مجله ایمنی زیستی
دوره ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵

نقش عوامل بیولوژیک قارچی و باکتریایی در مدیریت بیماری‌های گیاهی

مسلم موسویان، مصطفی درویش نیا*
دانشجوی دکتری گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
***دانشیار گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران**

moslem.moosavian@gmail.com

چکیده

عوامل بیماری‌زای گیاهی، هرساله خسارات فراوانی را به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند. از روش‌های مختلفی برای جلوگیری و کاهش خسارت بیماری‌های گیاهی استفاده می‌شود. از جمله این روش‌ها استفاده از کنترل بیولوژیک است، که روشی سازگار با محیط زیست و موثر برای کاهش اثرات بیماری‌های گیاهی است. در واقع، ریزوسفر گیاهان از توسعه و فعالیت جامعه بزرگ و متنوعی از موجودات زنده میکروبی از جمله موجودات تقویت کننده رشد گیاه حمایت می‌کند، که می‌توان از این موجودات در کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی استفاده کرد. از جمله این عومل تقویت کننده رشد، می‌توان قارچ‌های تریکودرما و سویه‌های باکتری‌هایی *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp. را نام برد، که کاربرد زیادی در کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی دارند. این عوامل بیولوژیکی از سازوکارهای مختلفی مانند فعال کردن واکنش‌های دفاعی، آنتی‌بیوزیس، تحریک رشد گیاه، تولید آنتی‌بیوتیک، افزایش جذب عناصر غذایی، سیدروفورها و تولید HCN جهت کنترل بیماری‌های گیاهی بهره می‌برند. بنابراین، تکثیر و تلقیح این عوامل بیولوژیک به گیاهان می‌تواند مصرف کودها و سموم شیمیایی را کاهش دهد. یکپارچه‌سازی دانش سازوکار و زیست محیطی در جمعیت این موجودات زنده در خاک، پیش‌نیازی برای توسعه استراتژی مدیریت زمان در کشاورزی پایدار خواهد بود.

کلمات کلیدی: کنترل بیولوژیک، *تریکودرما*، *سودوموناس*، *باسیلوس*، PGPR

مقدمه

امروزه مشکلات فراوانی ناشی از کاربرد وسیع سموم شیمیایی در کشاورزی بروز کرده است که از یک سو هزینه‌های تولید را افزایش داده و از سوی دیگر آسیب‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی در اکوسیستم طبیعی را باعث شده است (۱۰). همچنین باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی و فرآورده‌های آن‌ها و ورود مستقیم سموم به زنجیره غذایی انسان و دام، منجر به افزایش بروز بیماری‌های مختلف همچون سرطان شده است (۱۰).

از جمله روش‌های بهینه در کنترل بیماری‌های گیاهی که در راستای اهداف زیست‌محیطی است و خطر

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

کمتری برای سلامت انسان و محیط زیست دارد، کنترل بیولوژیک است (۲). افزودن آنتاگونیست‌های مختلف به محیط خاک و ریزوسفر می‌تواند از خسارت بیماری تا زیر آستانه زیان اقتصادی بکاهد. این موفقیت همراه با سازگاری با محیط زیست، توانسته این روش را یکی از مقبول‌ترین روش‌های کنترل بیماری‌ها در مبارزه تلفیقی بیماری‌های گیاهی تبدیل شود (۲۸). در این راستا فراهم کردن ابزارهایی برای مدیریت بیماری‌های گیاهی، هدف مهم کنترل بیولوژیک در کشاورزی است. همچنین با توجه به نقطه اثر متفاوت آفت‌کش‌های بیولوژیک با آفت‌کش‌های شیمیایی، این آفت‌کش‌های بیولوژیک می‌توانند در تناوب با آفت‌کش‌های شیمیایی برای کاهش گسترش احتمالی مقاومت بیمارگرها به آفت‌کش‌ها بکار برده شوند (۲۳).

مفاهیم و سازوکارهای کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی

امکان کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد با استفاده از موجودات زنده آنتاگونیست، قریب به ۸۰ سال است که مورد توجه محققین قرار گرفته است (۵۵). در طی این دوره حدود ۸۰ محصول بیولوژیکی به‌صورت تجاری تهیه شده است که عمدتا در حیطه محصولات گلخانه‌ای بکار برده می‌شود. این محصولات بیولوژیکی، عمدتا شامل *Coniothyrium minitans* (Campb) Verkley و گونه‌های مختلف *Trichoderma* spp.، *Gliocladium* spp.، گونه‌های غیربیماریزای *Fusarium* Sp. و باکتری‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* (۹ و ٤٤) است. گرت در تعریف جامع کنترل بیولوژیک عنوان می‌کند که بیوکنترل به مفهوم آن است که تحت هر شرایط یا عملی، بقا یا فعالیت بیمارگر به‌واسطه هر عامل زنده‌ای (غیر از انسان) کاهش یابد و سرانجام به کاهش خسارت بیماری منجر شود (٢٤). بیکر و کوک درباره کنترل بیولوژیک می‌نویسند؛ فعالیت‌های بیمارگر یا حشرات پارازیتی که در حالت فعال یا کمون هستند، به‌صورت طبیعی و یا از طریق دست‌کاری محیط، میزبان یا آنتاگونیست، توسط یک یا چند موجودات زنده کاهش می‌یابد (۱۷). چند سال بعد مجددا بیکر تعریف جدیدی را برای کنترل بیولوژیک ارائه می‌دهد که در برگیرنده تمام تعاریف بیان‌شده تا زمان حال است. طبق تعریف وی کنترل بیولوژیک عبارت از کاهش مایه تلقیح یا بیماری‌زایی یک بیمارگر توسط یک یا چند موجود زنده یا حتی گیاه میزبان به غیر از انسان است (٦).

کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزاد با استفاده از قارچ‌های تریکودرما

قارچ‌های تریکودرما *Trichoderma* spp مرحله غیرجنسی آسکومیست‌های جنس *Hypocrea* spp. می‌باشند که به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیک علیه دامنه بسیار وسیعی از سایر موجودات زنده بیمارگر مانند باکتری‌ها، پروتوزوآها، نماتدها و حتی ویروس‌ها شناخته می‌شوند (۳۰). این قارچ‌ها به‌طور معمول در همه خاک‌ها حضور دارند، جزء متداول‌ترین قارچ‌های قابل‌کشت بوده، به آسانی تکثیر می‌شوند و در بیوکنترل اهمیت خاصی دارند (۵۷). در حال‌حاضر فرمولاسیون تعدادی از گونه‌های *تریکودرما* به‌عنوان آفت‌کش‌های بیولوژیکی و همچنین تقویت‌کننده‌ی رشد محصولات کشاورزی در بسیاری از کشورها در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

دسترس کشاورزان است که این امر باعث کاهش میزان استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی شده است (٦١) گونه‌های *Trichoderma* spp. از سازوکارهای مختلفی برای مقابله با بیمارگرهای گیاهی استفاده می‌کنند، مانند افزایش مقاومت گیاه و فعال کردن واکنش‌های دفاعی، مایکوپارازیتیسم، آنتی‌بیوزیس، رقابت، تحریک رشد گیاه، تنظیم و القای فاکتورهای رشدی گیاه شامل اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و اتیلن (٣٩). از جمله مهم‌ترین مکانیسم بیوکنترلی *تریکودرما*، تحریک سیستم دفاعی گیاه است، که طی پروسه پیچیده‌ای منجر به مقاومت سیستمیک میزبان در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌شود (٣٩). در بین ابزارهای بیولوژیکی مورد استفاده توسط محققان، گونه‌های مختلف قارچ *تریکودرما* به دلیل دارا بودن توان ترشح ترکیبات آنتی‌بیوتیک نظیر هارزیانیک اسید، تریکودرمین، تریکوتوکسین، گلیوتوکسین و ویریدین و آنزیم‌های مختلف خارج سلولی در خاک نظیر سلولاز، کیتیناز، لامیناریناز و β-١ و ٣-گلوکاناز، توان بالای کلونیزاسیون رایزوسفر، توان اسپورزایی فراوان در محیط خاک، قدرت همزیستی بالا در سطح ریشه، تحمل بالا نسبت به عناصر سنگین خاک، شوری و سایر ترکیبات موجود در محیط خاک و ریشه، رقابت تغذیه‌ای بالا نسبت به عوامل بیماری‌زا و به‌خصوص غیرقابل جذب کردن آهن از طریق تولید سیدروفور و از همه مهم‌تر توان ایجاد القاء مقاومت و تحریک گیاه به تولید ترکیبات فیتوتوکسینی جایگاه ویژه‌ای دارد. (٣١و ٥٢). قارچ‌های *تریکودرما* همچنین سبب افزایش حلالیت فسفر و عناصر میکرو شده، قابلیت دسترسی این عناصر را برای گیاه افزایش می‌دهد. افزایش جذب عناصر غذایی در نتیجه فعالیت قارچ‌های *تریکودرما* نیز می‌تواند سبب افزایش رشد و بنیه گیاه شده و گیاه را در برابر عوامل بیماری‌زا مقاوم می‌سازد (٥٤). پیچش هیف *تریکودرما* به دور هیف گونه‌های فوزاریوم باعث لیز شدن و دفرمه شدن و توقف رشد هیف عامل بیماری می‌شود، در نتیجه‌ی مقاومت گیاهان در برابر بیماری در طول فصل رشد، میزان جذب مواد غذایی افزایش می‌یابد (٥١). در پژوهشی قارچ‌های *Trichoderma virens* (Mill., Giddens & Foster)، *T. harzianum* Rifaei بین صفر تا ١٠٠ درصد از رشد میسلیوم عامل بیماری پژمردگی فوزاریومی خربزه در شرایط آزمایشگاه و گلخانه جلوگیری می‌کند (٢). قارچ *تریکودرما* در کنترل قارچ‌های بیماری‌زایی چون *Sclerotium rolfsii* Sacc (٢٠)، *Rhizoctonia solani* Kuhn (١٦)، *Botrytis cinerea* Pers و *Phytophthora drechsleri* Tucker (٧) تاثیر بسزایی دارد. همچنین فعالیت‌های آنتاگونیستی گونه‌های *تریکودرما* در برابر قارچ‌های مولد مایکوتوکسینی مانند *Aspergillus flavus* Link، *Aspergillus niger* Tiegh، *Aspergillus oryzae* (Ahlb) Cohn و *Penicillium* sp. به اثبات رسیده است (٢٥). گونه‌های *T. harzianum*، *T. virens* و *T. hamatum* (Bonord.) Bainier شدت علائم بیماری زانتوموناسی گیاه برنج را به ترتیب ٥٨/٩٦، ٥٦/٨٩ و ٥٥/٤٣ درصد کاهش داده است (٢٦).

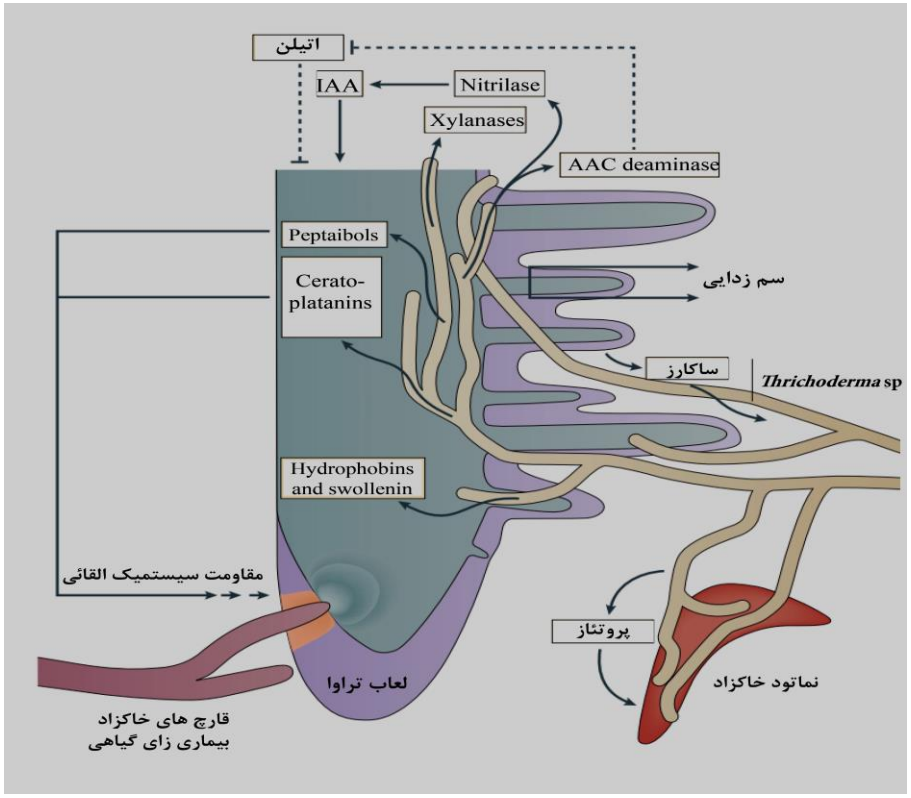
اثر متقابل گونه *Trichoderma* sp. با دیگر موجودات زنده در ریزوسفر

هیف‌های گونه‌های مختلف *Trichoderma* sp. با آزاد کردن ترکیبات مختلف باعث بوجود آمدن مقاومت سیستمیک در گیاه می‌شود. از جمله این سازوکارها

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

تولید Peptaibols، Cerato-platanins، (ACC: 1-aminocyclopropane-1-carboxylicacid)، Xylanas و Nitrilase است. این متابولیت‌ها باعث ایجاد مقاومت در برابر عوامل زنده و غیرزنده و افزایش بهره‌وری، بهبود فتوسنتز و استفاده از نیتروژن در گیاه می‌شود. پروتئین‌های Peptaibols و Cerato-platanins باعث به‌وجود آمدن مقاومت سیستمیک در گیاهان، سنتز آنزیم‌های هیدروپراکسیداز، پراکسیداز و فنیل‌آلانین آمونیالیاز (چوبی شدن بافت) در گیاه می‌شوند. همچنین این قارچ‌ها با تولید Xylanases باعث بوجود آمدن واکنش دفاعی گیاه می‌شود. قارچ *Trichoderma* sp. با تولید ACC باعث مهار تشکیل اتیلن در گیاه و در نتیجه منجر به افزایش رشد ریشه می‌شود. همچنین با ترشح Nitrilase باعث فعال شدن واکنش ایندول استیک اسید (IAA: indole acetic acid) در گیاه می‌شود. همچنین با تولید دو پروتئین Hydrophobins و Swollenin باعث جلوگیری از خشک شدن نخینه‌های ریشه گیاه در تنش خشکی می‌شود. در مقابل گیاه با قرار دادن ساکارز موجود در ریشه برای قارچ *Trichoderma* sp.، باعث رشد بهتر قارچ می‌شود (شکل ۱) (۲۲).



شکل۱- اثر متقابل گونه *Trichoderma* sp. با دیگر موجودات زنده در ریزوسفر (۲۲)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزاد با استفاده از سموم بیولوژیک قارچی

برای مبارزه با عوامل بیماری‌زای گیاهی از عوامل بیولوژیک مختلفی استفاده می‌شود. عامل بیولوژیک ممکن است یک عامل آنتاگونیست یا فرآورده‌های آن باشد. به‌عنوان مثال Trichomix-HV که یک فرآورده بیولوژیک قارچ *تریکودرما* است، اثر بسیار خوبی در کنترل بیماری مرگ گیاهچه خیار نشان داده است به‌طوری که می‌تواند جایگزین قارچ‌کش‌های متالاکسیل و متالاکسیل MZ شود (٦٥). Trichodermin-BL که یکی از فرآورده‌های بیولوژیک دیگری از این قارچ است، باعث بهبود پارامترهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاه کتان در مواجهه با بیماری *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz در طول دوره رشد و نمو گیاه می‌شود (٤٦). همچنین ترکیب CHIT36 که توسط *Trichoderma harzianum* تولید می‌شود، بر جوانه‌زنی اسپور *Botrytis cinerea* Pers و رشد *Sclerotium rolfsii* Sacc و *Fusarium oxysporum* Schltdl تاثیر بازدارندگی دارد (٦٢).

تاثیر باکتری‌های PGPR در معماری سیستم و ساختار ریشه

سیستم ریشه‌ای بیشتر گیاهان به‌منظور جستجوی مواد مغذی در خاک برای بقا و رشد، گسترش ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. ریشه یک عضو پیچیده در سیستم گیاهان است که از قسمت‌های مختلفی همچون نوک ریشه، مریستم ریشه، ناحیه تمایز و کشیدگی و ناحیه ظهور ریشه‌های جانبی تشکیل شده است (٥٠). این مناطق نقش ویژه و متمایزی در گیاهان دارند. به‌عنوان مثال، ریشه‌های موئین که از سلول‌های اپیدرمی خاص تمایز یافته‌اند، نقش مهمی در تغذیه بهتر گیاه از مواد مغذی، استنباط پژوهش‌های بیان ژن (٦٣) و اندازه‌گیری انباشت مواد غذایی در خاک دارد (١٣).

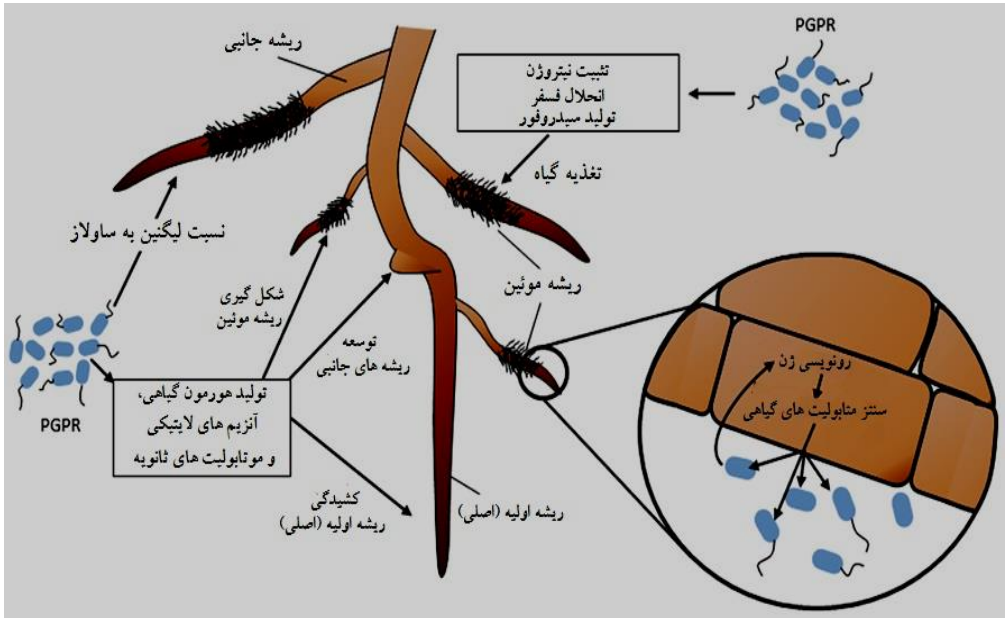
یکی از ویژگی مهم گیاهان، توانایی آن‌ها در انجام تعاملات مفید با موجودات میکروبی در خاک است. به‌عنوان مثال، در بقولات نوک ریشه، مهمترین منطقه آغاز روند جذب ریزوباکترها و در نتیجه تشکیل گره ریشه است که با این تعامل گیاه می‌تواند تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده را بهتر تحمل کرده و استفاده بیشتر از مواد مغذی موجود در خاک کند (٢١). در غلات ریشه‌های موئین و جانبی زیادی وجود دارد، که محل فعالیت ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) هستند. در واقع گیاهان با بهره‌گیری از این عوامل میکروبی خواص مفیدی از جمله توسعه و گسترش ریشه‌های موئین و جانبی را پیدا می‌کنند (١٩ و ٤٥).

معماری سیستم ریشه (RSA) از توپولوژی سیستم ریشه، توزیع فضایی ریشه‌های اصلی و جانبی، تعداد و اندازه ریشه‌ها تشکیل شده است. عوامل متعددی شامل موجودات زنده و غیرزنده، RSA را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از جمله این عوامل باکتری‌های PGPR هستند. این باکتری‌ها عمدتا ساختار ریشه را از طریق تداخلات هورمونی به نفع گیاه تغییر می‌دهد (٥٩). این باکتری‌ها می‌توانند توسعه و رشد ریشه را از طریق تولید هورمون‌های گیاهی، متابولیت‌های ثانویه و آنزیم‌ها متعادل کنند و از این طریق باعث کسب مواد غذایی و عملکرد بهتر ریشه می‌شوند. از مهمترین اثرهای قابل مشاهده آن‌ها کاهش نرخ رشد ریشه‌های اولیه و افزایش تعداد و طول ریشه‌های

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

فرعی و موئین است. باکتری‌های PGPR با تثبیت نیتروژن، انحلال فسفر و تولید سیدروفور، باعث بهبود عملکرد سیستم تغذیه گیاهان می‌شوند. این عوامل میکروبی همچنین با تغییر در رونویسی ژن و بیوسنتز متابولیت‌ها در سلول‌های گیاهی، باعث تغییر در فیزیولوژی ریشه می‌شوند (۵۹).



شکل۲- تاثیر باکتری‌های PGPR بر معماری سیستم ریشه (RAS)

کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاک‌زاد با استفاده از باکتری‌های PGPR

در طی دو دهه‌ی گذشته استفاده از باکتری‌ها به‌عنوان روشی نوین برای کنترل بیماری‌های گیاهی مطرح شده است (٤). باکتری‌های *Arthrobacter*، *Azotobacter*، *Azospirillum*، *Enterobacter*، *Bacillus*، *Pseudomonas*، *Serratia*، *Streptomyce*، *Burkholderia*، *Klebsiella* و *Rhizobium* به‌عنوان محرک رشد گیاهان در ناحیه فرایشه شناخته شده‌اند (۳و ٤). باکتری‌ها در کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زا جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. استفاده از گونه‌های *باسیلوس* و سودوموناس‌های فلورسنت موجود در ریزوسفر، به‌عنوان عوامل بیوکنترل باکتریایی، نامزدهایی ایده‌آل جهت افزایش رشد گیاه و جلوگیری از بیمارگرهای گیاهی تحت شرایط مزرعه و گلخانه به شمار می‌روند (۵۳).

نقش باکتری‌های *Bacillus* sp. در کنترل بیولوژیک

باکتری‌های *باسیلوس* دامنه وسیعی از متابولیت‌های ضد میکروبی قدرتمند نظیر ایتثرین، سورفاکتین، فنگایسین، باسیلین، دیفیسیدین، ماکرولاکتین را تولید می‌کنند و باعث کنترل بیمارگرهای گیاهی خاک‌زاد و بیماری‌های پس از برداشت می‌شوند (٤٧). این باکتری‌ها باعث افزایش رشد و مقاومت القایی گیاه می‌شوند (۳۹). باکتری *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn با تولید پروتئین‌های ضد قارچی، تاثیر بازدارندگی بر رشد بیمارگرهای گیاهی در محیط

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

کشت دارد (۳۷). باکتری *Bacillus subtilis* که با نام‌های تجاری مختلفی به بازرا عرضه شده است، باعث کاهش ۹۹ درصدی بیماری سفیدک سطحی خیار و کدو شده است (۱۰). همچنین باکتری‌های *Bacillus lentimorbus* Dutky، *B. cereus* Frankland & Frankland و *B. licheniformis* (Weigmann, Emend, Gibson) با تولید مواد فرار و آنزیم‌های تجزیه‌کننده کیتین و گلوکان، پوسیدگی خشک سیب‌زمینی را به میزان ۸۹-٦٦ درصد کاهش داده‌اند (٤۹). سازوکار کنترل *B. subtilis* علیه *R. solani* و *F. oxysporum* از طریق تحریک تولید اتیلن و اکسین در ریشه گیاه است (۳۵). کاربرد ترکیبی از استرین‌های *B. amyloliquefaciens* Priest و *B. pumilis* George باعث افزایش رشد و کنترل بیماری آنتراکنوز فلفل شد (۳۳). همچنین بیماری پژمردگی فوزاریومی نخودفرنگی (۲۹)، بیماری مرگ گیاهچه پیتیومی گوجه‌فرنگی (٦٤)، لکه برگی سرکوسپرایی نیشکر(۳۲)، پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی (۱۵ و ۳۸) و پوسیدگی فیتوفترایی ریشه (٦٤)، با استفاده از سویه‌های مختلف *Basillus* sp. کنترل شده است.

نقش باکتری‌های *Pseudomonas* sp. در کنترل بیولوژیک

سودوموناس‌های فلورسنت ساکن ریزوسفر، به‌دلیل دارا بودن توانایی حفاظت از گیاهان در برابر بیمارگرهای قارچی، باکتریایی و نماتودی در سال‌های گذشته توجه بسیاری را به خود در حیطه کنترل بیولوژیک جلب کرده‌اند (۲۷). این باکتری‌ها از مهم‌ترین اعضای تشکیل‌دهنده میکروفلور فرا ریشه گیاهان به شمار می‌روند و به‌دلیل رشد سریع، آسان بودن کشت و سازش‌پذیری متابولیکی، مورد توجه محققان مبارزه بیولوژیک قرار گرفته‌اند (٦۰). سودوموناس‌های فلورسنت به ویژه گونه‌های *Pseudomonas fluorescens* Flugge و *P. putida* Trevisan فراوان‌ترین باکتری‌های موجود در ریزوسفر هستند. این باکتری‌ها از طریق تاثیر روی رشد پاتوژن و تولید سیدروفور از اواخر دهه ۱۹۷۰ اهمیت زیادی در کنترل بیولوژیک پیدا کرده‌اند (۱۸). مکانیزم‌های این گروه باکتری‌ها عبارتند از: رقابت برای کسب آهن از طریق تولید سیدروفورها (۱٤)، تولید سیانید هیدروژن (٤۲)، ترشح آنزیم‌های خارج سلولی مانند کیتیناز، بتا ۱ و ۳ گلوکاناز (٤۰)، پروتئاز و لیپاز (۳٤)، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها (۱)، تولید سیدروفورهای سودوباکتی و پیووردین (۱۸) و تحریک رشد گیاه رقابت برای مواد غذایی و اشغال جایگاه‌های میکروبی در منطقه فراریشه و القای مقاومت سیستمیک گیاه (۵۸) است.

دی‌استیل فلوروگلوسینول یکی از موثرترین متابولیت‌های ضد میکروبی تولید شده توسط جدایه‌های *P. fluorescens* است، که روی قارچ‌های *Gaeumanomyces graminis* var. *tritici* Walker عامل پاخوره گندم، *Thielaviopsis basicola* (Berk & Broome) Ferraris بیمارگر پوسیدگی سیاه ریشه توتون، *F. oxysporum* عامل پژمردگی گوجه‌فرنگی، *Pythium ultimum* Trow روی خیار و *R. solani* روی پنبه موثر است (۸). استاتز و همکاران موفق شدند با جداسازی باکتری *P. fluorescens* از ناحیه ریزوسفر توتون، نقش آن‌را در کنترل پوسیدگی سیاه ریشه توتون با سازوکار تولید HCN به اثبات برسانند (٥٦). این باکتری که بعدا به استرین CHAO معروف

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

شد، به دلیل تولید اغلب متابولیت‌های ضد میکروبی، در حال‌حاضر یکی از موثرترین و ایده‌آل‌ترین عوامل در کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود (٥٦). همچنین تاثیر باکتری *Pseudomonas* spp. در کاهش فعالیت قارچ فوزاریوم، به علت رقابت در جذب آهن در کالیفرنیا به اثبات رسیده است (٤٣). تاثیر این باکتری علیه قارچ عامل پاخوره گندم با عامل *Gaeumannomyces graminis* var. *tririci* و *F. oxysporum* روی گوجه‌فرنگی و *Pythium ultimum* روی بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده است (٥).

نژاد و جانسون با جداسازی باکتری‌های اندوفیت *Pseudomonas* spp. از ریشه و ساقه‌های گوجه‌فرنگی و کلزا، نقش آن‌ها را در افزایش رشد این گیاهان بررسی نمودند. آن‌ها نشان دادند که این باکتری‌ها علاوه بر بهبود جوانه‌زنی بذر، افزایش طول گیاهچه و القای رشد، قادر به کنترل پژمردگی آوندی کلزا (*Verticillium dahlia* Kleb) و گوجه‌فرنگی (*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*) از طریق تولید متابولیت‌های فرار و HCN است (٤١). همچنین مشخص شده است که رابطه خطی معنی‌داری بین میزان کلنیزاسیون باکتری *P. fluorescens* M-4 روی گیاه سیب‌زمینی و حضور بیمارگر *V. dahlia* وجود دارد (٣٦). در پژوهشی دیگر *P. fluorescens* UTPF86 در حضور *Rhizoctonia solani* سبب افزایش کلنیزاسیون ریشه کلزا شده است (١١). سویه‌هایی از باکتری *P. fluorescence* باعث کاهش ٥٨ درصدی علائم بوجود آمده توسط باکتری *Xanthomonas* ap. روی برنج شده است (٢٦). همچنین باکتری *P. fleuroscence* در کنترل باکتری *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* Jones تاثیر بسزایی دارد (٤٨).

نتیجه‌گیری

از جمله روش‌های مفید و سازگار با محیط زیست جهت کنترل بیماری‌های گیاهی، بکار گرفتن عوامل بیولوژیک است. در این حیطه قارچ‌های تریکودرما و باکتری‌هایی چون *P. fluorescens* و *B. subtilis* کاربرد فراوانی پیدا کرده‌اند. این عوامل بیولوژیک با تولید مواد ضد باکتریایی و ضد قارچی اثرهای کنترل‌کننده بالایی روی عوامل بیماریزای گیاهی دارند که می‌توان این با تکثیر این عوامل بیولوژیک و خالص‌سازی مواد تولیدی آن‌ها در قالب فرمولاسیون‌های کشاورزی از آن‌ها علیه بیمارگرهای گیاهی بهره جست. با توجه به قدرت بالای بازدارندگی از رشد این عوامل بیولوژیک و بی‌ضرر بودن آن‌ها برای محیط زیست، می‌توانند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی مورد استفاده در بخش کشاورزی باشند.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

فهرست منابع **References**

۱. **ابراهیمی ز، روحانی ح، جمالی ف، خانی مقدم م ع. ۱۳۹۱.** ردیابی ژن phID در سودوموناس های فلورسنت فرا ریشه نخود و رابطه آن با کنترل بیولوژیکی بیماری پژمردگی نخود با عامل *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* . نشریه حفاظت گیاهان ۲۷: ٤١٦-٤٠٧.

۲. **اشرفی‌زاده ا. اعتباریان ح ر، زمانی‌زاده ح ر. ۱۳۸۵.** ارزیابی استرین‌های *Streptomyces* برای کنترل بیولوژیکی بیماری پژمردگی فوزاریومی خربزه. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۷: ٤٣-٣٣.

۳. **اعزازی ر، احمدزاده م. ۱۳۹۳.** نقش باکتری‌ها در مقابله با تنش های زنده و غیرزنده در گیاهان. دانش بیماری شناسی گیاهی ۳: ٥٥-٤٤.

۴. **احمدزاده م. ۱۳۹۳.** کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی: باکتری‌های پروبیوتیک گیاهی. دانشگاه تهران، ایران.

۵. **الوانی س، روحانی ح، فلاحتی رستگار م، احمدزاده م. ۱۳۹۰.** تشکیل بایوفیلم توسط سودوموناس‌های فلورسنت و نقش آن درکنترل بیولوژیک بیماری پاخوره گندم در اثر قارچ *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵: ١٣٦-١٤٤.

۶. **آهون‌منش ع. ۱۳۸٦.** اصول مبارزه با بیماری‌های گیاهی. دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

۷. **دلخواه ژ، بهبودی ک. ۱۳۹۳.** تولید و کاربرد *Trichoderma harzianum* در کنترل مرگ گیاهچه ناشی از *Phytophthora drechsleri* و افزایش رشد خیار. نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی ۳: ١٠٤-٩٧.

۸. **شیرزاد ا، شریفی‌تهرانی ع، احمدزاده م، بهبودی ک، جوان نیکخواه م. ۱۳۸۸.** بیان ژن‌های کیتیناز (nag1 و ech42) در قارچ *Trichoderma atroviride* در برهمکنش با باکتری *Pseudomonas fluorescens*.. مجله بیماری‌های گیاهی ٤٤: ٣٤٦-٣٣٠..

۹. **کاظم‌زاده س، فرّخی ن، امینزاده س، علوی س م، سرپله ا، ممرآبادی م. ۱۳۹۳.** خواص ضد میکروبی عصاره خام قارچ *Trichoderma harzianum* و نقش بیوکنترلی آن. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی ۲۸: ١١٤-١٠٧.

۱۰. **صدروی م. ۱۳۹۱.** مبارزه زیستی با سفیدک پودری. دانش بیماری شناسی گیاهی ۲(۱): ۱-۷.

۱۱. **حاج ملک زنجانی م، احمدزاده م، شریفی‌تهرانی ع، بهبودی ک، صابری ریسه ر ا. ۱۳۹۰.** بررسی کلنیزاسیون ریشه کلزا توسط باکتری *Pseudomonas fluorescens* استرین UTPF86 و تأثیر قارچ *Rhizoctonia solani* بر آن. مجله دانش گیاهپزشکی ایران ٤٢: ١٦٣-١٧٠.

۱۲. **مرادی ر، شهبازی س، اهری مصطفوی ح، ابراهیمی م ع، عسکری ح، میرمجلسی س م. ۱۳۹۲.** بررسی تأثیرات پرتو گاما بر خصوصیات مورفولوژیکی و آنتاگونیستی قارچ *Trichoderma harzianum*. مجله علمی و پژوهشی زیست‌فناوری گیاهان زراعی ۳: ١١٧-١٠٩.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

13. **Abdel-Latif H, Mohamed A, Haggag W.M. 2005.** Biocontrol potential of salinity tolerant mutants of (*Trichoderma harzianum*) against (*Fusarium oxysporum*) causing tomato wilt disease. Arab Journal Biotech 8: 35-48.

14. **Ahn SJ, Shin R, Schachtman DP. 2004.** Expression of KT/KUP genes in *Arabidopsis* and the role of root hairs in K^+ uptake. Plant Physiology 134: 1135–1145.

15. **Arora P, Dilbaghi N, Chaudhury A. 2012**. Opportunistic invasive fungal pathogen *Macrophomina phaseolina* prognosis from immunocompromised humans to potential mitogenic RBL with an exceptional and antitumor and cytotoxic effect. Europian Journal Clin Microbiology Infection Diseases 31: 101–107.

16. **Asha BB, Chandra Nayaka S, Udaya Shankar AC, Srinivas C, Niranjana SR. 2011.** Biological control of *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* causing wilt of tomato by *Pseudomonas fluorescens*. International Journal of Microbiology Research 3: 79–84.

17. **Bahgat S, Pan S. 2011.** Biological management of root and collar rot (*Rhizoctonia solani*) of Frenchbean (*Phaseolus vulgaris). Indian Journal of Agricultural Science* 80: 42–50.

18. **Baker KF, Cook RJ. 1974.** Biological control of plant pathogens. Freeman and Company Publishers, San Francisco.

19. **Boland GJ, Kuykendall LD. 1998.** Plant-microbe interactions and biological control. Marcel Dekker, New York.

20. **Combes-Meynet E, Pothier JF, Moënne-Loccoz Y, Prigent-Combaret C. 2011.** The *Pseudomonas* secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol is a signal inducing rhizoplane expression of *Azospirillum* genes involved in plant-growth promotion. Molcular Plant Microbeial Interaction 24: 271–284.

21. **Coventry E, Noble R, Mead A, Marin FR, Perez JA, Whips JM. 2006**. Allium White Rot Suppression with Composts and (*Trichoderma viride*) in Relation to Sclerotia Viability. Journal of Biological Control 96: 1009–1021.

22. **Desbrosses GJ, Stougaard J. 2011.** Root nodulation: a paradigm for how plant-microbe symbiosis influences host developmental pathways. Cell Host Microbe 10: 348–358.

23. **Druzhinina IS, Seidl-Seiboth V, Herrera-Estrella A, Horwitz BA, Kenerley CM, Monte E, Mukherjee PK, Zeilinger S, Grigoriev IV, Kubicek CP. 2011.** *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviwe. Microbiol 9: 749–759.

24. **Fravel DR. 2005.** Commercialization and implementation of biocontrol. Annual Review of Phytopathology 43: 337–359.

25. **Garrett SD. 1965.** Toward biological control of soilborne plant pathogens. In: Baker KG, Snyder WC (Ed.) Ecology of soilborne plant pathogens. Berkeley Press, University of California Berkley, 4-17.

26. **Gheorghe A, Jeca L, Rosu A, Popea F, Voicu A, Nita A. 2008**. Antagonism of *Trichoderma* sp. phytopatogen microorganisms. In: Proceedings of the International Conference BIOATLAS Transilvania. Romania, University of Brasov, 187–193.

27. **Gokil PG. 2013.** Field efficacy of formulation of fungal bioagents against bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Uyeda and Ishiyama) Dowson. Journal of Applied and Natural Science 5: 423–426.

28. **Haas D, Défago G. 2005.** Biological control of soilborne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nature Review of Microbiolology 3: 307–319.

29. **Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004**. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2: 43–56.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

30. **Hervas A, Landa B, Datnoff LE, Jimenez-Diaz RM. 1998.** Effects of commercial and indigenous microorganisms on *Fusarium* wilt development in chickpea. Biological Control 13: 166–176.

31. **Howell CR. 2003.** Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases. Plant disease 87: 4–10.

32. **Jabbarzadeh J, Kaviani MH, Ghasemi N, Mohandessi AR, Safarian S. 2010.** Effect of *Trichoderma harzianum* on decreasing infection of soil-born diseases and improvement of tomato quality factors in greenhouses of Tehran region. In: Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, Iran, p.823.

33. **Jacobsen BJ, Larson B, Zidack NK, Ansley J, Eckhoff JLA, Bergman J. 2002.** Integrated management of Cercospora leaf spot Sugarbeet. Research and Extension 33: 235–240.

34. **Jetiyanon K, Fowler WD, Kloepper JW. 2003.** Broad-spectrum protection against several pathogens by PGPR mixtures under field conditions in Thailand. Plant Disease 87: 1390–1394.

35. **Keel C, Defago G. 1997.** Interactions between beneficial soil bacteria and root pathogens: Mechanisms and ecological impact. In: Gange AC (Ed.) Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems, UK. University of London, 27–46.

36. **Kilian MV, Steiner B, Krebs H, Junge G, Schmiedeknecht L, Hain R .2000.** F2B24 *Bacillus subtilis* mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Pflanzenschus Nachrichten Bayer 1: 72–93.

37. **Leben SD, Wadi JA, Easton G.D. 1987.** Effects of *Pseudomonas fluorescens* on potato plant growth and control of *Verticillium dahliae*. Phytopathology 77: 1592–1595.

38. **Li M, Yang Q, Song J. 2009.** Three tubulin genes of *Trichoderma harzianum*: Alpha, Beta, and Gamma. Braz. Archive Biological Technology 53: 811–816.

39. **Manafi R, Babai Ahri A, Arzanlou M. 2012.** Assessment of resistance in tomato varieties under greenhouse conditions against *Fusarium* wilt, and biological control of the disease. Quarterly Journal of Agricultural Science 22: 145–158.

40. **Mirzaei H, Narimani1 S, Aeini M, Taghavi M, Tarighi S, Javaheri M. 2015.** Investigation the performance and biological control of the various tomato cultivarsagainst the bacterial wilt disease *Ralstonia solanacearum*. Biocontrol in Plant Protection 2: 47–57.

41. **Nagarajkumar M, Bhaskaran R, Velazhahan R. 2004.** Involvement of secondary metabolites and extracellular lytic enzymes produced by *Pseudomonas fluorescens* in inhibition of *Rhizoctonia solani*, the rice sheath blight pathogen. Microbiology Research 159: 73–81.

42. **Nejad P, Johnson P.A. 2000.** Endophytic bacteria induce growth promotion and wilt disease suppression in oilseed rape and tomato. Biological Control 18: 208–215.

43. **Owen A, Zlor R. 2001**. Effect of cyanogenic rhizobacteria on the growth of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Corn (*Zea mays*) in autoclaved soil and the influence of supplemented glycine. Soil Biochemistry 33: 801–809.

44. **Parker CA, Rovira AD, Moore KJ, Wong PTW. 1985.** Ecology and of soil-borne plant pathogens. American Phytopathological Society, USA.

45. **Paulitz TC, Belanger RR. 2001.** Biological control in greenhouse systems. Annual Review of Phytopathology 39: 103–133.

46. **Pothier JF, Wisniewski-Dyé F, Weiss-Gayet M, Moënne-Loccoz Y, Prigent-Combaret C. 2007**. Promoter-trap identification of wheat seed extract-induced genes in the plant-growth-promoting rhizobacterium *Azospirillum brasilense* Sp245. Microbiology 153: 3608–3622.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

47. **Pristchepa L, Voitka D, Kasperovich E, Stepanova N. 2006.** Influence of Trichodermin-blon the decrease of fiber flax infection by diseases and the improvement of its production quality. Plant Protection Reseach 46: 97–102.

48. **Raaijmakers JM, Mazzola M. 2012.** Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficialnd plant pathogenic bacteria. Annual review of phytopathology 50: 403–424.

49. **Rashid M, Chowdhury MSM, Sultana N. 2013.** In-vitro screening of some Chemicals and Biocontrol Agents against *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, the Causal Agent of Soft Rot of Potato *Solanum tuberosum*. The Agriculturists 11: 1–9.

50. **Sadafi N, Cherif M, Hajlaout MR, Boudabbous A, Belanger R. 2002**. Isolation and partial purification of antifungal metabolites produced by *Bacillus cereus*. Annual Microbiology 52: 323–337.

51. **Scheres B, Benfey P, Dolan L. 2002.** Arabidopsis Book, Root development. The American Society of Plant Biologists, USA.

52. **Sharma P, Vignesh-Kumar P, Saravanan K, Sharma M, Saini M, Singh D. 2011**. Biocontrol genes from *Trichoderma* species. African Journal of Biotechnology 10: 19898–19907.

53. **Siameto EN, Okoth S, Amugune NO, Chege NC. 2011.** Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma harzianum* from Embu District, Kenya. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 81–90.

54. **Sindhu SS, Rakshiya YS, Sahu G. 2009.** Rhizosphere bacteria and their role in biological control of plant diseases. Pest Technology 3: 10–21.

55. **Singh RS. 2001.** Plant Disease Management. Sciences Publishers, England.

56. **Slininger PJ, Schisler DA, Burkhead KD, Bothast RJ. 2003.** Postharvest biological control of potato sprouting by *Fusarium* dry rot suppressive bacteria. Biocontrol Science and Technology 13: 477–494.

57. **Stutz EW, Defago G, Kern H. 1986.** Naturally occurring fluorescent pseudomonads involved in suppression of black root rot of tobacco. Phytopathology 76: 181–185.

58. **Sun YM, Horng CY, Chang FL, Cheng LC, Tian WX. 2010.** Biosorption of lead, mercury and cadmium ions by *Aspergillus tereuss* immobilized in a natural matrix. Polish Journal of Microbiology 59: 37–44.

59. **Suresh A, Pallavi P, Srinivas P, Praveen Kumar V, Jeevan Chandra S, Ram Reddy S. 2010.** Plant growth promoting activities of fluorescent pseudomonads associated with some crop plants. African Journal of Microbiology Research 14: 1491–1494.

60. **Vacheron J, Desbrosses G, Bouffaud ML, Touraine B, Prigent-Combaret C. 2013.** Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. Frontiers in Plant Science4: 1–19.

61. **Velusamy PJ, Immanuel E, Gnanamanickam SS, Thomashow L. 2006.** Biological control of rice bacterial blight by plant-associated bacteria producing 2, 4-diacetylphloroglucinol. Journal of Microbiology 52: 56–65.

62. **Verma M, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY, Valero JR. 2007.** Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp. Panoply of biological control. Biochemical Engineering Journal 37: 1–20.

63. **Viterbo A, Wiest A, Brotman Y, Chet I, Kenerley CH. 2007.** The 18mer peptaibols from *Trichoderma virens* elicit plant defence responses. Molecular Plant Pathology 8: 737–746.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]

64. **Wiren N, Lauter FR, Ninnemann O, Gillissen B, Walch-Liu P, Engels C. 2000.** Differential regulation of three functional ammonium transporter genes by nitrogen in root hairs and by light in leaves of tomato. Plant Journal 21: 167–175.

65. **Woo SL, Scala F, Ruocco M, Lorito M. 2006.** The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp. phytopathogenic fungi, and plants. Phytopathology 96: 181–185.

66. **Wright S, Miller SA. 2001.** Evaluation of *Bacillus*, *Brevibacillus*, and *Paenibacillus* spp. for management of tomato diseases. Biologyical Cultuer Tests 16: 75–84.

67. **Zamanizadeh HR, Hatami N, Aminaee MM, Rakhshandehroo F. 2011.** Application of biofungicides in control of damping disease off in greenhouse crops as a possible substitute to synthetic fungicides. International Journal Environment science technology 8: 129-136.

Role of biological agent in plant diseases management

Moslem Moosavian, Mostafa Darvishnia*

Ph.D student, Deptartment of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran
Associate Professor, Deptartment of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran

moslem.moosavian@gmail.com

Abstract

Plant diseases damage to agricultural crops in every year. Different approaches may be used to prevent the growth and reduce damage of plant diseases gents. Including methods is using of biological control. That is an environmentally sound and effective means of reducing plant diseases effects. Actually, the rhizosphere supports the development and activity of a huge and diversified microbial community, including microorganisms capable to promote plant growth, which could be used by these organisms for biological control of plant pathogens. Among the plant growth-promoting factors can be named as *Trichoderma* sp. fungus and strains of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. had widely used in biological control of plant diseases. These biological agents make use of different mechanisms to control plant diseases, such as activate defense responses, antibiosis, stimulate plant growth, antibiotics production, increase nutrient uptake, siderophore and HCN production. Therefore, propagation and inoculation of these biological agent to plants, can decrease usage of chemical fertilizers and pesticides. Integrating mechanistic and ecological knowledge on these microorganism populations in soil will be a prerequisite to develop novel management strategies for sustainable agriculture.

Keywords: Biological control, *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Basillus*, PGPR

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1395.9.4.8.6]