مقاله علمی پژوهشی
مجله دوفصل نامه
مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی
ISSN 2588-5073 چاپی
ISSN 2588-5081 الکترونیکی online
دوره ۱۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
صفحه ۱۷۹-۱۶۴

Research Article
Genetic Engineering and Biosafety Journal 2025
Volume 13, Number 2, Pages: 164-179

http://gebsj.ir/

https://ecc.isc.ac/showJournal/23064

10.61882/gebsj.13.2.1

تأثیر قارچ *Trichoderma harzianum* و محصول تجاری بایوگارد در کنترل پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه لوبیای چیتی

The effect of *Trichoderma harzianum* and Bioguard as a commercial biological product against Rhizoctonia root rot of Chitti bean

اکبر شیرزاد[۱*]، رقیه حبیبی[۱]، وحید فلاح‌زاده[۱]، وحید سرابی[۲]
Akbar Shirzad[1*], Rogaie Habibi[1], Vahid Fallahzadeh[1], Vahid Sarabi[2]

۱- به ترتیب دانشیار، فارغ التحصیل دوره کارشناسی ارشد و دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز- ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز- ایران
1- Associate professor, Graduated MSc. student, and Associate professor from Department of Plant Protection,
2- Associate professor from Dept. of Agronomy and Plant Breeding,
Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz-Iran
Corresponding Author, Email: نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی
ashirzad98@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۳- تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۹/۲۸)
Received: 2024/08/19 | Accepted: 2024/11/13 | Published: 2024/12/18

Abstract

Root rot and seedling blights of beans caused by *Rhizoctonia solani* is one of the most important fungal diseases in beans. In this study, the inhibitory effect of *Trichoderma harzianum* biocontrol isolate and Bioguard biological product was investigated *in vitro* and greenhouse conditions on the pathogenic fungus *R. solani* in 2020. The effect of treatments on disease inhibition, plant growth indices, chlorophylls and carotenoids content and peroxidase, phenylalanine-ammonialyase enzymes were studied. The results of *in vitro* assay showed that although Bioguard significantly prevented the growth of pathogenic mycelium in the culture medium, however, the treatment of *Trichoderma harzianum* showed more efficient with 51% inhibition rate. In greenhouse studies, both *T. harzianum* and Bioguard treatments had a significant effect on disease control. In terms of the effect on plant growth indicators, Bioguard had the highest stem and root fresh weight as well as stem and root length. In terms of chlorophyll content of bean leaves and carotenoids content, both Bioguard and Trichoderma treatment with pathogenic fungus *R. solani* showed a significant difference with the diseased control plant. Bioguard and Trichoderma antagonist fungus treatments together with pathogenic fungus led to the highest activity of phenylalanine ammonialyase and peroxidase enzymes and had statistically significant differences with Bioguard and *T. harzianum* alone treatments. Therefore, it is recommended to use both Trichoderma harzianum fungus and Bioguard as a commercial product in the occurrence of bean rhizoctonia root rot disease.

Key words: Antagonist, Biocontrol, Induced Resistance, Legumes, Physiological traits.

چکیده

پوسیدگی ریشه و گیاهچه لوبیا که توسط *Rhizoctonia solani* ایجاد می‌شود یکی از مهم‌ترین بیماری‌های قارچی در لوبیا است. در این مطالعه اثر بازدارندگی جدایه بیوکنترل *Trichoderma harzianum* و محصول بیولوژیک بایوگارد در شرایط *in vitro* و گلخانه بر روی قارچ بیماریزای *R. solani* در سال ۱۳۹۹ بررسی شد. اثر تیمارها بر بازدارندگی بیماری، شاخص‌های رشد گیاه، محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها و آنزیم‌های پراکسیداز، فنیل‌آلانین-آمونیالیاز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمون *in vitro* نشان داد که اگرچه بایوگارد به طور معنی‌داری از رشد میسلیوم بیماریزا در محیط کشت جلوگیری کرد، اما تیمار *Trichoderma harzianum* با ۵۱ درصد بازدارندگی کارآمدتر بود. در مطالعات گلخانه‌ای، هر دو تیمار *T. harzianum* و بایوگارد اثر معنی‌داری بر کنترل بیماری داشتند. از نظر اثر بر شاخص‌های رشد گیاه، بایوگارد بیشترین وزن تر ساقه و ریشه و همچنین طول ساقه و ریشه را داشت. از نظر محتوای کلروفیل برگ لوبیا و محتوای کاروتنوئیدها، هر دو تیمار بایوگارد و تریکودرما با قارچ بیماریزا *R. solani* اختلاف معنی‌داری با گیاه بیمار شاهد نشان دادند. تیمارهای قارچ آنتاگونیست بایوگارد و تریکودرما همراه با قارچ بیماریزا منجر به بیشترین فعالیت آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالیاز و پراکسیداز شدند و اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای بایوگارد و *T. harzianum* به تنهایی داشتند. بنابراین، استفاده از هر دو قارچ تریکودرما هارزیانوم و بایوگارد به عنوان محصول تجاری در بروز بیماری پوسیدگی ریشه رایزوکتونیایی لوبیا توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: آنتاگونیست، بیوکنترل، القاء مقاومت، حبوبات، صفات فیزیولوژیک.

رفرانس دهی این مقاله Citation

Shirzad A, Habibi R, Fallahzadeh V, Sarabi V. (2025). The effect of Trichoderma harzianum and Bioguard as a commercial biological product against Rhizoctonia root rot of Chitti bean (Phaseolus vulgaris L.). Genetic Engineering and Biosafety Journal, 13 (2): 164-179. Doi: 10.61882/gebsj.13.2.1

URL: http://gebsj.ir/article-1-501-fa.html

شیرزاد ا، حبیبی ر، فلاح زاده و، سرابی و. (۱۴۰۳). تأثیر قارچ Trichoderma harzianumو محصول تجاری بایوگارد در کنترل پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه لوبیای چیتی. مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی. ۱۴۰۳; ۱۳ (۲): ۱۷۹-۱۶۴

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

Genetic Engineering and Biosafety Journal
Volume 13, Number 2, 2025

خلاصه

پوسیدگی ریشه و بوته‌میری لوبیا ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های قارچی در لوبیا می‌باشد. در این مطالعه، قدرت بازدارندگی جدایه بیوکنترلی *Trichoderma harzianum* Tr6 و محصول بیولوژیک بایوگارد در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بر روی قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani* AG4 مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر تیمارها بر بازدارندگی بیماری، شاخص‌های رشدی گیاه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها و آنزیمهای پراکسیداز، فنیل آلانین‌آمونیالیاز در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که هرچند محصول تجاری بایوگارد بطور قابل توجهی از رشد میسلیومی بیمارگر در محیط کشت جلوگیری نمود، با این حال تیمار قارچ تریکودرما با ۵۱ درصد میزان بازدارندگی، ممانعت‌کنندگی بیشتری نشان داد. در بررسی‌های گلخانه‌ای، هر دو تیمار *T. harzianum* و بایوگارد تأثیر معنی‌داری در کنترل بیماری داشتند. از لحاظ تأثیر بر شاخص‌های رشدی گیاه، بایوگارد بیشترین وزن تر ساقه و ریشه و نیز طول ساقه و طول ریشه را داشت. از لحاظ محتوای کلروفیل برگ لوبیا و نیز محتوای کاروتنوئیدها، هر دو تیمار بیوگارد و تریکودرما همراه با قارچ بیمارگر رایزوکتونیا اختلاف معنی‌داری با گیاه بیمار نشان دادند. تیمارهای بایوگارد و قارچ آنتاگونیست تریکودرما همراه با قارچ بیمارگر منجر به بیشترین فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیالیاز و پراکسیداز شدند و اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای بایوگارد و تریکودرمای تنها داشتند. از اینرو، استفاده از هر دو تیمار قارچ تریکودرما و محصول تجاری بیوگارد در شرایط وقوع بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه لوبیا چیتی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: آنتاگونیست، بیوکنترل، حبوبات، مقاومت القائی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی.

مقدمه

Introduction

حبوبات پس از غلات مهمترین منبع غذایی بشر بوده و در این بین، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ازجمله مهمترین عضو آن در جهان محسوب می‌شود. پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* kühn از مهمترین بیماری‌های ریشه و هیپوکوتیل لوبیا است (Abawi and Pastor-Corrales 1990). باتوجه به دامنه میزبانی وسیع عامل بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه، تناوب زراعی از کارآیی مطلوبی جهت کنترل این بیماری برخوردار نبوده است. تاکنون رقم مقاومی علیه این بیماری در ایران گزارش نشده است (Naseri, 2008) و برای کنترل این بیماری غالباً از روش شیمیائی استفاده می‌شود. از این‌رو، با توجه به آثار سوء زیست محیطی کاربرد سموم شیمیایی در خاک، از قبیل اثر منفی روی میکروارگانیسم‌های مفید و آنتاگونیست‌های خاکزاد، ایجاد مقاومت در بیمارگرها، باقی‌ماندن سموم در محصولات مورد استفاده انسان، آلودگی منابع آب زیرزمینی و غیره، استفاده از عوامل بیوکنترل از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه کنترل زیستی با استفاده از میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست روشی امیدبخش برای مدیریت بیمارگرهای گیاهی است و توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. از جمله عوامل بیوکنترل برای مدیریت بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه لوبیا، گونه‌های تریکودرما می‌باشند که می‌توانند به‌عنوان یک نمونه عالی از یک قارچ مدل برای افزایش بهره‌وری محصولات در کشاورزی پایدار محسوب.شوند. بررسیها نشان داده که برخی از گونه‌های قارچ *Trichoderma*میتوانند با افزایش تحمل گیاه به تنشهای محیطی مانند شوری باعث بهبود رشد گیاهان زراعی و افزایش عملکرد محصول شوند. لذا این قارچ میتواند در تولید کودهای زیستی برای تولید لوبیا چیتی در شرایط شور و غیرشور مطرح باشد (Rezaloo et al. 2024). قارچ‌های *Trichoderma* spp. به عنوان عوامل بیوکنترلی تاریخچه طولانی دارند. گزارش‌های اولیه در مورد قارچ

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

تریکودرما توسط وینـدلینگ (Weindling, 1941) ارائـه گردیده است و از دهه ۱۹۸۰ میلادی مورد توجه بیشتری قرار گرفتنـد (Papavizas, 1985). ایـن قـارچ‌هـا قـادر بـه کنترل تعداد زیادی از بیمارگرهای گیاهی بوده و چندین محصول تجاری از آنها در بازار در دسـترس است (Harman, 2000). برای کنترل بیماری‌های گیاهی در موارد متعددی از قـارچ‌هـای آنتاگونیسـت بیمارگرهای گیاهی استفاده می‌شود که حـدود ۹۰ درصـد ایـن مـوارد اسـترین هـای مختلـف قـارچ تریکودرما بوده‌اند (Benitez et al. 2004). استرین‌های تریکودرما عوامل بیوکنترل موفقی بوده و این موفقیت ناشی از عوامـل متعـددی از قبیـل ظرفیت بالای تکثیر، قدرت بقاء تحت شرایط نامساعد، توانـائی در تغییـر ریزوسفر، توانایی برای مقابله با قارچ‌های بیمارگر گیاهی و توانائی تحریک سیستم دفاعی و رشد گیـاه می باشند. این خصوصیات، قارچ‌های تریکودرما را قادر می‌سازد تا بتوانند به عنوان یک جنس همه جـازی در هـر جائی با تراکم بالا حضور داشته باشند (Benitez et al. 2004). در بین مکانیسم‌های کنترل زیستی، مایکوپارازیتیسم، رقابت و آنتی‌بیوز مکانیسم‌های اصلی هستند که گونه‌های قارچ تریکودرما علیه پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه بکار می‌برند و در نتیجه از تکثیر آن جلوگیری نموده یا مانع از رشد آن می‌شوند. علاوه بر این، گونه-های قارچ تریکودرما موجب القای مقاومت سیستمیک ISR یا SARدر گیاهان در مقابل پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه می‌شوند (Abbas et al. 2022). گزارش‌های متعددی از کنترل قارچ بیمارگر *R. solani* توسط گونه‌های تریکودرما در لوبیا و دیگر گیاهان زراعی وجود دارد. جدایه‌ای از قارچ *T. harzianum* در شرایط آزمایشگاه موجب لیز شدن میسلیوم دو عامل بیماریزای لوبیا (*R. solani*, *Sclerotium rolfsii*) گردید و در شرایط گلخانه هم موجب کاهش چشمگیر شدت بیماری شد (Elad et al. 1980). دو جدایه *T. viride* و *T. harzianum* در مقایسه با دیگر جدایه‌های مورد آزمایش، بیشترین درصد بازدارندگی از رشد میسلیومی *R. solani* را داشتند (Sallam Nashwa et al. 2008). در بررسی ارزیابی کارآیی جدایه‌های تریکودرما برای کنترل زیستی بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه لوبیا، توانایی آنتاگونیستی ۱۱ جدایه تریکودرما بر روی قارچ *R. solani* جداشده از ریزوسفر ریشه لوبیا در شرایط آزمایشگاه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مایکوپارازیتیسم، مکانیسم اصلی جدایه های تریکودرما در فعالیت آنتاگونیستی روی *R. solani* است. متابولیت‌های فرار جدایه‌های تریکودرما نیز اثر بازدارندگی قابل توجهی بر رشد میسلیومی بیمارگر داشتند (Khodae and Hemmati, 2016).

افزودن قارچ تریکودرما به مخلوط بدون خاک آلوده به بیمارگر *R. solani* منجر به کنترل میرایی در فلفل و خیار شد (Lewis and Lumsden, 2001). گسترش بیماری ناشی از *R. solani* زمانی که بوته‌های خیار با *Trichoderma atroviride* TRS25 پیش تیمار شدند، محدود شد. محافظت از خیار با افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی گیاه مرتبط بود (Nawrocka et al. 2018). جدایه‌های تریکودرما در شرایط آزمایشگاهی توانستند بین ۸۶ تا ۵۸ درصد رشد *R. solani* را مهار کنند. در شرایط *in vivo*، بوته‌های لوبیا آلوده به *R. solani* تیمار شده با *Trichoderma harzianum* T019 نسبت به شاهد افزایش رشد داشتند. این جدایه تأثیر مثبتی بر سطح مقاومت بوته‌های لوبیا به *R. solani* داشته و بیان ژن‌های مربوط به دفاع گیاه را القا نمود (Mayo et al. 2015). در حال حاضر، فرمولاسیون تعدادی از گونه‌های تریکودرما و دیگر عوامل بیوکنترلی به عنوان کودهای بیولوژیکی و تقویت کننده‌ی رشد محصولات کشاورزی در بسیاری از کشورها در دسترس کشاورزان است که این امر باعث کاهش میزان استفاده از سموم شیمیایی شده است. گونه تریکودرما با استقرار و هاگزایی فراوان در محیط خاک و به ویژه اطراف ریشه اغلب گیاهان زراعی، سبزی، صیفی و زینتی نه تنها باعث کاهش عوامل بیماریزا در خاک می‌شود، بلکه با مکانیسم‌های بیوشیمیایی موجب تحریک به رشد اندام‌های زیرزمینی یا هوایی گیاهان می‌شود (Alizadeh and Salari, 2016). در تحقیق حاضر، تاثیر قارچ آنتاگونیست *T. harzianum* و محصول تجاری بایوگارد بر کاهش شدت بیماری پوسـیدگی رایزوکتونیایی ریشه لوبیا و افـزایش فاکتورهـای رویشـی در شـرایط آزمایشگاهی و گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

مواد و روش‌ها

Materials and Methods

به منظور ارزیابی اثرات محصول تجاری بایوگارد و قارچ تریکودرما بر کاهش اثرات قارچ بیمارگر رایزوکتونیا عامل بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا چیتی، پژوهشی در آزمایشگاه بیماری‌شناسی و گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهیدمدنی اذربایجان انجام شد. قارچ بیمارگر *R. solani* و آنتاگونیست *T. harzianum* از کلکسیون آزمایشگاه بیماری شناسی گیاهی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و محصول بیولوژیکی بایوگارد از شرکت فن آوری زیستی طبیعت گرا تهیه شدند.

بررسی قدرت بازدارندگی از رشد بیمارگر توسط قارچ تریکودرما در شرایط آزمایشگاهی

بازدارندگی از رشد بیمارگر به روش کشت متقابل درون پتری حاوی محیط کشت PDA صورت گرفت (Dennis and Webster 1971). بعد از چند روز و طی مشاهدات مستمر میانگین قطر پرگنه اندازه‌گیری و طبق رابطه زیر، درصد بازدارندگی محاسبه گردید:

معادله (۱)

$$I = \frac{C_2 - C_1}{C_2} \times 100$$

I= درصد بازدارندگی، C_2= قطر پرگنه در شاهد، C_1= قطر پرگنه در تیمار

بررسی قدرت بازداری از رشد بیمارگر *R. solani* توسط محصول بیولوژیکی بایوگارد در شرایط آزمایشگاه

آزمایش با استفاده از روش کشت متقابل در محیط کشت PDA انجام گرفت؛ به این ترتیب که یک دیسک از قارچ *R. solani* به قطر ۷ میلی‌متر در یک طرف تشتک پتری با فاصله یک سانتی‌متر از دیواره پتری قرار داده شد و در طرف مقابل پتری ۲۰ میکرولیتر از محصول بیولوژیکی بایوگارد به نسبت یک و ۱/۵ گرم در هزار میلی‌لیتر و یک دیسک از محصول بیولوژیکی بایوگارد خالص، هر کدام در سه تکرار قرار داده شد. در تشتک پتری شاهد به جای محصول بیولوژیکی از آب مقطر استفاده شد. درصد بازدارندگی طبق رابطه ذکر شده بالا محاسبه شد.

بررسی اثر ترشحات مایع خارج سلولی (Culture filtrate) تریکودرما در جلوگیری از رشد میسلیومی *R. solani*

برای تهیه ترشحات مایع خارج سلولی (ترشحات غیرفرار تریکودرما)، جدایه قارچ در محیط کشت Czapek-Dox کشت داده شد. پس از ۸ روز روی شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، محتویات ارلن با استفاده از دستگاه پمپ خلاء و صافی میکروبیولوژیک با قطر روزنه ۰/۲۲ میکرومتر عصاره‌گیری گردید. از این عصاره تریکودرما نسبت‌های ۱۵، ۲۵ و ۵۰ درصدی در محیط کشت PDA تهیه شد. در تیمار شاهد، از محیط کشت مایع بدون قارچ استفاده گردید. پس از انعقاد محیط کشت، در وسط هر پتری یک دیسک هشت میلیمتری از *R. solani* کشت گردید و نمونه‌ها در تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار در سه تکرار انجام گرفت و درصد بازداری رشد *R. solani* با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

اثبات بیماری‌زایی قارچ *R. solani* روی لوبیا چیتی

تهیه مایه تلقیح *R. solani* و اثبات بیماری‌زائی بیمارگر روی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) طبق روش اولادزاد و همکاران انجام شد (Oladzad et al. 2019). علایم و شدت بیماری‌زایی حدود سه هفته بعد از کشت مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی اثر قارچ تریکودرما بر بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی لوبیا در شرایط گلخانه‌ای

مایه تلقیح قارچ *Trichoderma harzianum* روی بذر گندم تهیه و زادمایه حاصل برای مطالعات گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (Duffy et al. 1997). بذور لوبیا رقم چیتی(دریافتی از موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال) بعد از ضدعفونی سطحی در گلدان‌های حاوی خاک سترون و پرلیت استریل به نسبت ٤:١ آلوده به اینوکولوم *R. solani* و *T. harzianum* (به نسبت مساوی ۱درصد، W/W) کشت شدند. در تیمار مربوط به محصول بیولوژیکی بایوگارد، بذور لوبیا به میزان یک‌ونیم درصد آغشته و کشت شدند. گلدان‌ها به گلخانه (با دمای ۲۵ درجه سلسیوس،

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

تناوب نوری ۱۶ساعتی) منتقل شدند. این آزمایش با شش تیمار (شامل تریکودرما، بایوگارد هرکدام به تنهائی و در ترکیب با بیمارگر، بیمارگر و کنترل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار انجام گرفت. بعد از گذشت ٤ هفته از رشد، بوته‌ها از داخل گلدان‌ها خارج و پس از شستشوی خاک ریشه‌ها، شدت بیماری بر اساس مقیاس پنج شماره‌ای ارزیابی گردید (Bayram et al. 2022). مقیاس بکار برده شده برای ارزیابی درجه و شدت بیماری از صفر (بدون علائم) تا ٤ (خسارت شدید، مرگ کامل) متغیر بود. درجه‌بندی ۱ برای کمی تغییر رنگ یا رشد ریشه‌ها به اندازه کمتر از ۳ سانتیمتر، درجه‌بندی ۲ برای یک یا چندین زخم به اندازه کمتر از ۰/۵ سانتیمتر یا رشد ریشه‌ها به اندازه کمتر از ۲ سانتیمتر و درجه‌بندی ۳ برای یک یا چندین زخم به اندازه بیشتر از ۰/۵ سانتیمتر یا رشد ریشه‌ها به اندازه کمتر از ۱ سانتیمتر اختصاص یافت. همچنین، شاخص‌های رشدی شامل طول ساقه و ریشه، وزن تر ریشـه و وزن تر اندام هوائی در بوته‌های لوبیا چیتی اندازه‌گیری شدند.

بررسی تأثیر عامل بیوکنترلی *Trichoderma harzianum* و بیوگارد در القای مقاومت سیستمیکی گیاه

بدین منظور، بعضی آنزیم‌ها و ترکیبات مهم تولید شده در مسیرهای دفاعی گیاه نظیر پراکسیداز، فنیل آلانین آمونیالیاز و نیز کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها، عصاره‌ی آنزیمی از گیاهان تیمار شده با استفاده از روش تغییر یافته ابو–الیوسر و همکاران (Abo-Elyousr et al. 2009) استخراج گردید. برای تهیه‌ی بافر استخراج، ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم با pH=7، با NaCl یک مولار، EDTA یک میلی‌مولار، β-mercaptoethanol ده میلی‌مولار و polyvinylpyrrolidone یک درصد مخلوط شدند. سپس، به ازای یک گرم نمونه گیاهی، یک میلی‌لیتر از بافر استخراج اضافه شده و پس از استخراج عصاره در دستگاه سانتریفیوژ (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد) با سرعت ۱٤۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند. در نهایت، فاز بالایی محلول در ویال‌های ۲ میلی‌لیتری جمع‌آوری شد و جهت نگهداری به دمای ۸۰– درجه سانتی‌گراد انتقال یافت.

اندازه‌گیری محتوای آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز

بدین منظور، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره استخراج شده، ۱۸۰۰ میکرولیتر ۵۰۰ میلی مولار تریس–HCL (pH=8.8) و ۹۰۰ میکرولیتر ال– فنیل‌آلانین یک میلی مولار مخلوط شدند و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. سپس، واکنش با افزودن اسید کلریدریک ۲ نرمال متوقف گردید و غلظت ترنس سینامیک اسید بر اساس منحنی استاندارد این ماده در بافر تریس محاسبه گردید. میزان فعالیت آنزیمی بر اساس نانومول‌های تولید شده ترنس سینامیک اسید بر دقیقه بر وزن تر برگ محاسبه گردید. مقدار سینامیک اسید تولید شده بر اساس منحنی استاندارد بدست آمده از غلظت های ۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦، ۰/۸، و ۱ میکروگرم بر میلی لیتر بافر تریس ۵۰۰ میلی مول و با pH=8.8 محاسبه گردید (Wang et al. 2006).

اندازه‌گیری محتوای آنزیم پراکسیداز

برای سنجش میزان فعالیت این آنزیم، از روش تغییر یافته‌ی اوربانک و همکاران (Urbanek et al. 1991) استفاده گردید. محلول واکنش شامل ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۳۵۰ میکرولیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، ۳۵۰ میکرولیتر پیروگالول ۱۰میلی‌مولار و یک میلی‌لیتر H_2O_2 ۷۰ میلی‌مولار بود. این محلول پس از اختلاط کامل در کووت‌های دو میلی‌لیتری، بلافاصله به‌مدت سه دقیقه در دستگاه اسپکتروفتومتر ($T80^+$ ساخت چین) قرار گرفت و میزان جذب آن در طول موج ٤۷۰ نانومتر ثبت شد. در نهایت، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به صورت میکرومول H_2O_2 تجزیه‌شده در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه محاسبه گردید.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل‌های a، b، کل و کاروتنوئیدها

بدین منظور، برگی کامل و توسعه یافته از بخش فوقانی بوته‌ها انتخاب و دیسک‌های برگی از آن تهیه شد. ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی در هاون چینی با نیتروژن مایع آسیاب شد. سپس، به نمونه‌ها ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شده و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند. میزان جذب محلول رویی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٦۳، ٦٤۵ و ٤۷۰ نانومتر قرائت

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

شد. در نهایت، با استفاده از فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد (Arnon, 1967):

$$Chl.\ a = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645})V/100W$$

$$Chl.\ b = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663})V/100W$$

$$Carotenoids = 100(A_{470}) - 3.27(mg\ Chl.\ a) - 104(mg\ Chl.\ b)/227$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج های ٦٦٣، ٦٤٥، و ٤٧٠ نانومتر

W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

تجزیه و تحلیل داده‌ها و روش‌های آماری

تجزیه داده‌های آزمایش در محیط نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۷ انجام شد و مقایسه میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. تست نرمالیته به روش آندرسون- دارلینگ انجام شد و داده‌هایی که نرمال نبودند، تبدیل داده بر روی آنها انجام گرفت.

نتایج و بحث

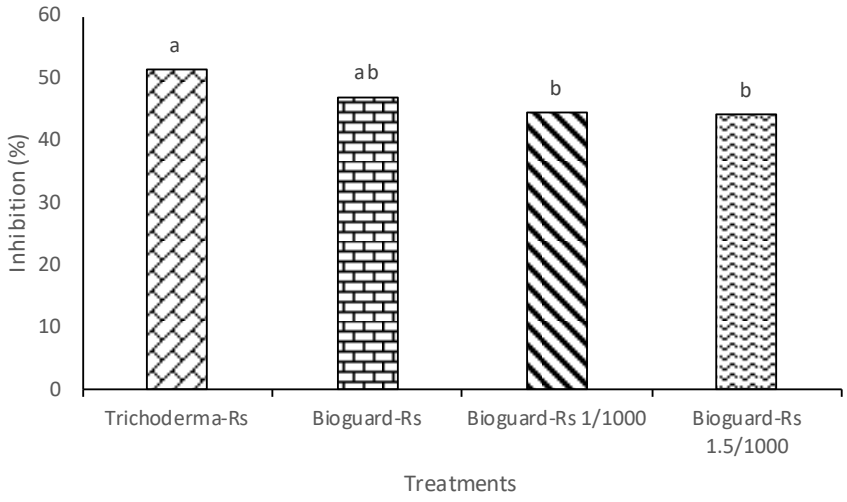
Results and Discussion

بررسی قدرت بازدارندگی از رشد بیمارگر توسط قارچ تریکودرما و بیوگارد در شرایط آزمایشگاهی

نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایش بطور معنی‌داری از رشد قارچ *R. solani* در سطح احتمال یک درصد ممانعت می‌کنند. تیمار قارچ آنتاگونیست تریکودرما با ۵۱٪ بیشترین میزان بازدارندگی، بایوگارد خالص با ٤٧٪ و دو غلظت یک‌ونیم و یک در هزار بایوگارد به‌ترتیب به میزان ٤٤ و ٤٠ درصد بازدارندگی نشان دادند (شکل۱). بازدارندگی *R. solani* توسط جدایه‌های مختلف *T. harzianum* توسط محققین مختلف گزارش شده است (Yao et al. 2023). در آزمایشی، میزان بازدارندگی *R. solani* توسط جدایه‌های مختلف قارچ *Trichoderma* spp. در شرایط *in vitro* بین ۵۸ تا ٨٦ درصد گزارش شده است (Mayo et al. 2015). در آزمایشی دیگر، قارچ‌های *T. harzianum* و *T. hamatum* در کشت متقابل توانستند از رشد میسلیومی *R. solani* به ترتیب ٤٢ و ٧٨ درصد ممانعت نمایند (Barakat et al. 2007). در بررسی ارزیابی کارایی جدایه‌های قارچ تریکودرما برای کنترل بیماری رایزوکتونیایی ریشه لوبیا نشان داده شد که جدایه‌های قارچ *T. harzianum* پس از برخورد با میسلیوم‌های *R. solani* مانع از رشد و توسعه آنها شدند. البته توانایی آنتاگونیستی جدایه‌های مختلف *T. harzianum* علیه *R. solani* بسته به سرعت پیشروی، کلونیزاسیون و اسپورزایی جدایه‌های قارچ تریکودرما می‌تواند متفاوت باشد. جدایه‌های رایزوکتونیا نیز برای مقابله با حمله تریکودرما بلافاصله بعد از برخورد با هیف آنتاگونیست دیواره ضخیمی از اسکلروت ایجاد کردند تا از پیشروی میسلیوم‌های تریکودرما جلوگیری کنند (Khodae and Hemmati, 2016). مکانیسم‌های آنتاگونیستی قارچ *T. harzianum* شامل فرایندهای پیچیده‌ای نظیر شیمی‌گرایی، اتصال ریسه‌ای و ایجاد ساختارهایی نظیر پیچش و نفوذ ریسه‌ای می‌باشد. این مراحل با ترشح آنزیم‌های خارج سلولی نظیر کیتیناز، بتاگلوکاناز و پروتئاز به عنوان متابولیت‌های ثانویه همراه است. موفقیت این گونه بیشتر به واسطه خاصیت هم‌افزایی فعالیت آنتی‌بیوزی و آنزیم‌های هیدرولیزکننده می‌باشد (Burmeister, 2008). با توجه به فرمولاسیون محصول بایوگارد که ظاهراً دارای قارچ *Trichoderma harzianum* و باکتری *Bacillus velezensis* می‌باشد، لذا انتظار می‌رود که این عوامل با مکانیسم‌های بیوکنترلی خود بتوانند از رشد دیگر میکروارگانیسم‌ها ازجمله *R. solani* جلوگیری کنند. باکتری *B. velezensis* انواع متابولیت‌های ثانویه مختلف از قبیل fengycin, bacillomycin D, surfactin, mycosubtilin, bacillibactin, macrolactin, paenibactin, rhizocticin A و غیره تولید می‌کند که علیه بسیاری از بیمارگرهای گیاهی عمل می‌کنند (Rabbee et al. 2023).

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]



شکل ۱- درصد بازدارندگی از رشد قارچ بیمارگر *R. solani* تحت تاثیر تیمارهای *T. harzianum* و محصول تجاری بایوگارد.

Fig 1. Inhibition percentage of the growth of *Rhizoctonia solani* influenced by *Trichoderma harzianum* and Bioguard as a commercial product.

در بررسی ترشحات مایع خارج سلولی، تمام غلظت‌های مورد آزمایش بطور معنی‌داری سبب کاهش رشد میسلیومی *R. solani* شدند (جدول ۱). البته، بین تیمارها نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بیشترین میزان کاهش رشد با ۶۰/۸۲ درصد بازدارندگی مربوط به تیمار غلظت ۵۰ درصد و کمترین میزان مربوط به تیمار غلظت ۱۵درصد بود (جدول۱). نتایج این آزمایش نشان داد که ترکیبات مایع خارج سلولی *T. harzianum* می‌تواند یک مکانیسم آنتاگونیستی مهم این گونه علیه بیمارگر *R. solani* باشد. ترشحات مایع خارج سلولی جدایه‌های قارچ تریکودرما از طریق تاثیر بر خاصیت تراوایی دیواره سلولی *R. solani* سبب خروج محتویات سلولی از قبیل قندها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه از سلولهای هیف می‌شود (Harman, 2000; Lumsden et al. 1992). گونه *T. harzianum* دامنه وسیعی از آنتی بیوتیک‌ها و آنزیمها را علیه قارچ‌های مختلف تولید می‌کند. این گونه در برابر *R. solani* بتاگلوکاناز و کیتیناز تولید می‌کند که سبب لیز شدن هیف میزبان می‌شود (Lorito et al. 1996).

جدول ۱- اثر ترشحات مایع خارج سلولی قارچ تریکودرما در جلوگیری از رشد میسلیوم *R. solani*.

Table 1. Effect of extracellular fluid secretions of *Trichoderma* fungus in preventing *R. solani* mycelium growth.

Treatment (Percent of extract)	Mean of inhibition percentage
50	60.82 a
25	25.12 b
15	20.56 c
Check	0.00 e

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) ندارند.

Columns with at least one common letter are not significant at 0.05 probability levels by Duncans' test.

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

بررسی اثر قارچ تریکودرما بر بیماری پوسیدگی رایزوکتونیایی لوبیا در شرایط گلخانه‌ای

توانایی قارچ آنتاگونیست *T. harzianum* در کنترل پوسیدگی رایزوکتنیائی لوبیا و تأثیر احتمالی آن بر شاخص‌های رشدی گیاه و القای مقاومت سیستمیک در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های گلخانه‌ای نشان داد که هر دو تیمار، اعم از کاربرد *T. harzianum* یا بایوگارد بطور معنی‌داری بیماری پوسیدگی رایزوکتونیائی لوبیا را کنترل نموده و وزن ریشه و ساقه بوته‌های لوبیا در مقایسه با شاهد آلوده افزایش نشان دادند (جدول ۲)، بطوری‌که *T. harzianum* و محصول تجاری بایوگارد شدت بیماری را از ٤ به ترتیب به ۱/٦۰ و ۱/٤۰ کاهش داده و از اینرو وزن ریشه و ساقه افزیش یافت. در تیمار شاهد آلوده تقریبا تمام بوته‌ها مرگ گیاهچه را نشان دادند.

جدول ۲- تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده از رشد قارچ *Rhizoctonia solani* بر کنترل بیماری و برخی صفات رشدی لوبیا چیتی در شرایط گلخانه‌ای.

Table 2. The effect of treatments inhibiting the growth of *Rhizoctonia solani* on disease control and some growth traits of Chitti bean under greenhouse conditions.

Treatments	Root necrosis rating	Root weight (g)	Shoot weight (g)	Root length (cm)	Stem length (cm)
Check	0.00 c	2.90 bc	5.30 c	10.50 c	94.00 b
Bioguard	0.00 c	6.53 a	9.60 a	21.17 a	117.70 a
Trichoderma	0.00 c	5.83 a	7.83 b	15.5 b	50.20 c
Bioguard + Rhizoctonia	1.40 b	3.20 b	3.90 d	16 b	37.70 d
Trichoderma + Rhizoctonia	1.60 b	1.67 c	2.23 e	8.83 d	35.80 d
Rhizoctonia	4.00 a	0.0 d	0.0 f	0.00 e	0.00 e

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) ندارند.

Columns with at least one common letter are not significant at 0.05 probability levels by Duncans' test.

در بررسی بیوکنترلی بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا ناشی از *R. solani*، نتایج نشان دادند که کاربرد قارچ *T. harzianum* بطور معنی‌داری بیماری را کنترل و باعث افزایش وزن، طول ریشه و ساقه لوبیا شد (Abd-El-Khair et al. 2010; Matloob and Juber, 2013; Mayo et al. 2015). گونه‌های قارچ تریکودرما از مکانیسم‌های مختلفی برای مقابله با بیمارگرهای گیاهی نظیر کاهش مقاومت و واکنش‌های دفاعی گیاه، مقابله مستقیم از طریق مایکوپارازیتیسم، آنتی بیوز، رقابت و تحریک رشد گیاه استفاده می‌کنند (Papavizas, 1985). کاربرد جدایه‌هایی از قارچ تریکودرما در خیار و کاهو نیز موجب کاهش بیماری مرگ گیاهچه و پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه گردید (Smolińska et al. 2007). یکی از مکانیسم‌های کنترلی آنتاگونیست تریکودرما عمدتاً مایکوپارازیتیسم به حالت پیچش پیرامون هیف‌های بیمارگر و تداخل هیف‌ها در همدیگر می‌باشد. البته، مزیت استفاده از قارچ تریکودرما به عنوان یک قارچکش بیولوژیک، فعال نمودن چندین مکانیسم بیوکنترلی مختلف به‌طور همزمان در کنترل بیماری‌های خاکزاد است. لذا، بوجود آمدن گونه‌های مقاوم بیمارگر در برابر آن به احتمال زیاد غیرممکن است و این مزیت همراه با امکان تلفیق‌پذیری و سازگاری با قارچکش‌های معمول، اهمیت استفاده از این عامل در برنامه مدیریت تلفیقی را بالا می‌برد (Mosavi Mirak et al. 2019). همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، علاوه بر کنترل معنی‌دار بیماری توسط قارچ تریکودرما و بایوگارد، شاخص‌های رشدی گیاه نیز در مقایسه با شاهد آلوده و حتی شاهد سالم، عملکرد بهتری داشته است. البته، تیمارهای مربوط به بایوگارد هم از لحاظ کنترل بیماری و هم از لحاظ شاخص‌های رشدی بهتر از تیمار تریکودرما بودند. این موضوع احتمالاً ناشی از ترکیبات موجود در فرمولاسیون این محصول است که ظاهراً متشکل از قارچ *T. harzianum* و باکتری *B. velezensis*، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی با منشاء *Sargassum*، *Laminaria* و *Ascophyllum nodosum* است. در

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

سال‌های اخیر، *B. velezensis* به عنوان یک عامل بالقوه کنترل زیستی در بسیاری از کشورها محبوبیت یافته است. چندین محصول کنترل زیستی مبتنی بر *B. velezensis* بویژه در چین و اروپا تأیید تجاری دریافت کرده‌اند. گزارش‌هایی در مورد خصوصیات مفید و بیوکنترلی این باکتری در کشاورزی وجود دارد. همچنین، چندین گزارش در مورد اثرات مضر آن بر چندین محصول نیز مورد بحث قرار گرفته است. بنابراین، با توجه به بیماری‌زایی ذاتی این باکتری برای چندین محصول، هنگام استفاده از آن در یک تکنیک جدید کشت محصولات باید مراقب بود (Rabbee et al. 2023). گونه‌های قارچ تریکودرما برای چندین دهه جهت افزایش رشد گیاه، بیوماس اندام هوایی و ریشه، عملکرد محصول و کنترل بسیاری از بیمارگرهای گیاهی شناخته شده‌اند (Shoresh and Harman, 2008). با اضافه کردن قارچ تریکودرما به خاک گلدان افزایش معنی‌داری در رشد گیاه لوبیا در مقایسه با تیمار فاقد تریکودرما مشاهده شد (Elad et al. 1980). تحریک رشد و افزایش شاخص‌های رشدی گیاه لوبیا در تیمار با قارچ تریکودرما در مقایسه با شاهد آلوده به رایزوکتونیا مشاهده شده است (Khodae and Hemmati, 2016). افزایش شاخص‌های رشدی گیاه در اثر کاربرد قارچ تریکودرما توسط بسیاری از محققین دیگر نیز به اثبات رسیده است (Elad et al. 1980; Smolińska et al. 2007; Mayo et al. 2015; Rubio et al., 2017). در یک مطالعه ارزیابی اثر کاربرد قارچ تریکودرما در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان مشاهده شد که میزان وزن تر (۱۷/۶۹ درصد) و خشک ساقه (۱۷/۲۷ درصد)، کلروفیل a ۰/۶۶درصد، کلروفیل b ۰/۶۴ درصد، کلروفیل کل (۰/۶۶ درصد) و محتوای نسبی آب برگ (۱/۳۷ درصد) در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما نسبت به شاهد افزایش یافت (Salahiostad et al. 2022). تأثیر کاربرد دو گونه قارچی *T. harzianum* و *T. viride* بطور جداگانه و تلفیق هر دو گونه بر تغذیه و رشد درختان پسته در شرایط باغی نشان داد که هر سه تیمار توانستند پارامترهای رویشی شامل طول شاخه (تا ۶۰ درصد)، تعداد جوانه رویشی (تا ۳۰ درصد)، سطح برگ (تا ۵۰ درصد) و شاخص کلروفیل را در درختان پسته به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دهند (Hosseinzeynali et al. 2020).در بررسی اثر تیمار با تریکودرما بر شاخص‌های رشدی گیاه لوبیا، ارتفاع گیاهچه‌های لوبیا در تیمار با قارچ تریکودرما افزایش تقریباً دو برابری را نشان دادند و وزن تر و خشک گیاهچه‌ها هم افزایش داشتند (Barakat et al. 2007). تریکودرما نه‌تنها می‌تواند از بیماری‌ها جلوگیری کند، بلکه باعث رشد گیاهان، بهبود کارایی استفاده از مواد غذایی، افزایش مقاومت گیاه و بهبود محیط زیست آلودگی های شیمیایی کشاورزی می شود. تریکودرما همچنین به عنوان یک عامل کنترل زیستی ایمن، کم هزینه، موثر و سازگار با محیط زیست برای گونه های مختلف زراعی عمل می کند

محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها

تأثیر تیمارهای آزمایشی روی محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در برگ‌های لوبیا چیتی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که تیمارهای بیوگارد و تریکودرما دارای بیشترین محتوای کلروفیل a بودند و با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). در بررسی جمعیت‌های مختلف برخی عوامل پروبیوتیک بر محتوای کلروفیل درختان پسته رقم سرخس مشخص شد که باکتری‌های آنتاگونیست سودوموناس، باسیلوس و سویه‌های مختلف این دو باکتری باعث افزایش معنی‌دار در محتوای کلروفیل‌های a و b و کل شدند و در بین جمعیت‌های مورد آزمایش، جمعیت 10^8 نسبت به جمعیت‌های 10^6 و 10^4 محتوای کلروفیل بیشتری را موجب می‌شوند (Hajabdollahi et al. 2020). باوجودیکه محتوای کلروفیل a در تیمارهای بیوگارد و تریکودرما به همراه قارچ بیمارگر رایزوکتونیا در مقایسه با شاهد سالم کاهش نشان داد، ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار قارچ بیمارگر رایزوکتونیا داشتند که به طور کامل محتوای کلروفیل a را کاهش داد. بیشترین محتوای کلروفیل b نیز مربوط به کاربرد تنهای محصول تجاری بیوگارد و قارچ تریکودرما بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد سالم نداشتند (جدول ۳). در گیاهان ریحان تلقیح شده با قارچ تریکودرما نسبت به گیاهان شاهد در محتوای کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری وجود داشت و گیاهان تلقیح شده با قارچ تریکودرما

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

افزایش در کلروفیل را نشان دادند (Salahiostad et al. 2022). کاربرد محصول تجاری بیوگارد و قارچ تریکودرما به همراه عامل بیمارگر رایزوکتونیا منجر به کاهش محتوای کلروفیل b در برگ‌های لوبیا چیتی شد. با این حال، محتوای کلروفیل b در این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد حاوی عامل بیمارگر رایزوکتونیا داشت (جدول ۳). با توجه به اینکه یکی از صدمات قارچ‌های بیماری‌زای خاکزاد آسیب به ارتباطات آوندی بین قسمت هوایی و زیرزمینی گیاه است، در نتیجه این صدمه میزان فتوسنتز گیاهان تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Bauriegel and Herppich 2014) که در بررسی‌های آزمایشی کلروفیل برگ می‌تواند به عنوان معیار مناسبی از آسیب آلودگی گیاهان باشد که نتایج این آزمایش به درستی این مورد را تائید نمود. بیشترین محتوای کلروفیل کل نیز به تبع کلروفیل‌های a و b مربوط به کاربرد تنهای محصول تجاری بیوگارد و قارچ تریکودرما بود که احتمال می‌رود این تیمارها با اثرگذاری روی رشد ریشه و جذب موثر آب و عناصر غذایی منجر به افزایش محتوای کلروفیل کل شدند (جدول ۳). از دلایل افزایش کلروفیل گیاهان می‌توان به جذب حداکثری عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان مرتبط دانست که این عمل افزایش جذب در اثر ترشح مواد کلاته کننده یا کمپلکس کننده عناصر غذایی در ناحیه ریشه گیاهان می‌باشد. در تیمارهای آلوده به قارچ عامل بیمارگر، محصول تجاری بیوگارد و قارچ تریکودرما تا حدی توانستند اثرات قارچ عامل بیمارگر را بر محتوای کلروفیل کل کاهش دهند. با این حال، این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کاربرد تنهای بیوگارد و قارچ تریکودرما داشتند.

تاثیر تیمارهای آزمایشی روی محتوای کاروتنوئیدها در برگ‌های لوبیا چیتی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که تیمارهای بایوگارد و قارچ تریکودرما منجر به بیشترین محتوای کاروتنوئیدها (به ترتیب با ۰/۲۵ و ۰/۲٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در برگ‌های لوبیا چیتی می‌شوند که با تیمار شاهد سالم اختلاف معنی‌داری نداشتند. در تحقیقی با استفاده از پوشش‌دار نمودن بذور لوبیا با قارچ تریکودرما نسبت به گیاهان شاهد محتوای کاروتنوئیدها افزایش یافت (Rezaloo et al. 2019). کمترین محتوای کاروتنوئیدها نیز مربوط به تیمار شاهد حاوی عامل بیمارگر رایزوکتونیا بود که منجر به نابودی کامل محتوای کاروتنوئیدها در برگ‌های لوبیا چیتی شد. باوجودیکه تیمارهای بیوگارد و قارچ تریکودرما به همراه عامل بیمارگر رایزوکتونیا تا حدودی از اثرات قارچ رایزوکتونیا بر کاروتنوئیدهای موجود در برگ‌های لوبیا چیتی کاستند، ولی این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کاربرد تنهای بیوگارد و قارچ تریکودرما داشتند. محصول تجاری بیوگارد در مقایسه با قارچ تریکودرما در کاهش اثرات قارچ عامل بیمارگر رایزوکتونیا نتایج بهتری را ارائه داد (جدول ۳).

تأثیر عامل بیوکنترلی *Trichoderma harzianum* و محصول تجاری بیوگارد در القای مقاومت سیستمیکی گیاه

سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز

نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز تحت تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده رشد میسیلیوم قارچ *R. solani* قرار گرفته و افزایش یافت. بیشترین فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در تیمارهای مربوط به محصول تجاری بایوگارد و قارچ آنتاگونیست تریکودرما همراه با قارچ بیمارگر رایزوکتونیا بود که با تیمار رایزوکتونیا به تنهایی اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل۲). این نتایج با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد. بیشترین القای سیستمیک آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در سیستم دفاعی بوته‌های خیار در تیمار با استرین *T. harzianum* T1-3 مشاهده شد و مشخص شد که قارچ تریکودرما قادر به افزایش معنی‌دار این آنزیم بوده و در کنترل بیماری پوسیدگی ناشی از قارچ *F. solani* نقش موثری دارد (Asadi et al. 2016). فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در بوته‌های گوجه فرنگی تیمار شده با باکتری *Pseudomonas fluorescens* در حضور قارچ عامل بیماری *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* نسبت به تیمار تنهای قارچ عامل بیماری افزایش یافت (Tavakol Norabadi et al. 2014). تحقیقات نشان داده‌اند که بعضی از باکتری‌ها از جمله *Bacillus* spp. با تولید آنتی بیوتیک و افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های دفاعی مثل پراکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) در کنترل بیماری‌های خاکزاد می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند (Jayaraj et al. 2004). با تحریک خیار مایه کوبی شده با نماتد

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

مولد گره ریشه توسط محرک‌های میکروبی و شیمیایی، میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در روز پنجم به اوج خود رسیده و سپس کاهش یافت (Javanshir Javid et al. 2016). پس از مایه‌زنی با *F. graminearum* میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در خوشه‌های گندم نسبت به تیمار شاهد در مرحله گلدهی افزایش بافت (Khaledi et al. 2016). آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، آنزیمی کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید در گیاهان است که نقش مهمی در بیوسنتز ترکیبات فنولی، فلاوونوئیدها و لیگنین دارد. از اینرو، تغییرات در فعالیت این آنزیم در حضور عوامل آنتاگونیست تقشی محوری را در سنتز ترکیبات فنلی در پاسخ به تنش‌های مختلف ایفا می‌کند. کمترین فعالیت این آنزیم نیز در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمارهای بایوگارد و تریکودرما به تنهایی تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۲). قارچ تریکودرما دارای سیگنال‌های شیمیایی است که می‌تواند بر روی روشن شدن بیان ژن‌های دفاعی تأثیر گذارد و با فعال نمودن آنها سیستم دفاعی گیاه را روشن سازد. یکی از این ژن‌ها که در گیاه تحت تدثیر سیگنال‌های شیمیایی قرار می‌گیرد، ژن NPR1 است. سیگنال‌های شیمیایی نظیر ترکیبات فنلی بر روی بیان این ژن تأثیر گذاشته و با روشن نمودن ان، مکانیسم‌های دفاعی گیاه را فعال می‌سازند (Gholamnezhad, 2019).

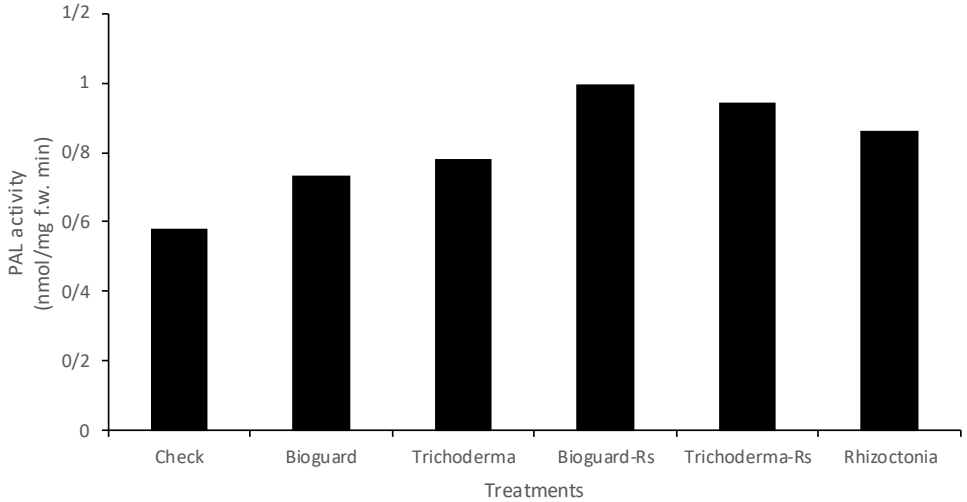
جدول ۳- تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده از رشد قارچ *Rhizoctonia solani* بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا چیتی در شرایط گلخانه‌ای.

Table 3. The effect of treatments inhibiting the growth of *R. solani* on some physiological traits of Chitti bean in greenhouse conditions.

Treatments	Chl. a content (mg/g f.w.)	Chl. b content (mg/g f.w.)	Total chl. content (mg/g f.w.)	Carotenoids content (mg/g f.w.)
Check	0.61 a	0.28 ab	0.89 a	0.22 ab
Bioguard	0.63 a	0.32 a	0.95 a	0.25 a
Trichoderma	0.62 a	0.31 a	0.93 a	0.24 ab
Bioguard + Rhizoctonia	0.48 b	0.25 bc	0.73 b	0.19 bc
Trichoderma + Rhizoctonia	0.44 b	0.21 c	0.63 b	0.14 c
Rhizoctonia	0.00 c	0.00 d	0.00 c	0.00 d

میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) ندارند.

Columns with at least one common letter are not significant at 0.05 probability levels by Duncans' test.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده از رشد قارچ *Rhizoctonia solani* بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در لوبیا چیتی.

Rs نشانده بیمارگر *R. solani* است.

Fig. 2. The effect of treatments inhibiting the growth of R. solani fungus on the activity of phynylalanine ammonialyase enzyme in Chitti bean.

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

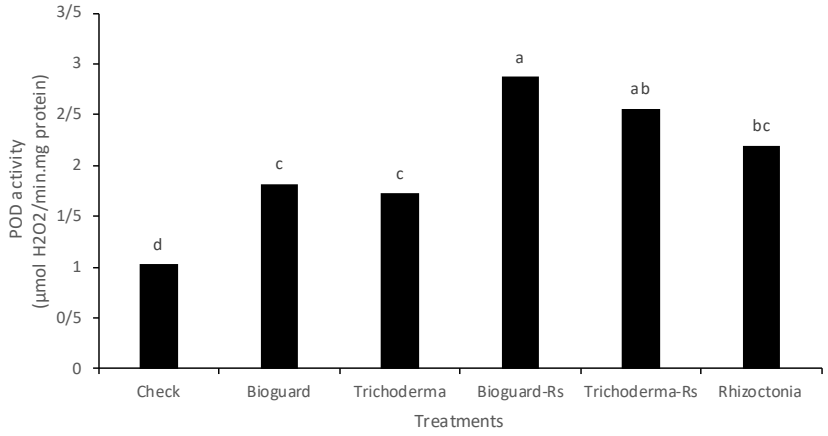
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پروکسیداز تحت تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده رشد میسیلیوم قارچ *R. solani* در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (شکل۳). تیمارهای بایوگارد و تریکودرما به همراه قارچ عامل بیمارگر رایزوکتونیا دارای بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بودند و با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری داشتند. با این حال، بین تیمارهای بایوگارد و تریکودرما به تنهایی و قارچ رایزوکتونیا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمارهای تریکودرما و بیوگارد به تنهایی اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۳). پراکسیدازهای گیاهی از جمله آنزیم‌هایی هستند که به‌طور گسترده در گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و حیوانات فعالیت دارند. پراکسیدازهای گیاهی نقش‌های متعددی از جمله دخالت در بیوسنتز لیگنین، متابولسیم اکسین، رشد سلول، ایجاد اتصالات عرضی دیواره سلول و بخصوص پاسخ به تنش‌های محیطی دارند. از آنجا که در تمامی فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهی، پراکسید هیدروژن تولید می‌شود و با توجه به عملکرد پراکسیدازها برای برداشتن این مولکول از سلول گیاهی، لذا پراکسیدازها، گزینه خوبی برای پیگیری مسیر مقابله سلول با عوامل تنش‌زا و روبرویی با موقعیت‌هایی نظیر تنش اکسیداتیو به شمار می‌روند (Pandey et al. 2017). طی بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران مشخص شده است که آنزیمهای زیادی از جمله آنزیم پراکسیداز با القای مقاومت گیاهان در ارتباط هستند (Silva et al. 2004). طبق بررسی‌های مختلف پژوهشگران فعالیت آنزیم پراکسیداز را به عنوان مارکر بیوشیمیایی جهت پیش بینی مقاومت معرفی کرده اند که ممکن است به طور مستقیم یا غیرمستقیم در سازوکارهای دفاعی نقش داشته باشد. به عنوان مثال، نقش مستقیم آن در واکنش‌های دفاعی واریته‌های مقاوم گیاهان به اثبات رسیده است (Lehrer, 1969). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت آنزیم پراکسیداز با فعال شدن مقاومت القایی سیستمیک در ارتباط است (Hammerschmidt and Kuć 1982). پراکسیدازها اثر مستقیم در مقاومت دارند و از طریق تولید رادیکال آزاد و پراکسید هیدروژن که برای بعضی بیمارگرها سمی هستند، منجر به دفاع در برابر بیمارگرها می‌شوند (Liu and Ekramoddoullah, 2006). در بررسی کارایی قارچ *Beauveria bassiana* برای مهار زیستی گیاهچه میری رایزوکتونیایی گیاه پنبه مشخص گردید که آنزیم پراکسیداز و پروتئین کل گیاه جدایه KJ24با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر بیشترین فعالیت و مقدار را دارا بوده و به عنوان مناسب‌ترین تیمار در کنترل این بیماری شناخته شد (Azadi et al. 2017). سطح فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در گیاه لوبیا تیمار شده با تریکودرما در مقایسه با گیاهان تیمار نشده افزایش زیادی داشت (Abd-El-Khair et al. 2010). القای مقاومت گیاه توسط میکروارگانیسم‌ها یکی از مکانیسمهای کنترل بیولوژیک است. گونه‌های قارچ تریکودرما موجب القای مقاومت در گیاهان در مقابل پوسیدگی رایزوکتونیایی ریشه می‌شوند (Abbas et al. 2022). مرتضی‌نیا و همکاران (۱۳۸۹) در بررسیهای خود نشان دادند که تیمار گیاه خیار با *T. harzianum* Bi با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز باعث القا مقاومت گیاهچه‌های خیار در برابر بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه خیار ناشی از *Pythium aphanidermatum* شده است (Mortezania, et al., 2010). قارچ‌های تریکودرما با ترشح آنزیم و هورمون، افزایش سطح یا فعالیت آنزیم پراکسیداز، بتا-۱ و ۳ گلوکاناز و میزان فنل، ترشح پروتئین و تولید کیتینازهای خارجی و گلوکانازها موجب کنترل عوامل بیماری‌زای خاکزی از جمله قارچ رایزوکتونیا می‌شود (Darvishnia and Moosavian 2019. القای مقاومت در گیاه توسط تریکودرما نه تنها در برابر بیمارگرها، بلکه در برابر آفات گیاهی هم میتواند کارائی داشته باشد، چنانکه بدخشان و همکاران (۱۴۰۱) در بررسی تاثیر قارچ *Trichoderma harzianum* T22بر مقاومت القایی گیاه گوجه-فرنگی نسبت به *Helicoverpa armigera* نشان دادند در گیاهان تیمار شده با قارچ تریکودرما فعالیت آنزیمهای پلی فنل اکسیداز و کاتالاز و مقادیر پرولین و پراکسید هیدروژن گیاه به طور معنی داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته و طول دوره لاروی و درصد مرگ و میر لاروها روی گیاهان تیمارشده به طور معنی داری بیشتر از گیاهان شاهد بود(Badakhshan, et al., 2022) . الداغی و همکاران (۱۴۰۰) هم نشان دادند که تیمار گیاه گوجه-فرنگی با استرین *T. harzianum* Tr6 سبب افزایش غلظت فنول کل و القای مقاومت نسبت به گیاه‌خواری

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

سفیدبالک (*Trialeurodes vaporariorum*) گردید و میانگین تعداد حشرات بالغ در پشت برگ، تخمهای گذاشته شده و میزان قطرات عسلک تولید شده نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی داری یافت (Aldaghi et al., 2021).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای بازدارندگی کننده از رشد قارچ *Rhizoctonia* solani بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در لوبیا چیتی.

Fig. 3. The effect of treatments inhibiting the growth of *R. solani* on the activity of peroxidase enzyme in Chitti bean.

نتیجه‌گیری کلی

قارچ‌های جنس .*Trichoderma* spp علاوه بر فعالیت بیوکنترلی بیمارگرهای گیاهی از طریق آنتی‌بیوزیز و ترشح متابولیت‌ها و آنزیم‌های مختلف، می‌توانند از طریق تحریک سیستم دفاعی گیاه، آنرا در برابر بیمارگرها و حتی آفات گیاهی مقاوم کنند. با توجه به مشکلات روشهای شیمیائی در کنترل بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا و خطرات زیست‌محیطی آن، استفاده از عامل بیوکنترل *Trichoderma harzianum* و محصولات بیولوژیکی حاصل از آن که کاربرد آن‌ها آسان‌تر هم است، می‌تواند گزینه امیدوارکننده‌ای برای مدیریت این بیماری خاکزاد باشد. در این پژوهش مشخص شد که *T. harzianum* و محصول تجاری بایوگارد توانستند بطور قابل‌توجهی بیماری پوسیدگی ریشه و بوته‌میری لوبیا ناشی از جدایه *R. solani* که شدت بیماری‌زائی بالائی هم داشت و باعث مرگ گیاهچه می‌شد را کنترل کنند. شاخص‌های رشدی گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تیمار نشده (شاهد) بود. این جدایه از قارچ تریکودرما سبب کنترل بیماری و رشد بهتر رویشی گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد شد. به نظر می‌رسد که استفاده از *T .harzianum* و فرآورده زیستی آن باعث تحریک و تقویت سیستم دفاعی گیاه در برابر بیمارگر *R. solani* می‌شود. از اینرو، به منظور کاهش کاربرد سموم شیمیائی بهتر است از میکروارگانیسم‌های مفید خاک از جمله قارچ *Trichoderma harzianum* به عنوان رهیافتی امیدوارکننده در کنترل زیستی بیماری‌های گیاهی استفاده شود.

منابع

References

Abawi, G. S., Pastor, C., & Marcial, A. (1990). Root rots of beans in latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies, and management strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia: 114 p.

Abbas, A., Mubeen, M., Zheng, H., Sohail, M. A., Shakeel, Q., Solanki, M. K., Iftikhar, Y., Sharma, S., Kashyap, B. K., Hussain, S., del Carmen Zuniga Romano, M., Moya-Elizondo, E. A, & Zhou, L. (2022). *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. Frontiers in Microbiology, 13, 884469. doi: 10.3389/fmicb.2022.884469

Abd-El-Khair, H., Khalifa, R. K. M., & Haggag, K. H. E. (2010). Effect of *Trichoderma* species on damping off diseases incidence, some plant enzymes activity and nutritional status of bean plants. Journal of American Science, 6(9), 486-497.

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

Abo-Elyousr, K. A. M., Hussein, M. A. M., Allam, A. D. A., & Hassan, M. H. (2009). Salicylic acid induced systemic resistance on onion plants against *Stemphylium vesicarium*. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 42(11), 1042-1050. **doi: 10.1080/03235400701621719**

Aldaghi, M., Allahyari, H., Hosseininaveh, V., & Behboudi, K. (2021). Effect of *Trichoderma harzianum* Tr6 in inducing resistance in tomato against *Trialeurodes vaporariorum* (Hem.: Aleyodidae). Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 44(3), 107-117. **doi: 10.22055/ppr.2021.17128**

Alizadeh, H. R., & Salari, K. (2016). Induction of systemic resistance (ISR) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* on cucumber by isolates of *Trichoderma* and fluorescent *Pseudomonads* from cucumber rhizosphere. Journal of Applied Research in Plant Protection, 5, 215–225. (In Farsi with English Abstract)

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23, 112-121.

Asadi, F., Alaei, H., Saberi Rise, R. A., & Zeynadini, A. (2016). Biological control and systemic induction of peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase by *Trichoderma* in cucumber with *Fusarium solani*. 3rd National Meeting on Biocontrol in Agriculture and Natural Resources of Iran, February 2-3, 2016, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Farsi with English Abstract)

Azadi, N., Shirzad, A., & Mohammadi, H. (2017). Evaluation the *Beauveria* fungus efficiency on biological control of *Rhizoctonia* damping-off disease in cotton plants. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 5(2), 77-89. **dor: 20.1001.1.25885073.1395.5.2.4.1**

Badakhshan, N., Mansouri, S. M., Habibi, A., Naseri, B., & Shakeri, S. (2022). Effect of *Trichoderma harizianum* strain T22 on induced resistance of tomato to *Helicoverpa armigera* Hübner. Journal of Iranian Plant Protection Research, 36(3), 313-325. **doi: 10.22067/JPP.2022.76074.1086** (In Persian with English abstract)

Barakat, R. M., Al-Mahareeq, F., Ali-Shtayeh, M. S., & Al-Masri, M. I. (2007). Biological control of *Rhizoctonia solani* by indigenous *Trichoderma* spp. isolates from Palestine. Hebron University Research Journal, 3(1), 1-15.

Bauriegel, E., & Herppich, W. B. (2014). Hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging for early detection of plant diseases, with special reference to *Fusarium* spec. infections on wheat. Agriculture, 4(1), 32-57. **doi: 10.3390/agriculture4010032**

Bayram, F. R., Boyraz, N., & Kesenci, K. (2022). Determination of disease severity and anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* isolates from chickpea plant in Konya Province. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 36(3), 414-420. **doi: 10.15316/SJAFS.2022.055**

Benitez, T., Rincon, A. M., Limon, M. C., & Codon, A. C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology, 7(4), 249-260.

Burmeister, L. (2008). The antagonistic mechanisms employded by *Trichoderma harzianum* and their impact on the control of the bean rust fungus *Uromyces appendiculatus*. Ph.D. Thesis. University of Hannover, Germany.

Darvishnia, M., & Moosavian, M. (2019). Effect of fungal and bcterial biological agents on seedling damping-off of fungus disease. Journal of Crops Improvement, 21(3), 289-301. **doi: 10.22059/jci.2019.272850.2140** (In Farsi with English Abstract)

Dennis, C., & Webster, J. (1971). Antagonistic properties of species- groups of *Trichoderma* : I. production of volatile antibiotics. Transactions of the British Mycological Society, 57(1), 25-39. **doi: 10.1016/S0007-1536(71)80077-3**

Duffy, B. K., Ownley, B. H., & Weller, D. M. (1997). Soil chemical and physical properties associated with suppression of take-all of wheat by *Trichoderma koningii*. Phytopathology, 87(11), 1118-1124. **doi: 10.1094/PHYTO.1997.87.11.1118**

Elad, Y., Chet, I., & Katan, J. (1980). *Trichoderma harzianum*: a biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. Phytopathology, 70, 119-121. **doi: 10.1094/PHYTO-70-119**

Gholamnezhad, J. (2019). Effect of plant extracts on activity of some defense enzymes of apple fruit in interaction with *Botrytis cinerea*. Journal of Integrative Agriculture, 18(1), 115-123. **doi: 10.1016/S2095-3119(18)62104-5**

Hajabdollahi, N., Saberi Riseh, R., Khodaygan, P., Moradi, M., & Moslemkhani, K. (2020). Effect of different population of some probiotic bacteria in amount of defence enzymes, microelements uptake, chlorophyll and carotenoids in pistachio. Biological Control of Pests & Plant Diseases, 9(1), 75-91. **doi: 10.22059/JBIOC.2021.315434.300** (In Farsi with English Abstract)

Hammerschmidt, R., & Kuc, J. (1982). Lignification as a mechanism for induced systemic resistance in cucumber. Physiological Plant Pathology, 20(1), 61-71. **doi: 10.1016/0048-4059(82)90024-8**

Harman, G. E. (2000). Myths and dogmas of biocontrol, changes in perceptions drived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease, 84(4), 377-393. **doi: 10.1094/PDIS.2000.84.4.377**

Hosseinzeynali, A., Abbaszadeh Dahaji, P., Alaei, H., Hosseinifard, J., & Akhgar, A. (2020). Effect of *Trichoderma* on growth and nutrition of pistachio trees under common garden condition. Journal of Soil Biology, 8(2), 115-128. **doi: 10.22092/SBJ.2020.122735** (In Farsi with English Abstract)

Javanshir Javid, K., Mahdian, S. A., Behboudi, K., & Alizadeh, H. R. (2016). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* by some *Trichoderma harzianum* isolates. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 49(17-18), 471-484. **doi: 10.1080/03235408.2016.1242195**

Jayaraj, J., Anand, A., & Muthukrishnan, S. (2004). Pathogenesis-related proteins and their roles in resistance to fungal pathogens. In: Punja, Z. K., (ed.), Fungal Disease Resistance in Plant-Biochemistry, Molecular Biology and Genetic Engineering. Haworth Press; Binghamton, NY, USA, pp. 178-205.

Khaledi, N., Taheri, P., & Falahati-Rastegar, M. (2016). Evaluation of phenylalanine ammonia lyase and lipoxygenase activities in wheat cultivars- *Fusarium graminearum* interaction. Proceedings of 22nd Iranian Plant Protection Congress, 27-30, August 2016, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Farsi with English Abstract)

Khodae, M., & Hemmati, R. (2016). Evaluation of *Trichoderma* isolates for biological control of *Rhizoctonia* root rot of Bean

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

in Zanjan. Iranian Plant Protection Research, 29(4), 471-480. **doi: 10.22067/JPP.V.29I4.20619** (In Farsi with English Abstract)

Lehrer, R. I. (1969). Antifungal effects of peroxidase systems. Journal of Bacteriology, 99(2), 361-365. **doi: 10.1128/jb.99.2.361-365**

Lewis, J. A., & Lumsden, R. D. (2001). Biocontrol of damping-off of greenhouse-grown crops caused by *Rhizoctonia solani* with a formulation of *Trichoderma* spp. Crop Protection, 20(1), 49-56. **doi: 10.1016/SO261-2194(00)00052-1**

Liu, J. J., & Ekramoddoullah, A. K. M. (2006). The family 10 of plant pathogenesis-related proteins: their structure, regulation, and function in response to biotic and abiotic stresses. Physiological and Molecular Plant Pathology, 68(1-3), 3-13. **doi: 10.1016/j.pmpp.2006.06.004**

Lorito, M., Farkas, V., Rebuffat, S., Bodo, B., & Kubicek, C. P. (1996). Cell wall synthesis is a major target of mycoparasitic antagonism by *Trichoderma harzianum*. Journal of Bacteriology, 178(21), 6382-6385. **doi: 10.1128/jb.178.21.6382-6385**

Lumsden, R. D., Ridout, C. J., Vendemia, M. E., Harrison, D. J., Waters, R. M., & Walter, J. F. (1992). Characterization of major secondary metabolites produced in soilless mix by a formulated strain of the biocontrol fungus *Gliocladium virens*. Canadian Journal of Microbiology, 38(12), 1274-1280. **doi: 10.1139/m92-210**

Matloob, A. H., & Juber, K. S. (2013). Biological control of bean root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* under green house and field conditions. Agriculture and Biology Journal of North America, 4(5), 512-519.

Mayo, S., Gutiérrez, S., Malmierca, M. G., Lorenzana, A., Piedad Campelo, M., Hermosa, R., & Casquero, P. A. (2015). Influence of *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma* spp. in growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and in the induction of plant defense-related genes. Frontiers in Plant Science, 6, 685. **doi: 10.3389/fpls.2015.00685.**

Mortezania, H., Rouhani, H., & Sahebani, N. (2010). Study of peroxidase enzyme activity induced by *Trichoderma harzianum* Bi in cucumber seedling and its effect in the control of root and foot rot. Iranian Plant Protection Research, 24(3), 258-268. **doi: 10.22067/JPP.V24I3.7586** (In Farsi with English Abstract)

Mosavi Mirak, L., Shirzad, A., & Mohammadi, D. (2019). Integrative effect of some synthetic fungicides with some biological agents in control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedlings. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 8, 11–23. **dor: 20.1001.1.25885073.1398.8.1.3.9** (In Farsi with English Abstract)

Naseri, B. (2008). Root rot of common bean in Zanjan, Iran: major pathogens and yield loss estimates. Australasian Plant Pathology, 37, 546-551. **doi: 10.1071/AP08053**

Nawrocka, J., Małolepsza, U., Szymczak, K., & Szczech, M. (2018). Involvement of metabolic components, volatile compounds, PR proteins, and mechanical strengthening in multilayer protection of cucumber plants against *Rhizoctonia solani* activated by *Trichoderma atroviride* TRS25. Protoplasma, 255(1), 359–373. **doi: 10.1007/s00709-017-1157-1**

Oladzad, A., Zitnick-Anderson, K., Jain, S., Simons, K., Osorno, J. M., McClean, P. E., & Pasche, J. S. (2019). Genotypes and genomic regions associated with *Rhizoctonia solani* resistance in common bean. Frontiers in Plant Science, 10, 956. **doi: 10.3389/fpls.2019.00956**

Pandey, V. P., Awasthi, M., Singh, S., Tiwari, S., & Dwivedi, U. N. (2017). A comprehensive review on function and application of plant peroxidases. Biochemistry & Analytical Biochemistry, 6(1), 308. **doi: 10.4172/2161-1009.1000308**

Papavizas, G. C. (1985). *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. Annual Review of Phytopathology, 23, 23-54. **doi: 10.1146/annurev.py.23.090185.000323**

Rabbee, M. F., Hwang, B. S., & Baek, K. H. (2023). *Bacillus velezensis*: a beneficial biocontrol agent or facultative phytopathogen for sustainable agriculture. Agronomy, 13(3), 840. **doi:10.3390/agronomy13030840**

Rezaloo, Z., Aliloo, A., Shahbazi, S., Sarajoughi, M., Karimi, E. 2024. Water and Soil Science 34 (3): 51-69.

doi: 10.22034/ws.2023.54488.2532

Rezaloo, Z., Shahbazi, S., & Askari, H. (2019). Induction of resistance related responses of *Phaseolus vulgaris* to *Rhizoctonia solani* by bio-fungicides. Crop Biotechnology, 8(4), 65-79. **doi: 10.30473/CB.2019.42738.1752** (In Farsi with English Abstract)

Rubio, M. B., Hermosa, R., Vicente, R., Gomez-Acosta, F. A., Morcuende, R., Monte, E., & Bettiol, W. (2017). The combination of *Trichoderma harzianum* and chemical fertilization leads to the deregulation of phytohormone networking, preventing the adaptive responses of tomato plants to salt stress. Frontiers in Plant Science, 8, 294. **doi:10.3389/fpls.2017.00294**

Salahiostad, M., Abedi, B., & Selahvarzi, Y. (2022). The effect of *Trichoderma harzianum* on the biochemical properties and photosynthetic pigments of basil under drought stress. Iranian Journal of Horticultural Science, 52(4), 999-1009. **doi: 10.22059/IJHS.2021.303476.1818** (In Farsi with English Abstract)

Sallam Nashwa, A., Abo-Elyousr, K. A., & Hassan, M. A. (2008). Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agents for damping-off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. Egyptian Journal of Phytopathology, 36, 81-93.

Shoresh, M., & Harman, G. E. (2008). The relationship between increased growth and resistance induced in plants by root colonizing microbes. Plant Signaling & Behavior, 3(9), 737-739. **doi: 10.4161/psb.3.9.6605**

Silva, H. S. A., da Silva Romeiro, R., Macagnan, D., de Almeida Halfeld-Vieira, B., Baracat Pereira, M. C., & Mounteer, A. (2004). Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non-specific protection and increase in enzyme activities. Biological Control, 29(2), 288-295. **doi:10.1016/S1049-9644(03)00163-4**

Smolińska, U., Kowalska, B., & Oskiera, M. (2007). The effectivity of *Trichoderma* strains in the protection of cucumber and lettuce against *Rhizoctonia solani*. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 67(1), 81–93.

Tavakol Norabadi, M., Sahebani, N., & Etebarian, H. R. (2014). Management of tomato wilt disease caused by *Fusarium*

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]

oxysporum f.sp. *lycopersici* with silicon and *Pesudomonas flurorescens* (CHAO) and assaying activity of phenylalanine ammonia lyase (PAL). Research in Plant Pathology, 2(3), 13-26. (In Farsi with English Abstract)

Urbanek, H., Kuzniak-Gebarowska, E., & Herka, K. (1991). Elicitation of defence responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. Acta Physiologiae Plantarum, 13(1), 43-50.

Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y., & Tan, R. X. (2006). Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunnanensis* cell suspension cultures. Nitric Oxide, 15(4), 351-358. **doi: 10.1016/j.niox.2006.04.261**

Weindling, R. (1941). Experimental consideration of the mould toxin of *Gliocladium* and *Trichoderma*. Phytopathology, 31, 991-1003.

Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J., & Chen, J. (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. Frontiers in Microbiology, 14, 1160551. **doi: 10.3389/fmicb.2023.1160551**

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.2.1]