



Biological Control of *Rhizoctonia* Damping-off Disease

SAMANEH SAMAVAT✉

Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension
Organization (AREEO), Tehran, Iran (✉: samavat.samaneh@gmail.com)

Received: 10.04.2016

Accepted: 03.12.2016

Samavat S. 2017. Biological control of *Rhizoctonia* damping-off disease. *Plant Pathology Science* 6(2):55-67.

Abstract: Damping-off caused by *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn is a very important plant disease among soil-borne diseases that make severe damages on a wide range of plants in the world. Biological control of this disease with *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* and *Rhizobium* species has been reported as a successful management method. The results of some researches on this area and the mechanisms of the effect of these antagonistic fungi and bacteria are described here.

Key words: Damping-off, *Rhizoctonia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Trichoderma*

مهار زیستی مرگ ریزوکتونیایی گیاهچه

سماوه سماوات✉

مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۳

دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۲

سماوات س. ۱۳۹۶. مهار زیستی مرگ ریزوکتونیایی گیاهچه. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۶(۲): ۶۷-۵۵.

چکیده: مرگ گیاهچه ناشی از *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn در بین بیماری‌های گیاهی خاک‌زاد از اهمیت زیادی برخوردار است و به دامنه وسیعی از گیاهان در سراسر جهان خسارت وارد می‌کند. مبارزه زیستی با این بیماری با استفاده از گونه‌های *Trichoderma*، *Gliocladium*، *Bacillus*، *Pseudomonas* و *Rhizobium* موفقیت‌آمیز بوده است. نتایج پژوهش‌های انجام شده در این مورد و سازوکارهای تاثیر این قارچ‌ها و باکتری‌های متعارض شرح داده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مرگ گیاهچه، *Rhizoctonia*، *Pseudomonas*، *Rhizobium*، *Trichoderma*

مقدمه

بیماری مرگ گیاهچه ناشی از *Rhizoctonia solani* J.G.Kühn به دامنه وسیعی از گیاهان در سراسر

جهان خسارت وارد می‌کند و در بین بیماری‌های گیاهی خاک‌زاد از اهمیت زیادی برخوردار است.

۱- بیمارگر

اولین بار در سال ۱۸۵۸ میلادی کوهن (Kühn) با مطالعه سختینه‌های روی غده‌های سیب‌زمینی، بیمارگر را *R. solani* نامید (Ogoshi 1996). خصوصیات آن عبارت است از:

- ۱- رنگ پرگنه قهوه‌ای روشن تا تیره است، ۲- هر یک از سلول‌های ریشه‌های جوان دارای چندین هسته می‌باشند، ۳- ریشه‌ها در قاعده انشعابات خود دارای فرورفتگی هستند و کمی بالاتر از این فرورفتگی یک دیواره عرضی تشکیل می‌شود، ۴- منفذ دیواره عرضی ریشه‌ها از نوع دولیپور (dolipore) است، ۵- سختینه کاذب تشکیل می‌دهند به عبارتی سختینه‌های آن‌ها فاقد دیواره‌های متمایز شامل لایه بیرونی (rind) و قسمت میانی (medulla) می‌باشد، ۶- فاقد پل ارتباطی، هاگ و نماریشه است (Ogoshi 1983).

این قارچ بر اساس جوش ریشه‌ای به ۱۴ گروه تقسیم شده است که به صورت AG-1 تا AG-13 و گروه جدا شده مرتبط AG-BI نشان داده شده‌اند، که برخی از آن‌ها دارای زیرگروه‌هایی می‌باشند. اگرچه اخیراً پیشنهاد شده است که این گروه زیرمجموعه‌ی AG-2 است. این گروه‌ها دارای خصوصیات مشابهی چون ترجیح میزبانی، بیماری‌زایی و نوع نشانه‌های بیماری باشند (Carling et al. 2002, El-Samawaty 2008).

قارچ *R. solani* بیماری خاکزاد با انتشار جهانی است که به صورت پوده‌رست در خاک رشد می‌کند و تجزیه‌کننده قوی سلولز محسوب می‌شود. جدایه‌های مختلف آن عامل پوسیدگی بذر، مرگ گیاهچه (شکل ۱)، پوسیدگی ریشه و طوقه و همچنین بیماری‌های اندام‌های هوایی چون بیماری سوختگی غلاف برگ برنج (Sheath blight) می‌باشد (Burpee and Martin 1992). این قارچ بسیار پلی‌فاژ (Polyphage) است و به بیش از ۲۳۰ گونه از ۶۶ تیره گیاهی حمله می‌کند (بهداد ۱۳۷۷). میزان خسارت ناشی از آن حدوداً بیش از ۲۰٪ کاهش در عملکرد سالیانه است (Ogoshi 1983). در ایران میزان خسارت ناشی از این قارچ تا ۴۰٪ هم برآورد شده است (اخوت ۱۳۵۶). دمای بهینه رشد این گونه ۲۸ درجه و دماهای بیشینه و کمینه رشد آن به ترتیب ۴۱ و ۱۰ درجه سلسیوس است. اسیدیته مناسب برای رشد آن ۵/۴ تا ۶/۷ می‌باشد. همچنین منابع کربن مورد استفاده قارچ متعدد است و منابع نیتروژن آن را عمدتاً آرژنین، اورنتین و گلیسین تشکیل می‌دهد (Ogoshi 1983).

این قارچ در شرایط محیطی نامساعد قادر است به صورت سختینه یا میسلیوم در خاک و یا روی بقایای گیاهی بقا یابد (Lee *et al.* 2006). با مساعد شدن شرایط محیطی، محرک‌های شیمیایی موجود در تراوشات بذور و یا ریشه گیاهچه‌ها که در منطقه فراریشه رهاسازی می‌گردند منجر به تحریک رشد ریشه‌های قارچ مذکور به سمت آن میزبان می‌شوند. در پی آن، ریشه قارچ در تماس مستقیم با گیاه میزبان قرار گرفته و به سطوح خارجی اندام‌های زیرزمینی آن می‌چسبد. پس از اتصال، قارچ بر روی میزبان مستقر می‌شود و به رشد خود بر روی سطح خارجی اندام‌های زیرزمینی آن ادامه می‌دهد. در پی آن میسلیوم قارچ با رشد کردن و پیچیدن به دور خود و جوانه‌زنی‌های مکرر، کوتاه و متورم شده و به این ترتیب با تشکیل بالشتک واگیرش یا چنگک به ابعاد تقریبی $500\text{--}300\ \mu\text{m}$ به تنهایی و یا همراه با میخ رخنه روی بافت‌های حساس میزبان امکان نفوذ قارچ فراهم می‌گردد. به این صورت نفوذ مستقیم به کمک میخ رخنه و از طریق فشارهای مکانیکی انجام می‌شود. همچنین ممکن است گیاهچه‌ها به آسانی از محل شکاف‌ها و یا زخم‌های موجود بر روی اندام‌های زیرزمینی مورد حمله قرار گیرند. به محض اینکه اپیدرم گیاه مورد نفوذ قرار گرفت، قبل از اینکه نشانه‌ها در میزبان بروز نماید، قارچ به صورت درون سلولی و بین سلولی استقرار و گسترش می‌یابد. به دنبال آن کسب ترکیبات غذایی برای توسعه و رشد مداوم قارچ میسر می‌شود و فرایند آلودگی با تولید دامنه‌ای از آنزیم‌های خارج سلولی تجزیه‌کننده اجزای مختلف دیواره سلولی میزبان (سلولز، پکتین و کوتین) ادامه می‌یابد. با تولید ترکیبات آنزیمی، بی‌رنگ شدن و فروریختن بافت‌ها رخ می‌دهد و به این صورت محیطی مناسب برای استفاده قارچ فراهم می‌شود که گاهی به صورت یک زخم فرورفته‌ی قهوه‌ای‌رنگ در محور زیر لپه گیاهچه پدید می‌آید (شکل ۱). با افزایش رشد گیاهچه‌ها، به دلیل افزایش در ضخامت اپیدرم، چوبی شدن و کاهش



شکل ۱- نشانه‌های مرگ گیاهچه پنبه ناشی از قارچ *R. solani* (AG-4) در گلخانه .

Figure 1. The symptoms of cotton seedling damping-off caused by *R. solani* in the green-house

ترشحات ریشه، میزبان نسبت به نفوذ قارچ مقاوم تر می شود. به تدریج با توسعه آلودگی، مرگ سلول های گیاهی رخ می دهد و ریشه های قارچ به رشد و اشغال کردن بافت های مرده ادامه می دهند که در اغلب مواقع با تشکیل سختینه همراه می باشد. در شرایطی که رطوبت خاک در سطح مطلوب باشد، رشد میسلیم های قارچ به راحتی از موضع آلودگی قابل رؤیت می شود و گاه تا عمق چند سانتی متری از سطح خاک پیشروی می نماید. همین طور ظهور مرحله جنسی قارچ و تولید بازیدیوسپورها بر روی طوقه و در مجاورت سطح خاک در شرایط محیطی خاص با رطوبت نسبی بالا رخ می دهد. در پی گذراندن شرایط نامساعد محیطی، مایه تلقیح جدید قارچ بر روی یا درون بافت میزبان مجدداً تولید می شود و به این ترتیب با در دسترس بودن شرایط مساعد چرخه بیماری جدیدی تکرار می شود (Schipper and Gams 1979, Ceresini *et al.* 1999).

۲- روش های مبارزه با *R. solani*

به طور کلی مبارزه با قارچ های بیمارگر خاکزاد به سه دلیل دشوار می باشد. نخست اینکه قارچ های مذکور انگل اختیاری هستند و علاوه بر گیاه زنده روی بقایای گیاهی مرده نیز می توانند بقا یابند. دوم اینکه این قبیل قارچ ها معمولاً میزبان های گیاهی متعددی دارند. سوم اینکه قارچ های مزبور بسیار مقاوم هستند و تا مدت طولانی می توانند در خاک بقا یابند (Vargas *et al.* 2008). با این حال برخی از روش های مرسوم برای مبارزه این بیمارگر عبارت است از:

۲-۱- مبارزه شیمیایی: تیمار بذور قبل از کاشت با سمومی چون تیرام، کاربندازیم، بنومیل، مانکوزب، زینب، آپرودیون، ویتاواکس و یا تیابندازول در مبارزه این بیماری مرسوم است (صادقی خامنه ای تبریزی ۱۳۸۸).

۲-۲- مبارزه زراعی: آیش، تناوب زراعی با گیاه غیر میزبان، حذف بقایای گیاهی آلوده، کاشت ارقام مقاوم، زهکشی خاک و عدم کشت کرتی بوته ها به منظور مبارزه این بیمارگر به کار می روند. این در حالی است که روش های مبارزه زراعی و شیمیایی مرسوم به طور کامل مؤثر نیستند و این امر منجر گردیده است تا بیماری ناشی از *R. solani* همچنان به صورت یک مشکل پایدار باقی بماند (اعتباریان ۱۳۸۴).

۲-۳- مبارزه زیستی: کاربرد نامناسب آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در طی سالیان متمادی منجر به بروز مشکلات عدیده‌ای چون آلودگی خاک زمین‌های زیر کشت، آلودگی آب‌های زیرزمینی و شوری خاک در کشاورزی شده است. از طرفی تأثیر اندک و کم‌دوام روش‌های شیمیایی در مبارزه بیمارگرهای گیاهی خاکزاد، هزینه‌های بالای اقتصادی آن، نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از پس‌مانده‌های مواد شیمیایی و ایجاد مقاومت در بیمارگرها باعث شده است تا به امروز تلاش بسیاری در جهت کاهش مصرف چنین ترکیبات شیمیایی به‌منظور بالا بردن سطح کیفیت خاک و تحقق کشاورزی پایدار صورت گیرد که از آن جمله می‌توان به کاربرد قارچ‌ها و باکتری‌های متعارض به‌عنوان سموم و کودهای زیستی اشاره کرد (Khabbaz *et al.* 2015).

۲-۳-۱- مبارزه زیستی به کمک قارچ‌های متعارض

در مبارزه زیستی با قارچ *R. solani*، کاربرد قارچ‌های متعارضی چون *T. viridae* Pers., *Trichoderma harzianum* Rifai, *Gliocladium virens* J. H. Mill. ، *T. atroviride* Bisset. و *T. koningii* Oudem. به‌صورت تیمار خاک و بذر مورد مطالعه قرار گرفته است (Reithner *et al.* 2007, Kandula *et al.* 2015). همچنین گونه‌های *Trichoderma* توانایی بقای سختینه‌های قارچ *R. solani* را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از دیگر سازوکارهای مبارزه زیستی این قارچ‌های متعارض می‌توان به رقابت با قارچ بیمارگر بر سر مواد غذایی و یا اشغال فضا (Harman *et al.* 2004) و نیز القای مقاومت سیستمیک (آزاددیسفانی و همکاران ۱۳۹۲) اشاره کرد. علاوه بر این با اثراتی که بر تحریک رشد گیاه دارند می‌تواند منجر به تغییر در شرایط خاک شود و در نتیجه در مبارزه غیرمستقیم بیمارگر نقش داشته باشد (Kandula *et al.* 2015).

۲-۳-۲- مبارزه زیستی به کمک باکتری‌های متعارض

باکتری‌های متعارض به‌طور ویژه‌ای جهت کاربرد به‌عنوان عوامل مبارزه زیستی در کشاورزی مناسب هستند به این دلایل که: ۱- آن‌ها می‌توانند از ترکیبات مترشحه بسیاری به‌عنوان منبع غذایی استفاده کنند، ۲- به‌وفور در خاک‌های طبیعی، به‌ویژه روی ریشه گیاهان، موجود هستند، ۳- دارای نرخ تکثیر بسیار بالاتری نسبت به سایر باکتری‌های موجود در فراریشه هستند، ۴- دارای توانایی تولید متابولیت‌های ضد میکروبی

هستند، ۵- آنها به سهولت در شرایط آزمایشگاهی تکثیر می‌شوند، ۶- می‌توانند با آغشته‌سازی بذر به باکتری‌ها مجدداً به فراریشه وارد شوند، ۷- قادر به القای مقاومت سیستمیک نسبت به بیمارگرهای گیاهی هستند (Van Loon *et al.* 1998, Pieterse *et al.* 2001, Lugtenberg *et al.* 1991a,b, Dunlap *et al.* 1994, Dowling and O'Gara 1996).

سویه‌هایی از باکتری‌های سودوموناس‌های فلورسنت، *Bacillus subtilis* Ehrenberg. و نیز *Rhizobium* spp. Beijerinck. به طرز مؤثری علیه رشد ریشه‌ها و تشکیل سختینه‌های قارچ تحت شرایط آزمایشگاه، گلخانه و مزرعه به کار برده شده‌اند (ایزدیار و پاداشت ۱۳۷۲، سارانی ۱۳۸۶، سماوات و همکاران ۱۳۸۷، سماوات و همکاران ۱۳۹۰، شهیری طبرستانی و همکاران ۱۳۸۳، Henis and Inbar 1986, Hagedorn *et al.* 1989, Nagarajkumar *et al.* 2004, Samavat *et al.* 2011). در بررسی سوسپانسیون و فرمولاسیون‌های جدید تهیه‌شده از سویه وحشی (30-84) *Pseudomonas aureofaciens* Kluyver. و سویه جهش‌یافته آن که به ترتیب دارا و فاقد توانایی در تولید آنتی‌بیوتیک فنازین بودند و به‌کارگیری آنها به‌صورت تیمار بذر، مشخص شد که شیوع و شدت بیماری مرگ گیاهچه پنبه ناشی از قارچ *R. solani* (AG-4) به‌طور معنی‌داری در تیمارهای تهیه‌شده از سویه وحشی کاهش یافت، که این امر حاکی از نقش آنتی‌بیوتیک فنازین در مبارزه کارآمد این بیمارگر است (Samavat *et al.* 2014b). مبارزه با بیمارگر با سویه‌های مختلف باکتری‌ها نشان داده که سازوکار مبارزه زیستی آنها روی این بیمارگر ممکن است عمدتاً از نوع القای مقاومت سیستمیک و یا تولید انواعی از آنتی‌بیوتیک‌ها باشد (Nandakumar *et al.* 2001). از جمله مهم‌ترین این آنتی‌بیوتیک‌ها می‌توان به ترکیباتی نظیر ۲ و ۴ دی استیل فلوروگلوکوسینول (2,4-diacetylphloroglucinol)، فنازین (Phenazine)، پایولوتئورین (Pyoluteorin)، آگروسین ۸۴ (Agrocin84)، هریکولین (Herbicolin)، اومایسین (Oomycin)، پیرول نیتروژن (Pyrrolnitrin) اشاره کرد (Ge *et al.* 2004, Girard *et al.* 2006, Howie and Suslow 1991, Keel *et al.* 1992, Schippers *et al.* 1987, Caroll *et al.* 1995). همین‌طور این باکتری‌های مفید ممکن است از دیگر سازوکارهای مبارزه زیستی نظیر توانایی در تولید آهن‌برهای میکروبی (Leong 1986, Schippers *et al.* 1987) و سیانید هیدروژن (Voisard *et al.* 1989) و آنزیم‌های هضم‌کننده سلولی نظیر پروتئاز نیز برخوردار باشند (Keel and Defago 1997).

نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاهی حاکی از این است که از بین جدایه‌های باکتری *Pseudomonas fluorescens* Hildebrand، پنج جدایه از رشد ریشه‌های قارچ *R. solani* (AG-4) عامل پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه پنبه طی آزمون کشت متقابل ممانعت به عمل آوردند. در حقیقت می‌توان گفت که آنتی‌بیوتیک‌های تولید شده توسط این جدایه‌های باکتریایی طی سازوکار پادزیستی منجر به این امر شده است. همچنین بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که این باکتری‌ها از توانایی در تولید آهن‌بر، متابولیت‌های ضدقارچی فرار و غیرفرار نیز برخوردار هستند. تیمار بذور پنبه توسط سوسپانسیون‌های تهیه‌شده از این جدایه‌های باکتریایی منجر به کاهش شیوع و شدت بیماری پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه پنبه تحت شرایط گلخانه شد. این در حالی است که جدایه‌های مختلف از این نظر از توانایی مختلفی برخوردار بودند (Samavat et al. 2014a). علاوه بر این، جدایه‌های باکتریایی متعلق به گونه‌های *Rhizobium etli* Segovia و *R. leguminosarum* Beijerinck از خاصیت متعارضی علیه قارچ *R. solani* (AG-4) عامل بیماری پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه لوبیا سبز تحت شرایط آزمایشگاهی و گلخانه برخوردار بودند. این جدایه‌ها قادر به تولید متابولیت‌های ثانویه ضدقارچی نظیر هیدروژن سیانید، آهن بر و آنزیم پروتئاز بودند. تیمار بذور لوبیا توسط سوسپانسیون آن‌ها نه تنها منجر به کاهش شدت بیماری شد بلکه تحریک رشد بوته‌ها را نیز منجر گردید (سماوات و همکاران ۱۳۹۰). مقایسه اثرات متعارضی هفت جدایه از *Rhizobium* با هفت جدایه از باکتری *Pseudomonas* علیه *R. solani* (AG-4) عامل بیماری پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه لوبیا سبز نشان داد که برخی از جدایه‌های *Rhizobium* از قابلیت بیشتری به لحاظ تحریک رشد گیاه و نیز مبارزه بیماری در قیاس با سایر جدایه‌ها برخوردار بودند. این امر امکان به‌کارگیری جدایه‌های *Rhizobium* به‌عنوان سموم و کودهای زیستی در سیستم‌های کشاورزی پایدار را محقق می‌سازد (سماوات و همکاران ۱۳۸۷).

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

دشواری، صرف هزینه‌های بالا، مسائل زیست‌محیطی و ناکارآمدی روش‌های معمول مبارزه شیمیایی و زراعی علیه بیماری مرگ گیاهچه ناشی از *R. solani*، ضرورت به‌کارگیری روش‌های جایگزین چون مبارزه زیستی را نشان می‌دهد. در این راستا قارچ‌های متعارض عمدتاً با برخورداری از سازوکارهایی چون تولید انواعی از آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌های هضم‌کننده سلولی، رقابت، القای مقاومت سیستمیک، قارچ-انگلی و

تخریب ریشه‌ها و باکتری‌های متعارض نیز از طریق تولید طیفی از آنتی‌بیوتیک‌ها و القای مقاومت سیستمیک منجر به مه‌ار این بیمارگر می‌شوند. به این ترتیب این ریزجانداران مفید می‌توانند در آینده‌ای نزدیک از جایگاه ویژه‌ای در مبارزه زیستی با این بیماری برخوردار گردند. بنابراین بررسی جدایه‌های بومی و سازگار باکتری‌ها و قارچ‌های به لحاظ توانایی در مبارزه زیستی با این بیمارگر خاک‌زی و مطالعه سازوکارهای مختلف تاثیر آن‌ها، برای انتخاب برترین جدایه‌ها در قالب فرمولاسیون‌های تجارتي پیشنهاد می‌گردند.

References

منابع

- آزاد دیسفانی ف.، روحانی ح.، فلاحتی رستگارم. و مهدیخانی مقدم ع. ۱۳۹۲. پاسخ‌های دفاعی پنبه به گونه‌های قارچ تریکودرما و اثر آن در مبارزه بیماری مرگ گیاهچه ناشی از *Rhizoctonia solani*. *حفاظت گیاهان* ۲۷: ۱۰-۱.
- آخوت م. ۱۳۵۶. بررسی اثر چند قارچ‌کش بر *Rhizoctonia solani* Kuhn عامل پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). *بیماری‌های گیاهی* ۱۳: ۸-۱.
- اعتباریان ح. ر. ۱۳۸۴. بیماری‌های سبزی و صیفی و روش‌های مبارزه با آن‌ها. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۴ ص.
- ایزدیار م. و پاداشت ف. ۱۳۷۲، بررسی فعالیت متعارضی بعضی ریزجانداران‌ها علیه بیماری سوختگی غلاف برگ برنج. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه گیلان، ص ۶۵.
- بهداد ا. ۱۳۷۷. عوامل بیماری‌زا و بیماری‌های مهم گیاهی ایران. انتشارات فلاح ایران، اصفهان، ۴۵۶ ص.
- سارانی ش.ا.، شریفی تهرانی ع.، احمدزاده م. و جوان نیکخواه م. ۱۳۸۶. کارایی باکتری‌های سودوموناس در مبارزه بیولوژیکی *Rhizoctonia solani* عامل مرگ گیاهچه کلزا. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۴۲: ۲۷۰-۲۶۱.
- سماوات س. ۱۳۹۲. مطالعه فعالیت متعارض باکتری *Pseudomonas aureofaciens* (انواع وحشی و موتانت فاقد ژن تنظیم کننده آنتی‌بیوتیک فنازین) علیه چند قارچ بیمارگر پنبه و تهیه چند فرمولاسیون از آن. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۰۸ ص.

۸. سماوات س.، احمدزاده م و بهبودی ک. ۱۳۹۰. معرفی برخی جدایه‌های *Rhizobium* spp به عنوان عوامل بیومبارزه مرگ گیاهچه لوبیا ناشی از *Rhizoctonia solani*. دانش گیاهپزشکی ایران ۴۲: ۳۰۱-۲۹۵.
۹. سماوات س.، احمدزاده م.، بهبودی ک. و بشارتی ح. ۱۳۸۷. مقایسه توانایی جدایه‌های ریزوبیوم و سودوموناس در مبارزه بیماری مرگ گیاهچه لوبیا ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* Kühn زیست‌شناسی ۳: ۱۲-۱.
۱۰. شهیری طبرستانی م.، فلاحتی رستگار م.، جعفرپور ب. و روحانی ح. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر باکتری‌های متعارض *Bacillus subtilis* در مبارزه بیولوژیکی بیماری مرگ گیاهچه چغندر قند. چغندر قند ۲۰: ۱۷۵-۱۶۱.
۱۱. صادقی خامنه‌ای تبریزی س. ۱۳۸۸. اطلس بیماری‌های قارچی محصولات زراعی و باغی. نشر علوم کشاورزی ایران، ویراست دوم، ۲۷۶ ص.
12. Blazier S. R. and Conway K. E. 2004. Characterization of *Rhizoctonia solani* isolates associated with patch diseases on turf grass. *In Proceedings of the Oklahoma Academy of Science* 84:41-51.
13. Burpee L. L. and Martin B. 1992. Biology of *Rhizoctonia* species associated with turf grasses. *Plant Disease* 76:112-117.
14. Carling D. E., Baird R. E., Gitaitis R. D., Brained K. A. and Kuninaga S. 2002. Characterization of AG-13, a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani*. *District Control Pest Management* 92:893-899.
15. Caroll H., Moenne-Loccoz Y., Dowling D. and Ogara F. 1995. Mutational disruption of the biosynthesis genes coding for the antifungal metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol does not influence the ecological fitness of *Pseudomonas fluorescens* F113 in the rhizosphere of sugar beets. *Applied Environmental Microbiology* 61:3002-3007.
16. Ceresini P. C., Shew H. D. and Cubeta M. A. 1999. RFLP analysis of the PCR amplified ribosomal DNA regions ITS and IGS indicated that isolates of *Rhizoctonia solani* from potato and tobacco represent distinct groups within the anastomosis group 3. *Phytopathology* 89: S12.
17. Claydon N., Allan M., Itanson J. R. and Avent A. G. 1987. Antifungal alkyl pyrones of *Trichoderma harzianum*. *Transactions of the British Mycological Society* 88:503-513.

18. Cruz J., Hildalgo-Gallego A., Lora J. M., Benitez T., Pintor-Toro J. A. and Llobel A. 1992. Isolation and characterization of three chitinases from *Trichoderma harzianum*. *European Journal of Biochemical* 206:859-867.
19. Dennis C. and Webster J. 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: II. Production of volatile antibiotics. *Transactions of the British Mycological Society* 57:41-48.
20. Dowling D. N. and O'Gara. F. 1994. Metabolites of *Pseudomonas* involved in the biocontrol of plant disease. *Trends in Biotechnology* 12:133-141.
21. Dunlap C., Delaney I., Fenton A., Lohrke S., Moënné-Loccoz, Y. and O'Gara F. 1996. The Biotechnology And Application Of *Pseudomonas* Inoculants For The Biocontrol Of Phytopathogens. pp. 441-448. In: G., Stacey B., Mullin P. M. Gresshoff (ed.). *Biology of Plant Microbe Interactions*. St Paul, MN, USA.
22. Elad Y., Barak R. and Henis Y. 1983. Ultrastructural studies of the interaction between *Trichoderma* spp. and plant pathogenic fungi. *Phytopathologische Zeitschrift* 107:168-175.
23. Elad Y., Sadwosky Z. and Chet I. 1987. Scanning electron microscopical observations of early stages of interaction of *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*. *Transactions of the British Mycological Society* 88:259-263.
24. El-Samawaty A. M. A., Amal A., Asran M. R. and Omar Abd-Elsalam K. A. 2008. Anastomosis Groups, Pathogenicity, and Cellulase Production of *Rhizoctonia solani* from Cotton. *Pest Technology* 1:117-124.
25. Faulk J. L., Graeme-Cook K. A. and Pilkington B. L. 1994. Production of an isonitrile antibiotic by an UV-induced mutant of *Trichoderma harzianum*. *Phytochemistry* 36:1273-1276.
26. Galli E., Silver S. and Witholt B. 1992. *Pseudomonas*: molecular biology and biotechnology. Washington DC, UK, American Society for Microbiology. 301-313.
27. Ge Y., Huang X., Wang S., Zhang X. and Xu Y. 2004. Phenazine-1-carboxylic acid is negatively regulated and pyoluteorin positively regulated by *gacA* in *Pseudomonas* sp. M18. *FEMS Microbiology Letters* 237:41-47.
28. Girard G., Lugtenberg B. J. J. and Bloemberg G. V. 2006. Regulatory roles of *psrA* and *rpoS* in phenazine-1-carboxamide synthesis by *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391. *Microbiology* 152:43-58.
29. Gutterson N. 1990. Microbial fungicides: recent approaches to elucidating mechanisms. *Critical Reviews in Microbiology* 10:69-91.

30. Hagedorn C., Gould W. D. and Bradinelli R. T. 1989. Rhizobacteria of cotton and their repression of seedling disease pathogens. *Applied Environmental Microbiology* 55:2793-2797.
31. Harman G. E., Howell, Ch. R., Viterbo A., Chet I. and Lorito Mateo. 2004. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2:43-56.
32. Henis Y. and Inbar M. 1986. Effect of *Bacillus subtilis* on growth and sclerotium formation by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 58:933-938.
33. Howell C. R. and Stipanovic R. D. 1979. Control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the bacterium. *Phytopathology* 69:480-482.
34. Howie W. J. and Suslow T. V. 1991. Role of antibiotic biosynthesis in the inhibition of *Pythium ultimum* in the cotton spermosphere and rhizosphere by *Pseudomonas fluorescens*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 4:393-399.
35. Kandula D. R., WJones E. E., Stewart A., McLean K. L. and Hampton J. G. 2015. *Trichoderma* species for biocontrol of soil-borne plant pathogens of pasture species. *Biocontrol Science and Technology* 25:1052-1069.
36. Keel C. and Defago G. 1997. Interactions Between Beneficial Soil Bacteria and Root Pathogens: Mechanisms and Ecological Impact. In: Pp: 27-46. A. G. Gange. And V. K. Brown (ed.). *Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems*. Blackwell Scientific, London.
37. Keel C., Schnider U., Maurhofer M., Voisard C., Laville J., Burger U., Wirthner P., Hass D. and Defago G. 1992. Suppression of root disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0: Importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 5:4-13.
38. Khabbaz S. E., Zhang L., Cáceres L. A., Sumarah M., Wang A. and Abbas P. A. 2015. Characterisation of antagonistic bacillus and pseudomonas strains for biocontrol potential and suppression of damping-off and root rot diseases. *Annals of Applied Biology* 166:456-471.
39. Lee J., Bricker T. M., Lefevre M., Pinson S. R. M. and Oard J. H. 2006. Proteomic and genetic approaches to identifying defencerelated proteins in rice challenged with the fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. *Molecular Plant Pathology* 7:405-416.
40. Leong J. 1986. Siderophores: their biochemistry and possible role in biocontrol of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 24:187-209.
41. Loper J. E. 1988. Role of fluorescent siderophore production in biological control of *Pythium ultimum* by a *Pseudomonas fluorescens* strain. *Phytopathology* 78:166-172.

42. Lorito M., Hayes C. K., Dipietro A., Woo S. L. and Harman G. E. 1993. Purification, characterization and synergistic activity of a glucan-b-1,3-glucosidase and a N-acetyl-B-glucosaminidase from *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 84:398-405.
43. Lugtenberg B. J. J., de Weger L. A. and Bennett J.W. 1991a. Microbial stimulation of plant growth and protection from disease. *Current Opinion in Biotechnology* 2:457-464.
44. Lugtenberg- B. J. J., Dekkers L. C., Bansraj M., Bloemberg G. V. Camacho M., Chin-A-Woeng T. F. C., Van Den Hondel C., Kravchenko L., Kuiper I., Lagopodi A. L., Mulders I., Phoelich C., Ram A., Tikhonovich I., Tuinman S., Wijffelman C. and Wijffjes A. 1999b. *Pseudomonas* Genes and Traits Involved in Tomato Root Colonization. *Biology of Plant-Microbe Interactions* 2:25-30.
45. Nagarajkumar M., Bhaskaran R. and 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.
46. Nandakumar R., Babu S.R., Viswanathan J., Sheela T., Raguchander S. and Samiyappan R. 2001. A new bio-formulation containing plant growth promoting rhizobacterial mixture for the management of sheath blight and enhanced grain yield in rice. *Biocontrol* 46:493-510.
47. Ogoshi A. 1996. *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. In: PP. 1-9. B., Sneh S., Jabaji-Hare S., Neate G., Dijst Kluwer (ed.). Academic The Genus *Rhizoctonia*. Publishers, Dordrecht.
48. Ogoshi A., Oniki M., Araki, T. and Ui T. 1983. Studies on the anastomosis groups of binucleate *Rhizoctonia* and their perfect states. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Japan* 61:244-260.
49. Pieterse C. M. J., Van Pelt J. A., Van Wees S. C. M. Ton J., Leon-Kloosterziel K. M., Keurentjes J. J. B., Verhagen B. W. M., Van Knoester M. D. S. I., Bakker P. A. H. M. and Van Loon L. C. 2001. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance: triggering, signalling and expression. *European Journal of Plant Pathology* 107:51-61.
50. Reithner B., Schuhmacher R., Stoppacher N., Pucher M., Brunner K. and Zeilinger S. 2007. Signaling via the *Trichoderma atroviride* mitogen-activated protein kinase Tmk1 differentially affects mycoparasitism and plant protection. *Fungal Genetic Biology* 44:1123-1133.
51. Samavat S., Besharati H. and Behboudi K. 2011. Interactions of Rhizobia cultural filtrates with *Pseudomonas fluorescens* on bean damping-off control. *Journal of Agricultural Science Technology* 13:965-976.

52. Samavat S., Heydari A., Zamanizadeh H.R., Rezaee S. and Alizadeh Aliabadi A. 2014a. A comparison between *Pseudomonas aureofaciens* and *P. fluorescens* in biological control of cotton seedling damping-off disease. *Journal of Plant Protection Research* 54:115-121.
53. Samavat S., Heydari A., Zamanizadeh H.R., Rezaee S. and Alizadeh Aliabadi A. 2014b. Application of new bioformulations of *Pseudomonas aureofaciens* for biocontrol of cotton seedling damping-off. *Journal of Plant Protection Research* 54:334-339.
54. Schippers B. and Gams W. 1979. Soil-Borne Plant Pathogens. 685p.
55. Schippers B., Bakker A. W. and Bakker P. A. H. M. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Annual Review of Phytopathology* 25:339-358.
56. Sivan A. and Chet I. 1989. Degradation of fungal cell walls by lytic enzymes of *Trichoderma harzianum*. *Journal of General Microbiology* 135:675-682.
57. Van Loon L. C., Bakker P. A. H. M. and Pieterse C. M. J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 36:453- 483.
58. Vargas S., Gil R., Haro C., Oddino M., Kearney M., Zuza A. and Marinelli G. J. 2008. Crop management practices in the control of peanut diseases caused by soilborne fungi. *Crop Protection* 27: 1-9.
59. Voisard C., Keel C., Haas D. and De`fago G. 1989. Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. *The EMBO Journal* 8:351-358.