

ارزیابی کارآیی قارچ *Beauveria bassiana* برای مهار زیستی

گیاهچه‌میری رایزوکتونیایی گیاه پنبه

نرگس آزادی^۱، اکبر شیرزاد^{۲*}، حمید محمدی^۳

Evaluation of the *Beauveria bassiana* fungus efficiency on biological control of Rhizoctonia damping-off disease in cotton plants

Narges Azadi¹, Akbar Shirzad^{2*} and Hamid Mohammadi³

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، ۲-دانشیار گروه گیاهپزشکی،

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

1. MSc of Plant Pathology, Department of Plant Protection,

2. Associated Prof. Department of Plant Protection,

3. Assistant Prof. Department of agronomy and plant breeding,
College of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ashirzad@azaruniv.edu

(تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۶)

چکیده

گیاهچه‌میری رایزوکتونیایی یکی از شایع‌ترین بیماری‌هایی است که به‌وسیله‌ی *Rhizoctonia solani* در سراسر جهان ایجاد می‌شود. با وجود تاثیر نسبی برخی از مواد شیمیایی در کنترل این بیماری، به نظر می‌رسد که کنترل بیولوژیک یکی از روش‌های مناسب برای حفاظت گیاهان در برابر این بیمارگر باشد. قارچ اندوفیت *Beauveria bassiana*، علاوه بر پارازیت کردن حشرات، می‌تواند به‌صورت سیستمیک دامنه وسیعی از گیاهان را کلنیزه کرده و مقاومت آن‌ها را افزایش دهد. در این پژوهش، توانایی سه جدایه از قارچ *B. bassiana* جهت کنترل گیاهچه‌میری پنبه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که جدایه‌های به کار رفته، ضمن فعالیت اندوفیتی در گیاه، می‌توانند به طور قابل توجهی از شدت بیماری بکاهند. با توجه به نتایج حاصل از بررسی‌های گلخانه‌ای و اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز و پروتئین کل گیاه، جدایه KJ24 با غلظت ۱۰^۷ اسپور در میلی‌لیتر، به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار در کنترل این بیماری شناخته شد. به نظر می‌رسد این امر ناشی از خاصیت تحریک‌کنندگی رشد گیاه باشد. غلظت ۱۰^۷ اسپور در میلی‌لیتر دو جدایه TS7 و TS12 نیز توانستند در حد قابل توجهی از شدت بیماری بکاهند. با توجه به افزایش پروتئین کل در گیاهان تیمار شده با این استرین‌ها، این کاهش بیماری می‌تواند ناشی از تحریک مقاومت گیاه توسط جدایه‌های مورد نظر باشد.

واژه‌های کلیدی

آنزیم پراکسیداز

اندوفیت

بیوکنترل

B. bassiana
Rhizoctonia solani

مقدمه

یکی از مهم‌ترین بیمارگرهای قارچی خاکزاد *Rhizoctonia solani* در سراسر جهان است که باعث ایجاد بیماری‌های مهم اقتصادی، در انواع محصولات کشاورزی از جمله پنبه می‌شود (Muriungi et al. 2014) با وجود تاثیر نسبی برخی از مواد شیمیایی در کنترل این بیماری، استفاده از این روش کنترل شیمیایی نتیجه رضایت‌بخشی نداشته و آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز در پی دارد. از طرفی، امروزه در سراسر جهان، مصرف‌کنندگان بر این باورند که استفاده از سموم شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی، باید به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (Butt et al. 2001). طبق بررسی‌های دانشمندان، کنترل بیولوژیک می‌تواند یک راه‌حل سازگار با محیط‌زیست، برای حفاظت گیاهان در برابر بیمارگرهای خاکزاد باشد (Weller et al. 2002). امروزه بهره‌برداری از میکروارگانیسم‌های طبیعی مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها، جهت کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بسیار قابل توجه بوده و در میان آن‌ها استفاده از قارچ‌های بیوکنترل در حال توسعه است (Butt et al. 2001). تاثیر بیوکنترلی قارچ‌های آنتاگونیست، نتیجه‌ی مجموعه‌ای از سازوکارهای مختلفی است. در برخی از این سازوکارها از جمله آنتی‌بیوز، رقابت و پارازیتسم، نقش قارچ بیوکنترل مستقیم بوده و در برخی دیگر از جمله القای مقاومت گیاه، کلنیزه کردن اندوفیتی گیاه و تحریک رشد گیاه، نقش غیرمستقیمی دارند (Ownley et al. 2010). برخی از قارچ‌های بیمارگر حشرات از جمله *B. bassiana*، به عنوان اندوفیت، از طریق کلنیزه کردن سیستمیک گیاه، می‌توانند موجب حفاظت آن در برابر بیمارگرهای گیاهی شوند (Ownley et al. 2010). فعالیت اندوفیتی جدایه‌هایی از *B. bassiana* در تعدادی از گونه‌های گیاهی از جمله گوجه‌فرنگی، پنبه، لوبیاسبز، سویا، ذرت، تاتوره، سیب‌زمینی و گیاهچه کاکائو گزارش شده است (Ownley et al. 2008 and 2010) هم‌چنین توانایی آنتاگونیستی *B. bassiana* علیه بیمارگرهای مختلفی از قبیل *Armillaria*، *Fusarium oxysporum*، *Pythium* و *R. solani*، *Rosellinia necatrix*، *mellea* به اثبات رسیده است (Griffin 2007). کاربرد

جدایه‌ی ۹۸-۱۱ قارچ *B. bassiana* در بذور گوجه‌فرنگی نشان داده است که *B. bassiana* می‌تواند گیاهچه‌ها را به‌صورت اندوفیتی و اپیفیتی کلنیزه کند و باعث حفاظت آن‌ها در برابر گیاهچه‌میری شود (Ownley et al. 2008). استفاده از همین جدایه در بذور پنبه، علاوه بر کاهش گیاهچه‌میری ریزوکتونیایی، توانسته است مقاومت سیستمیک القایی را فعال کند (Griffin 2007). بررسی‌های آزادی و همکاران، سه جدایه از قارچ *B. bassiana* از طریق تحریک رشد گیاه و القای مقاومت سیستمیک، به‌طور چشمگیری بیماری گیاهچه‌میری ریزوکتونیایی را در گیاهان گوجه‌فرنگی کاهش دادند. هم‌چنین این جدایه‌ها در شرایط آزمایشگاهی، با تولید ترکیبات فرار و غیر فرار به‌طور معنی‌داری باعث کاهش رشد بیمارگر شدند (Azadi et al. 2015b). بنابراین به نظر می‌رسد که قارچ اندوفیت *B. bassiana* بتواند به‌عنوان یک عامل بیوکنترل، با استفاده از سازوکارهای مختلفی موجب کاهش بیماری‌های گیاهی شود. به همین منظور در پژوهش حاضر، کارایی و تاثیر سه جدایه از قارچ *B. bassiana* در کنترل بیماری ریزوکتونیایی پنبه و کاهش شدت بیماری، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

تهیه بیمارگر *R. solani* و جدایه‌های قارچ آنتاگونیست

جدایه‌های TS7، KJ24 و TS12 قارچ آنتاگونیست *B. bassiana* از آزمایشگاه حشره‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و بیمارگر *R. solani* با گروه آناتوموزی AG-4 از کلکسیون آزمایشگاه قارچ‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران تهیه شد. جدایه‌های قارچ آنتاگونیست در محیط Sabouraud Dextrose Agar (Senthamizhlselvan et al. 2010) و *R. solani* در محیط Potato Dextrose Agar کشت داده شدند.

بررسی میکروسکوپی نحوه تاثیر آنتاگونیست بر روی *R. solani*

به‌منظور مشاهده نحوه ارتباط بین هیف‌های جدایه‌های *B. bassiana* و قارچ بیمارگر، بررسی‌های میکروسکوپی با استفاده از

روش سو و همکاران انجام شد (Su et al. 2012) و اسلایدهای تهیه شده با بزرگ‌نمایی ۴۰×، مورد بررسی قرار گرفتند.

بررسی تولید توکسین توسط جدایه‌های آنتاگونیست

جهت انجام این آزمایش، از روش تغییر یافته‌ی پارون و بگوم استفاده شد (Parveen and Begum 2010). به این ترتیب که قطعات ۵ میلی متری از جدایه‌های قارچ آنتاگونیست تهیه و در مرکز تشتک‌های پتری حاوی محیط متیل بلو آگار (Methylene Blue Agar) با pH ۴/۷ کشت شد. پس از ده روز، تشتک‌های پتری از نظر وجود هاله‌ی شفاف اطراف پرگنه‌ی قارچی بررسی شدند. این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام شد.

بررسی فعالیت آنزیم کیتیناز آنتاگونیست

به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم کیتیناز جدایه‌های *B. bassiana* ابتدا با استفاده از روش چان و تیان، دیواره‌ی سلولی رایزوکتونیا تهیه شد (Chan and Tian 2005) و به‌عنوان تنها منبع کربن به محیط لیلی بارنت اضافه شد. سپس با استفاده از این محیط آنزیم کیتیناز جدایه‌های *B. bassiana* استخراج و با کاغذ واتمن صاف شده و در نهایت عصاره آنزیمی کیتیناز جدایه‌های *B. bassiana* به دست آمد (Chan and Tian 2005). پس از تهیه عصاره آنزیمی، مخلوط واکنش شامل ۵۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی، ۳۰۰ میکرولیتر کیتین (شرکت Titrachem) ۰/۵ درصد و ۲۰۰ میکرولیتر بافر فسفات (۰/۲ مولار و pH=4) تهیه شد. این محلول به مدت ۲ ساعت در دمای 37 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس ۲ میلی‌لیتر معرف دی‌نیتروسالسیلیک (DNS) به آن اضافه شد و ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی-گراد قرار گرفت. میزان آنزیم کیتیناز در طول موج ۵۸۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (Kang et al. 1999). با استفاده از داده‌های حاصل در طی ۸ روز، منحنی فعالیت آنزیم کیتیناز برای هر جدایه از آنتاگونیست رسم شد.

بررسی تاثیر آنتاگونیستی جدایه‌های *B. bassiana* در جلوگیری از مرگ گیاهچه گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای

ابتدا سوسپانسیون اسپوری جدایه‌های قارچ آنتاگونیست در غلظت‌های ۱۰^۷، ۱۰^۸ و ۱۰^۹ اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد و سپس بذور استریل شده پنبه (رقم ورامین)، به‌طور جداگانه با هر غلظت تیمار شدند. جهت تهیه‌ی مایه تلقیح بیمارگر، از بذور گندم استفاده شد (Tseng et al. 2008) و با نسبت ۳ درصد حجمی با خاک گلدانی مخلوط شد. سپس بذور تلقیح شده با سوسپانسیون-های آنتاگونیست، در گلدان‌ها کشت شدند. گلدان‌ها در گلخانه تحت تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و دمای 27 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۳۰ درصد نگهداری شدند. این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تکرار (گلدان) و ۱۱ تیمار انجام شد. تیمارها شامل شاهد آلوده، شاهد غیر آلوده و نه تیمار شامل بذور پنبه آغشته شده با غلظت‌های ۱۰^۷، ۱۰^۸ و ۱۰^۹ اسپور در میلی‌لیتر جدایه‌های TS7، KJ24 و TS12 آنتاگونیست بودند. در پایان هفته دوم پس از کاشت، با ظهور علائم گیاهچه‌میری، گیاهان مورد بررسی قرار گرفتند و میزان ضایعه حاصل از بیمارگر روی آن‌ها، مطابق روش کارلینگ و همکاران در پنج شاخص متفاوت شامل صفر (هیچ گونه آلودگی)، یک (آلودگی جزئی با ایجاد یک شانکر در طوقه)، دو (آلودگی متوسط با تیره شدن کامل بافت ریشه قبل از پوسیدگی)، سه (آلودگی بالا با پوسیدگی کامل ریشه)، چهار (آلودگی بالا با پوسیدگی کامل ریشه به‌همراه ایجاد لکه‌های برگ‌گی) و پنج (از بین رفتن کل گیاه) اندازه‌گیری شد (Carling and Leiner 1990). هم‌چنین فاکتورهای رشدی شامل وزن تر و خشک و طول گیاهان اندازه‌گیری شدند. درصد گیاهچه‌میری بوته‌ها نیز طبق رابطه‌ی (۱) محاسبه شد.

$$1) D = A1 - A2 / A1 \times 100$$

D: درصد گیاهچه‌میری، A1: تعداد بوته‌های سالم موجود در شاهد غیرآلوده و A2: تعداد بوته‌های سالم موجود در هر تیمار.

بررسی اندوفیت بودن *B. bassiana* در گیاه پنبه

جهت اثبات فعالیت اندوفیتی جدایه‌های *B. bassiana* در بافت-های برگ‌گی و ساقه‌ی گیاهان پنبه، نمونه‌هایی از اندام‌های هوایی

شده در میلی گرم پروتئین در دقیقه محاسبه شد (Urbanek et al. 1991).

اندازه گیری مقدار کل پروتئین عصاره استخراج شده

به منظور ارزیابی میزان پروتئین موجود در عصاره مورد آزمایش و تهیه منحنی پروتئین استاندارد، از روش برادفورد استفاده شد (Bradford 1976). میزان جذب نمونه ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه گیری شد، و با استفاده از منحنی استاندارد و تجزیه و تحلیل آماری داده ها، مقدار کل پروتئین محلول در هر نمونه گیاهی به صورت میکروگرم پروتئین در هر گرم بافت تازه گیاه محاسبه شد.

بررسی آماری

تجزیه و تحلیل داده های حاصل با نرم افزار SAS (ویرایش ۹/۲) و مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه ای دانکن با نرم افزار MSTATC (ویرایش ۲/۱۰) انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

بررسی نحوه ارتباط بین هیف های آنتاگونیست و *R. solani*

پس از بررسی اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شده از نحوه ارتباط بین هیف های جدایه های *B. bassiana* و قارچ عامل بیماری، مشاهده شد که جدایه های *B. bassiana*، قادر به پارازیت کردن و یا ایجاد بدشکلی و تجزیه ی دیواره ی قارچ رازوکتونیا نمی باشند (شکل ۱).

بررسی تولید توکسین توسط جدایه های آنتاگونیست

ده روز پس از رشد جدایه های آنتاگونیست در محیط کشت متیل-بلوآگار، ناحیه ی شفافی در اطراف پرگنه ی جدایه های TS12 و TS7 مشاهده شد (شکل ۲). اگرچه قطر این هاله ها اندک بود، ولی تولید توکسین های ضدقارچی را توسط این دو جدایه اثبات کرد. در جدایه KJ24، تغییری در محیط مشاهده نشد (شکل ۲).

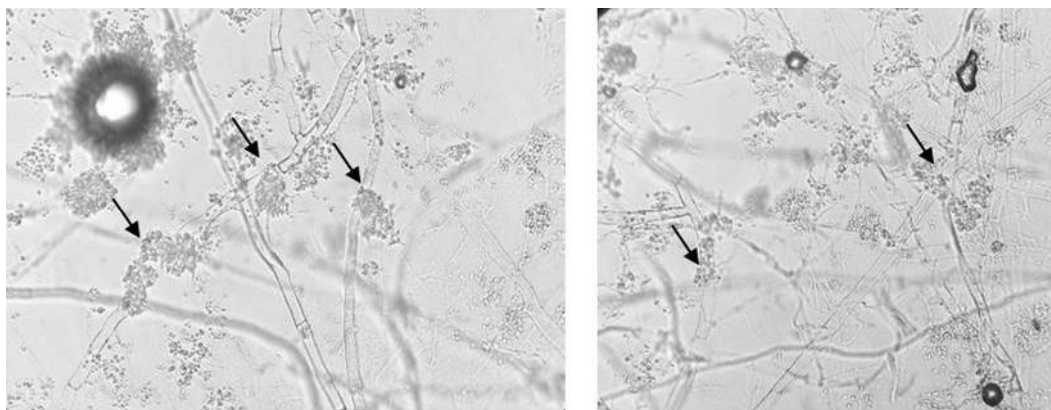
گیاهان تیمار شده در گلخانه به طور تصادفی انتخاب شدند و قطعات ۱-۲ سانتی متری از آن ها تهیه شد و پس از استریل سطحی در محیط SDA کشت داده شدند. ویژگی های مورفولوژیکی قارچ های جداسازی شده با استفاده از میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند. هم چنین برای بررسی دقیق تر قارچ های جداسازی شده، از واکنش زنجیره ای پلیمرز استفاده شد. بدین منظور از آغازگرهای Bbchit1-1 و CGGAATTCATGGCTCCTTTCTTCAAACCAG و Bbchit1-2 که CGCCCGGGTTACGCAGTCCCCAAAGTCCC می باشند استفاده شد (Fang et al. 2005). جهت استخراج DNA از روش ژئو و همکاران استفاده شد (Zhu et al. 1993). برنامه حرارتی مطابق برنامه پیشنهادی فانگ و همکاران تنظیم شد (Fang et al. 2005). محصول PCR در ژل آگارز ۱ درصد الکتروفورز شد و نتایج با استفاده از دستگاه Gel Documentation مدل Bio Doc Analyze بررسی و برای تخمین اندازه ی فرآورده ی تکثیر شده از نشانگر ژنومی یک کیلو جفت بازی Vivantis استفاده شد.

تهیه عصاره آنزیمی گیاهان جهت بررسی تاثیر *B. bassiana* در القای مقاومت سیستمیکی گیاهان

جهت اندازه گیری آنزیم پراکسیداز و میزان پروتئین گیاهی، از ساقه و برگ گیاهان تیمار شده استفاده شد. بدین منظور، عصاره ی آنزیمی گیاهان با استفاده از روش تغییر یافته ی ابوالیوسر و همکاران استخراج و تا زمان اندازه گیری در دمای ۸۰- نگهداری شد (Abo-Elyosr et al. 1976).

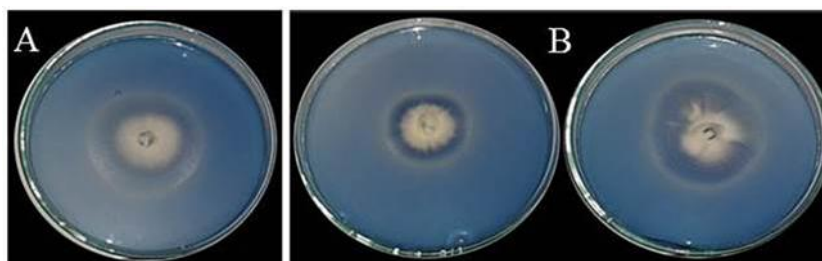
اندازه گیری آنزیم پراکسیداز

برای سنجش میزان این آنزیم، از روش اوربانک و همکاران استفاده شد. محلول واکنش شامل ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۳۵۰ میکرولیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی مولار، ۳۵۰ میکرولیتر پیروگالول ۱۰ میلی مولار و ۱ میلی لیتر H_2O_2 ۷۰ میلی مولار بود. میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت شرکت pg instrument مدل T80 ثبت شد. میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به صورت میکرومول H_2O_2 تجزیه-



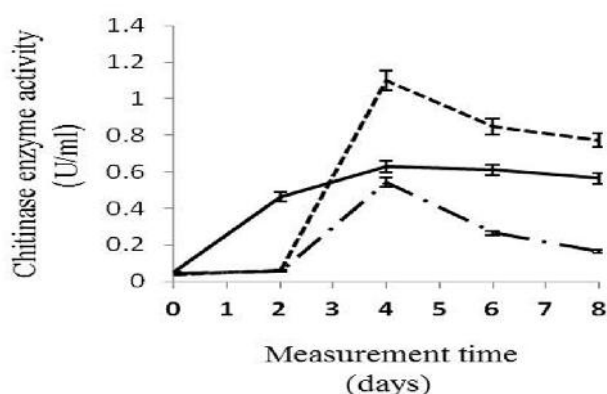
شکل ۱- بررسی میکروسکوپی ارتباط هیفی بین آنتاگونیست و بیمارگر. فلش‌ها نشان‌دهنده‌ی کنیدی‌های *B. bassiana* می‌باشند که با وجود احاطه میسلیم‌های *R. solani* سبب بدشکلی یا تغییر در آن نشده‌اند.

Figure 1. Microscopic examination of the relationship between the antagonist and the pathogen hyphae. The arrows indicate that despite surrounded the *R. solani* mycelia by conidia of *B. bassiana*, not cause deformity or change it.



شکل ۲- بررسی تولید توکسین توسط جدایه‌های قارچ *B. bassiana* در محیط متیل‌بلوآگار. (A) عدم وجود منطقه شفاف در اطراف پرگنه‌ی KJ24، (B) وجود هاله شفاف در اطراف پرگنه‌های TS12 (راست) و TS7 (چپ).

Figure 2. Study Toxin production by isolates of *B. bassiana* in the methylene blue agar medium. A) absence a clear zone around the colony of KJ24, B) existence a clear zone around the colonies TS12 (right) and TS7 (left).



شکل ۳- فعالیت آنزیم کیتیناز تولید شده توسط جدایه‌های TS12 (خط)، TS7 (خط تیره و نقطه) و KJ24 (خط تیره) قارچ *B. bassiana* در طول هشت روز رشد در دمای 26 ± 1 درجه سانتی‌گراد. هر عدد میانگین سه تکرار بوده و میله خطا (Error bar) نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار استاندارد می‌باشد.

Figure 3. Chitinase enzyme activity produced by isolates of TS12 (line), TS7 (Dots and dashes) and KJ24 (Dash line) of *B. bassiana* during the eight days of growth at a temperature of $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Vertical bars represent $\pm$ S.E. of means ($n=3$).

سنجش فعالیت آنزیم کیتیناز قارچ *B. bassiana*

پس از تهیه عصاره آنزیمی جدایه‌های آنتاگونیست و سنجش فعالیت آنزیم کیتیناز با استفاده از معرف دی‌نیتروسالسیلیک اسید، منحنی تغییرات آنزیمی در طی هشت روز برای هر جدایه از آنتاگونیست رسم شد؛ نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان فعالیت آنزیم کیتیناز در هر سه جدایه افزایش یافته است به طوری که در روز چهارم بیشترین مقدار آنزیمی توسط هر سه جدایه تولید شده است ولی پس از آن میزان تولید این آنزیم کاهش یافته است. بیشترین و کمترین میزان آنزیم تولید شده به ترتیب در جدایه‌ی KJ 24 و TS7 مشاهده شد (شکل ۳).

بررسی تاثیر جدایه‌های *B. bassiana* در جلوگیری از گیاهچه-میری پنبه در شرایط گلخانه‌ای : در پایان هفته دوم پس از کاشت بذور تیمار شده، با ظهور علائم گیاهچه‌میری، درصد گیاهچه‌میری، شاخص شدت بیماری و فاکتورهای رشدی محاسبه شد. آنالیز داده‌ها نشان داد که تیمارها از نظر درصد گیاهچه‌میری و شاخص شدت بیماری در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر طول گیاه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نیز نشان داد که غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر جدایه‌ی KJ24 با $57/143$ درصد گیاهچه‌میری و شاخص بیماری $0/4$ دارای بیشترین اثر کنترل‌کنندگی است. هم‌چنین بیشترین طول گیاه در بین تیمارها برابر با $28/667$ سانتی‌متر بود

که در این تیمار مشاهده شد. در حالیکه گیاهان شاهد آلوده دارای $85/714$ درصد گیاهچه‌میری و $3/5$ شاخص شدت بیماری بودند. کم‌ترین اثر کنترل‌کنندگی در غلظت 10^5 اسپور در میلی‌لیتر جدایه‌ی TS7 با $85/714$ درصد گیاهچه‌میری و شاخص بیماری $1/00$ مشاهده شد. هم‌چنین این تیمار دارای کم‌ترین طول ساقه نیز بود. بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌ها، غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر جدایه‌ی KJ24 با نشان دادن کمترین درصد گیاهچه‌میری و شاخص بیماری و هم‌چنین بهترین اثر روی طول گیاه، به عنوان بهترین غلظت و جدایه برای کنترل گیاهچه‌میری پنبه تعیین شد. سایر فاکتورهای رشدی شامل وزن تر و خشک گیاه دارای اختلاف معنی‌داری نبودند (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین درصد گیاهچه‌میری، شاخص شدت بیماری و طول گیاه، در بررسی‌های گلخانه‌ای.

Table 1. Mean comparison of percentage damping-off, disease severity and plant length in the greenhouse experiment.

Treatment	Percentage damping-off		disease severity		Plant length (cm)	
TS7 (10^5 cell/ml)	85.714	d	1	f	12.167	d*
TS7 (10^7 cell/ml)	71.429	c	1	f	23	abcd
TS7 (10^9 cell/ml)	71.429	c	1.1	g	18.833	bcd
TS12 (10^5 cell/ml)	85.714	d	0.5	c	23.333	abcd
TS12 (10^7 cell/ml)	71.429	c	0.5	c	24.833	abcd
TS12 (10^9 cell/ml)	85.714	d	0.8	e	21.333	abcd
KJ24 (10^5 cell/ml)	71.429	c	1.2	h	26	abc
KJ24 (10^7 cell/ml)	57.143	b	0.4	b	28.667	ab
KJ24 (10^9 cell/ml)	71.429	c	0.6	d	15.667	cd
Non-infected	0	a	0	a	33.333	a
infected	85.714	d	3.5	i	23.667	abcd

هر عدد میانگین سه تکرار بوده و حروف متفاوت در هر ستون، نشان‌گر اختلاف آماری در سطح احتمال ۱ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند. *حروف متفاوت، نشان‌گر اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Values followed by the same letter were not significantly different at 1%, as determined by variance analysis followed by Duncan's Multiple Range Test.

*Values followed by the same letter were not significantly different at 5%, as determined by variance analysis followed by Duncan's Multiple Range Test.

جداسازی شده *B. bassiana* تشخیص داده شدند (Griffin 2007) و مشخص شد که تمام تیمارها قادر به کلنیزه کردن گیاهان و فعالیت اندوفیتی هستند.

هم‌چنین تکثیر قطعه‌ی DNA به طول ۱۰۰۰ جفت‌باز از دسته ژن-های کیتیناز با استفاده از تکنیک PCR و با کمک دو آغازگر Bbchit1-1 و Bbchit1-2 نشان داد که قارچ جداسازی شده از

بررسی اندوفیت بودن *B. bassiana* در گیاه پنبه

با تهیه اسلایدهای میکروسکوپی، ویژگی‌های مورفولوژیکی قارچ‌های جداسازی شده از گیاهان تیمار شده در گلخانه، مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به وجود دیواره عرضی هیف‌ها، اسپورهای تک‌سلولی کروی یا بیضی شکل، رشد سیمپودیال هیف‌ها و سلولهای کنیدی‌زای فبالیدی شکل (شکل ۴)، قارچ‌های

دارای اختلاف معنی دار هستند. با توجه به مقایسه میانگین داده-های حاصل از اندازه گیری آنزیم پراکسیداز، جدایه ی KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی لیتر با $1/652$ واحد، در مقایسه با شاهد آلوده با $0/339$ واحد، به عنوان بیشترین تولیدکننده ی آنزیمی مشخص شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده های حاصل از اندازه گیری میزان پروتئین کل گیاهی نیز نشان داد که جدایه های TS7 و TS12 با غلظت 10^7 اسپور در میلی لیتر، به ترتیب با $13/046$ و $8/546$ واحد نسبت به جدایه ی KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی لیتر با $4/050$ واحد و شاهد آلوده با $3/780$ واحد، دارای بیشترین مقدار پروتئین هستند (جدول ۲).

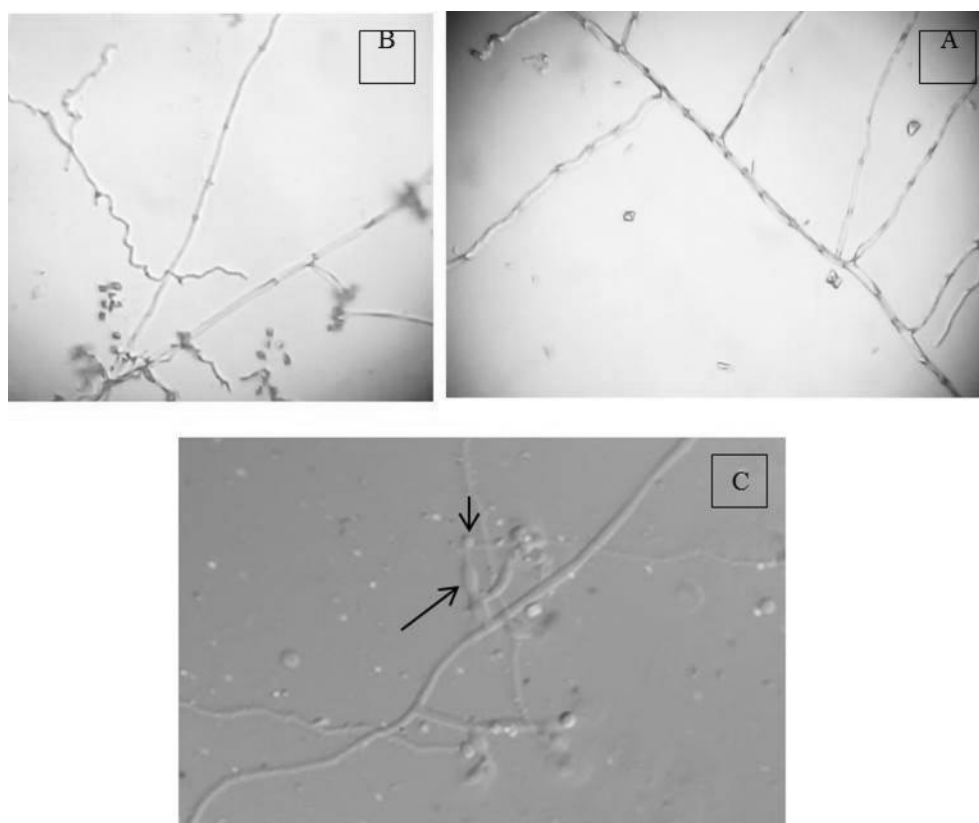
تیمار KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی لیتر که دارای بیشترین درصد کنترل کنندگی بود، *B. bassiana* است (شکل ۵).

تهیه عصاره آنزیمی گیاهان جهت بررسی تاثیر *B. bassiana* در القای مقاومت سیستمیک در گیاه

با توجه به نتایج حاصل از بررسی های گلخانه ای سه جدایه ی KJ24، TS7 و TS12، با غلظت 10^7 اسپور در میلی لیتر که دارای کمترین درصد گیاهچه میری و شاخص بیماری بودند، برای اندازه گیری های آنزیمی و بررسی سازوکار القای مقاومت گیاهی مورد استفاده قرار گرفتند.

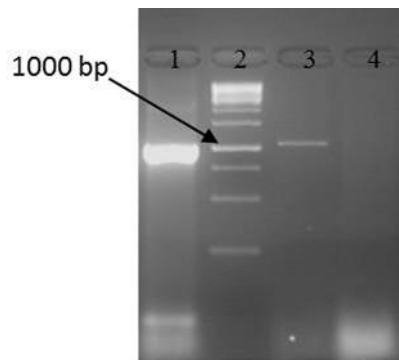
اندازه گیری آنزیم پراکسیداز و میزان پروتئین کل گیاه

آنالیز داده های حاصل نشان داد که تیمارها از نظر میزان تولید آنزیم پراکسیداز و میزان پروتئین گیاهی در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۴- ویژگی های مورفولوژیکی *B. bassiana*. A) دیواره عرضی هیف ها، B) رشد سیمپودیال هیف ها، C) اسپورهای تک سلولی کروی یا بیضی شکل، و سلولهای کنیدی زای فیالیدی.

Figure 4. Morphological characteristics of *B. bassiana*. A) septate hyphae, B) sympodial conidiogenesis, C) conidia globose to oval and single celled, and phialidic conidiogenesis cells.



شکل ۵- ردیابی DNA قارچ استخراج شده از گیاه پنبه تیمار شده با جدایه KJ24 با استفاده از پرایمرهای Bbchit1-2 و Bbchit1-1. (۱) جدایه KJ24، (۲) مارکر Vivantis، (۳) قارچ استخراج شده از گیاه پنبه تیمار شده با جدایه KJ24، و (۴) کنترل منفی PCR.

Figure 5. Detection of DNA extracted from cotton plants treatment with KJ24, using Bbchit1-2 and Bbchit1-1 primers. Lane 1: KJ24 isolate, Lane 2: ladder, Lane 3: fungal extracted from cotton plants treatment with KJ24 isolate, and Lane 4: no DNA control.

جدول ۲- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز و پروتئین کل گیاه.

Table 2. Mean comparison of peroxidase enzyme activity and total protein in plants

Treatment	peroxidase enzyme		Total protein	
	$\mu\text{Mol H}_2\text{O}_2$	decomposed per mg protein per minute	$\mu\text{g protein per g fresh tissue weight}$	
TS7 (107cell/ml)	0.4995	c	13.0465	a
TS12 (107 cell/ml)	0.7715	bc	8.5465	b
KJ24 (107cell/ml)	1.6525	b	4.0500	c
Non-infected	4.9035	a	3.7100	c
Infected	0.33975	c	3.7800	c

هر عدد میانگین سه تکرار بوده و حروف متفاوت در هر ستون، نشانگر اختلاف آماری در سطح احتمال ۱ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Values followed by the same letter were not significantly different at 1%, as determined by variance analysis followed by Duncan's Multiple Range Test.

بحث

از بین رفتن عوامل بیماری‌زا قبل از نفوذ به میزبان شوند (Agrios 2005). در جدایه‌ای از *B. bassiana* که از ریزوسفر گیاه گندم جداسازی شده است، خاصیت بازدارندگی از رشد و تولید آنزیم‌های کیتیناز و بتاگلوکاناز علیه *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* گزارش شده است (Renwick et al. 1991). نتایج این بررسی نشان داد که با وجود تولید آنزیم کیتیناز توسط هر سه جدایه KJ24، TS7 و TS12 قارچ *B. bassiana*، در محیط لیلی-بارنت، در بررسی میکروسکوپی قادر به پارازیت کردن و تجزیه دیواره سلولی *R. solani* نیستند. گریفین و اونلی ثابت کردند که جدایه‌ی ۹۸-۱۱ قارچ *B. bassiana* اگرچه می‌تواند هیف‌های *Pythium myriotylum* را پارازیت کند ولی قادر به پارازیت کردن میسلیم‌های *R. solani* نیست (Griffin 2007, Ownley 2008).

تولید متابولیت‌های ثانویه‌ی ضدقارچی و ضدباکتریایی به عنوان یکی از مهم‌ترین سازوکارهای بیوکنترلی *B. bassiana* گزارش شده است (Ownley et al. 2010). با توجه به توانایی تولید آنزیم‌های کیتیناز، پروتئاز و لیپاز توسط *B. bassiana* جهت تجزیه کوتیکول حشرات و نفوذ به درون آن‌ها (Griffing 2007) و از طرفی شباهت ژن کیتیناز *B. bassiana* به ژن کیتیناز *Trichoderma harzianum* (Carolina Sánchez-Pérez et al. 2014)، به نظر می‌رسد که تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده از جمله کیتیناز نیز از دیگر سازوکارهای بیوکنترلی *B. bassiana* باشد. آنزیم‌های تجزیه‌کننده و متابولیت‌های ثانویه سمی می‌توانند باعث

در بررسی‌های آزادی و همکاران نیز مشخص شد که جدایه‌های TS7، TS12 و KJ24 قارچ *B. bassiana* در آزمون کشت متقابل قادر به بازداري از رشد *R. solani* نیستند (Azadi et al. 2015b). پارازیت نشدن میسلیم‌های *R. solani* شاید به این دلیل است که قسمت بیشتر دیواره سلولی *R. solani* از گلوکان تشکیل شده است (Hadar 1979) و میزان کیتین قابل دسترس برای قارچ *B. bassiana* کم بوده و در نتیجه منجر به کاهش تولید این آنزیم در حضور هیف‌های *R. solani* گشته است. در حالی که در محیط لیلی-بارنت، به دلیل وجود دیواره سلولی *R. solani* به عنوان تنها منبع کربن و از طرفی به دلیل هوادهی مناسب، ترشح این آنزیم توسط جدایه‌های *B. bassiana* فعال شده و در روز چهارم به بیشترین مقدار خود رسیده است. این نتایج با گزارش‌های موجود مبنی بر موثر بودن نقش هوادهی در میزان تولید آنزیم کیتیناز، مطابقت دارد (De Marco 2000). نتایج حاصل از سنجش فعالیت آنزیم کیتیناز در این پژوهش نشان داد که میزان فعالیت این آنزیم با گذشت زمان افزایش یافته بطوری که در روز چهارم به بیشترین میزان رسیده است. مصطفی و کائور نیز در بررسی‌های خود نشان دادند که میزان تولید آنزیم کیتیناز در جدایه‌های مختلف *B. bassiana* در روزهای چهارم و ششم بعد از تلقیح افزایش می‌یابد (Mustafa and Kaur 2010). در بررسی‌های دیگری نیز افزایش تولید آنزیم کیتیناز در جدایه‌های مختلف *B. bassiana* در روز سوم بعد از تلقیح ثابت شده است (Petlamul1 and Prasertsan 2012). با توجه به فعالیت اندوفیتی قارچ *B. bassiana*، به نظر می‌رسد که علاوه بر تولید متابولیت‌های ثانویه (Azadi et al. 2015a) و تولید آنزیم کیتیناز، سازوکارهای دیگری نیز در کاهش بیماری گیاهچه‌میری رایزوکتونایی پنبه نقش داشته باشند.

بررسی‌های گلخانه‌ای نشان دادند که تمام تیمارهای به کار رفته توانسته‌اند شدت بیماری را به طور معنی‌داری کاهش دهند. در بین تیمارها، تیمار مربوط به جدایه‌ی KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر با شاخص بیماری $0/4$ و همین جدایه با غلظت 10^5 اسپور در میلی‌لیتر با شاخص $1/2$ به ترتیب دارای کمترین و بیشترین شاخص شدت بیماری بود. در حالی که شاخص شدت بیماری در گیاهان آلوده برابر با $3/5$ محاسبه شد. هم‌چنین مشاهده شد که جدایه‌ی KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر، دارای

بیشترین طول ساقه و کمترین درصد گیاهچه‌میری در بین سایر تیمارها است. در بررسی‌های اولی و همکاران مشخص شد که تیمار گیاهان با جدایه‌ی ۹۸-۱۱ قارچ *B. bassiana*، علاوه بر کاهش گیاهچه‌میری رایزوکتونایی، باعث افزایش رشد گیاهان نیز می‌شود (Ownley et al. 2004). گریفین نیز نشان داد که کاربرد جدایه‌ی فوق می‌تواند گیاهچه‌میری گوجه‌فرنگی را کاهش دهد (Griffin 2007). هم‌چنین باتسون و همکاران طی بررسی‌هایی ثابت کردند که تیمار بذور پنبه با *B. bassiana* می‌تواند باعث بهبود حفاظت گیاه در برابر *R. solani* شود (Batson et al. 2000). در بررسی‌های آزادی و همکاران نیز توانایی جدایه‌هایی از *B. bassiana* در کاهش گیاهچه‌میری رایزوکتونایی گوجه‌فرنگی به اثبات رسید (Azadi et al. 2015b). این درحالی است که در بررسی تولید توکسین، جدایه‌های TS7 و TS12، که در مقایسه با جدایه KJ24 قدرت کنترل‌کنندگی کمتری داشتند، قادر به تولید توکسین بودند، در حالی که جدایه KJ24 نتوانست توکسین تولید کند. با توجه به نتایج آزمایشگاهی مشخص شد که جدایه‌های *B. bassiana* به صورت مستقیم قادر به کنترل بیمارگر نیستند بنابراین با توجه به نتایج مثبت بررسی‌های گلخانه‌ای، و نیز اندوفیت بودن این جدایه‌ها، احتمال دارد که کاهش بیماری در گیاهان پنبه ناشی از فعالیت اندوفیتی *B. bassiana*، و القای مقاومت در گیاهان باشد. چرا که قارچ‌های اندوفیت موجب تحریک سازوکارهای دفاعی گیاه شده و باعث مقاومت گیاه نسبت به طیف وسیعی از حشرات و بیماری‌ها می‌شوند (Zabalgogezcoa 2008). هم‌چنین آن‌ها می‌توانند تاثیر مثبتی روی رشد گیاه داشته باشند (Ownley et al., 2010). فعالیت اندوفیتی تیمارهای به کار رفته، با جداسازی قارچ از گیاهان تیمار و نیز از طریق واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) ثابت شد و مشخص شد که آن‌ها قادر به کلنیزه کردن گیاه به صورت اندوفیت می‌باشند. گریفین نیز با استفاده از PCR فعالیت اندوفیتی جدایه‌ی ۹۸-۱۱ قارچ *B. bassiana* را در گیاه پنبه ثابت کرد. وی هم‌چنین بیان کرد که این جدایه قادر به فعال کردن مقاومت القایی سیستمیک در گیاه است (Griffin 2007). کنرات و همکاران نیز با اثبات فعالیت اندوفیتی *B. bassiana*، بیان کردند که اندوفیت‌ها، نقش مهمی در تحریک سیستم مقاومتی گیاه دارند

(Conrath et al. 2006). آزادی و همکاران نیز علاوه بر اثبات فعالیت اندوفیتی جدایه‌های *B. bassiana* در گیاه گوجه‌فرنگی، نشان دادند که کنترل گیاهچه‌میری توسط این جدایه‌ها احتمالاً ناشی از تحریک رشد گیاه و القای مقاومت سیستمیکی در آن‌ها بوده است (Azadi et al. 2015a).

طی بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران، مشخص شده است که آنزیم‌های زیادی با القای مقاومت گیاهان در ارتباط هستند؛ از جمله آنزیم پراکسیداز (Alves Silva et al. 2004). طبق بررسی‌های مختلف، پژوهشگران فعالیت آنزیم پراکسیداز را به‌عنوان مارکر بیوشیمیایی جهت پیش‌بینی مقاومت معرفی کرده‌اند، که ممکن است به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در سازوکارهای دفاعی نقش داشته باشد. به‌عنوان مثال، نقش مستقیم آن در واکنش‌های دفاعی وارسته‌های مقاوم گیاهان به اثبات رسیده است (Lehrer 1969). همچنین طی بررسی‌هایی نشان داده شد که فعالیت آنزیم پراکسیداز با فعال شدن مقاومت القایی سیستمیک در ارتباط است (Hammerschmidt and Kuc 1982). پراکسیداز ها 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). این آنزیم علاوه بر سازوکارهای دفاعی، در تنظیم هورمونی، بیوستز لیگنین، تجزیه اکسین و برخی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی دیگر گیاهان نیز نقش دارد. برخی از پروتئین‌ها مرتبط با بیماری‌زایی بوده و پس از حمله میزبان در گیاه فعال شده و یا افزایش می‌یابند (Tsai 2011). در بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نیز مشخص شد که فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان تیمار شده با جدایه KJ24 با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر که بیشترین تاثیر کنترل‌کنندگی را داشت، بیش از شاهد آلوده و سایر تیمارها بود. از طرفی طول گیاه نیز در این تیمار دارای افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها و شاهد منفی بود. با توجه به نقش پراکسیداز در مراحل مختلف رشدی گیاه و بیوستز لیگنین و با توجه به نتایج حاصل و همچنین عدم افزایش پروتئین کل گیاهی، چنین به نظر می‌رسد که این تیمار با تحریک رشد گیاه و لیگنینی شدن دیواره سلول‌ها و احتمالاً افزایش رشد ریشه‌ها و طول گیاه باعث عبور گیاه از مرحله حساس رشدی

شده و در نتیجه بیماری کاهش یافته است. لیگنینی شدن دیواره و تقویت آن در مراحل اولیه رشد، توسط H_2O_2 انجام می‌شود (Yang et al. 2014). با توجه به نقش آنزیم پراکسیداز در تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن از جمله H_2O_2 ، افزایش تولید H_2O_2 با افزایش آنزیم پراکسیداز همراه است. پس از طی مرحله بلوغ و کاهش H_2O_2 ، میزان آنزیم پراکسیداز نیز کاهش می‌یابد. بنابراین در گیاهان شاهد غیرآلوده نیز میزان آنزیم پراکسیداز افزایش می‌یابد.

وجود خاصیت تحریک‌کنندگی رشد گیاه توسط آنتاگونیست‌ها، نقش مهمی در متحمل کردن گیاه به بیماری‌های ریشه دارد. با تحریک رشد گیاه ریشه‌های آلوده به سرعت توسط ریشه‌های جدید جایگزین می‌شوند و باعث عبور گیاهچه از مرحله حساس شده و در نتیجه خسارت بیماری را کاهش می‌دهند. هارمون و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که وجود چنین فعالیتی توسط قارچ‌های بیمارگر حشرات، مشابه فعالیت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه است.

دو تیمار TS7 و TS12 با غلظت 10^7 اسپور که از نظر کنترل‌کنندگی تاثیر کمتری در مقایسه با جدایه KJ24 با غلظت 10^7 اسپور داشتند، از لحاظ تولید آنزیم پراکسیداز برخلاف جدایه KJ24 با غلظت 10^7 اسپور، با شاهد آلوده تفاوتی نداشتند. نتایج این پژوهش با مطالعات هاول و همکاران مطابقت دارد (Howell et al. 2000). آن‌ها بیان داشتند که یکی از عوامل مهم کنترل بیولوژیک بیماری مرگ گیاهچه در اثر *R. solani*، افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهچه‌های پنبه تیمار شده با *T. virens* است. مرتضی نیا و همکاران نیز نشان دادند که مقاومت در گیاهچه‌های خیار تیمار شده با *Trichoderma harzianum* Bi علیه *Pythium aphanidermatum* با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارتباط است (Mortezaia et al. 2010).

میزان پروتئین کل گیاه در این دو تیمار (TS7 و TS12) با غلظت 10^7 نسبت به شاهد آلوده دارای افزایش قابل توجهی است. با توجه به نقش پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی در القای مقاومت گیاه و کاهش بیماری‌ها، احتمال دارد که دو تیمار فوق نیز با القای مقاومت گیاه و فعال شدن سازوکارهای بیوکترلی باعث کاهش

غلظت‌های به کار رفته غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر در هر سه جدایه توان کنترلی بالایی را داشت. بنابراین به نظر می‌رسد که در غلظت 10^5 اسپور در میلی‌لیتر به دلیل کاهش کنیدی‌های موجود در واحد سطح و در غلظت 10^9 اسپور در میلی‌لیتر به دلیل ازدحام کنیدی‌ها و کاهش سطح تماس، احتمال نفوذ قارچ به درون گیاه کاهش یافته‌است. ولی غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر برای نفوذ کنیدی‌های قارچ *B. bassiana* مناسب بوده است. نتایج حاصل با بررسی‌های اوئلی (۲۰۰۸) مطابقت دارد. وی نیز نشان داد که غلظت‌های 10^7 تا 10^6 اسپور در میلی‌لیتر جدایه‌ی ۹۸-۱۱ *B. bassiana*، در بذور گوجه‌فرنگی و غلظت‌های 10^7 تا 10^9 اسپور در میلی‌لیتر بذور پنبه، بهترین تاثیر محافظت‌کنندگی را علیه بیمارگرها دارند. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد که تولید آنزیم کیتیناز و متابولیت‌های ثانویه از یک سو مانع نفوذ بیمارگر به بافت گیاهی میزبان شده و از سوی دیگر القای مقاومت و تحریک رشد گیاه، موجب کاهش شدت بیماری و در نتیجه کنترل گیاهچه‌میری پنبه شده است.

منابع

- Abo-Elyosr K AM, Hussein M AM, Allam A DA, 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.
- Agnieszka P, Iwona Z. 2003.** Cold-induced plant resistance to necrotrophic pathogens and antioxidant enzyme activities and cell membrane permeability. Plant Science 164: 1019-1028.
- Agrios GN. 2005.** Plant pathology. Dana Dreibelbis, Fifth Edition. 922pp.
- Alves Silva HS, Silva Romeiro R, Macagnan D, Halfeld-Vieira BA, Baracat Pereira MC, Mounteer A. 2004.** Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non-specific protection and increase in enzyme activities. Biological Control 29: 288-295.
- Ashry NA, Mohamed HI. 2011.** Impact of Secondary Metabolites and Related Enzymes in Flax Resistance and or Susceptibility to Powdery Mildew. World Journal of Agricultural Sciences 7 (1): 78-85.
- Azadi N, Shirzad A, Mohammadi H. 2015a.** Study some of biocontrol mechanisms *Beauveria bassiana* against

بیماری شده‌اند. به‌طوری‌که اشری و موهامد نشان دادند که در رقم‌های مقاوم گیاه کتان به کپک پودری، میزان پروتئین کل گیاه افزایش می‌یابد (Ashry and Mohamed 2011). همچنین در مطالعات چان و تیان در میوه‌های گیل‌اس که با مخمر و اسید سالسیلیک مصنوعی علیه کپک آبی تیمار شده بودند، پروتئین‌های خاصی افزایش می‌یابند که احتمال دارد با مقاومت آن‌ها در ارتباط باشند (Chan and Tian 2006). در مطالعه‌ای دیگر نیز ثابت شد که حضور و افزایش پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی در بافت‌های آلوده به بیمارگر، با مقاومت گیاهان ارتباط مثبتی دارد (Agnieszka and Iwona 2003). با توجه به اینکه آنزیم‌ها و ترکیبات دفاعی مختلفی در القای مقاومت گیاه نقش دارند بنابراین آنزیم پراکسیداز و پروتئین کل گیاهی به تنهایی نمی‌توانند بیانگر فعال شدن سیستم مقاومتی گیاه باشند، ولی با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات آزادی و همکاران مبنی بر تحریک رشد و القای مقاومت گیاه گوجه‌فرنگی توسط جدایه‌های *B. bassiana* و کاهش بیماری (Azadi et al. 2015a)، احتمال وجود چنین پدیده‌ای در قارچ اندوفیت *B. bassiana*، بسیار زیاد بوده و نیازمند بررسی‌های بیشتری است. با توجه به درصد گیاهچه‌میری و شاخص بیماری، به نظر می‌رسد که غلظت و تراکم کنیدی‌ها نیز در کلنیزه کردن گیاه و فعالیت اندوفیتی جدایه‌های *B. bassiana* و در نتیجه کنترل بیماری نقش داشته باشد، به طوری که در بین

Rhizoctonia disease in tomato. MSc Thesis. Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. (In Persian with English abstract).

- Azadi N, Shirzad A, Mohammadi H. 2015b.** Study of biological control of tomato Damping-off disease by some isolates of *Beauveria bassiana*. In: First National Conference on Agriculture, Environment and Food Security. Iran, University of Jiroft. http://www.civilica.com/Paper-AEFSJ01-AEFSJ01_262.html. (In Persian with English abstract).
- Bradfor, M. 1976.** A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Butt TM, Jackson C, Magan N. 2001.** Fungal as biocontrol agents Progress, Problems and Potential. CABI Publishing, UK.
- Carling DE, Leiner RH. 1990.** Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on Potato. Phytopathology 80: 930-934.
- Carolina Sánchez-Pérez LD, Barranco-Florido JE, Rodríguez-Navarro S, Cervantes Mayagoitia JF, Ramos-López MA. 2014.** Enzymes of Entomopathogenic Fungi,

- Advances and Insights. *Advances in Enzyme Research* 2: 65-76.
- Chan Z, Tian S. 2005.** Interaction of antagonistic yeasts against postharvest pathogens of apple fruit and possible mode of action. *Post harvest Biology and Technology* 36: 215-223.
- Conrath U, Beckers GJM, Flors B, García-Agustín P, Jakab G, Mauch F, Newman MA, Pieterse CMJ, Poinssot B. 2006.** Priming: getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions Journal* 19: 1062-1071.
- De Marco JL, Lima LHC, De Sousa MV, Felix CR. 2000.** A *Trichoderma harzianum* chitinase destroys the cell wall of the phytopathogen *Crinipellis perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of cocoa. *World journal of Microbiology and Biotechnology* 16: 383-386.
- Fang W, Leng B, Xiao Y, Jin K, Ma J, Fan Y, Feng J, Yang X, Zhang Y, Pei Y. 2005.** Cloning of *Beauveria bassiana* Chitinase Gene *Bbchit1*, Its Application To Improve Fungal Strain Virulence. *Applied Environmental Microbiology* 71(1): 363-370.
- Griffin MR. 2007.** *Beauveria bassiana*, a cotton endophyte with biocontrol activity against seedling disease. PhD Thesis. University of Tennessee, Knoxville.
- Hadar Y, Chet I, Henis Y. 1979.** Biological control of *Rhizoctonia solani* damping off with wheat bran culture of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 69: 64-68.
- Haggag WM. 2010.** Role of Entophytic Microorganisms in Biocontrol of Plant Diseases. *Life Science Journal* 7(2): 57-62.
- Hammerschmidt R, Kuc J. 1982.** Lignification as a mechanism for induced systemic resistance in cucumber. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 20: 61-71.
- Harmon GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004.** *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Rev Microbiol* 2: 43-56.
- Howell CR, Hanson LE, Stipanovic RD, Puckhaber LS. 2000.** Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 90: 284-252.
- Kang SC, Park S, Lee DG. 1999.** Purification and Characterization of a Novel Chitinase from the Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 73: 276-281.
- Lehrer RI. 1969.** Antifungal Effects of Peroxidase Systems. *Bacteriology* 99 (2): 361-365.
- Liu J, Ekramoddoullah AKM. 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: 3-13.
- Magasanik B. 1961.** Catabolite Repression. Cold spring harbor symposia on quantitative biology 26: 249-256.
- Mortezaia 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. *Journal of Plant Protection* 24 (3): 258-268.
- Mostafa M, Sharifnabi B, Esmaeili A, Safaie N. 2010.** Study of role of *AbreAtr1* gene in protective mechanism and pathogenicity of *Alternaria brassicae*, the causal agent of leaf spot in canola, using real time PCR. *Iranian journal of plant pathology* 46(4):283-292. (In Persian with English abstract)
- Muriungi SJ, Mutitu EW, Muthomi JW. 2014.** Efficacy of culture methods in the control of *Rhizoctonia solani* strains causing tomato damping off in Kenya. *african journal of food agriculture nutrition and development* 14(2): 8776-8790.
- Mustafa U, Kaur G. 2010.** Studies on extracellular enzyme production in *Beauveria bassiana* isolates. *International Journal of Biotechnology & Biochemistry* 6 (5): 701-713.
- Ownley BH, Griffin M R, Klingeman WE, Gwinn KD, Moulton JK, Pereira RM. 2008.** *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. *Journal of Invertebrate Pathology* 98:267-270.
- Ownley BH, Gwinn KD, Vega FE. 2010.** Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. *BioControl* 55: 113-128.
- Pancher M, Ceol M, Corneo PE, Oliveira Longa CM, Yousaf S, Pertot L, Campisano C. 2014.** Crop Management Grapevines (*Vitis vinifera* L.) Respond to Fungal Endophytic Communities in Grapevines (*Vitis vinifera* L.) Respond to Crop Management. *Applied Environmental Microbiology* 78(12): 4308-4317.
- Parveen RM, Begum JA. 2010.** Production and effect of killer toxin by *Saccharomyces cerevisiae* on sensitive yeast and fungal pathogens. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 3(1): 127-129.
- Petlamul W, Prasertsan P. 2012.** Evaluation of Strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the Basis of Their Virulence, Germination Rate, Conidia Production, Radial Growth and Enzyme Activity. *Mycobiology* 40(2): 111-116.
- Renwick A, Campbell R, Coe S. 1991.** Assessment of in vivo screening systems for potential biocontrol agents of *Gaeumannomyces graminis*. *Plant Pathology* 40:5 24-532.
- Saikkonen K, Faeth SH, Helander M, Sullivan TJ. 1998.** Fungal endophytes: a continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 29:319-343.
- Senthamizhlselvan P, Sujeetha JARP, Jeyalakshmi C. 2010.** Growth, sporulation and biomass production of native entomopathogenic fungal isolates on a suitable medium. *Journal of Biopesticides* 3(2): 466 - 469.
- Su YY, Qi YL, Cai L. 2012.** Induction of sporulation in plant pathogenic fungi. *Mycology* 3 (3): 195-200.
- Tsai YH. 2011.** Involvement of salicylic acid in the resistance responses of different wheat cultivars to two Russian wheat aphid biotypes. MSC Thesis. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.
- Tseng SC, Liu SY, Yang HH, Lo CT, Peng KC. 2008.** Proteomic study of biocontrol mechanisms of *Trichoderma harzianum* T323 in response to *Rhizoctonia solani*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 6914-6922.
- Urbanek H, Kuzniak-Gebarowska E, Herka H. 1991.** Elicitation of defence responses in bean leaves by *Botrytis*

- cinerea* Polygalacturonase. Acta Physiologiae Plantarum 13:43–50.
- Vesely D, Koubova D. 1994.** In vitro effect of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. and *B. brongniartii* (Sacc.) Petch on phytopathogenic fungi. Ochr Rostl 30: 113–120.
- Walters D, Newton A, Lyon G. 2007.** Induced resistance for plant defence, Blackwell Publishing, UK.
- Yang Y, Shah J., Klessig DF. 2014.** Signal perception , transduction in plant defense responses. Genes & Development 11: 1621-163.
- Zabalgogezcoa I. 2008.** Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. Spanish Journal of Agricultural Research 6: 138-146.
- Zhu H, Qu F, Zhu LH. 1993.** Isolation of genomic DNAs from plants, fungi and bacteria using benzyl chloride. Nucleic Acids Research 21(22): 5279-5280.