



اهمیت عوامل پروبیوتیک‌های گیاهی در کشاورزی زیستی



فاطمه محرمی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

اصطلاح میکروارگانیسم‌های مفید یا پروبیوتیک (Probiotic) به معنای برای گیاه در میکروبیولوژی گیاهی اولین بار توسط هس (Haas) و دفاگو (Defago) در سال ۲۰۰۵ برای باکتری‌های مفید PGPRs از جنس *Pseudomonas* مطرح شد. این اصطلاح در مورد سایر میکروارگانیسم‌های مفید مانند قارچ‌ها و حتی ویروس‌هایی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب افزایش و یا تسریع رشد گیاهان می‌شوند نیز صدق می‌کند. پس از آن در سال ۲۰۰۸ پیکارد و همکاران در مقاله‌ای که در دومین اجلاس بین‌المللی تحقیقات کشاورزی ارگانیک ارائه کردند، واژه میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک گیاهی را در کشاورزی پایدار به جامعه علمی معرفی کردند. اداره غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) پروبیوتیک را این‌گونه تعریف می‌کنند.

"پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که مصرف کافی آن‌ها سبب نمایان شدن اثرات سلامت بخش در بدن میزبان می‌شود."

بدیهی است که منظور از میزبان در اینجا گیاه است که در نهایت موجب سلامتی انسان می‌شود. پروبیوتیک‌های گیاهی نقش مهمی در کنترل بیماری‌های گیاهی، حذف آفات گیاهی و تبدیل بخشی از مواد معدنی به شکل قابل‌استفاده برای گیاهان را بر عهده دارند و در مقایسه با ترکیبات شیمیایی از منافع اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی برخوردار هستند. این محصولات بازده تولید در واحد سطح را افزایش داده و عناصر غذایی را به مواد قابل جذب برای گیاه تبدیل می‌کنند.

یک گروه از پروبیوتیک‌های گیاهی، PGPRs (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) ها و یا باکتری‌های افزایش‌دهنده‌ی رشد گیاه هستند که حدود دو تا پنج درصد ریزوباکترها (باکتری‌هایی که در منطقه‌ی اطراف ریشه فعالیت می‌کنند) را تشکیل می‌دهند که اثرات مفید آن‌ها بر رشد گیاهان به‌صورت افزایش جوانه‌زنی، وزن گیاه، طول ریشه،

افزایش رویکرد بشر به نهاده‌های غیرطبیعی و اغلب شیمیایی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی فزونی انواع بیماری‌ها و مشکلات زیست‌محیطی را منجر شده است. با توجه به دغدغه تأمین غذای کافی برای جمعیت رو به گسترش جهان، هنوز استفاده از این مواد شیمیایی رواج دارد. در چنین شرایطی ارزش و اهمیت تولید و مصرف محصولات سالم غذایی بیش از پیش مشخص می‌شود. با توجه به جهت‌گیری‌های سیستم‌های جدید کشاورزی به سمت کشاورزی زیستی و یا ارگانیک استفاده از عوامل مفید میکروبی در کشاورزی یا به‌عبارت‌دیگر پروبیوتیک‌های گیاهی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای مقابله با بسیاری از عوامل زیستی و غیر زیستی تهدیدکننده کیفیت و کمیت تولیدات گیاهی است. کشاورزی زیستی نقش مهمی در حفاظت از اکوسیستم‌های زراعی و منابع طبیعی و همچنین سلامت و بهداشت جوامع دارد. علاوه بر روش‌های زراعی، کودهای حیوانی و کودهای سبز، مواد معدنی طبیعی و موادی با منشأ گیاهی نظیر آزادیراختین، عوامل پروبیوتیک گیاهی (به‌خصوص باکتری‌ها و برخی قارچ‌ها) به دلیل داشتن مکانیسم‌های متعدد برای افزایش رشد و حفاظت گیاهان در برابر انواع تنش‌های زیستی (شامل بیمارگرهای میکروبی و علف‌های هرز و حشرات) و تنش‌های غیر زیستی (مانند کمبود مواد غذایی، سرمازدگی، خشک‌سالی، آلودگی‌های هوا، تأثیر ازن، شوری خاک، دمای کم خاک، آلودگی به فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها) جایگاهی مهم و کلیدی در توسعه‌ی کشاورزی زیستی دارند.

پروبیوتیک یک لغت نسبتاً جدید به معنی "برای زندگی" است و به میکروارگانیسم‌هایی اطلاق می‌شود که توانایی تأثیر مفید بر زندگی و سلامت انسان را دارند و در صنایع مختلفی از جمله صنایع غذایی، داروسازی، کشاورزی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. Moharami.fatemeh@ut.ac.ir

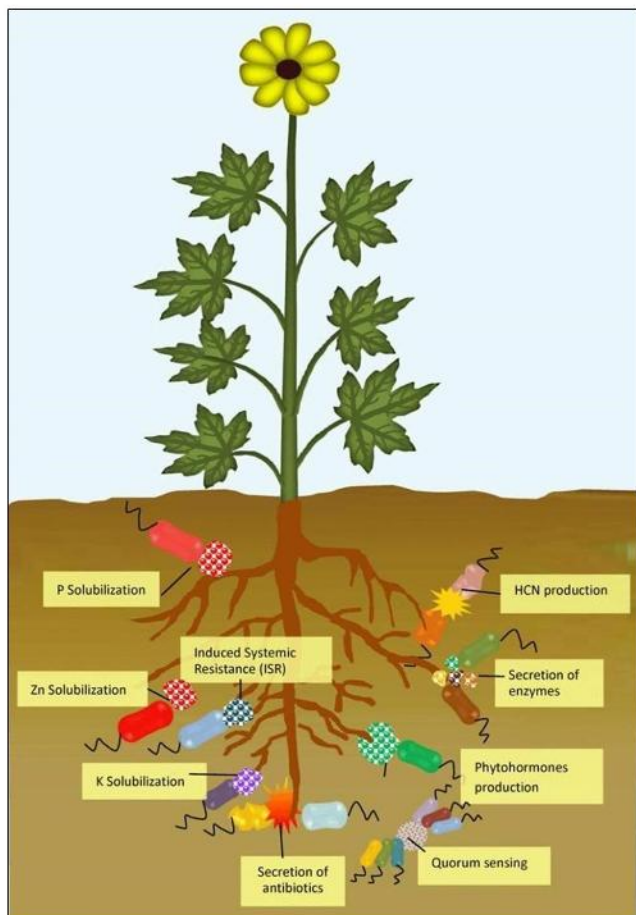
متابولیت‌های ثانویه و غیره بوده و میزان آن در گونه‌های گیاهی مختلف متفاوت است.

گروه بعدی PGPFs (Plant Growth Promoting Fungi) ها یا قارچ‌های افزایش‌دهنده‌ی رشد گیاه هستند. بیش از هشتاد درصد از تمام گونه‌های گیاهی دارای رابطه‌ی همزیستی با قارچ‌های میکوریز هستند. قارچ‌های میکوریز نقش مهمی را در تبادلات غذایی موجود در خاک بر عهده دارند و شامل ۱- اکتومایکوریزها (مایکوریزهای خارجی): همزیست با درختان جنگلی بوده و بیش از دو هزار گونه‌ی قارچ اکتومایکوریز شناخته شده است. ۲- اندومایکوریزها (مایکوریزهای داخلی): که همزیست سبزی‌ها، درختان میوه و به‌خصوص درختان توت و انگور و گیاهان زینتی هستند. از میکروارگانیسم‌های مفید در افزایش رشد گیاه و بازدارنده از آفات و بیماری‌های گیاهی که به‌خوبی مطالعه شده‌اند می‌توان به باکتری‌های موجود در جنس‌های *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Sterptomyces*, *Rhizobium*, *Azotobacter* و قارچ‌های موجود در جنس‌های *Coniothyrium* و *Tricoderma*, *Ampelomyces* یکی از معروف‌ترین آن‌ها باکتری *Bacillus thuringiensis* یا به اختصار *Bt* است که یک باکتری بیماری‌زای حشرات است.

عوامل پروبیوتیک گیاهی از نظر عملکرد به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند (۱) عواملی که به‌طور مستقیم با مکانیزم‌های مختلف بر رشد گیاهان و جوانه‌زنی بذور یا بهبود تولید محصولات تأثیر می‌گذارند (۲) عواملی که از طریق کنترل بیمارگرهای گیاهی به‌طور غیرمستقیم برای رشد گیاهان مفید هستند.

نقش مستقیم عوامل پروبیوتیک به این صورت است: ۱- تثبیت ازت: هفتادوهشت درصد اتمسفر را ازت تشکیل می‌دهد اما گیاهان به‌طور مستقیم قادر به استفاده از آن نیستند. بنابراین باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت نقش مهمی را ایفا می‌کنند. ۲- حل کردن فسفات (PSB): باکتری‌های پروبیوتیک به کمک آنزیم‌های فسفاتاز خارج سلولی (Extracellular Phosphatases) فسفات‌های آلی‌رابه ترکیبات معدنی تبدیل می‌کنند. ۳- حل کردن پتاسیم (KPS): بعضی از باکتری‌ها توانایی دسترسی گیاه را به پتاسیم افزایش می‌دهند. برای مثال گزارش شده است که باکتری *Bacillus edaphicus* توانایی جذب پتاسیم را در گندم افزایش داده است. ۴- افزایش دسترسی به آهن: گروهی از باکتری‌ها به کمک ترکیباتی تشکیل کمپلکس‌هایی با آهن سه‌ظرفیتی داده که قابلیت جذب توسط گیاه را دارند و درون گیاه به کمک آنزیم‌های احیاء‌کننده رداکتاز، آهن سه‌ظرفیتی تبدیل به آهن دو ظرفیتی می‌شود. ۵- اکسایش گوگرد: در باکتری *Thiobacillus ferrooxidans*

مشاهده می‌شود که سبب حلالیت مستقیم ترکیبات گوگردی مثل سولفید آهن می‌شود. ۶- حلالیت فلزات سنگین: گروهی از باکتری‌های تیوباسیل دارای توانایی افزایش حلالیت سولفیدهای فلزات سنگین به‌طور مستقیم و غیرمستقیم هستند.



برخی مکانیسم‌های باکتری‌های افزایش‌دهنده‌ی رشد گیاه

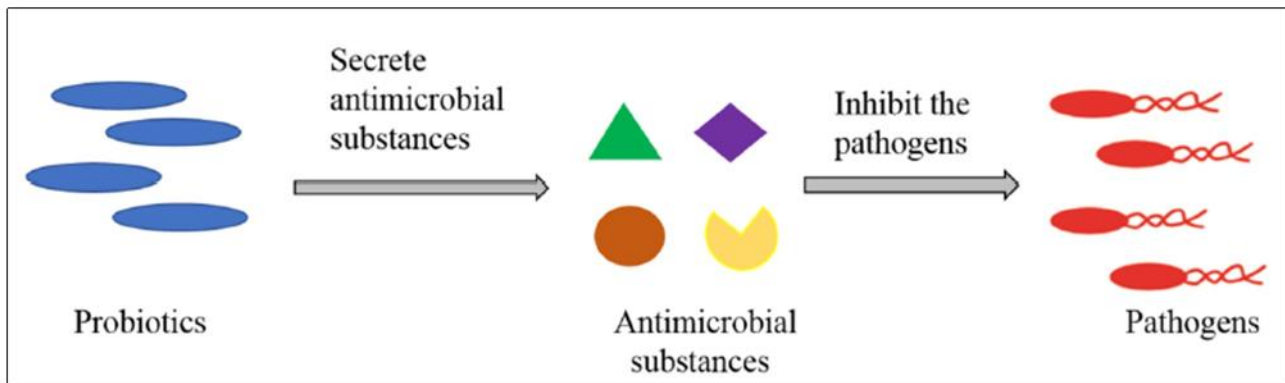
۷- اکسایش متان: باکتری‌هایی همچون *Methylobacter* و *Methylococcus* دارای قابلیت اکسایش متان هستند. ۸- تولید فیتوهورمون‌ها: گروهی از باکتری‌ها با تولید ترکیبات فیتوهورمون همچون اکسین، سیتوکینین و جیبرلین به‌طور مستقیم سبب افزایش رشد طول ریشه، انشعابات ریشه و ریشه‌های موئین گیاهان می‌شوند. ۹- تنظیم تولید اتیلن در گیاه: اتیلن از ترکیبات محرک رشد گیاه است که سبب افزایش ریشه‌زایی و تولید ریشه‌های فرعی می‌شود و از رشد طولی ریشه و تشکیل گره جلوگیری می‌کند. ۱۰- افزایش‌دهنده‌های تنفس ریشه‌ای با تولید *Lumichrome:Lumichrome* ترکیبی از مشتقات ریوفلاوین‌ها است که در باکتری *Sinorhizobium meliloti* در این فعالیت نقش دارد و با افزایش CO_2 ریزوسفر سبب افزایش تنفس





نقش غیرمستقیم عوامل پروبیوتیک از طریق کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی به این صورت است: ۱- تولید ترکیبات آنتی‌بیوتیک: از طریق تولید یک یا چند آنتی‌بیوتیک همچون متابولیت‌های ضد قارچی سبب توقف رشد یا مرگ یک بیمارگر گیاهی می‌شوند. ۲- پارازیتسم: با تولید آنزیم‌های خارج سلولی همچون کیتیناز و گلوکاناز سبب هیدرولیز کردن دیواره‌ی سلولی قارچ‌های بیمارگر می‌شوند. تولید هم‌زمان آنزیم‌های کیتیناز و گلوکاناز اثر تشدیدکننده در تجزیه‌ی دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها دارد. ۳- رقابت برای جذب آهن: رقابت یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های بیوکنترل برخی از عوامل پروبیوتیک است. بعضی میکروارگانیسم‌ها با تولید ترکیبات با وزن مولکولی کم به نام سیدروفور، با آهن سه‌ظرفیتی پیوند برقرار کرده و آهن را کلاته می‌کنند که کمپلکس سیدروفور و آهن می‌تواند به مصرف باکتری و گیاه برسد و بدین صورت آهن را از دسترس بیمارگرهای گیاهی خارج می‌کنند. ۴- افزایش مقاومت القایی: گروهی از باکتری‌های مفید PGPRS القای نوعی مقاومت به نام ISR در گیاه می‌شوند که در نهایت سبب افزایش مقاومت گیاه نسبت به بیمارگرهای گیاهی می‌شوند.

ریشه‌ای گیاه می‌شود. ۱۱- تولید ترکیبات فرار: عوامل پروبیوتیکی شناخته شده‌اند که با تولید ترکیبات فرار سبب افزایش رشد گیاهان می‌شوند. ۱۲- تجزیه‌ی آلاینده‌های زیست‌محیطی: (Bioremediation) گروهی از باکتری‌های PGPRS توانایی تجزیه‌ی آلاینده‌های زیست‌محیطی همچون ترکیبات حلقوی بنزن را دارند و آن‌ها را به هیدروکربن‌های کوچک‌تر به‌طور هوازی یا بی‌هوازی تجزیه می‌کنند. ۱۳- کاهش سمیت نسبت به فلزات سنگین: یک باکتری PGPRS به نام *Kluyvera ascorbata* شناسایی شده که این باکتری سبب افزایش مقاومت گیاه کلزا به فلزات سنگین مانند کرم، نیکل و سرب شده است بدون آن که میزان جذب آن‌ها توسط گیاه کاهش یابد. ۱۴- تحریک فعالیت میکوریزها: گروهی از باکتری‌های PGPRS اثرات مثبتی بر فعالیت همزیستی قارچ‌های میکوریز با گیاهان داشته و باعث افزایش و تشدید کارایی این قارچ‌ها می‌شوند. اثرات مهم آن‌ها شامل: ۱) کمک به فرآیند تشخیص میان قارچ اندومایکوریز و ریشه‌ی گیاه میزبان ۲) اثر بر افزایش رشد قارچ ۳) اثر بر افزایش جوانه‌زنی قارچ ۴) بهبود ساختار شیمیایی خاک جهت فعالیت قارچ میکوریز.



مکانیسم عوامل پروبیوتیک

با توجه به خصوصیات مفید پروبیوتیک‌های گیاهی و اثرات زیان‌آور سموم و کودهای شیمیایی، تحقیقات مربوط در این زمینه زمانی ارزش واقعی خود را پیدا می‌کند که بتواند محصولات قابل‌استفاده و مؤثری در اختیار کاربران بخش کشاورزی قرار دهد. تربیت نیروی انسانی متخصص که بتواند با استفاده از آخرین فناوری‌های به‌روز دنیا و دانش بومی کشور چنین محصولاتی را در سطح وسیع و تجاری و قابل‌عرضه به کشاورزان و باغداران تولید کند، از وظایف مهم دانشگاه‌ها است. از برخی از محصولات تجاری تولیدشده می‌توان به Yiel Plus از قارچ مخمرمانند *Cryptococcus albidus* در آفریقای جنوبی که فعالیت آنتاگونیستی علیه بعضی گونه‌های *Botrytis*، *Penicillium* و *Mucor* دارد، ترکیب تجاری کودپاک از باکتری *Bacillus subtilis* که توسط شرکت گوستافسون به‌عنوان یک کود زیستی و تقویت‌کننده رشد گیاهان زراعی که علیه تعدادی از قارچ‌های بیمارگر مؤثر است، محصول Blightban A506 با ماده مؤثر *Pseudomonas fluorescens* A506 جداشده از باغات گلایی کالیفرنیا که یکی از قدیمی‌ترین محصولات برای مقابله با سرمازدگی گیاهان است، اشاره کرد.

منابع:

1. Hossain, M. I., Sadekuzzaman, M. & Ha, S-D. 2017. Probiotics as potential alternative biocontrol agents in the agriculture industries: A review. Food Research International 100: 63-73.



شرکت فن آوری زیستی طبیعت‌گرا با اهداف توسعه دانش بیوتکنولوژی در کشور در سال ۱۳۷۸ با دانش کاملاً ملی و بومی تأسیس و کارخانه تولید محصولات در شهرستان کرج در زمینه تولید و توزیع انواع محصولات بیولوژیک احداث شد. این شرکت در حال حاضر در توسعه منابع انسانی متخصص اقدامات ارزنده‌ای داشته است.

محصولات تولیدی شرکت دستاورد سال‌ها تحقیق بوده که با فرمولاسیون‌های مختلف قابل عرضه هستند و از مؤثرترین سویه‌های میکروبی در فرمولاسیون‌های کارآمد و بادوام تولید می‌شوند؛ و با تکیه بر گروه ماهر و متخصص خود با ارائه محصولات ارگانیک و پروبیوتیک، راه‌حلی مناسب برای مقابله با مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی، سموم و آنتی‌بیوتیک در صنعت کشاورزی، دام‌پروری و محیط‌زیست گام‌های قابل توجهی را فراهم آورده است. در زمینه کشاورزی محصولات آن به دو بخش عمده کودهای بیولوژیک و آفت‌کش‌های بیولوژیک تقسیم‌بندی می‌شوند. کودهای بیولوژیک حاوی ریز موجودات مفید بوده که می‌توانند بخشی از نیازهای غذایی گیاهان را تأمین کرده و به‌طور مستقیم موجب افزایش رشد و مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی (مثل خشک‌سالی، شوری و غیره) شوند. محصولات تولیدشده در قالب کودهای بیولوژیک شامل بایوفارم (محرک رشد گیاه)، پروبیو ۹۶ (جهت بهبود رشد و محافظت از گیاهان)، فسفات به رشد (حل‌کننده فسفات جهت محصولات باغی و گلخانه‌ای)، رشدافزا (محرک رشد گیاهان مختلف)، بایوسوی (تثبیت‌کننده ازت، ویژه سویا) هستند. از جمله آفت‌کش‌های بیولوژیک می‌توان حشره‌کش بیولوژیک بایولپ (کنترل‌کننده لارو آفات پروانه‌ای در کشاورزی که هفتاد درصد آفات کشاورزی را تشکیل می‌دهند، به خصوص در باغات، مزارع، گلخانه‌ها، جنگل‌ها و مراتع)، بایوبیت (کنترل‌کننده لارو سوسک‌های خسارت‌زای کشاورزی)، پیستاگارد (جهت کنترل پسیل پسته)، پروبیوتکت (جهت کنترل بیماری‌های گیاهی) و تریکوفارم (جهت کنترل بیماری‌های گیاهی) اشاره کرد. امید است با افزایش دانش پروبیوتیک‌های گیاهی و نیروهای متخصص، در آینده‌ای نزدیک شاهد تولید هرچه بیشتر این محصولات باشیم.

در کشورهای ایتالیا، آلمان و بلژیک محصول دیگری از ترکیب دو باکتری از جنس *Azospirillum* به نام *Zea-Nit*™ تولیدشده است که استفاده از کودهای نیتروژن دار را سی‌الی‌چهل درصد کاهش داده است. کشورهای عضو گروه موسوم به NAFTA (North American Free Trade Agreement) شامل آمریکا، کانادا و مکزیک چهل‌وچهار درصد کل بازار محصولات بیوکنترل را در اختیار دارند. اروپا نیز با بیست درصد بیشترین نرخ رشد و توسعه صنعت تولید عوامل بیولوژیک و دومین جایگاه بازار مصرف را در اختیار دارد. بین کشورهای اروپایی، بیشترین بازار فروش آفت‌کش‌های میکروبی در کشورهای اسپانیا، ایتالیا و فرانسه دیده می‌شود، با این روند پیش‌بینی می‌شود که مقدار فروش این دسته از آفت‌کش‌ها تا سال ۲۰۲۰ به رقم دویست میلیون دلار برسد. کشورهای اقیانوسیه نیز سهم بیست‌درصدی فروش عوامل میکروبی در دنیا را دارند. این سهم در آسیا پنج درصد برآورد شده است. در هند به‌عنوان یک کشور در حال توسعه در حال حاضر چهار شرکت بزرگ به تولید آفت‌کش‌های بیولوژیک مشغول هستند و در مقابل صد و نود و چهار سم شیمیایی ثبت‌شده در هند، دوازده آفت‌کش بیولوژیک شامل انواع باسیلوس، سودوموناس، تریکودرما، بووریا، ویروس NPV برای کنترل آفات به ثبت رسیده است.

در کشور چین بیش از دویست شرکت فعال در حوزه تولید آفت‌کش‌های میکروبی فعال است که هفتاد و هفت محصول ثبت‌شده تا سال ۲۰۰۴ دارد و بیشتر به تولید *Bacillus thuringiensis* مشغول هستند و سی میلیون هکتار از اراضی این کشور زیرپوشش کنترل بیولوژیک قرار دارد. در کشور ایران نیز محصولاتی تولید می‌شوند که به‌طور محدود استفاده می‌شوند متأسفانه تعدادی از محصولات برخی از شرکت‌های داخلی از کیفیت مناسبی برخوردار نیست. چنین محصولاتی می‌تواند تأثیر منفی بر مقبولیت کاربر عوامل بیولوژیک در بین کاربران و کشاورزان عزیز داشته باشد. بدیهی است که در صورتی که این شرکت‌ها از افراد متخصص و صاحب‌نظر در زمینه عوامل بیولوژیک استفاده کنند، موفقیت‌های بیشتری خواهند داشت. در ادامه به معرفی اجمالی یک نمونه از شرکت‌های موفق در زمینه تولید عوامل میکروبی در کشاورزی اشاره می‌شود.