در آب‌های فاقد یون پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند تا ۵۰۰ برابر وزن خود آب جذب نموده (۳۰ تا ۶۰ برابر حجم اولیه)، درحالی که اگر در محلول نمکی با غلظت ۰/۹ درصد قرارگیرند، میزان جذب آب تا ۵۰ برابر وزن کاهش می‌یابد. حضور کاتیون‌ها در محلول مانع ایجاد پیوند میان این مواد با آب می‌گردد. شکل ۱ افزایش حجم پلیمرهای سوپرجاذب پس از جذب آب را نشان می‌دهد.

پلیمرهای سوپر جاذب در حال حاضر از پلیمریزه نمودن توده‌های آکریلیک اسید با هیدروکسید سدیم در حضور یک آغاز گر جهت تولید یک پلی‌آکریلیک اسید و نمک سدیم به کار می‌رود. امروزه پلیمرهای سوپر جاذب با استفاده از ۲ روش پلیمریزه نمودن به حالت محلول و حالت تعلیق تولید می‌شود. استفاده از روش پلیمریزه نمودن به حالت محلول ارزان تر بوده و کاربرد بیشتری دارد که بر اساس آن از یک مونومر محلول با پایه آب جهت تولید توده پلیمری ژل مانند استفاده می‌گردد. توده ژل مانند سپس قطعه قطعه، خشک و آسیاب شده تا به اندازه مورد نظر در آید. در روش پلیمریزه نمودن تعلیقی از حلالی با پایه هیدروکربن استفاده می‌گردد. میزان جذب و ظرفیت انبساط به نوع و درجه پیوندهای بین ملکولی پلیمر بستگی دارد. پلیمرهای سوپر جاذب با تراکم پیوندی کم‌تر دارای جذب آب بیشتری بوده و به میزان زیادتری منبسط می‌گردند. این نوع از پلیمرها نرم تر و دارای قدرت تشکیل ژل پیوسته تری هستند.

تا سال ۱۹۸۰ مواد سوپر جاذب شامل مواد سلولزی یا فیبری بودند که میزان ظرفیت جذب این مواد فقط ۲۰ برابر وزن آن‌ها بوده است که این میزان رطوبت را به سرعت از دست می‌دادند. در اوایل دهه ۱۹۶۰ وزارت کشاورزی آمریکا، کار بر روی موادی که ظرفیت نگهداری خاک را افزایش دهند را آغاز نمود. این محققان ماده پلیمری رزینی خاصی را با ملکول‌های نشاسته پیوند دادند. ماده حاصل توانایی جذب آب تا ۴۰۰ برابر وزن اولیه خود را داشت. این ژل، آب جذب شده خود را به سهولت مواد سلولزی و فیبری از دست نداد که یک مزیت مهم برای آن محسوب می‌گردید. این ماده به سوپر مکنده۲ موسوم گردید.

سوپر جاذب‌ها شامل سه نوع: کاتیونی، آنیونی و خنثی می‌باشند که در کشاورزی نوع آنیونی آن با داشتن بار منفی مورد توجه است. سوپر جاذب‌های آنیونی با دارا بودن قابلیت تبادل کاتیونی قادرند علاوه بر جذب مقادیر قابل‌توجهی آب، کاتیون‌های موثر و مفید در رشد گیاه را در خود جذب نموده و ضمن جلوگیری از هدر رفتن آن‌ها، در موقع لزوم آن‌ها را در اختیار گیاه قرار دهند.

سایر ویژگی‌های پلیمرهای سوپر جاذب

پلیمرهای سوپر جاذب مواد اصلاح کننده جدیدی هستند که ضمن

جوانه‌هایی استفاده می‌شود که رطوبت برای آن‌ها بسیار بحرانی باشد.

پلیمر سوپر جاذب می‌تواند به روش کپه ای (درون گودال)، نواری و اختلاط کامل با خاک به کار رود. این ترکیب همچنین به‌عنوان بستر رویش گیاه و به صورت خالص و بدون خاک نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این شرایط بهتر است عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را به آن اضافه نمود.

در گلدان بهتر است سوپر جاذب را با مقداری خاک مخلوط کرده و به صورت لایه ای در قسمت پایین گلدان مصرف کرد تا از هدر رفتن آن جلوگیری نماید. همچنین می‌توان سوراخ‌هایی تا دو سوم عمق گلدان ایجاد کرد و مقدار لازم پلیمر خشک را درون آن‌ها ریخته، آن را فشرد و سپس سوراخ‌ها را با مقداری خاک معمولی پوشاند. تعداد سوراخ‌ها و مقدار پلیمر سوپر جاذب مصرفی، بستگی به اندازه گلدان دارد. کاربرد گلدانی این مواد گسترش ریشه و توزیع یکنواخت تر آن را موجب می‌گردد. شکل ۳ مقایسه این دو حالت را نشان می‌دهد. جدول شماره ۲

مقدار مصرف آن برای درختان حدود صد گرم سوپر جاذب خشک به ازای هر درخت توصیه می‌شود. هنگام کاربرد برای درختان، قسمتی از خاک پای درخت را خارج نموده و به مقدار لازم سوپر جاذب را با مقداری خاک مخلوط کرده، سپس این مخلوط را در قسمت زیرین ریخته و روی آن را با خاک معمولی پرمی‌نماییم. مقدار مصرف آن برای خزانه نشاها حدود ۱۲۰-۴۰ گرم سوپر جاذب خشک در مترمربع و درعمق ۱۵-۱۰ سانتی متری خاک است.

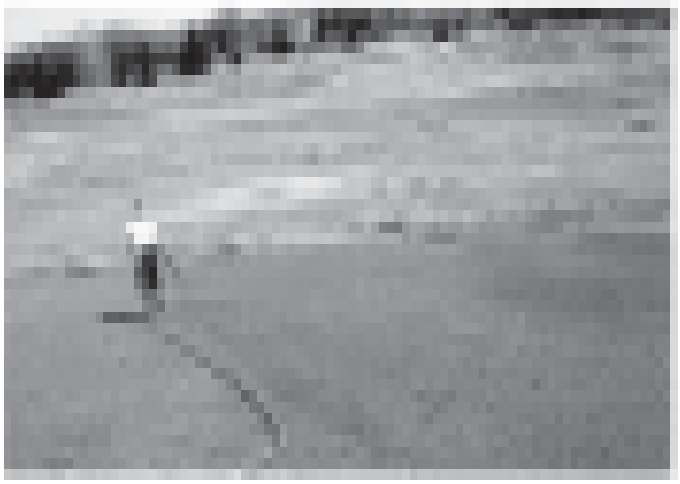
مقدار کاربرد آن در زمین‌های چمن ۵۰ تا ۱۰۰ گرم سوپر جاذب خشک در مترمربع و در عمق ۲/۵ تا ۵ سانتی متری خاک است. در زمین‌های چمن مقدار توصیه شده سوپر جاذب را به صورت دستپاش و یا با بذرپاش در سطح خاک پخش کرده و سپس با برگرداندن خاک، آن را در لایه ۲/۵ تا ۵ سانتی‌متری خاک قرار داده و بذر چمن را کشت می‌نمائیم. مقدار مصرف آن در مزرعه بسته به خصوصیات مختلف حدود ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب در هر هکتار است.

این مواد در مزارع به دو صورت به کار می‌رود. در روش اول پس از پخش سطحی سوپر جاذب، آن را توسط شخم تا عمق زیر ناحیه ریشه بر می‌گردانیم. آنگاه می‌توان مبادرت به کاشت گیاه نمود. در روش دوم از دستگاه کودکار نواری استفاده کرده که طی آن سوپر جاذب توسط لوله‌های دستگاه در کنار ردیف‌های کاشت و در عمق ریشه‌ها قرار می‌گیرد.

با اضافه کردن پلیمرهای سوپر جاذب به بسترهای کشت هیدروپونیک می‌توان در مصرف محلول‌های غذایی و آب صرفه جویی کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد سوپر جاذب بسته به نوع گیاه، بافت خاک، شرایط اقلیمی‌و کیفیت آب، به طور متوسط موجب کاهش آب مصرفی به میزان ۳۰ تا درصد می‌شود. ۹۵ درصد آب موجود در سوپر جاذب‌ها قابل استفاده توسط گیاه است.

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی پلیمرهای سوپر جاذب

مشخصات	اندازه درشت‌دانه	اندازه ریز
ظاهر	[illegible]	[illegible]
مقدار رطوبت (٪)	[illegible]	[illegible]
وزن مخصوص	[illegible]	[illegible]
پلاستیسیته (PI)	[illegible]	[illegible]
PH محلول آبی	[illegible]	[illegible]
حداکثر جذب آب	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]



تجزیه سریع آن می‌شود. جدول شماره ۲ میزان مصرف سوپر جاذب‌ها را در مصارف مختلف نشان می‌دهد. پس از استفاده از سوپر جاذب‌ها لازم است تا ۳-۲ نوبت آبیاری معمولی انجام شود و سپس فاصله آبیاری را افزایش دهیم. کاربرد سوپر جاذب بسته به نوع گیاه، بافت خاک، شرایط اقلی می‌و کیفیت آب، موجب کاهش آب مصرفی به میزان ۵۰ تا ۷۰درصد می‌شود که این مقدار برای گیاهان گلدانی ۵۰ تا ۷۵درصد ، زمین‌های چمن ۱۵ تا ۴۰درصد ، گیاهان زراعی در شرایط مزرعه ای ۲۰ تا ۴۰درصد است.

کاربرد سوپر جاذب‌ها به دو صورت خشک و آبگیری شده (ژل) توصیه می‌شود. در صورتی که به صورت ژل در خاک مصرف شود، میزان کاربرد آن به نسبت چهار قسمت خاک به یک قسمت ژل (۱:۴) در نظر گرفته می‌شود. نوع آبگیری شده آن دارای دوام کم‌تری بوده و حدود ۱۲-۶ ماه در خاک پایدار است و بیشتر به‌عنوان پوشش بذر و نیز برای ریشه‌های لخت، نشاها و

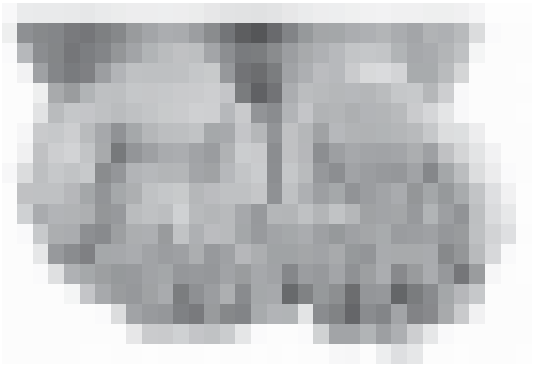
* کاهش تبخیر از سطح خاک که به مقدار زیادی انتقال املاح را به سطح کاهش می‌دهد.

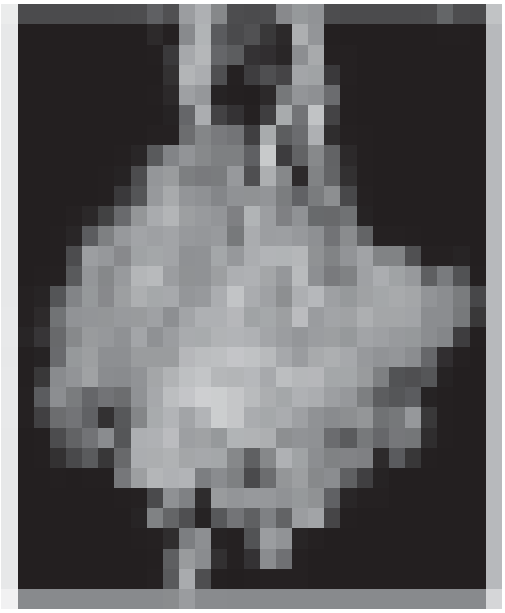
تاثیرات بر روی شاخص های گیاه:

* جذب بهتر مواد غذایی از طریق ریشه
* انبوهی رشد ریشه (تقویت ریشه زایی)
* افزایش قوه نامیه (بالابردن درصد جوانه زنی)
* افزایش تاثیر کودها و آفت کش ها به میزان بسیار چشمگیر
* کاهش تاثیرات منفی ناشی از تنش خشکی
* امکان کاشت بر روی سطوح شیب دار

تاثیرات اقتصادی:

* کاهش چشمگیر مصرف آب و جلوگیری ازاتلاف آب در حدود ۷۰- ۵۰درصد
* افزایش ک می‌وکیفی محصول و در نتیجه درآمد بالاتر
* کاهش هزینه‌های کارگری جهت آبیاری
* کاهش استهلاک پمپ آب در نتیجه کارکرد کم‌تر





منابع:

1. Azzam, Reda A. I.1980. “Agricultural Polymers. Polyacrylamide Preparation, Application and Prospects in Soil Conditioning” Comm. Soil Sci. Plant Anal., 11(8):767-834.

2. Boaz, M. M. and J. L. Nus. 1991. “Effect of Cross-Linked Polyacrylamide and Starch Polymers on Rootzone Impact Absorption, Oxygen Diffusion Rate, Water Holding Capacity, and Rooting of Tall Fescue” Agron. Abst., p. 172.

3. El-Hady, O. A., M. Y. Tayel and A. A. Lofty. 1981. “Super Gel as a Soil Conditioner II - Its Effect on Plant Growth, Enzymes Activity, Water Use Efficiency and Nutrient Uptake” Acta Horta., 119:257-265.

4. http://www.horticulturalalliance.com/Horta-Sorb_Superabsorbents.asp

5. http://www.terawet.com/about_us.htm

6. http://www.m2polymer.com/

7. http://www.superabsorbent.com/

8. http://www.watercrystals.biz/

9. http://www.flowergel.com/Colophony_fa.html/

10. http://www.rahabresin.com/what.html/

11. http://www.water-keep.com/index.html

12. Johnson, Michael S. and Richard T. Leah. 1990. “Effects of Superabsorbent Polyacrylamides on Efficiency of Water Use by Crop Seedlings” J. Sci. Food Agric., 52:431-434.

پی نوشت:

1- Super absorbent polymers
2- Super slurper

[illegible]

تحقیقات انجام شده در مورد تاثیر کاربرد سوپر جاذب‌ها بر رشد گیاهان

شروع تحقیقات علمی‌در دنیا روی این مواد مربوط دهه ۱۹۸۰ میلادی است. پس از شناخت تاثیر سوپر جاذب‌ها روی خصوصیات خاک و رشد گیاهان، تولید تجاری و انبوه آن در برخی کشورها از اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز گردید و حدود سال ۲۰۰۰ میلادی اغلب کشورها به‌خصوص مناطق خشک مانند آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و برخی مناطق خاور دور نسبت به آن شناخت بیشتری پیدا نمودند. تاثیر پلیمرهای سوپر جاذب روی افزایش تولید غذا برای جمعیت روزافزون جهان در مناطقی که قابلیت کافی برای تولید غذا ندارند، محسوس تر است.

در مطالعات انجام شده در طرح‌های درختکاری در آفریقای جنوبی، مشخص گردید که استفاده از پلیمر، اولا میزان از بین رفتن درختان در اثر خشکی تا میزان ۹۰درصد کاهش و ثانیا هزینه آبیاری نهال‌ها نیز تا حدود ۳۰درصد در هکتار کاهش پیدا می‌کند. همچنین تحقیقاتی که در عربستان با پلیمرهای ذکر شده توسط شرکت stockosorb در سال ۲۰۰۰ صورت گرفت نشان می‌دهد که با استفاده از این پلیمرها می‌توان علاوه بر رشد بهتر گیاه و کاهش تاثیر منفی نمک خاک بر گیاه، تا حدود ۵۰ درصد در مصرف آب نیز صرفه جویی کرد. با توجه به تحقیقات انجام گرفته در بسیاری از مناطق دنیا در دو دهه اخیر، اثرات مثبت کاربرد این مواد بر خصوصیات خاک، ویژگی‌های کمی‌و کیفی گیاهی و بازدهی‌های اقتصادی به همراه جنبه‌های مثبت زیست محیطی این مواد، آن‌ها را به نقطه قوتی جهت بهبود قابل توجه در مدیریت کشاورزی به خصوص در جنبه‌های آب و خاک تبدیل نموده است.

به طور خلاصه می‌توان تاثیرات کاربرد سوپر جاذب‌ها را بر شاخص‌های مختلف به صورت زیر بیان نمود:

تاثیرات بر روی شاخص‌های خاک:

* کاهش فشردگی خاک
* بهبود تهویه و ساختمان خاک
* کاهش فرسایش خاک و امکان تثبیت شن‌های روان
* جلوگیری از شسته شدن و هدر رفتن مواد غذایی خاک
* کاهش تاثیرات منفی حاصل از نمک خاک
* کاهش آلودگی آب‌های زیر زمینی

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

مواردی کم بر روی آب مانند لکه‌های چربی قرار می گیرند. حتی در بسیاری از گیاهان پست نیز این اسانس‌ها وجود دارند و گیاهانی که بیش از همه در خود اسانس دارد، مربوط به تیره‌های نعناع ، چتریان و کاسنی است. در موادی در خانواده سیب زمینی ، انواع رزها و خانواده گندم هم چنین ترکیباتی یافت می‌شوند.

مهم‌ترین تیره‌هایی که دارای روغن فرار می‌باشند عبارتند از: تیره کاج ، برگ بو ، نارنج ، مورد ، چتریان، نعنائیان وکاسنی .اسانس‌ها ممکن است به طور مستقیم توسط پروتوپلاسم به وسیله تجزیه مواد رزینی غشاء سلول‌ها یا از هیدولیز بعضی از گلوکزیدها حاصل شوند . محل تشکیل و جایگزینی روغن‌های فرار در گیاهان به تیره‌های مختلف بستگی دارد وبه عنوان نمونه در گیاهان تیره نعنائیان روغن‌های فرار در تارهای ترشح کننده، در تیره فلفل در سلول‌های پارانشیم ، در تیره چتریان در لوله‌های روغنی وسرانجام در تیره‌های کاج ونارنج در مجراهای لیزیژن شیزوژن و در گلسرخ، اسانس‌ها به مقدار قابل توجه‌ای در گلبرگ‌ها وجود دارد. اسانس‌ها در الکل ، اتر ، اتر نفت واغلب حلال‌های آلی محلول هستند. اسانس‌ها به علت تبخیر در اثر مجاورت هوا در حرارت عادی ، روغن‌های فرار ، روغن‌های اتری یا اسانس‌های روغنی نامیده می‌شوند. اسانس‌ها به طور کلی بی رنگ هستند، به ویژه هنگامی‌که تازه تهیه شده باشند، ولی رنگ آن‌ها در اثر مرور زمان به علت اکسیداسیون ورزینی شدن تیره می‌گردد. بنابراین توصیه شده است برای جلوگیری ازاین تغییرات، اسانس‌ها در مکان خنک ، خشک ، ظرف‌های سربسته و از جنس شیشه به رنگ دودی نگهداری شوند. ساختمان شیمیایی آن‌ها مخلوطی از استرها، آلدئیدها، الکل‌ها، ستن‌ها وترپن‌ها است. روغن‌های فرار از نظر بعضی ویژگی‌های شیمیایی وفیزیکی با روغن‌های ثابت اختلاف دارند. به طور معمول اسانس گیاهان به وسیله تقطیر با آب و یا بخار صورت می‌گیرد. جهت انجام‌این امر بخار آب را با فشار از میان گیاه می‌گذرانند ودر نهایت مرحله آبی وروغنی از یکدیگر جدا می‌شوند . روغن پوست مرکبات نیز نمونه دیگری از اسانس‌ها هستند که از طریق فشار بر روی پوست آزاد می‌شوند، به‌این علت که دارای مقدار زیادی هیدروکربن‌های فرار ترپنی هستند، البته مقدار کمی‌از ترکیب‌های غیر فرار مانند رنگ‌ها، موم‌ها وفوروکومارین‌ها نیز همراه اسانس می‌باشند که در بعضی نمونه‌ها بسیا ناچیز هستند. به طور معمول مواد خام ازاندام‌های مختلف گیاه به طور نمونه شکوفه، جوانه، میوه ، بذر، برگ ، پوست وغیره استخراج می‌شوند.

در حالت‌های عادی کلیه ی روغن‌های فرار به اسانس‌ها معروف هستند.

اسانس به طور کلی برای گیاه مفید است به این صورت که در جایی سبب جذب حشرات مفید و در جایی باعث دفع موجودات مضر می‌شود.

گیاهان دارای اسانس چه ویژگی های ی دارند ؟

گیاهانی که می توانند آفات را فراری بدهند ، از قدرت بالایی برخوردارند . معمولا آفات به خود این گیاهان صدمه نمی‌زنند یا صدمه آن‌ها بسیار نا چیز است . همچنین بقایای این گیاهان در مزرعه مانع حمله آفات به سایر گیاهان می‌شود.در مواردی حتی پراکنده کردن کاه و کلش این گیاهان روی سایر گیاهان زراعی به عنوان نوعی آفت کش عمل می‌کند. این گیاهان باید دایمی‌باشند و نیازی به کشت هر ساله آن‌ها نباشد، به خوبی رشد کنند و مقاومت خوبی داشته باشند. برای کاشت و داشت، نباید نیاز به مهارت خاصی داشته باشند، به راحتی برداشت شوند و پرورش آن‌ها ساده باشد یعنی به کود و تغذیه خاص و فضای زیاد احتیاج نداشته باشند.

اثر کنترلی خوبی روی آفات مورد نظر داشته باشند، برای انسان و حیوانات

اسانس‌ها و کاربرد آن در کنترل آفات کشور

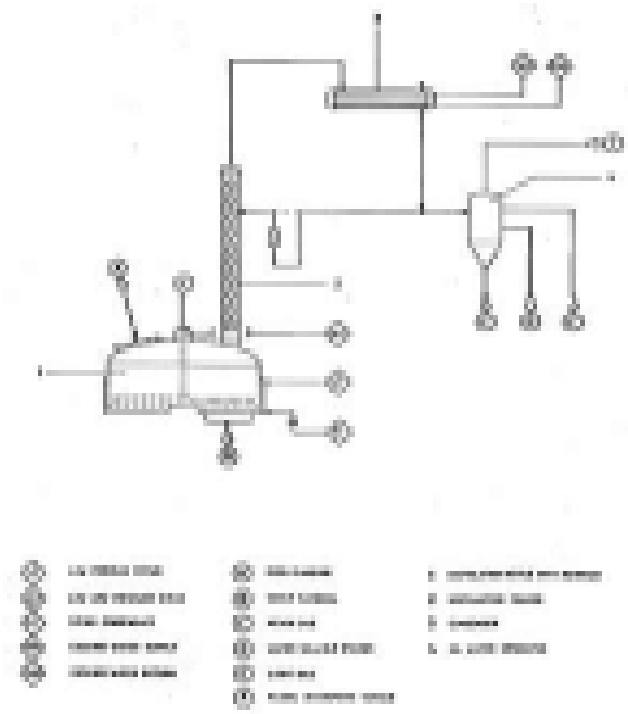
ترجمه و گرد آوری: سمیه قائمی - مهندسی گیاه پزشکی- دانشگاه تهران

مقدمه:

با افزایش جمعیت، نیاز به استفاده بهینه از مزارع کشاورزی و بهره وری بهتر، هر چه بیشتر محسوس می‌شود. مصرف گسترده سموم شیمیایی سنتتیک در مزارع مشکلات دیگری را چون مقاومت حشرات به بعضی از سموم، آلودگی گسترده محیط زیست به مواد شیمیایی پایدار ، آلودگی آب و منابع تغذیه ای دام‌ها به سموم، طغیان آفات از طریق نابود کردن دشمنان طبیعی و انتقال باقی مانده‌های سموم به مصرف کننده‌ی نهایی که اغلب انسان است، پدید می‌آورد. میزان مصرف سموم شیمیایی علیه دفع آفات نباتی همه ساله روبه افزایش است. در حالی که آفات همچنان تا حد طغیان به محصولات کشاورزی آسیب رسانده و سبب نابودی محیط طبیعی می‌شوند. بیش از ۵۰۰ آفت حشره نسبت به یک یا چند آفت کش مقاومت نشان داده‌اند. بر اثر آگاهی نداشتن از کاربرد سموم شیمیایی این مواد خطرناک بیشتر بی رویه و بدون مورد مصرف می‌شوند. واضح و روشن است که مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی سبب خطرات جدی زیست محیطی می‌شود و وظیفه محققان و مسئولان ذی‌ربط است که چاره ای برای این مهم بیندیشند. محافظت از گیاهان با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی نیاز به جستجوی نسل جدیدی از آفت کش‌ها را ضرورت بخشیده است. گیاهان به واسطه داشتن ترکیبات فعال بیولوژیکی، سیستم دفاعی بسیار پیشرفته‌ای علیه آفات دارند. امروزه دانشمندان در میان این متابولیت‌های ثانویه در جستجوی ترکیبات جایگزین آفت کش‌های رایج شیمیایی هستند. کشور ما با داشتن فلور غنی، خاستگاه بسیاری از گیاهان آفت کش است و با توجه به این قابلیت می‌تواند نیاز به آفت کش‌های سنتتیک را تا حدودی مرتفع سازد. امروزه گروه وسیعی از فرآورده‌های سمی بیولوژیک حاصل از گیاهان آلی، باکتری‌ها ،آفات و بیماری‌های نباتی و علف‌های هرز در دسترس است. اهمیت این مواد از این نظر است که هم خودشان به طور مستقیم برای دفع آفات و هم به عنوان نمونه برای تولید فرآورده ای جدید دفع آفت قابل استفاده هستند. گیاهان متابولیت‌های ثانویه از قبیل ترپنوئیدها ، آلکالوئیدها، پلی استیلن‌ها، فلاونوئیدها، اسیدهای آمینه و قندهای معمولی دارند که بسیاری از آن‌ها در طول دوره تکامل گیاهان برای دفع آفات و عوامل بیماری زای گیاهان تکامل یافته‌اند. این مواد که به طور فراوان در دسترس هستند، می‌توانند بهترین مواد برای حفاظت نباتات باشند، گرچه تاکنون از اغلب مواد یافت شده در گیاهان به عنوان مدل برای سنتز ترکیبات شیمیایی استفاده شده است، ولی ما می توانیم مانند بسیاری از کشورهای دیگر پس از کشت گیاهان مربوطه، مبادرت به استخراج و مصرف مستقیم این عصاره‌های آفت کش طبیعی نماییم. در این مقاله طی گردآوری و ترجمه تلاش بر معرفی ترکیبات آفت کش طبیعی "Essential oil" (اسانس‌ها) ، مزایا ، معایب، کاربرد و حتی بیان اثرات احتمالی زیست محیطی گردیده است.

معرفی اسانس‌ها

اسانس‌ها طبقه‌ای از روغن‌های گیاهی هستند که از مخلوط ترکیب‌های شیمیایی آلی فرار ، سنگین وچربی تشکیل یافته‌اند،در اصل وجود آن‌ها ، مسئول بوی خوش یا مزه در گیاه می‌باشد. اسانس‌ها با توجه به نوع تیره‌های گیاهی ممکن است در بسیاری از تیره‌های گیاهان عالی یافت شوند. موادی که تحت نام اسانس در گیاه از فعالیت آفات جلوگیری می‌کنند، ترپن‌های فرار با وزن مولکولی کم هستند که تنها به یک گروه خاص از گیاهان محدود نمی‌شوند و در هر سلسله ای از گیاهان می‌توان تعدادی از آن‌ها را یافت. در اصل وجود بوی خوش ازاندام‌های این گونه گیاهان یا مزه آن‌ها به دلیل وجود این اسانس‌ها می‌باشد. وزن مخصوص اسانس کم‌تر از آب می‌باشد و به جزء



ب)الکل‌های ترپنی مانند منتول در اسانس نعناع فلفلی
ج)الکل‌های سسکویی ترپن مانند سانتالول در اسانس چوب صندل

۲-ترکیب‌های آلدهیدی

ترکیب‌های آلدهیدی موجود در اسانس‌ها را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:

الف) آلدهیدهای خطی سیترونلال موجود در اسانس اوکالیپتوس سیترواودورا

ب) آلدهیدهای عطری مانند وانیلین در اسانس حاصل از وانیل

۳-ترکیب‌های کتونی

کتون‌های موجود در اسانس‌ها را ممکن است به ترتیب زیر تقسیم نمود:

الف)کتون‌های ترپنی یک حلقه کاروون در اسانس پونه سنبله‌ای ورازیانه

ب) کتون‌های دو حلقه کامفنون در اسانس کامفر

۴-ترکیب‌های فنلی

تیمول در اسانس آویشن

۵-ترکیب‌های اترهای فنلی

آنتول در اسانس رازیانه

۶-ترکیب‌های اکسیدی

سینئول موجود در اوکاپلیتوس

۷-ترکیب‌های استری

متیل سالیسیلات در اسانس وینتر گرین

۸-ترکیب‌های اسیدی

اسید سینامیک در بالسام پرو

۹-مشتقات فوران

پریلن در پریلا سیترودورا

۱۰-کیتون‌ها

تیموهیدروکینون در اسانس دانه زیره روکسبوریانیوم

۱۱-لاکتون‌ها،کومارین‌ها وکومارون‌ها

گزانتوتوکسین در اسانس آلنجلیکا آرچانجلیکا

۱۲-ترکیب‌های نیتروژن دار وسولفوردار

مانند متیل -بتا-متیل تیولپروپیونات در آناناس وبنزیل سیاناید در ترتیزک

ترپنوییدها

تعداد زیادی از ترکیب‌های موجود در گیاهان را تحت نام "ترپنوییدها" می‌نامند واین واژه مبین ترکیب‌های است که منشا بیوسنتزی آن‌ها یکسان می‌باشد .اسکلت کربنی ترپن‌ها شامل واحدهای ساختمانی تکراری از ترکیب‌های پنج کربنی به نام‌ایزوپرن شکل گرفته است . بیشتر هیدروکربن‌های ترپنی طبیعی دارای فرمول ملکولی می‌باشند ،اساسا n به عنوان پایه‌ای از طبقه بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ما طبقه بندی زیر را به صورتی که در بالا بیان گردید خواهیم داشت :

۱-همی‌ترپن‌ها	Hemiterpenes(C۵H ۸)=C۵H۸
۲-مونوترپن‌ها	Monoterpenes(C۵H۸)=C۱۰H۱۶
۳-سسکویی ترپن‌ها	Sesquiterpenes(C۵H۸)=C۱۵H۲٤
٤-دی ترپن‌ها	Diterpenes(C۵H۸)=C۲۰H۳۲
٥-سسمتر ترپن‌ها	Sesterterpenes(C۵H۸)=C۲۵H٤۰
٦-تری ترپن‌ها	Triterpenes(C۵H۸)=C۳۰H٤۸
۷-تتراترپن‌ها	Tetraterpenes(C۵H۸)=C٤۰H٤۸
۸-پلی ترپن‌ها	PolyterpenesC۵Xn H(n>۸)

ترپن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که قسمت عمده ساختمان شیمیایی اسانس‌ها را تشکیل داده‌اند ، واژه ترپن از یک کلمه آلمانی به معنی تربانین مشتق شده است و دارای فرمول ملکولی C۱۰H۱۶ است.

قاعده ایزوپرن

ایزوپرن (متیل بوتادین) ساختمان اصلی واحدی مرکب شامل پنج اتم کربن است که در تمام ترکیب‌های نشانه گذاری‌های زیستی مرکب از واحدهای زیرین‌ایزوپرن CH۲=C=(CH۳)CH-CH۲ وجود دارد که ترپنو ییدها وایزوپرونوییدها یاایزوپنتنوییدها نامیده می‌شوند.

تمام موجودات زنده‌ای از باکتری تا انسان ، زیست ساخت (بیوسنتز) یا

و محیط بی ضرر و کم خطر باشند و در نهایت عصاره گیری و فرموله کردن ماده موثره آن‌ها هم چندان دشوار نباشد.

گیاهان تاریخی دارای اسانس

بیش از هزار سال از زمانی که اولین بار از گیاه مریم گلی به عنوان گیاه دارویی در همین زمینه استفاده شد، می‌گذرد. چریش هم یکی از گیاهانی است که مدت زمان زیادی برای کنترل آفت مورد استفاده قرار گرفت. ملخ‌ها روی درختان چریش تغذیه نمی‌کنند. روتنون یک ترکیب حشره کش قوی است که در گیاهان خاص از تیره بقولات وجود دارد و از آن هم برای دفع حشرات استفاده می‌شود. همچنین پیرترین از قدیم الایام برای کنترل حشرات مورد استفاده قرار گرفته است. این ماده یک ترکیب حشره کش قوی است که در گل‌های گیاه پیرتر وجود دارد. گیاه نیکوتانا هم که شامل مقدار بالایی از نیکوتین است، خاصیت حشره کشی دارد. در هندوستان و ژاپن از ریشه گیاه اکروس برای این منظور استفاده می‌کردند.

تحقیقات جدید:

در حال حاضر در اقصی نقاط جهان و در مراکز تحقیقاتی مختلف، محققان در حال بررسی هزاران گونه گیاهی، همین خاصیت هستند. آن‌ها می‌کوشند با اثبات ضد آفت بودن اسانس بسیاری از گیاهان، تعداد دیگری از آن‌ها را به این فهرست اضافه کنند. بر اساس تحقیقات انجام شده، مشخص شد که اسانس گیاه آرتمیزیا، روی چند نوع آفت انباری موثر واقع شده است.

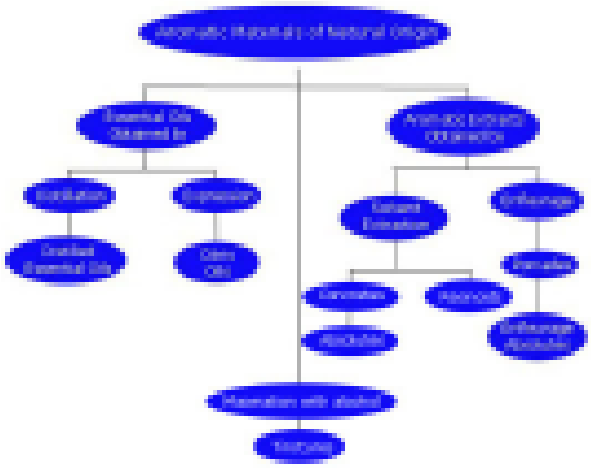
بر اساس یکی از تحقیقات در یک دوره زمانی ۳ ماهه، اسانس گونه‌های پونه Mentha arvensis L. ، M.piperata L. ، M.spicata L. به طور معنی داری میزان تخم‌ریزی سوسک چهار نقطه ای حبوبات را کاهش می‌دهد. به طوری‌که در M.spicata صد درصد مرگ و میر مشاهده شده است.

استفاده از اسانس گیاه درمنه کوهی که یکی از گیاهان مرتعی ایران است، نشان داد که اسانس این گیاه سمیت شدیدی روی حشرات بالغ سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات، شپشه برنج، شپشه گندم و شپشه آرد داشته است. به نظر می‌رسد مخلوط پودر این گیاه با حبوبات انبار شده در مناطق روستایی بدون آسیب به قوه نامیه و طعم آن‌ها می‌تواند آفت این محصولات را به روشی سالم و کم خطر کنترل کند.

مزایای اسانس ها

این ترکیبات همواره این خاصیت را دارند که زودتر تجزیه می‌شوند و با وجود این‌که دارای مواد و ترکیبات ضد آفت هستند، سمیت کم‌تری را برای انسان و دیگر پستانداران به همراه دارند . به هر حال این ترکیبات، همواره نسبت به ترکیبات شیمیایی ساخت دست بشر، صدمه و لطمه کم‌تری به محیط زیست می‌زنند. هر چند تا کنون تحقیقات وسیعی در خصوص این ترکیبات و میزان خطر آن‌ها برای انسان و محیط انجام نشده، اما به نظر می‌رسد این خطرات چندان قابل توجه نباشند. در سال‌های اخیر دیدگاه بشر درباره محیط زندگی با افزایش توجه به سلامت محیط زیست و بهداشت موادغذایی، تغییر پیدا کرده و گرایش به سوی مواد گیاهی از جمله اسانس‌ها بیشتر شده است. با توجه به تاریخ درخشان کشور در زمینه کاربرد گیاهان دارویی، تلاش‌های بسیاری برای بررسی این موارد در داخل کشور در حال انجام است.

امروزه کنگره بین المللی اسانس‌ها ، on Essential Oil



International Congress که یک گردهمایی سالانه است، تمام مسایل تحقیقاتی در رابطه با اسانس‌های گیاهی، از کشاورزی تا سم شناسی این ترکیب‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. به نظر می‌رسد ترکیب‌های گیاهی می‌توانند در آینده یکی از جایگزین‌های مناسب سموم شیمیایی برای کنترل آفات باشند.

طبقه بندی ترکیب های شیمیایی موجود در اسانس ها

اسانس‌ها با توجه به ترکیب‌های شیمیایی که دارند به چند گروه طبقه بندی می شوند: هیدروکربورها، الکل ها، آلدئیدها، ستون ها، استرها،فنل ها،اترهای فنلی،اکسیدها،پراکسیدها،ترکیب های گوگردی ترکیب‌های ازت دار.

ترکیب‌های شیمیایی اسانس‌ها را ممکن است براساس مبداء بیوسنتز آن‌ها به دو طبقه تقسیم نمود:

۱-مشتقات ترپن‌ها که از طریقه واکنش استات- اسید موالیک به‌وجود می‌آیند.

۲-ترکیب‌های عطری که از طریقه اسید شیکمیک وفنیل پروپانوئید ساخته می‌شوند.

ترکیب های شیمیایی اسانس ها

اسانس‌ها مخلوطی از ترکیب‌های مختلف می‌باشند که با یکدیگر تفاوت بسیاری دارند .این ترکیب‌ها در گیاهان مختلف به ترتیب زیر می‌باشند :

۱-ترکیب‌های الکلی می‌توانند به سه صورت زیر در اسانس‌ها موجود باشند .

الف) الکل‌های غیر حلقوی مانند ژرانیول در اسانس گلسرخ

۳- Cytoplasmic mutagenicity (جهش زایی سیتوپلاسمی)

مطالعات متعددی از جهش‌زایی‌ها (و عدم جهش زایی‌ها) توسط اسانس‌ها در باکتری‌های (Salmonella typhimurium با تست Ames ، Escherichia coli با تست SOS ، Bacillus subtilis با تست اصلاح DNA) یا سلول‌های پستانداران و در حشرات انجام شده‌اند.

در این سیستم آزمایشی ممکن است نحوه ی عمل اسانس‌ها و اهداف آن‌ها مشخص شده باشد اما در آن سمیت سلولی ، جهش زایی وعدم جهش زایی ارزیابی شده‌اند بدون در نظر گرفتن این‌که آن‌ها ممکن است در نتیجه نقص در متابولیسم انرژی وتنفس به عنوان عوامل مستقیم یا غیر مستقیم

باشند . در همین رابطه تست مخمر Saccharomyces cerevisiae نشان داد که به عنوان یک ارگانیسم بی هوازی اختیاری بالقوه مفید است . مخمرها می‌توانند همراه میتو کندری‌های آسیب دیده شان وحتی بدون میتوکندری‌ها زنده بمانند واثرات تعیین کننده در سیستم تنفسی شان می‌تواند بدون اثر مستقیم بر بقای سلول آزمایش شود. تحقیقات نشان داده است که میتو کندری‌ها اهداف سلولی مهمی برای اسانس‌ها هستند . همچنین ارتباط بین نابودی میتوکندری‌ها و تغییرات فوری متابولیسم تنفسی در اثر عکس العمل سلول‌های مخمر در برابر اسانس‌های چای ثابت شده است. با این وجود پرتودهی اسانس‌ها می‌تواند میتوکندری‌های آسیب دیده را وادار کند که غشاهای میتوکندریایی را در بربگیرند. میزان این القاء به سمیت سلولی و موقعیت اسانس‌ها بستگی دارد.

۴- Carcinogenicity سرطان زایی اسانس ها :

از بررسی بیشتر اسانس‌ها نتیجه‌گیری شد که سمیت سلولی بدون جهش است؛ محتمل بر این‌که اغلب آن‌ها عاری از سرطان زایی هستند. با این وجود اثر تعدادی از اسانس‌ها یا بیشتر اجزاء سازنده آن‌ها ممکن است به عنوان سرطان زاهای ثانویه بعد از فعال کننده‌های متابولیکی قابل توجه باشند. برای نمونه اسانس‌هایی از قبیل Salvia sclarea ،quinquenervia Melaleucaکه با تراوش استروژن؛ عامل ایجاد سرطان را تحریک می کنند. یک جزء از اسانس‌های حاصل از تعدادی از گونه‌های نعناع می‌تواند سرطان را توسط تولیدات متابولیسمی ایجاد کند.

عوامل موثر در تولید کمی و کیفی اسانس ها:

روغن‌های فرار یا اسانس‌ها هم از نظر مقدار وهم از نظر ترکیب‌های سازنده تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی و درونی هستند. این پدیده علاوه براین‌که از نظر مقدار تولید اسانس حایز اهیمت است ، از جنبه‌های مختلف دیگر مانند تغییراتی که در نوع اسانس ومقدار برخی از اجزاء آن به‌وجود می‌آید نیز جالب توجه می‌باشد. تصور ارتباطی منطقی میان پاره‌ای از عوامل مذکور ومقدار ونوع اسانس موجود در بسیاری از موارد قابل قبول است، ولی در برخی موارد نیز چنین باوری درپرده ابهام است. عوامل بیرونی مانند دما ، رطوبت ، نور ، موقعیت جغرافیایی، خاک وغیره اهمیت دارند، اما ذکراین نکته نیز ضروری است که روشن شدن تاثیر عوامل محیطی چیزی را از نقش عوامل ژنیتیکی که خود نیز ممکن است تحت تاثیر محیط قرارگیرند کم نمی‌کند. حس کنجکاوی، بشر را واداشته است تا جهت استفاده بهینه از آن‌چه به عنوان طبیعت در پیرامون وی وجود دارد، تغییراتی را در عواملی که احتمال می‌رود بر ترکیب سازنده اسانس ویا مقدار کل آن موثر هستند در محیط‌ایجاد کرده و یا پس از طرح الگوی مناسب در آزمایشگاه آن‌را در طبیعت نیز پیاده کند. اما عوامل موثر بر کمیت و کیفیت اسانس‌ها:

۱- خاک مزرعه(محل کشت): اثر مستقیم روی میزان کمی اسانس دارد.

۲- ارتفاع، شیب و جهت محل مورد نظر: اثر مستقیم روی کیفیت اسانس دارد.

۳- سن گیاه: اثر مستقیم و غیرمستقیم روی کیفیت دارد.

۴- نحوه بهره برداری

۵- نحوه انتقال

۶- نحوه انبار داری

۷- زمان بهره برداری

۸- روش‌های خشک کردن

نیازهایی به‌این ماده دارند. قاعده‌ایزوپرن نشان می‌دهد که زیست ساخت‌این ترکیب با پلی مریزاسیون اختصاصی اعضاء ساختمان واحد زیرین‌ایزوپرن Cs شکل می‌گیرد.

اختصاصی بودن اسانس‌ها:

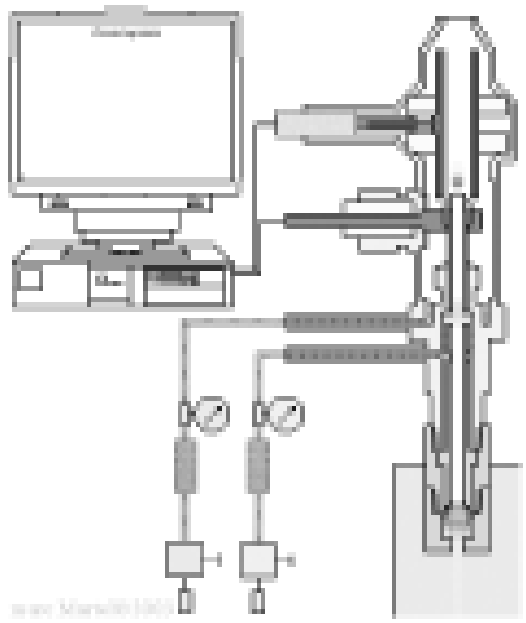
سوال این است آیا انواع اسانس‌های روغنی اختصاصی هستند؟

بررسی‌های متعددی به آنالیز اسانس‌ها جهت تعیین اختصاصی بودن آن‌ها پرداخته‌اند! این موضوع به‌طور واضح توسط Bakkali et al آزمایش شده است(۲۰۰۶و۲۰۰۵). وی اسانس‌های گیاهان موجود را برای تعیین اختصاصی بودن آن‌ها در دامنه فعالیت شان بررسی نمود . علت این موضوع شاید به علت تفاوت در موقعیت واقعی آن‌ها بر اساس فشار اکسیداتیو باشد. (Hansen et al ., ۲۰۰۶). درباره antigentoxicity ، اسانس‌های آزمایش شده همان فعالیت بازدارندگی را نشان داد. این در حالی است که نحوه عمل این بازدارندگی‌ها فرق می‌کند؛ این موضوع بر اساس نوع اسانس نیست بلکه بر اساس انواع خسارات وارد شده است. بر اساس شناسایی آنزیمی و فعال کردن آن‌ها به سنتتیک‌های منتقل شده یا نکروز شده ما را به سوی پاسخ اختصاصی بودن اسانس‌ها راهنمایی می‌کند!

اثرات بیولوژیکی:

۱- Cytotoxicity:

به دلیل تعداد زیاد مواد متشکله ، به نظر می‌رسد اسانس‌ها اهداف سلولی خاصی ندارند(. Carson et ai.,۲۰۰۲) به عنوان نوعی چربی دوست، از میان دیواره ی سلولی و غشاء سیتوپلاسمی آن‌ها می گذرند و ساختمان لایه‌های متفاوت پلی ساکاریدی، اسیدهای چرب و فسفو لیپیدها و قابلیت نفوذ آن‌ها را مختل می‌کنند. در نهایت سمیت سلولی برای این‌که این قبیل آسیب‌های غشایی را در برگیرد، ظاهر می‌شود. در باکتری‌ها نفوذپذیری غشاء وابسته به فقدان یون‌ها و کاهش قابلیت غشایی ، پمپ پروتونی را متلاشی می‌کند و از منبع ATP (Di Parquaet al.,۲۰۰۶.Turina et al.,۲۰۰۶) تخلیه می‌کند. اسانس‌ها می‌توانند سیتوپلاسم را لخته کنند و به پروتئین و چربی‌ها آسیب بزنند . آسیب به دیواره ی سلولی و غشاء می‌تواند تراوش میکرو مولکول‌ها را هدایت کند و باعث تحلیل و فساد سلول شود . (Juvenetal.,۱۹۹۴.Gustafsonetal.,۱۹۹۸.Lambertetal.,۲۰۰۱.Oussalahetal.,۲۰۰۶) در سلول‌های یوکاریوت ، اسانس‌ها می‌توانند غیر قطبی شدن غشاء میتوکندری را تحریک کنند. آن‌ها سیالیت غشایی را که دارای نفوذ پذیری غیر عادی در نتیجه تراوش بنیان‌ها ، سیتو کروم C ، یون کلسیم وپروتئین در موارد استرس‌های اکسایشی می‌باشد را تغییر می‌دهند . نفوذ پذیری خارج به داخل غشای میتوکندری توسط آپوفیز ونکروز شدن باعث مرگ سلول می شود. (Yoonet al.,۲۰۰۰.Armstrong) به نظر می رسد واکنش‌های زنجیره ای دیواره ی سلولی یا غشاء کل سلول را مورد حمله قرار می‌دهد . مشاهدات میکروسکوپی و انتقال الکترون‌ها تغییر فرا ساختی را در چندین قسمت از غشای پلاسمایی ، سیتوپلاسم و هسته مشخص کرده است. (Soylu et al.,۲۰۰۶.Santoro et al.,۲۰۰۷ a,b) آنالیز نمودارهای نمایش لیپیدها توسط کروماتو گرافی و ساختارهای شفاف سلولی توسط میکروسکوپ‌های الکترونی از چند باکتری تست شده توسط تعدادی از اجزای سازنده‌ی اسانس‌ها کاهش شدید در غیر اشباع شده‌ها و افزایش در اسیدهای چرب اشباع شده را نشان داد، هم چنین شفافیت سلولی نیز تغییر



یافت . (Di Pasqua et al.,۲۰۰۷) از بین رفتن شفافیت ویروس HSV برای پیشگیری از عفونت سلول‌های میزبان توسط اسانس‌ها به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی مشاهده شد. به ویژه یک تحقیق جدید در مورد مخمر Saccharomyces cerevisiae نشان داد که سمیت سلولی تعدادی از اسانس‌ها مبنی بر توانایی شکل گیری کلنی، تفاوت بسته به موقعیت شیمیایی آن‌ها قابل توجه است ؛اسانس‌ها سلول‌ها را در فاز ساکنی از رشد درمان می‌کنند. کارایی این موضوع بستگی به حالت رشدی سلول دارد.

به طور عمومی عمل سمیت سلولی اسانس‌ها،اغلب از حضور فنل‌ها،آلدئیدها و الکل‌ها ناشی می‌شود.این خاصیت سمیت سلولی یک اهمیت بزرگ است. کاربرداسانس‌ها نه فقط علیه پارازیت‌ها یا پاتوژن‌های مشخص انسان و حیوان بلکه برای حفظ و نگه داری محصولات کشاورزی، بر علیه انواع زیادی از ارگانیسم‌ها شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، پارازیت‌ها، کنه‌ها، لاروها،حشرات و حلزون‌ها موثرند. فعالیت سمیت سلولی اسانس‌ها یا ترکیبات اصلی آن‌ها گاهی اوقات به‌وسیله نور فعال‌تر می‌شوند.

۲- Nuclear mutagenicity (جهش زایی هسته)

مطالعه انواع اسانس‌ها یا ترکیبات اصلی آنها نشان داد که عموما ،اغلب آن‌ها ایجاد جهش زایی در هسته نمی کنند. به طوری‌که چندین ارگانیسم،باکتری،مخمر یا حشره، دارا یا فاقد فعالیت‌های متابولیکی،وتعدادی از اسانس‌ها که فرمول کامل دارند یا برخی ترکیبات آن‌ها جداسازی شده‌اند بررسی شده‌اند.با این وجود تعدادی از استثناها نشان داد که باید مورد توجه قرار گیرند. در ارزیابی‌ها terpenoeal ها در جهش زایی فعال (Gomes-Carneiro et al.,۱۹۹۸) بوده اما Cinnamaldehyde ، Carvacrol، Thymol، Carvone در تست دارای اثر ضعیف جهش‌زایی مشخص شدند. (Stammati et al.,۱۹۹۹)

استفاده می‌گردد، ولیکن در آزمایشگاه‌هایی که امکانات کافی ودستگاه‌های پیشرفته وجود ندارد، هنوز هم از روش کروماتوگرافی ستونی وتفطیر فراکسیونی وتهیه مشتقات آن‌ها به عنوان روش‌های تحقیق جهت جداسازی وتشخیص مواد تشکیل دهنده اسانس‌ها استفاده می‌شود .

چشم‌انداز آینده:

در ابتدا به نظر می رسد که به‌کار گیری سریع و گسترده اسانس‌ها ، امر غائی و اجتناب ناپذیر می‌باشد. وقتی تشخیص داده می‌شود که این موضوع در مقایسه با استراتژی جاری کنترل شیمیایی، برای انسان و محیط زیست موثرتر و کم خطر تر می‌باشد، چنین نتیجه گیری یک فرض منطقی می‌باشد.

باید بپذیریم که کاربرد اسانس‌های روغنی در IPM پیشرفت خواهد داشت، مشروط بر این‌که بی هیچ دلیل دیگری جامعه تا ابد در مورد استراتژی حفاظت از یک منبع این چنینی که بهتر و کم خطرتر از استراتژی به‌کار گرفته شده جاری باشد، نابینا باقی نماند. در سراسر دنیااندیشه اجتماعی در خصوص استفاده از این گونه استراتژی‌ها در حال گسترش می‌باشد و با عمیق شدن این‌اندیشه است که جامعه انتقال به استراتژی کاربرد اسانس‌های روغنی را سرعت خواهد بخشید.

آرزوی ما این است که روزی بتوان با تکیه به منابع داخلی و آفتکش‌های گیاهی از جمله اسانس‌ها این کشور را از ورود عوامل سنتتیک که مضرات زیادی نیز دارند، بی نیاز کنیم و از سوی دیگر بتوان ایجاد اشتغال در نواحی محروم کشور نمود.

منابع:

۱- بقالیان، ک. و نقدی بادی،ح. ۱۳۷۹ گیاهان اسانس دار. نشر اندرز.

۲-جلالی سندی ،ج. اعتباری،ک. و علی اکبر،ع. ۱۳۷۷ اثر حشره کشی عصاره‌های آبی برگ‌های Sumbucus ebulus و Artemisia annua روی شپشه برنج. خلاصه مقالات سیزدهمین کنگره گیاه پزشکی ایران. ص. ۴۱

۳-شاکرمی،ج. اثرات حشره کشی اسانس‌ها،آلکالوئیدهای استری و ایندولی چهار گونه گیاه روی برخی حشرات و شناسایی ترکیب شیمیایی آنها. رساله دوره دکتری حشره شناسی کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.

4-Ahmad A.M.et al(1983)Investigating the feasibility by using botanical materials for pest control under traditional farming systems:A sugested apporach.1983 p.p 545-550.

5-Bakkali,F.,Averbeck,S.
,Averbeck,D.,Idaomar,M.2007.Biological effect of essential oils-A review.elsevier.com.2007.09.

6-Bouda,H.,Taponjou,L.A.,Fontem,D.A.and Gumedzoe,M.Y.D.2001.Effect of essential oils from leaves of Ageratum conyzoides,Lantana camara and Chromolaena odorata on the mortalityof Sitophilus zeamais (col:Culculionidae).Jornal of Stored Products Research,37:103-109.

7- Jacobson,M.(1980)Isolation andidentification of insect antifeedants and growth inhibitors from plants:an overview.proc.Rottach-Egern 1980.p.p13-20.

8-Keita,S.M.,Vincent,C.,Schmit,J.,Ramaswamy,S.and Belanger,A.2000.Effet of various essential oils on Callosobruchus maculatus(F.)(Col:Bruchidae).).Jornal of Stored Products Research,36:355-364.

9-Kim,K.S.,Lee,S.,Shim,S.H.and Kim,B.K.2002.Arteminin,a new coumarin from Artemisia apiacea.Fitoterapia.73:266-268.

10-Liu,Z.I.and Ho,S.H.1999.Bioactivity of the essential ol extracted from Evodia rutaecarpa Hook against the grain storage insects,Sito philus zeamaisMotsch.and Tribolium castaneum Herbst.).Jornal of Stored Products Research.35:317-328.

11-Morgen ED(1981)Straegy in the isolation of insect control substances from plants.(Rottach-Egern,1980)43-52.ý

12-Panda,N.and Kush,C.S.1995.Host plant resistance to insect.Cab International, 429 pp.

13-Papachristos,D.P.and Stamopoulos,D.C.2002.Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of Acanthoscelides obtectus(Say) (Col:Bruchidae). Jornal of Stored Products Research.38:365-373.

14-Prates,H.T.,Santos,J.P.,Waquil,J.M.and Fabris,J.D.1998.Insecticidal activity of monoterpenes against Rhyzopertha domonica(F.)and Tribolium castaneum (Herbst). Jornal of Stored Products Research,33(1):59-68.

15-Talukder,F.A.and Howse,P.E.1995.Evaluation of Aphanamixis polystachya as a source of repellents,antifeedants,toxicants and protectants in storage against Tribolium castaneum. Jornal of Stored Products Research.31(1):55-61.

16-Tunc,I.,Berger,B.M.,Erler,F.and Dagli,F.2000.Ovicidal activity of essential oils from plants against two stired-product insect. Jornal of Stored Products Research,36:161-168.

۹- اثرعوامل مختلف بر تولید اسانس در گیاهان

در تحقیقی که به منظور بررسی چگونگی تاثیر عوامل غیر ژنتیکی بر تولید مونوترپن‌های اوکاپلیتوس کامادولنسیس انجام شد، علاوه بر تاکید مجدد بر نقش عوامل ژنتیکی بر میزان تولید مونوترپن‌ها واسانس‌ها ، عوامل غیر ژنیتیکی را نیز دراین کار موثر دانسته‌اند. از آن جمله عواملی هستند مانند رطوبت خاک، استرس خشکی طولانی مدت که موجب کاهش تولید در برگ‌های جوان می‌شوند، اما ظاهرا بر تولید برگ‌های بالغ تاثیر چندانی ندارند. همچنین اشباع شدن خاک از آب موجب کاهش تولید اسانس در برگ‌های جوان می‌شوند، اما ظاهرا بر تولید برگ‌های بالغ تاثیر چندانی ندارند. به طور کلی اشباع شدن خاک از آب موجب افزایش اسانس شده است. در پژوهشی اثر برخی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر میزان رشد زیره مطالعه شده ومقدار اسانس آن مورد بررسی قرار گرفته است. این محققان دریافتند که اگر چه کلرو کولین کلراید در مقایسه با اسید جبرلیک GA۳ یا اسید استیک‌ایندولیIAA میزان رشد گیاه وارتفاع آن را کاهش داد ودر واقع یک بازدارنده رشد گیاهی محسوب می‌شود. اما هنگامی‌که در غلظت ۲۵۰-۱۰۰۰PPm برای گیاهان جوان به کار می‌رود، مقدار فرآورده‌های اسانس گیاه را افزایش می‌دهد.

برای آن‌که گیاهان اسانس دار به صورت مرغوب به بازار عرضه گردند،

باید به موارد زیر توجه شود :

- پس از جمع آوری گیاه به منظور خشک کردن مناسب محصول به فضایی بزرگ و مناسب نیاز است .
- قبل از خشک کردن محصول باید مواد زاید مانند علف‌های هرز، ساقه‌های اضافی، سنگ‌ریزه‌ها و برگ‌های زرد یا برگ‌هایی که لکه قهوه‌ای و یا آلوده به کپک و یا گال دارند، از محصول جدا شوند .

جمع آوری

تحقیق وبررسی در مورد زمان برداشت محصول، یکی از قسمت‌های مهم در مراحل استخراج مواد موثر واسانس‌ها محسوب می‌شود. روشن است که‌اندام‌های مختلف گیاه در زمان‌های خاصی شروع به رویش می‌کنند. انتخاب بهترین زمان جمع آوری از عمده کارهای اولیه محققان می‌باشد . البته توجه به اقلیم‌های مختلف رویشی نیز بسیار اهمیت دارد. به طور نمونه بعضی از ترکیب‌های شیمیایی که دراندام‌های مختلف گیاه یافت می‌شود فقط در زمان(روز یا شب) خاصی دراندام گیاهی به‌خصوصی ، جهت استخراج بیشترین میزان ماده موثررا دارا هستند .

روش‌های جداسازی وتشخیص ترکیب‌های موجود در اسانس

کروماتوگرافی گازی (GC)روش فیزیکی جداسازی اجزا اسانس به شمار می‌رود که اساس آن بر انتشار نمونه مورد آزمایش بین دو مرحله ساکن (جامد)و مرحله متحرک (گاز) می‌باشد. به علت پیچیدگی ترکیب‌های اسانس از نظر شیمیایی مناسب‌ترین روش تجزیه آن‌ها کروماتوگرافی گازی(GC) مرحله ساکن است به ویژه در مواردی که تعدادی از ترکیب‌های مشابه در گیاه مورد آزمایش موجود باشد. در کروماتوگرافی گازی (GC) مرحله ساکن به صورت یک فیلم نازک روی یک جسم جامد بی اثر پخش شده است ونمونه پس از انتشار بین دو مرحله از مرحله مایع خارج می‌گردد وحلال برای اجسام مختلف جذب متفاوت داشته، بنابراین در گاز حامل ترکیب‌های مختلف به طور جداگانه از ستون خارج گردیده و پس از وارد شدن در دتکتور ثبت می‌شوند. تشخیص اجزاء به دست آمده از روی زمان جداسازی آن‌ها صورت می‌گیرد به‌این ترتیب هرجسمی‌شرایط (Tr) ثابتی دارد و با در دسترس داشتن استانداردهایی از اجزاء سازنده اسانس‌ها عمل تشخیص صورت می‌گیرد .البته کروماتوگرافی گازی اسانس‌ها به طور معمول جدایی کامل تمام اجزاء موجود را یک‌باره ارایه نمی‌دهد و پیک اجزاء هیدروکربن‌ها اغلب با ترکیب‌های اکسیژن دار روی هم می‌افتند وبه طور معمول برای شناسایی وخالص کردن ترپن‌های فرار موجود در فرآورده‌های گیاهی از روش‌های دیگر وبه ویژه کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) کمک گرفته می‌شود. برای تعیین ساختمان ترپن‌های جداشده باید طیف نازک مادون قرمز (IR) وهمچنین طیف‌سنجی جرمی(Mass)آن موجود باشد و در اصل می‌توان دو تکنیک کروماتوگرافی لایه نازک (TIC) وکروماتوگرافی گازی (GC) را جهت تجزیه ترپن‌ها مکمل یکدیگر دانست وحتی در مورد سزکوئی ترپن‌ها هم که فرار هستند، کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) بهترین تکنیک می‌باشد. ماده جاذبی که در کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) بکار می‌رود ،اکثرا سیلیکاژل است وحلال‌های به‌کاربرده شده شامل بنزین وکلروفرم (۱:۱) وبنزن واتیل استات (۱:۱۹) می‌باشند . امروزه برای جداسازی وتشخیص اجزاء موجود در اسانس از ادغام دو دستگاه کروماتوگرافی گازی وطیف سنج جرمی(MS/GC)

شیمیایی، نه تنها عملکرد مطلوب به‌دست می‌آید، بلکه دستیابی به کیفیت بالاتر نیز به سهولت حاصل می‌شود. میزان کود مورد نیاز برای به‌دست آوردن عملکرد بهینه با توجه به توان تولیدی گیاه، روش و نحوه مصرف کود و میزان مواد غذایی در دسترس خاک متفاوت است. به هر حال توازن در مصرف ازت، فسفر و پتاس بر کل محصولات دانه کلزا تاثیر می‌گذارد و در کشت‌های وسیع برای تعیین نسبت صحیح کودهای اصلی بهتر است آزمایش تجزیه خاک انجام گیرد. کلزا در مرحله جوانه‌زنی نسبت به تماس مستقیم با کودهای شیمیایی بسیار حساس است و بهتر است برای اجتناب از این مشکل، کود را به‌صورت نواری مصرف نمود.

ازت

از مواد غذایی مهمی‌است که تولید کلزا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نیاز غذایی کلزا به ازت دو برابر غلات است. کلزا در مراحل اولیه رشد به نسبت پربرگ بوده و کمبود ازت می‌تواند رشد برگ را به تاخیر بیاندازد و باعث کاهش محصول شود. نیاز کلزا به ازت به‌ویژه در کشت پاییزه، به‌دلیل شسته شدن و عدم امکان مصرف سریع، زیاد است. در مناطقی که به ازت زیادی لازم است، مصرف کود در چند مرحله (تقسیط) محصول بیشتری تولید می‌کند. گیاهانی که دچار کمبود ازت هستند کوتاه مانده و رنگ شاخ و برگ آن‌ها از سبز تیره به سبز کم‌رنگ تا زرد می‌گراید. ازت از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان منتقل می‌شود و برگ‌های پیرتر خشک می‌شوند. برگ‌های باقی‌مانده اغلب ارغوانی و بی‌رنگ می‌شوند و کانوپی به‌صورت ضعیف و باز باقی می‌ماند. تعداد غلاف‌ها کم و عملکرد به‌شدت کاهش می‌یابد. کلزای پاییزه به ازای تولید هر تن محصول ۷۰ کیلوگرم ازت از خاک جذب می‌کند. یک تن دانه برداشت شده کلزا با ۴۲ درصد روغن و ۳۸ درصد پروتئین در کنجاله محتوی ۳۵ کیلوگرم ازت است. بنابراین برای تولید عملکرد بالا، کلزا مقدار زیادی ازت (۱۵۰- ۲۱۰ کیلوگرم ازت برای تولید سه تن دانه در هکتار) نیاز دارد. زمانی که سرعت جذب ازت از خاک پایین است نیاز محصول از طریق افزودن کود به خاک و معدنی شدن آن تامین می‌شود.

بهترین زمان برای دادن کود ازته در پایان زمستان است. کاربرد ازت در زمان کشت و مراحل اولیه به‌ویژه در کشت‌های زودهنگام موجب افزایش رشد رویشی می‌شود که اثر ک می‌در عملکرد دارد. کاربرد کود نیتراته در مرحله گلدهی نیز مشکل است زیرا در این زمان خاک شروع به خشک شدن می‌کند و قابلیت دسترسی کود به بارندگی یا آبیاری بستگی دارد. میزان نیاز به کود ازته می‌تواند بر اساس برداشت ۷۰ کیلوگرم ازت به ازای تولید هر تن محاسبه شود. در این حالت باید مقدار کود موجود در خاک و باقی‌مانده محصول قبلی در نظر گرفته شود. آزمایشات انجام شده در فرانسه نشان داده است که کل مقدار ازت حاصل از خاک و باقی‌مانده محصول به طورمعمول در حدود ۵۰- ۸۰ کیلوگرم در هکتار است.

ازت وقتی به شکل نیترات استفاده می‌شود خیلی سریع‌تر برای گیاه قابل دسترس است اما کلزا می‌تواند فرم آمونیاکی را نیز استفاده کند. نکته مهم دسترسی سریع به ازت در پایان زمستان است، یعنی زمانی که شرایط اقلیمی برای معدنی شدن مناسب نیست.

کود آلی منبعی از ازت است اما مقدار آن در انواع کودها متغیر است، در نتیجه مقادیر مشخص مصرف آن را نمی‌توان تعیین کرد. همچنین در مناطق اصلی کشت کلزا دام‌ها کم بوده، بنابراین کاربرد کود آلی در زراعت کلزا مطالعه نشده است.

تقسیط کود ازته در زراعت پاییز مورد بررسی قرار گرفته و در مقایسه با مصرف یک‌جا، تقسیط کود اثرات منفی به دنبال نداشته است. زمانی که شرایط برای شست و شو مساعد است (خاک‌های سبک و بارندگی سنگین) کاربرد کود به‌صورت تقسیط ترجیح داده می‌شود اما هزینه این‌کار از سود حاصل بیشتر است. اولین مصرف کود سرک باید درست قبل یا در زمان شروع رشد مجدد گیاه (خروج از روزت) انجام شود و مزارعی که در مرحله روزت رشد کم‌تری داشته‌اند، نیاز به کاربرد زودهنگام ازت دارند. در صورت مصرف دو مرحله‌ای بهتر است ۶۰- ۸۰ کیلوگرم ازت در مرحله اول و بقیه آن را در بین مراحل غنچه‌های به‌هم چسبیده و غنچه‌های جدا از هم مصرف شود. وجود یک همبستگی منفی بین میزان روغن و پروتئین دانه ثابت شده است. مصرف میزان زیاد ازت میزان روغن را کاهش و پروتئین را افزایش می‌دهد.

فسفر

فسفر در مقایسه با ازت، به‌مقدار کم‌تری برای گیاه لازم است. مصرف زیاد فسفر، درصد روغن و میزان پروتئین را افزایش می‌دهد. فسفر باعث زودرسی کلزا شده و در مناطقی که فصل رشد کوتاهی دارند، اثرات مثبتی بر عملکرد و کیفیت محصول می‌گذارد. در صورتی که میزان رطوبت خاک کافی باشد، کلزا یکی از جذب‌کننده‌های موثر فسفر خاک است. برای برداشت ۲/۵ تن دانه درهکتار، مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفر(P_2O_5) در هکتار ضروری است. به‌دلیل کندی حرکت کودهای فسفر، این کود زمانی بیشترین تاثیر را دارد که به‌صورت یک نوار در نزدیکی بذر قرار گیرد.

در اثر کمبود فسفر برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان به رنگ سبز متمایل به آبی تیره در می‌آیند و سپس ارغوانی می‌شوند. رشد ریشه‌ها متوقف می‌شود و حالت کوتولگی به‌خود می‌گیرند. ممکن است برگ‌ها به‌صورت حاشیه‌ای نکروزه شوند و برگ‌های پیرتر در زمستان خشک شوند.

تغذیه کلزا

تهیه و تدوین: مهندس تیمور رضوی پور کومله - کارشناس ارشد خاک شناسی
و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج
مهندس علیرضا فرخ - کارشناس ارشد زراعت

مقدمه:

علم تغذیه گیاهان در ابعاد کوچک به‌قسمت گیاه‌شناسی مربوط می‌شود، لیکن در ابعاد گسترده و وسیع با علوم زراعت، کشاورزی، جنگل‌داری و باغبانی مرتبط می‌گردد. علم تغذیه گیاهان عموما درباره اطلاعات لازم در نحوه تغذیه نباتات، خصوصیات محل رویش و روش‌های بهبودبخشی تغذیه گیاهان از قبیل کود دادن بحث و گفتگو می‌کند. خاکشناسی، خاک را به‌عنوان پیکرطبیعی ولی تغذیه گیاهی آن‌را به‌عنوان محل رویش گیاهان می‌پندارد. از زمانی که زراعت در تمدن قدیم متداول شده بود، انسان به‌منظور بقای حاصلخیزی خاک، تولیدات طبیعی را به‌عنوان کود مصرف می‌نمود و کوددهی اغلب بر اساس تجارب محلی انجام می‌گرفت از این جهت نیز سطح عملکرد همواره پایین بود. مصرف کودهای تجاری کم و بیش از سال ۱۸۳۰ آغاز گردید و مصرف قابل توجه آن از سال ۱۸۸۰ متداول شد. با گسترش و ترویج کودهای معدنی جدید، استعمال آن‌ها در ظرف کم‌تر از چندین دهه به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد. همگام با ازدیاد محصول در نتیجه پخش کودهای معدنی، مصرف کودهای آلی نیز رو به افزایش گذاشت. امروز مصرف کود در دنیا در طیف گسترده و وسیعی نوسان می‌کند و نتیجه مصرف کود، اضافه محصولی برابر ۵۰ - ۶۰ درصد است. البته این اضافه محصول از یکسو با پخش کودهای معدنی و آلی و از سوی دیگر به‌کمک حفظ نباتات و اصلاح نهال و بذر و غیره به‌دست می‌آید. در واقع کوددهی می‌تواند اقدام قاطعی برای مبارزه با گرسنگی در دنیا به شمار آید. چنانچه مصرف صحیح کود با سایر وسایل و ابزار تولید بدون از بین رفتن حاصلخیزی خاک هماهنگی داشته باشد، در این‌صورت می‌توان دنیا را از خطر گرسنگی نجات داد.

عناصر مواد غذایی

تقسیم بندی اصولی مواد غذایی بر مبنای اجزای اولیه آن‌ها یعنی عناصرغذایی انجام می‌گیرد و شامل ۳ عنصر غذایی غیر معدنی (O-H-C) و ۱۳ عنصر غذایی معدنی می‌باشند که عناصر غذایی معدنی به دو دسته عناصرغذایی پرمصرف و عناصرغذایی کم‌مصرف تقسیم می‌شوند.

عناصرغذایی پرمصرف: عناصری که به‌مقدار زیادی مورد نیاز هستند. همچنین عناصر غذایی ماکرو نیز نامیده می‌شوند و شامل N - P - K - Ca - Mg - S می‌باشند. در عمل مهم‌ترین آن‌ها سه عنصر (N-P-K) است که به‌عنوان عناصر غذای اصلی مشخص می‌شوند.

عناصرغذایی کم‌مصرف: عناصری هستند که به‌مقدار کم مورد لزوم گیاهان بوده و به‌عنوان عناصر میکرو نیز نامیده می‌شوند. عناصر میکرو عبارتند از:

Cl- Fe- Mn-Zn - Cu - Mo - B

خاک قسمت روئین پوسته زمین از طریق دگرگونی، تشکیل هوموس و جابه‌جا شدن مواد، تغییر شکل داده و از اجسام معدنی، هوموسی، آب (محلول خاک)، هوا و موجودات زنده تشکیل می‌گردد. خاک در محل رویش طبیعی به‌عنوان تامین‌کننده منبع غذایی گیاه بوده و برای تشخیص حاصلخیزی همین ویژگی مورد بررسی و شناسایی قرار می‌گیرد.

آزمون خاک به‌منظور تعیین مقدار عناصر غذایی قابل استفاده گیاه در خاک انجام می‌گیرد و از این طریق و بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان توصیه کودی مناسب را انجام داد. آزمون خاک یک روش سریع، کم‌خرج و دقیق بوده که به‌موقع می‌توان آن را انجام و توصیه کودی صحیح را ارایه نمود. یک برنامه آزمون خاک شامل سه مرحله اجرایی است:

- نمونه‌برداری صحیح از خاک.
- تجزیه صحیح خاک به‌منظور تعیین دقیق غلظت عناصر غذایی قابل‌استفاده گیاه.
- تفسیر نتایج آزمایشگاهی و انجام توصیه کودی برای افزایش تولید.

بر اساس نتایج آزمایشگاهی به‌دست آمده می‌توان برای هر محصول توصیه کودی مناسب را ارایه نمود. لازمه این‌کار تعیین حدود بحرانی این عناصر برای هر گیاه است. این حدود بحرانی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش تصویری کیت و نلسون (۱۹۶۵) در مزرعه به‌دست می‌آید. برای انجام توصیه کودی یک نکته بسیار حایز اهمیت است و آن در نظر گرفتن درصد مواد آلی خاک است، زیرا با تغییر میزان مواد آلی خاک، مقدارکود مصرفی نیز تغییر کرده و معمولا کاهش می‌یابد. این کاهش کود مصرفی از لحاظ اقتصادی و از نظر حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی حایز اهمیت است و همزمان می‌تواند شرایط فیزیکی خاک را بهبود بخشد.

کلزا به خاک‌های غنی، کودهای حیوانی و شیمیایی به خوبی جواب می‌دهد و از این رو در خاک‌هایی که حاصل‌خیزی آن‌ها از تنوع زیادی برخوردار است، محصول خوبی به بار می‌آورد. با به‌کارگیری مناسب کودهای

بسازد.

۲- در اثر کمبود این عناصر علای می‌در سطح برگ و گیاه به‌وجود می‌آید.

۳ -با اضافه کردن عناصر علایم کمبود رفع و رشد گیاه بهینه گردد.

با توجه به این خصوصیات تعداد ۱۶ عنصر را برای گیاه ضروری می‌دانیم که شامل اکسیژن(O)، کربن(C)، هیدروژن(H)، ازت(N)، فسفر(P)، پتاسیم(K)، کلسیم(Ca)، منیزیم(Mg)، گوگرد(S)، آهن(Fe)،منگنز(Mn)، روی(Zn)، مس(Cu)، بر(B)، مولیبدن(Mo)و کلر(Cl) هستند.

سه عنصر اول توسط آب و هوا برای گیاه تامین می‌گردد، ۶ عنصر بعد را به‌نام عناصر غذایی پرمصرف و ۷ عنصر آخر را تحت عنوان عناصر غذایی کم‌مصرف می‌شناسیم.

ازت

ازت یکی از عناصر پرمصرف جهت رشد گیاه می‌باشد و در واقع این عنصر را به‌عنوان گلوگاه رشد گیاه می‌شناسیم. مقدار آن در وزن خشک گیاه ۱- ۵ درصد است. بخش اعظم ازت مورد نیاز گیاه به‌صورت NO_3^- (نیترات) جذب می‌شود. عمده نیتراتی که گیاه جذب می‌کند در نهایت در ساختمان پروتئین استفاده می‌شود همچنین ازت در ساختمان RNA و DNA هم دخالت دارد.

اثرات زیادی مصرف ازت

- حساسیت گیاه به ورس
- حساسیت گیاه به امراض
- دیررسی محصول
- کاهش کیفیت محصول
- رشد سبزینه‌ای بالا می‌رود که به‌همان نسبت تعرق نیز بسته می‌شود.
- تجمع نیترات در بافت گیاه
- کاهش درصد قند در چغندرقند
- کاهش مقاومت الیاف پنبه

کودهای رایج حاوی ازت و روش مصرف آن‌ها

به‌دلیل اهمیت ازت در تولیدات کشاورزی، انتخاب عاقلانه نوع کود و مقدار کود ازته جهت برداشت حداکثر محصول الزا می‌است.

۱-اوره: اوره ت $CO(NH_2)_2$ در حدود ۴۶ درصد ازت دارد و بالاترین غلظت را در میان کودهای ازته به‌خود اختصاص داده است. اوره به سهولت در آب حل می‌شود. حدود ۱۰۰ گرم اوره می‌تواند در ۱۰۰ گرم آب ۲۰ درجه حل شود. اوره وقتی به خاک اضافه می‌شود، بسته به درجه حرارت محیط در طول ۲ الی ۳ روز هیدرولیز شده و به کربنات آمونیوم تبدیل می‌گردد. کربنات آمونیوم در اثر هیدرولیز مجدد تجزیه شده و آمونیاک و گازکربنیک تولید می‌کند.

روش استفاده: همان‌گونه که اشاره شد حلالیت کودهای ازته و کود اوره زیاد می‌باشد. بنابراین هنگام استفاده در مزارع می‌بایست مقدار مصرف را مراعات کرد به‌گونه‌ای که آبشویی زیاد کود را به‌همراه نداشته باشد. بنابراین باید سعی شود استفاده از این کود براساس جدول توصیه کودی به‌همراه دفعات سرک باشد تا گیاه به‌مرور و همیشه عنصر ازت را در اختیار داشته باشد. متاسفانه بعضی از کشاورزان مقدار زیادی کود ازت را قبل از کاشت استفاده می‌کنند که مطمئنا با انجام عملیات خاک و آبیاری، مقدار زیادی از کود شسته می‌شود و با توجه به این‌که بذر، ریشه توسعه یافته‌ای ندارد از این مقدار کود چیزی عاید گیاه نمی‌شود.

۲-نیترات آمونیوم: نیترات آمونیوم ت$NO_3(NH_4)$ محتوی ۳۵ درصد ازت است که معمولا نصف این مقدار به شکل آمونیوم و نصف دیگر به‌صورت نیترات است. این کود در آب خیلی محلول است و شکل خالص آن به شدت رطوبت را جذب می‌کند. هنگامی‌که کود نیترات آمونیوم به خاک اضافه می‌شود قسمت عمده آمونیوم درگیر واکنش‌های تبادل کاتیونی می‌گردد. تعدادی از کاتیون‌های آمونیوم در محلول خاک باقی می‌مانند و تعدادی نیز جذب لایه‌های رس می‌گردند. آمونیوم محلول درخاک و قابل تبادل، به‌راحتی قابل استفاده گیاه است. از طرفی یون نیتراته موجود در کود نیترات آمونیوم فرم مورد استفاده گیاه است و به‌راحتی جذب می‌گردد. بنابراین دیده می‌شود که فرم نیترات آمونیوم در هنگام استفاده بدون این‌که در واکنش شیمیایی دخالت کند مورد استفاده سریع و مطلوب گیاه واقع می‌گردد. ولی از آن‌جایی که این کود حلالیت بالا دارد باید توجه داشت که استفاده از این کود در مناطق شور توصیه نمی‌شود چرا که نیترات آمونیوم دارای ضریب شوری به نسبت بالایی است . نکته دیگر این‌که از کود نیترات آمونیوم قبل از کاشت استفاده نمی‌کنیم چرا که با آب آبیاری مقدار قابل توجهی از آن تلف می‌گردد و باید مقدار سرک این کود را بیشتر کنیم. برای نمونه اگر کود اوره را با توجه به توصیه کودی در ۳ نوبت سرک استفاده می‌کنیم در مورد نیترات آمونیوم این تعداد را باید به ۴ الی ۵ مرتبه افزایش دهیم و به مرور و در هر دفعه مقدار ک می‌از کود در اختیار گیاه قرار داده شود.

۳- سولفات آمونیوم: سولفات آمونیومت۲ $SO_4(NH_4)$ ت محتوی ۲۰- ۲۱ درصد ازت بوده و به‌عنوان کود جامع در سطح وسیعی استفاده می‌شود. خاصیت جذب آب این کود کم می‌باشد و در طول مدت زمان نگهداری، حمل و مصرف، خواص فیزیکی خوبی دارد. یون آمونیو می‌این کود نیز همانند نیترات آمونیوم پس از اضافه شدن به خاک، بیشتر به‌صورت تبادلی در می‌آید و مقداری نیز در محلول خاک باقی می‌ماند. از این‌رو می‌تواند منبع مناسبی جهت تامین ازت خاک محسوب شود. براساس توصیه کودی مقدار مصرف این کود دو برابر کود اوره است. علاوه بر زراعت، این کود جهت استفاده در باغات و استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای توصیه می‌گردد. همچنین بنا به خاصیت کود، در مزارع برنج بهتر از سایر کودهای ازته قابل استفاده گیاه می‌باشد. در نهایت بایستی سعی شود که کلیه کودهای ازته را به‌مرور در اختیار گیاه قرار داد چون با حلالیت بالایی که این کودها دارند سریعا شسته شده و باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌گردند.

فسفر

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است. این عنصر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی‌زا و در مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. به‌علاوه فسفر جزیی از پروتئین سلول بوده و نقش ویژه‌ای به‌عنوان جزیی از پروتئین هسته سلول، غشاء سلولی و نوکلوتیدها ایفا می‌کند. غلظت فسفر در گیاه ۰/۲ تا ۰/۴ وزن خشک است. شکل قابل جذب فسفر توسط گیاه به‌صورت $H_2PO_4^-$ و $HPO_4^=$ می‌باشد که جذب فرم اول توسط گیاه ده برابر فرم دوم است. زیادی استفاده از فسفر باعث بروز مسایلی چون تشدید کمبود عناصر کم‌مصرف می‌گردد که فسفر، اثر متقابل بر این‌گونه عناصر داشته و جذب و انتقال آن‌ها را توسط گیاه با مشکل مواجه می‌سازد.

برعکس ازت، ترکیبات فسفاتی به نسبت غیرمحلولند و بنابراین به‌راحتی از پروفیل خاک شسته نمی‌شوند. به همین دلیل استفاده بی‌رویه کشاورزان از

میزان کل فسفر در گیاه کلزا چندان زیاد نیست و در هر هکتار، کلزای پاییزه حدود ۶۰ کیلوگرم و به ازای هر تن دانه حدود ۱۲ کیلوگرم فسفر از زمین برداشت می‌کند. فسفر بر میزان روغن و پروتئین اثر چندانی ندارد.

در مصرف فسفر باید نکات مربوط به پتاسیم به‌ویژه قابل دسترس بودن آن در خاک در نظر گرفته شود. حلالیت فسفر در فرمول‌های مختلف آن متفاوت است. بازده جذب فسفر توسط کلزا از سایر گیاهان بهتر است. به‌علت تحرک کم، فسفات‌ها باید قبل از کاشت با خاک مخلوط شوند.

پتاسیم

وجود پتاسیم کافی در خاک تضمین‌کننده جذب ازت و فسفر مورد نیاز کلزا است. پتاسیم نقش مه می‌در فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه ایفا می‌کند. نیاز غذایی پتاسیم کلزا نیز دو برابر غلات بوده و نیاز کلزا به پتاسیم بیشتر از ازت و فسفر است و به ازای تولید هر یک تن محصول دانه به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) نیاز دارد. بهترین شیوه مصرف کود پتاس، قرار دادن آن در بستر بذر است.

برگ‌های گیاهان دارای کمبود پتاسیم سبز تیره می‌شوند و ممکن است پیچش پیدا کنند در حالی‌که حاشیه‌ها و مناطق بین رگبرگ‌ها ممکن است سوخته به‌نظر برسد، گیاهان جوان کوتوله مانده و سریع پژمرده می‌شوند و در حالت نهایی برگ‌های متاثر شده می‌میرند اما چسبیده به ساقه باقی می‌مانند.

هر چند به ازای هر تن دانه فقط ۲۵ کیلوگرم K_2O برداشت می‌شود لیکن زراعت کلزا به مقادیر زیادی پتاسیم نیاز دارد چون بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O به گیاه منتقل می‌شود. بنابراین یک محصول غله که پس از کلزا می‌آید به پتاسیم نیاز ندارد مگر این‌که میزان پتاسیم خاک پایین باشد. بیشترین جذب پتاسیم در مرحله رشد سریع ساقه انجام می‌شود. مقدار کود مصرفی باید متناسب با خصوصیات خاک و به‌ویژه میزان پتاسیم قابل دسترس بر اساس تجزیه خاک باشد. چون پتاسیم در خاک غیرمتحرک است، باید قبل از کاشت با لایه بالایی خاک مخلوط شود و در صورتی که همراه با فسفات‌ها در یک باند پایین و کنار بذر مصرف شود، موثرتر خواهد بود. قرار گرفتن کود پتاسه در کنار بذر باعث کاهش جوانه‌زدن بذر می‌گردد. بافت خاک در میزان جذب پتاسیم به‌وسیله کلزا اهمیت زیادی دارد.

گوگرد

نیاز بسیاری از گیاهان به گوگرد به اندازه فسفر است و بنابراین کمبود آن باعث افت عملکرد می‌شود. کمبود گوگرد در گلدهی و رسیدگی کلزا موثر بوده و در اثر کمبود گوگرد، گلدهی به تاخیر می‌افتد. در چنین شرایطی غلاف‌ها به کندی شکل می‌گیرند و کوچک باقی می‌مانند. همچنین پر شدن غلاف‌ها نیز به کندی صورت گرفته و فقط تعداد معدودی غلاف در بالای گیاه ظاهر می‌شوند. در مورد مصرف گوگرد نتایج متفاوتی در کشورهای مختلف گزارش شده است، بهتر است توصیه گوگرد بر اساس آزمایشات منطقه‌ای ارایه گردد.

علایم ظاهری کمبود گوگرد در شرایط کمبود شدید ظاهر می‌شوند. در این مواقع می‌توان گوگرد را به‌صورت پاششی مصرف نمود.

چون گوگرد در فعالیت‌های فتوسنتزی شرکت دارد کمبود آن میزان کلروفیل را کاسته و برگ‌ها زردرنگ شده و علایم کلروز بین رگبرگی مشاهده و رشد متوقف می‌شود. گلبرگ‌ها کوچک مانده و به حالت زردرنگ پریده در می‌آیند. زمانی که علایم فوق مشاهده می‌شود کلزا دچار کمبود شدید گوگرد است. به‌علاوه غلاف آهسته‌تر تشکیل شده و کوچک می‌ماند و به‌طور ضعیف پرشده و بذور تیره، چروکیده و کوچک‌تر تولید می‌کند.

مانند سایر گیاهان خانواده کروسیفر در قسمت‌های رویشی و بذر کلزا بسیاری از ترکیبات گوگردی وجود دارد. یکی از این ترکیبات گلوکوزینولات است. این ترکیبات بیشتر در کلزاهای اصلاح نشده قابل توجه بوده و در ارقام دو صفر کاهش یافته است. بنابراین گوگرد روی کیفیت محصول نیز اثر دارد. گیاهان سولفات‌ها را فقط از خاک جذب می‌کنند و این عمل به معدنی شدن مواد خاک وابسته است. سولفات‌ها به آبشویی حساس بوده و کمبود گوگرد زمانی که بارندگی از ۳۰۰ میلی‌متر طی زمستان افزایش یابد، محتمل می‌باشد. میزان گوگرد در گیاه در پایان مرحله گلدهی حداکثر است یعنی در حدود ۶۰ کیلوگرم در هکتار برای یک محصول خوب زمستانه. کمبود گوگرد معمولا در خاک‌های با بافت ریز و مواد آلی کم دیده می‌شود.

منیزیم

منیزیم برای تولید کلروفیل و همچنین برای چندین عمل آنزیمی‌لازم است. کمبود منیزیم به وسیله برگ‌ها و ساقه‌ها مشخص می‌شود که در این حالت به‌طور جزیی نارنجی تا ارغوانی می‌شوند.

منیزیم در تغذیه کلزا نقش دارد و مقدار آن در گیاه می‌تواند به ۲۸ کیلوگرم منیزیم یا ۴۶ کیلوگرم اکسید منیزیم(MgO) در هر هکتار بالغ شود که در حدود ۵۰ درصد این مقدار توسط بذرها برداشت می‌شود. کمبود منیزیم بیشتر در خاک‌های اسیدی سبک مشاهده می‌شود. کلسیم بر جذب منیزیم تاثیر دارد و نسبت منیزیم به کلسیم در خاک باید رعایت شود. سولفات منیزیم شکل مناسبی برای کاربرد هر دو عنصر گوگرد و منیزیم است که ۱۴۰ کیلوگرم از آن، ۴۰ کیلوگرم MgO و ۷۵ کیلوگرم SO_3 تولید می‌کند.

عناصر غذایی ضروری گیاه و روش مصرف آن‌ها

به‌طور کلی عناصری را برای گیاه ضروری می‌شناسیم که دارای خصوصیات زیر باشند:

۱- بدون حضور این عناصر گیاه قادر نباشد سیکل زندگی خود را کامل

برگ‌ها یافت می‌شود. کمبود این عنصر به طورمعمول در خاک‌های خیلی اسیدی ظاهر می‌شود و در ایران جز در مورد استثنایی خاک قلیا(سدیم تبادلی در حد زیاد) کمبود کلسیم مشاهده نشده است. کلسیم جزء ساختار اصلی دیواره سلولی است(پکتات کلسیم) و همچنین برای رویش نقاط رویندهٔ ریشه و تاج به‌خصوص در طویل شدن سلول و تقسیم سلولی نقش مه می‌دارد، به‌طوری‌که بدون کلسیم این بافت‌های مریست می‌رشد و نمو کافی نمی‌کنند.

منیزیم

منیزیم تنها عنصر فلزی موجود در کلروفیل بوده که در مرکز آن قرار گرفته است. کمبود منیزیم باعث کاهش مقدار کلروفیل می‌شود و معلوم است که بدون وجود این عنصر زندگی گیاه دچار اختلال می‌شود. منیزیم در تعداد بی‌شماری آنزیم‌های گیاهی نقش فعال کننده دارد. این عنصر در متابولیسم مواد هیدروکربنه به‌خصوص در سیکلی که به‌نام سیکل اسید سیتریک می‌باشد و در تنفس گیاه موثر است، دخالت دارد.

گوگرد

گوگرد در ساختمان چند اسید آمینه گیاه دخالت دارد. همچنین تنظیم کننده‌های رشد دارای گوگرد هستند. بو و عطر بعضی گیاهان و سبزیجات مربوط به ترکیبات فرار گوگرد است. گوگرد با مقاومت گیاه به سرما ارتباط دارد و در بعضی موارد مقاومت گیاه را به شدت افزایش می‌دهد. گوگرد جزء ساختمان کلروفیل نیست ، با این حال گیاهان مبتلا به کمبود گوگرد به طور معمول رنگ پریده هستند و گاه تا حدود ۶۰ درصد از مقدار کلروفیل برگ در نتیجه کمبود گوگرد کاسته می‌شود. در نتیجه کمبود گوگرد مقدار ازت محلول در گیاه زیاد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که در غیبت گوگرد تشکیل بعضی از اسیدهای آمینه و پروتئین متوقف می‌شود.

گوگرد در تنظیم و ساخت قند، نشاسته و ه می‌سلولز موثر است. گوگرد عمدتا به‌صورت یون سولفات جذب و مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین کودهای حاوی این عنصر می‌تواند نقش تغذیه‌ای برای گیاه داشته باشد. از جمله سولفات آمونیوم، سولفات پتاسیم، سولفات پتاسیم منیـــــــزیم، سولفات های حاوی عناصر کم‌مصرف که همگی علاوه بر تامین عنصر مورد نظر حاوی مقادیری سولفات نیز می‌باشند که نیاز غذایی گیاه را تامین می‌سازد.

عناصر غذایی کم‌مصرف

عناصر غذایی کم‌مصرف شامل آهن، روی، منگنز، مس، بر، مولیبدن و کلر است که ۴ عنصر اول فلزی و بقیه غیرفلزی هستند. در مورد دو عنصر آخر(مولیبدن و کلر) می‌توان گفت که به لحاظ شرایط pH خاک و وجود کلر در آب و خاک مناطق مختلف کشور با کمبود آن‌ها مواجه نیستیم.

تفسیر نتایج آزمایشگاهی و توصیه کودی

براساس نتایج آزمایشگاهی به‌دست آمده می‌توان برای هر محصول توصیه کودی مناسب را ارایه نمود. لازمه این‌کار تعیین حدود بحرانی این عناصر برای هر گیاه است. برای هر گیاه بایستی مقدار لازم و بحرانی غلظت هر عنصر غذایی در خاک تعیین شود تا براساس آن توصیه کودی صحیح انجام گیرد. بدیهی است در تفسیر نتایج خاک معمولا از یک نمونه یک کیلوگر می‌نسبت به میلیون‌ها کیلوگرم خاک متغیر در سطح وسیع نتیجه‌گیری می‌نمائیم. بنابراین با توجه به احتمالات، خطاهای ممکنه باید مد نظر قرار گیرد. این حدود بحرانی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله روش تصویری کیت- نلسون(۱۹۶۵) در مزرعه بدست می‌آید.

برای انجام توصیه کودی یک نکته بسیار حایز اهمیت است و آن درنظر گرفتن درصد مواد آلی خاک است. چون با تغییر میزان مواد آلی خاک توصیه کودی نیز تغییر می‌کند. در واقع می‌توان گفت که مقدار کود مصرفی با افزایش مواد آلی خاک تا حد ثلث کاهش می‌یابد که از لحاظ اقتصادی و از نظر حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی حایز اهمیت است. به‌طور کلی با استفاده از کودهای آلی می‌توان نیاز غذایی تعداد زیادی از عناصر را تامین و همزمان شرایط فیزیکی خاک را نیز بهبود بخشید.

مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل موثر در کاهش کمیت و کیفیت دانه‌های روغنی است. با استفاده از فن‌آوری‌های جدید می‌توان میزان تولید را تا دو برابر افزایش داد. در زراعت‌های آبی می‌توان توسط کودهای شیمیایی میزان تولید محصول را از ۲۶ تا ۳۰۰ درصد افزایش داد. در خانواده چلیپائیان(کروسیفر) مانند کلزا و خردل مصرف ازت، فسفر، گوگرد، روی و بر نقش زیادی در افزایش محصول دارد. هدف اولیه در مدیریت مصرف کود، کسب اطلاعات پایه در زمینه مصرف متعادل کود در زراعت دانه‌های روغنی است.

جذب عناصر غذایی از خاک

دانه‌های روغنی بسته به نوع واریته گیاه، نوع خاک و میزان حاصلخیزی آن و مقدار تولید محصول، مقدار زیادی ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد و کلسیم جذب می‌کنند.

کلزا از مهم‌ترین دانه روغنی زمستانه می‌باشد. وقتی به مقدار کافی کود در اختیار این محصول قرار بگیرد تولید آن بالا می‌رود. با مصرف کودهای شیمیایی می‌توان میزان محصول را به مقدار ۳۷- ۷۳ درصد افزایش داد. محصولی که به میزان ۲/۶ تن در هکتار می‌باشد، به‌طور تقریبی ۱۳۱ کیلوگرم N، ۲۶ کیلوگرم P، ۱۳۳ کیلوگرم K و ۴۵ کیلوگرم S از خاک برداشت می‌کند. کلزا به مصرف بیش از ۴۰- ۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار پاسخ مثبت نشان می‌دهد. در آزمایشی مصرف بیش از ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار سبب افزایش محصول شده است.

نیازهای کودی کلزا

ازت: ازت مورد نیاز کلزا برای دستیابی به عملکردی مطلوب از ۵۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم ازت در هکتار متفاوت است. به‌طور کلی ازت مورد نیاز کلزا بهتر است در چند مرحله مصرف شود، به‌طوری که تقریبا یک سوم آن در پاییز و هنگام کاشت و دو سوم آن در بهار (یک سوم هنگام شروع ساقه رفتن و یک سوم دیگر هنگام تشکیل غنچه‌های گل) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف سرک ازت برای کلزا مانند گندم بوده و بهترین کود ازته برای سرک کود جامد است. سولفات آمونیوم کود مناسبی بوده که می‌تواند علاوه بر تامین ازت، گوگرد مورد نیاز گیاه کلزا را تامین نماید. بعد از مصرف سرک ازت لازم است آبیاری انجام شده و یا بارندگی صورت گیرد یا رطوبت خاک در حدی باشد تا کود بتواند در دسترس گیاه قرار گیرد.

برای مخلوط نمودن بقایای گیاهی، غلاتی مانند: برنج و یا گیاهان غیر لگوم با خاک قبل از کاشت، لازم است مقداری ازت برای تجزیه بهتر و سریع‌تر بقایای گیاهی به خاک اضافه شود که این مقدار از ۱۰ تا حدود ۳۰ کیلوگرم ازت در هکتار برای هر تن بقایای گیاهی متغیر است.

نتایج حاصل از آزمایش انجام شده در ایستگاه‌های تحقیقاتی دشت‌ناز،

کودهای فسفاته در سال‌های گذشته سبب شده که غالب اراضی از نظر فسفر در سطح بالایی قرار داشته باشند که مشکلاتی را از نظر جذب عناصر کم‌مصرف ایجاد می‌نمایند. بنابراین می‌بایست مصرف این کود براساس آزمون خاک و توصیه کودی انجام گیرد تا در صورت تشخیص، کوددهی انجام گیرد. معروف‌ترین کودهای فسفره رایج شامل:

۱-سوپرفسفات تریپل: این کود حاوی ۱۹ تا ۲۳ درصد فسفر می‌باشد که ترکیبات آن بیشتر به‌صورت مونوکلسیم فسفات است.

۲- مونوآمونیوم فسفات: حاوی ۲۱ تا ۲۴ درصد فسفر و ۱۱ تا ۱۳ درصد ازت است.

۳- دی‌آمونیوم فسفات: حاوی ۱۸ تا ۲۱ درصد فسفر و ۲۰ تا ۲۳ درصد ازت می‌باشد. کودهای فسفاته آمونیو می‌به‌دلیل داشتن ازت نزد کشاورزان محبوبیت خاصی پیدا کردند و این گمان اشتباه را به‌وجود آورد که استفاده از این کودها از جهت فسفر بهتر از سوپرفسفات تریپل می‌باشد. به‌همین دلیل هر سال مصرف بی‌رویه این سری از کودها را جزء برنامه مدیریتی خود قرار می‌دادند و تنها تاثیر عنصر آمونیوم را دلیل مرغوبیت کودی می‌دانستند، ولی به همت موسسه تحقیقات خاک و آب فرم وارداتی کود فسفاته به‌صورت سوپرفسفات تریپل درآمده که از نظر فسفر غنی‌تر از کودهای فسفاته آمونیومی‌است.

۱- نکته بسیار مه می‌که در مورد مصرف کودهای فسفاته حایز اهمیت بوده و غالب کشاورزان ما به آن بی‌توجه هستند، روش استفاده از این کودها است. همان‌گونه که در ابتدا بیان شد، حرکت فسفر در افق خاک بسیار محدود می‌باشد و تحرک‌پذیری مناسبی ندارد. روش معمول کاربرد فسفر پخش آن در سطح زمین می‌باشد در حالی‌که ریشه گیاهان به‌خصوص در مراحل زایشی در عمق ۱۰- ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار دارند که این کود به‌دلیل روش استفاده در دسترس آن‌ها نیست و گیاهان با وجود کوددهی از کمبود این عنصر رنج می‌برند. روش مناسب جهت استعمال قرار دادن آن‌ها در عمق ریشه است.

پتاسیم

پتاسیم مانند ازت و فسفر یکی از عناصر اصلی گیاه به‌شمار می‌آید. مقدار جذب پتاسیم به‌وسیله گیاه از جذب هر عنصر دیگری به‌غیر از نیتروژن بیشتر است. با وجود عدم شرکت پتاسیم در ساختمان بافت گیاه، نقش آن مهم و اساسی بوده و در موارد زیر جهت رشد گیاه لازم است.

۱- پتاسیم باعث فعال شدن حدود ۶۰ آنزیم گیاهی می‌شود. از جمله فعال کننده آنزیم به‌وجود آورنده ATP، آنزیم‌های احیا کننده گازکربنیک می‌باشد و همچنین در نقل و انتقال مواد ساخته شده موثر است.

۲- به‌دلیل کارآیی بهتر آنزیم‌ها، باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد.

۳- پتاسیم توانایی گیاه را در استفاده از آب بالا می‌برد که با دخالت و نظارت بر باز و بسته شدن روزنه‌ها چنین امری میسرمی‌گردد.

۴- پتاسیم در ساخت ترکیبات پلیمری گیاه نقش اساسی دارد. در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، ترکیبات ازته محلول و اسیدآمینه‌ها روی هم انباشته شده و از مقدار نشاسته و پروتئین برگ‌ها کاسته می‌شود. بدین ترتیب گیاه دارای پتاسیم فراوان در مقایسه با گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، دارای بافت نگهدارنده قوی‌تری خواهد بود. بنابراین گیاه توانایی مقابله با ورس را خواهد داشت.

۵- پتاسیم باعث کاهش حساسیت گیاه به بیماری‌ها می‌شود.

۶-پتاسیم باعث کیفیت بهتر و همچنین افزایش خاصیت انبارداری محصولات می‌گردد.

پتاسیم نقش کلیدی دیگری نیز در گیاه ایفا می‌کند. با توجه به ماهیت

خاک‌های بیشترمناطق کشور که غالبا درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی به نسبت بالایی دارند، تخلیه این خاک‌ها از عنصر پتاسیم این خطر را به‌وجود می‌آورد که در صورت کوددهی پتاسیم، عنصر مورد نظر در درجه اول باعث پرشدن جاهای خالی پتاسیم در مینرال‌ها گردد و نیاز غذایی گیاه را برآورده نسازد. بنابراین بایستی نسبت به کوددهی این عنصر با توجه به جدول توصیه کودی و آزمون خاک همت گماشت. انواع کودهای پتاسه رایج عبارتند از:

۱-سولفات پتاسیم(SOP):

سولفات پتاسیم(k۲so۴) حاوی ۵۰ درصد پتاسیم به‌صورت(K۲O) است که در درجه حرارت معمولی حدود ۱۲ درصد آن در آب حل می‌شود. این کود علاوه بر عنصر پتاسیم، مقداری سولفات نیز به‌همراه دارد که هم نقش غذایی برای گیاه دارد و هم از نظر اصلاح خاک اهمیت دارد. این کود به‌صورت قبل از کاشت مصرف می‌شود که به مرور زمان حل و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

۲-کلرور پتاسیم(MOP):

کلرور پتاسیم(KCl) حاوی ۶۰ درصد پتاسیم به‌صورت (K۲O) است. این کود رایج‌ترین کود پتاسی است که از عصاره‌گیری کانی‌های محتوی پتاسیم به‌دست می‌آید. این کود را می‌توان به صورت سرک به‌همراه آب آبیاری استفاده کرد که نتایج مطلوبی در برطرف کردن کمبود پتاس مزارع از خود نشان داده است. این کود برای برخی از گیاهان مناسب نیست زیرا وجود عنصر کلر در این کود باعث بروز مشکلاتی در گیاهان خانواده سیب‌زمینی، توتون و مرکبات می‌شود. همچنین باید در نظر گرفت که این کود به‌علت ضریب شوری بالا در مناطقی که خاک شور دارند، قابل استفاده نمی‌باشد.

کلسیم

تمام گیاهان نیازمند مصرف کلسیم هستند و این عنصر به میزان فراوان در

گرده افشانی از نگاهی دیگر

طاهره پروانه-هادی زراعتگر
اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان استان سمنان(شاهرود)

الگوبرداری گیاهان از ترکیبات شیمیایی حشرات

در اغلب سیستم‌های گرده‌افشانی هر دو موجود سود می‌برند، حشرات گرده ، شهد و مواد مورد نیازشان را از گل ها جمع آوری می‌کنند و سبب انتقال گرده های گیاهان و تولید مثل آن‌ها می‌شوند. اما الگوبرداری از فرمون‌های حشره درارتباط متقابل گل و حشره زمانی اتفاق می‌افتد که حشره سود نمی‌برد، در این مورد گیاه با تولید عطر(بو) ویژه‌ای حشره را به سمت خود جلب می‌کند. بوی تولید شده توسط گیاه ساختاری مشابه فرمون‌های حشره، بوی منابع غذایی ، مکان‌های مناسب تخم گذاری یا علایم شکاری دارد(۴). استفاده از سیگنال‌های شیمیایی شکل غالبی از ارتباط در دنیای حشرات است. تعداد زیادی از حشرات دارای سیگنال‌های شیمیایی ویژه و بسیار پیچیده و تکامل یافته‌ای هستند که نوعی ارتباط درون گونه‌ای با یکدیگر برقرار می‌کنند. جای تعجب نیست که موجودات دیگر نیز دارای این توانایی تکاملی جهت استفاده از این سیستم ارتباطی برای برطرف کردن نیازهای خود باشند، برای مثال گیاهان به الگوبرداری از سیگنال‌های شیمیایی حشرات در جلب آن‌ها استفاده می‌کنند. در این روش موجود زنده با تولید ترکیباتی ایجاد پاسخ رفتاری ویژه‌ای از موجود زنده دیگر از گونه‌ای متفاوت می‌شود(۴). انواع همانندسازی از مواد شیمیایی توسط مهره‌داران ، بی‌مهرگان، گیاهان و قارچ ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل الگوبرداری از مواد شیمیایی که سبب رفتارهای تهاجمی، تولید مثلی ، تفرق یا پراکنش، تجمع و شکار می‌باشد.

یکی از شگفت انگیزترین سیستم‌های مورد استفاده، تقلید گیاهان از حشرات گرده‌افشان برای جذب آن‌هاست.

ترکیبات استخراج شده از حشرات و گیاهان:

با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی ویژه‌ای در حدود ۱۰۰ ترکیب فرار از عصاره گل‌ها جدا شده است (۳) که از بین آن‌ها آلیفاتیک‌ها و ترپنوئیدها مهمترین ترکیبات هستند. ترکیبات آلیفاتیک شامل هیدروکربن‌های اشباع، آلومیدها (اکتانال و تونانال)، ۱-۲- الکل و استرها وترپنوئیدها(گرانوایل - سیترونولول -ای- فارنزول) همیشه بیشترین مقدار را دارند که اغلب مقدارشان متغیر است. ترکیبات جدا شده از غدد آرواره‌ای زنبورهای Andrena نیز شامل آلیفاتیک ها، ۱- الکل، ۲- کتون ها و استرها و ترپنوئیدها(گرانویل ، سیترونول و فارنزول) بودند. که خود این زنبورها بر اساس میزان این ترکیبات و نسبت آن‌ها به گروه‌های مختلفی تقسیم بندی شده‌اند. شباهت‌های بسیاری در ترکیبات شیمیایی تولید شده توسط گل‌ها و حشرات گرده افشان آن‌ها یافت می‌شود. در حقیقت چندین گونه از گیاهان ترکیباتی را رها می‌سازند که با ترکیبات رها شده از غدد آرواره‌ای و غدد دوفورز، گرده افشان‌هایشان یکسان است. شمار زیاد ترکیبات مولد بو و تنوع بسیارآن‌ها بین گیاهان، تعیین دقیق ترکیبات تولید شده در هر

فیروزکنده و قراخیل مازندران در زمینه منابع و مقادیر مختلف کود ازته بر روی میزان محصول کلزا نشان می‌دهد که استفاده از منبع سولفات آمونیوم با مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به دو منبع دیگر تامین کننده ازت یعنی اوره و نیترات آمونیوم عملکرد بیشتری را به همراه داشته است. ماکزیمم عملکرد دانه کلزا در منطقه دشت‌ناز ساری با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۳۰۴۳ کیلوگرم و برای اوره و نیترات به ترتیب ۲۴۱۱ و ۲۵۹۹ و برای شاهد ۱۴۹۴ کیلوگرم در هکتار بوده است.

فسفر

فسفر برای رشد مناسب کلزا مورد نیاز است. به‌دلیل عدم گسترش ریشه، مقدار فسفر قابل جذب اولیه خاک و همچنین مقدار کود فسفاته مصرفی بسیار مهم هستند. فسفر در درون گیاه متحرک بوده و به سرعت از بافت‌های پیرتر به سمت بافت‌های جوان‌تر و فعال حرکت می‌کند. واکنش کلزا به مصرف کودهای فسفاته تحت تاثیر چندین عامل قرار می‌گیرد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از: توسعه ریشه و توزیع آن، روش مصرف کودهای فسفاته، مقدار فسفر قابل جذب موجود در خاک، نوع خاک، رطوبت خاک، درصد کربنات کلسیم و مواد آلی و غیره.

کلزا در مراحل اولیه رشد بیشترین مقدار فسفر را از خاک جذب می‌کند و در اندام‌های خود به‌ویژه برگ‌ها و ریشه‌ها ذخیره می‌نماید که مقدار آن حدود ۰/۲ درصد ماده خشک گیاهی است. دانه کلزا که در خاک‌های با فسفر کافی رشد می‌کند دارای حدود ۰/۸ درصد فسفر است که این مقدار بیش از دو برابر مقدار موجود در دانه گندم است. ساقه کلزا در مرحله بلوغ دارای مقدار کمی‌فسفر و در حدود ۰/۱ درصد می‌باشد. افضلی در سال ۸۰- ۱۳۷۹ آزمایشی را جهت تعیین میزان و روش مصرف فسفر در زراعت کلزا در ایستگاه‌های زراعی بایع‌کلا، دشت‌ناز و فیروزکنده ساری با فسفر قابل جذب ۱۳/۵- ۱۰ و ۱۷ پی‌پی‌ام جهت دستیابی به عملکرد ۲/۶ تن در هکتار انجام داده است. نتایج حاصله نشان دادند که در ایستگاه‌های فیروزکنده و بایع‌کلا روش پخش نواری نسبت به روش پخش سطحی برتری داشته و حداکثر عملکرد در این مناطق با مصرف ۱/۲ و ۰/۷۵ برابر مقدار توصیه شده و در ایستگاه دشت‌ناز ساری روش پخش سطحی با ۰/۴ مقدار توصیه شده حاصل شده است.

پتاسیم

کلزا برای حداکثر رشد و عملکرد مطلوب نیاز به مقدار کافی پتاسیم دارد. پتاسیم در مراحل اولیه رشد به سرعت از خاک جذب شده و مقدار آن در طول دوره گلدهی به بیشترین مقدار در واحد سطح می‌رسد. حداکثر مقدار پتاسیم موجود در ماده خشک گیاهی در هنگام گلدهی برای عملکرد مطلوب، ۲/۵ درصد است. در مرحله بلوغ مقدار کل ماده خشک گیاهی شامل یک درصد پتاسیم خواهد بود. نتایج حاصل از آزمایش انجام شده توسط افضلی در سال‌های ۸۰- ۱۳۷۹ در رابطه با کاربرد مقادیر مختلف سرک پتاسیم بر روی خصوصیات ک می‌و کیفی کلزا نشان داد که در ایستگاه تحقیقات فیروزکنده ساری با پتاسیم قابل جذب ۲۰۰ و جهت دستیابی به عملکرد ۲/۶ تن در هکتار، با مصرف سولفات پتاسیم توصیه شده همراه با تیمار ۱/۳ برابر توصیه شده، اختلاف آماری معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد و تیمارهای مصرف کلرید پتاسیم به‌صورت پایه و سرک دارد.

گوگرد

گوگرد چهارمین عنصر عمده مورد نیاز گیاه کلزا است. گیاه کلزا دارای مقدار زیادی پروتئین می‌باشد که پروتئین کلزا از آمینواسیدهای ساده محتوی گوگرد تشکیل شده است. برای کلزا مصرف یک قسمت کود گوگرد در مقابل ۵ قسمت کود ازت کافی به‌نظر می‌رسد. در خاک‌های دارای کمبود گوگرد، افزایش ۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار باعث حداکثر واکنش محصول می‌شود و بیش از آن بدلیل تاثیر احتمالی بر کیفیت دانه کلزا(افزایش گلوکوزینولات) توصیه نمی‌گردد.

عناصر کم‌مصرف

روی و مس: کمبود روی سبب ایجاد بوته‌هایی کوتاه و رنگ‌پریده می‌شود و وقتی که گیاه به ساقه می‌رود، میانگره‌ها کوتاه می‌گردند. کمبود مس باعث پوسیدگی بافت‌ها در نوک قسمت‌های در حال رشد می‌شود و بر روی شکل‌گیری گرده اثر گذاشته و غلاف‌بندی را کاهش می‌دهد.

آهن و منگنز: عناصر ریزمغذی آهن و منگنز به‌علت کافی بودن میزان آن‌ها در خاک‌های سواحل دریای خزر برای محصول کلزا توصیه نمی‌گردد.

بر: کلزا به مقدار زیادی بر نیاز دارد و در خاک‌هایی که کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بر وجود دارد، مقدار ۱۰- ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک به‌صورت پخش یکنواخت توصیه می‌شود.

کمبود بر باعث عدم تشکیل میوه بعد از گلدهی می‌گردد که این پدیده در سال ۱۹۶۰ در کشور چین به‌نام بیماری فیزیولوژیکی کمبود بر قلمداد شده است. برای مصرف بر در مزارع کلزا بایستی شاخص‌های زیر را در نظر گرفت:

۱-مقدار بر در خاک بیش از ۰/۴ و در برگ بیش از ۸ پی پی ام باشد، میوه‌دهی به‌خوبی انجام می‌گیرد.

۲- مقدار بر در خاک بین۰/۲۵- ۰/۴ و در برگ کمتر از ۵ پی پی ام باشد، میوه‌دهی به میزان ک می‌انجام می‌گیرد.

۳- مقدار بر در خاک کم‌تر از ۰/۲۵ و در برگ کم‌تر از ۵ پی پی ام باشد، میوه‌دهی انجام نمی‌گیرد.

مصرف کودهای بر قبل از مرحله گلدهی تاثیر زیادی بر باروری گل‌ها و تشکیل میوه دارد و بعد از پایان مرحله گلدهی، تاثیری در تشکیل میوه نخواهد داشت. با توجه به آزمایش انجام شده در مزرعه معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور، میزان بر موجود در خاک ۱/۳۳ پی پی ام بود و می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بر در این مزارع مشابه سایر مزارع نمی‌باشد.

منابع:

۱- احمدی، محمد رضا. ۱۳۷۹. کشت کلزا با حداقل کارورزی. موسسه تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر تولید برنامه های ترویجی و انتشارات فنی.

۲- خادمی، زهرا.، حامد، رضایی.، محمد جعفر، ملکوتی.، پرویز، مهاجرمیلانی. ۱۳۷۹. تغذیه بهینه کلزا. نشر آموزش کشاورزی.

۳- شیرانی راد، امیر حسین و عباس، دهشیری. ۱۳۸۰. راهنمای کلزا (کاشت-داشت-برداشت). سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. نشر آموزش کشاورزی.

۴- بی نام. ۱۳۸۲. ماهنامه روغن نباتی. شماره های چهارم و پنجم.

5- Afridi, M. Z., M. T. Jan., and A. A. Shad. 2002. Some aspects of NPK nutrition for improved yield and oil contents of canola. Ashan Journal of Plant Science. Vol. 1 No. 5: 507-509.

6-Henry, D. F. 1978. Soil and mineral nutrition of plants. The soil nitrogen cycle. Fundementals of Soil Sci. 6 th., pp: 301-302.

7-Holmes, M. R. J. 1980. Nutrition of the olissed rape crop. Applied Sci. Publisher, Inc England.

می‌توان آن‌ها را به دو گروه مجزا تفکیک کرد.

۱- موادی که با توجه به رژیم غذایی زنبور از شکر و پروتئین ساخته شده‌اند.

۲- موادی که بر اساس فرمون‌ها و فرمول شیمیایی بوهایی که زنبورها در فرآیندهای ارتباطی شان استفاده می‌کنند، ساخته شده‌اند.

از مواد ساخته شده بر اساس فرمون آرواره‌ای ملکه، شبه فرمونی مصنوعی با نام تجاری فروت بوست ساخته شده است. این فرمون مخلوطی پیچیده از ۵ ماده شیمیایی است که ترکیبی از این ۵ ماده تاثیر فوق العاده‌ای روی فعالیت‌های حیاتی زنبور عسل دارد. این محصول در ایالات متحده از سال ۱۹۸۹ تا به امروز در افزایش محصولاتی چون کیوی ، هلو ، سیب ، گلابی ، زغال اخته و ... مورد استفاده قرارگرفته است. بدین صورت که در زمان تمام گل محلولی از آن را روی درختان محلول‌پاشی می‌کنند. تحقیقات نشان داده است که تعداد زنبور در اطراف درختانی که فروت بوست روی آن‌ها محلول‌پاشی شده است تا ۳۷ درصد افزایش می‌یابد. افزایش تعداد زنبور بازدیدکننده از اصلی ترین و افزایش زمان بازدید از دیگر پیامدهای استعمال فروت بوست است. افزایش محصول و بهبود کیفیت آن در صورت استفاده از فروت بوست به ۲ صورت توجیه شده است.

۱ - به علت شباهت این فرمون با فرمون ملکه و علاقه زنبور عسل به آن، زنبورهای کارگر زمان بیشتری صرف جمع آوری شهد و گرده نموده و گل‌های بیشتری را بازدید می‌نمایند.

۲ - پس از بازگشت زنبورهایی که با این محصول برخورد کرده اند ، درون کندو رقص‌های مکالمه ای(حرکتی که زنبواران کارگر پس از کشف منبع جدید در روی شانها برای معرفی محل منبع جدید انجام می‌دهند) شدید تر و طولانی تری انجام می‌دهند که سبب جذب زنبورهای بیشتری در اطراف گیاه شده و گرده افشانی با موفقیت بیشتری انجام می‌شود(۲).

همچنین به تازگی فرمونی به نام ناسونو که توسط حشرات در چندین مورد مختلف استفاده می‌شود، مورد توجه قرار گرفته است.

مدیریت گرده افشانی با زنبور عسل

با کاهش جمعیت گرده افشان‌های معمولی و وحشی، مدیریت گرده‌افشانی به طور فزاینده‌ای قسمت مه‌می‌از علم باغبانی شده است. عواملی که سبب از بین رفتن گرده افشان‌ها می‌شوند عبارتند از:

- استفاده نادرست از علف کش‌ها
- سودمند نبودن زنبورداری برای تهیه عسل
- انتقال سریع آفات و بیماری‌ها به مناطق جدید
- توسعه مناطق شهری و روستایی
- تغییر الگوی کاشت
- قطع آشکار درختان جنگلی (به ویژه هنگامی‌که جنگلداری مخلوط با تک کاشت کاج جایگزین می‌شود)
- پاکسازی پرچین ها و دیگر گیاهان وحشی
- از بین رفتن کریدورهای شهد برای گرده افشان‌های مهاجر
و- بد گمانی انسان در مورد حشرات نیش دار(۶)

در این مورد می‌توان با استفاده از فنون مدیریتی زیر جمع آوری گرده و به همان ترتیب گرده افشانی را افزایش داد.

۱) استفاده از مواد جاذب زنبور

۲) تله‌های گرده که بیشتر گرده را از زنبورهای در حال بازگشت حذف کرده و مقدار گرده ورودی به کندو را کاهش داده و در نهایت سبب افزایش پروازهای جمع آوری گرده می‌شود.

۳) تغذیه زنبورها با شهد در زمان شکوفه دهی که نیاز به جمع‌آوری شهد را در زمان گلدهی کاهش داده و جمع‌آوری گرده را به ویژه در طی دوره‌های طولانی هوای نامساعد افزایش می‌دهد.

۴) بالا بردن جمعیت زنبورها در واحد سطح: زنبورها تمایل به جمع‌آوری بروی یک رقم دارند و در واقع تا زمانی که گرده و شهد کافی در اختیار آن‌ها باشد مایل به پرواز در نواحی محدودی از درختان بزرگ هستند، بنابراین افزایش جمعیت زنبورها در واحد سطح یکی از راه‌های تخلیه سریع شهد و گرده است. این کاهش سریع منابع غذایی زنبورها را وادار می‌سازد که در منطقه وسیع تری فعالیت نموده و احتمال دگرگرده افشانی را افزایش می‌دهد.

۵) استفاده از کلنی‌های قوی‌تر: قدرت کلنی به طور معمول با اصطلاح تعداد قاب‌های پوشیده از زنبورهای کارگر و سطح کلی نتاج بر حسب اینچ‌مربع مشخص می‌شود. فعالیت پروازی و جمع آوری گرده به قدرت کلنی بستگی دارد. همچنین زنبورهای کلنی‌های قویتر در درجه حرارت‌های کم‌تری نسبت به کلنی‌های ضعیف تر پرواز می‌کنند(۱).

منابع:

۱ -عرشی، یوسف و داریوش شرافتیان. . ۱۳۸۱بادام، راهنمای تولید (ترجمه). نشر علوم کشاورزی. ۶۸۰صفحه.

۲- جوانمرد، آرش. بنابازی، محمد حسین و نعمت اله اسدی. نمونه‌ای از دستاوردهای کاربردی بیوتکنولوژی دربهبود گرده‌افشانی و افزایش تولید زنبورستان‌ها. پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی شمال‌غرب و غرب کشور. بخش پژوهش‌های بیوتکنولوژی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور.

3-BBorg-Karlson. A. K. Berstrom, G. and Groth,I. 1985. Chemical basis for the relationship between ophrys orchids and their pollinators. II:Volatile compounds orphrys lutea and o. fusca as insect mimetic attract ants/excitats.scr.25:283-294.

4-Elisa, J. B. Bernklau.1990.Chemical mimicry in pollination.Entomology department of Clorado state university.fort Collins.Co 80523.

5-Http/www.polinator.com/whymanage/whymanagepol.htm.whymanagepollination

6-Jvorek,Sk. Mackenzie,Ke.and Vander Kloet Sp.2002.Comparative pollination effectivness among bees (Hymenoptera :Apoidea) on Lowbush blue berry .Anuals of the Entomological society of America.95:345-351.

7-Sanford,M. T. 1997.Duping honey bees: can attractants improve pollination? Department of entomology and namatology.university of florida.Apis,15(6).

8-Stowe,M.K. 1988.Chemical Mimicry. In chemical mediation of coevolution. K.C. spencer,eds. Academic press,Inc., London.

9-wiens, d. 1978.Mimicry in plant.Evol.biol.11:365-40.

رده گیاهی را مشکل می‌سازد و به همان ترتیب اگر چه شباهت‌های شیمیایی تعیین شده‌اند و تاثیرات رفتاری هر ترکیب نشان داده شده است، ولی هنوز شناخت دقیق این‌که چه اتفاقاتی در سیستم طبیعی رخ می‌دهد ، دشوار است. امکان نشان دادن تشابه بین بوی تولید شده توسط برخی حشرات و گل ها در طبیعت خیلی بهتر از آزمایشگاه صورت می‌گیرد. برخی ترکیبات استخراج شده از گل‌ها و حشرات را ممکن است هرگز یک موجود رها نسازد به علاوه احتمال دارد که تعدادی از ترکیبات که توسط گل‌ها در طبیعت رها می‌شوند، طی فرایندهای شیمیایی جداسازی مواد در آزمایشگاه از بین بروند یا به چشم نیایند و سرانجام شاید ترکیبات فرار گیاهان در زمان تهیه گل‌ها برای تعیین یک ترکیب ویژه تشخیص داده نشوند. به عبارت دیگر احتمالا تفاوت بین بوهای تولید شده توسط گیاهان و حشره در طبیعت شدیدتر از آن‌چه که در آزمایشگاه نشان داده می‌شود، است. همچنین مواد اضافی اختصاصی موجود در ترکیب بوهای گیاهان، ممکن است تاثیر شدیدی بر بوی تولید شده و پاسخ رفتاری حشره داشته باشد(۴). علاوه بر شبیه سازی بوی مواد جاذب ، برخی گل‌های بد بو دارای تله‌های پیچیده دیگری نیز هستند که به احتمال گرده افشانی را افزایش می‌دهد، به طور کلی پروانه‌ها و سوسک ها گرده افشان‌های فعالی نیستند و باید آن‌ها را جهت برقراری تماس کافی با ساختارهای زایشی گل، تحریک نمود(۹) . برای اطمینان از گرده افشانی، این گیاهان بوی غذا یا محل مناسب تخمگذاری را جهت جذب حشرات به سمت گل‌ها و گیر انداختن آن‌ها در داخل گل، شبیه‌سازی می‌کنند و وقتی که گرده افشان درون گل ها گیر افتاد فرصت بیشتری برای گرده افشانی خواهد بود. در اغلب این سیستم ها حشرات به طور اتفاقی توسط گل‌ها آزاد می‌شوند. در موارد معدودی حشرات برای همیشه در دام می‌مانند و یا حتی کشته می‌شوند(۸) درجه دقیق گزینشگری در سیستم شبیه سازی شیمیایی به وضوح تعیین شده است و اغلب حاصل از ترکیباتی است که برای جذب چندین گونه حشره اطمینان حاصل شود.

استفاده از مواد جاذب حشرات و تاثیر آن‌ها بر گرده‌افشانی

در سال ۱۹۶۵ فری(۷) گزارش کرد که محلول‌پاشی محصول با شربت شیرین، تعداد پروازها را اطراف برگ‌ها افزایش داد اما برای گل‌ها مضر بود و در نتیجه سبب گرده افشانی کم‌تر این گیاهان در مقایسه با شاهد بود. بعدها ونزر عصاره‌های معطری به شربت شیرین اضافه نمود ، آزمایشاتی نیز با استفاده از فرمون‌ها جهت جذب زنبورها به مزرعه و اطراف گل‌ها انجام شد. به طور کلی آزمایشات عل‌می‌با استفاده از مواد ذکر شده، موفقیت‌های محدودی به دنبال داشته است. با وجود اختلاف نظرها مواد جاذب حشره یکی از موضوعات جالب برای باغداران و زنبوردارانی بود که دوست داشتند گرده‌افشانی محصولشان را بهبود بخشند. در نتیجه تعدادی فرآورده تجاری به بازار آمده است که اغلب فرمول مورد استفاده در آن‌ها از نظر تجاری سری است ولی

معرفی کتاب

تنظیم : ژاله پوررستمی

موضوع کتاب : گیلاس و آلبالو فیزیولوژی، تولید و مصرف
تالیف : ا.دی . وبستر - ان ای . لونی
ترجمه : حسین نعمتی - امیر عبدالله زاده
ناشر: جهاد دانشگاهی مشهد
سال انتشار :۱۳۸۷
تعداد صفحات :۵۲۰ ص .: مصور، جدول
قیمت : ۵۵۰۰۰ ریال

گیلاس یکی از معروف‌ترین میوه‌های مناطق معتدله است. آلبالو نسبت به گیلاس در کشورهای کم‌تری کشت می‌شود و بیشترین سطح زیرکشت این محصول مربوط به اروپا و ایالات متحده آمریکا است و بیشتر به صورت فرآوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تا ۳۰ سال گذشته پیشرفت کمی در زمینه اصلاح ارقام مختلف گیلاس و آلبالو و بهبود فناوری کشت آن‌ها صورت گرفته بود، اما در طی چند دهه اخیر پیشرفت‌های قابل توجهی در این زمینه صورت گرفته است.

کتاب حاضر با داشتن مطالبی به نسبت جامع در مورد گیلاس و آلبالو شامل مباحثی به شرح زیر است:

- تاریخچه کشت، شاخص‌های تولید
- ارقام و پایه‌های مورد استفاده در کشورهای تولید کننده
- مشخصات ارقام و پایه‌های مختلف گیلاس و آلبالو و روش‌های اصلاح آن‌ها
- روش‌های مختلف تکثیر

- نکات مهم در رابطه با احداث باغ
- فرآیند گلدهی
- گرده‌افشانی و باروری
- مسایل مربوط به تغذیه و آبیاری باغات گیلاس و آلبالو
- مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، پرندگان و مقابله با بارش‌های ناگهانی و خسارت‌زا
- فناوری برداشت و مسایل پس از برداشت این محصولات.

کتاب حاضر می‌تواند مورد استفاده دانشجویان رشته‌های مختلف علوم زیستی به ویژه دانشجویان رشته علوم باغبانی در مقاطع مختلف و همچنین محققان علاقه‌مند به مطالعه و تحقیق در رابطه با گیلاس و آلبالو قرار گیرد.

تصحیح

به اطلاع خوانندگان محترم می‌رساند "مقاله فیزیولوژی عملکرد گندم" که در شماره ۱۹۵ مجله زیتون به چاپ رسیده است توسط آقایان حسن امانی، فرشاد حبیبی، فتاح اصلانی و غلامرضا خلیل زاده تهیه و تدوین شده است که به اشتباه فقط اسم آقای فرشاد حبیبی در ذیل مقاله آورده شده است.

همچنین « مقاله ی لزوم به کار گیری تنوع ژنتیکی در برنامه های اصلاحی و آشنایی با نشانگر ها ی مولکولی تصادفی و نیمه تصادفی در شناسایی این تنوع» که در شماره ۲۰۲ مجله زیتون به چاپ رسید توسط آقای محمد رضا خلف باغی کارشناس ارشد اصلاح نباتات تهیه و تدوین شده که متاسفانه بدون نام ایشان به چاپ رسیده است.

نحوه اشتراک مجله زیتون

از علاقه‌مندان به اشتراک مجله زیتون خواهشمنداست قسمت زیرین این برگه (یا فتوکپی آن) را پر کرده همراه با اصل رسید بانکی مربوط به واریز حق اشتراک به نشانی مجله ارسال فرمایند.

- حق اشتراک: مبلغ ۶۰۰۰۰ ریال (برای اشتراک یک ساله - دانشجویان نیم‌بها)
- شماره و نام حساب: ۱۰۸، خزانه‌داری کل دولت نزد بانک مرکزی (قابل پرداخت در تمام شعبه‌های بانک ملی ایران)
- نشانی مجله زیتون: تهران - بلوار کشاورز - وزارت جهادکشاورزی - اداره کل روابط عمومی - دفتر مجله زیتون

برگه اشتراک

نام:..... نام خانوادگی: .....
شغل:..... تحصیلات: .....
اشتراک از شماره:..... تعداد نسخه‌های مورد درخواست در هرماه: .....
نشانی: استان..... شهرستان..... روستا.....