



Research Article

The effect of three *Trichoderma* species and organic sulfur on root-knot nematode of cucumber

Fatemeh Soltani Tale, Leila Kashi[✉], Doostmorad Zafari

Department of Plant Protection, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

Today, with the increase in cucumber cultivation in greenhouses and fields, their contamination with root-knot nematodes is observed in some areas. The effect of three *Trichoderma* species (*T. crassum*, *T. harzianum* and *T. afroharzianum*) with liquid organic sulfur of Raskood company on the control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on cucumber (Nagin variety) was investigated with two separated tests under greenhouse conditions, in this research. Both tests were done with eight treatments (the use of each of the mushrooms together with sulfur, each of the fungi alone and sulfur alone and the infected control) in five repetitions and the form of Completely Randomized Design with Duncan's test at 5% level. In order to infect the plants, 2500 second-stage larvae and nematode eggs were added to each kilogram of potting soil containing cucumber seedlings at the four-leaf stage. Then, depending on the type of treatment, one milliliter of *Trichoderma* suspension (10^6 spores per milliliter) and sulfur were added to each seedling, and the pots were investigated after 45 and 60 days for the first and second tests, respectively. Data analysis was done using SAS 9.4 software. The results of this study showed that in both tests, the use of sulfur with each of the fungi and sulfur alone led to significant differences between the plant growth indicators of treatments (fresh and dry weight of aerial organs, length of the root and aerial organs) and control. Also, nematode pathogenicity factors (the number of second stage larvae in the soil, the number of female nematodes in each gall, the number of female nematodes in the whole root, the number of galls in the whole root, the number of egg mass in each gall, the number of egg mass in the whole The root and reproduction factor) of the treatments that with both of *Trichoderma* and sulfur together, as well as the treatment using sulfur alone showed a significant difference compared to the control. However, in the both of tests, the most effective treatments were related to the use of *T. crassum* together with sulfur.

Keywords: *Meloidogyne javanica*, *Trichoderma crassum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma afroharzianum*

✉ Corresponding author: l.kashi@basu.ac.ir; Received: 2024.09.11; Revised: 2024.12.13; Accepted: 2024.12.21

مقاله پژوهشی

تأثیر سه گونه *Trichoderma* و گوگرد آلی بر نماتد غده ریشه خیار

فاطمه سلطانی‌طالع، لیلا کاشی[✉]، دوستم‌راد ظفری

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

امروزه با افزایش کشت خیار در گلخانه‌ها و مزرعه‌ها، آلودگی آنها به نماتدهای مولد غده ریشه در بعضی مناطق مشاهده می‌شود. اثر سه گونه قارچ تریکودرما شامل *Trichoderma crassum*، *T. harzianum* و *T. afroharzianum* به همراه گوگرد آلی مایع شرکت راسکود بر مدیریت نماتد مولد غده ریشه (*Meloidogyne javanica*) روی رقم نگین خیار در شرایط گلخانه در دو آزمایش جداگانه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. هر دو آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شده و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد در پنج تکرار و هشت تیمار (کاربرد هر یک از قارچ‌ها همراه با گوگرد، هر یک از قارچ‌ها به تنهایی و گوگرد به تنهایی و شاهد آلوده) صورت گرفت. به منظور آلوده سازی گیاهان به هر گلدان حاوی نشا خیار در مرحله چهار برگی به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان ۲۵۰۰ عدد لارو سن دو و تخم نماتد اضافه شد. سپس بسته به نوع تیمار به هر گیاهچه یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون قارچ (۱۰^۶ اسپور در میلی‌لیتر) و گوگرد افزوده گردیده و گلدان‌ها به ترتیب در آزمون اول ۴۵ روز و در آزمون دوم ۶۰ روز پس از مایه‌زنی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد در هر دو آزمون استفاده از گوگرد توأم با هر یک از قارچ‌ها و نیز گوگرد به تنهایی منجر به تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های رشدی گیاه از جمله وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، طول اندام‌های هوایی و ریشه نسبت به شاهد گردید. همچنین فاکتورهای بیماری‌زایی نماتد شامل تعداد لارو سن دو در خاک، تعداد نماتدهای ماده در هر گال، تعداد نماتدهای ماده در کل ریشه، تعداد گال‌های تشکیل شده در کل ریشه، تعداد توده تخم در هر گال، تعداد توده تخم در کل ریشه و شاخص تولیدمثل در تیمارهایی که قارچ و گوگرد به‌طور توأم استفاده شده بود و نیز تیمار کاربرد گوگرد به تنهایی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد و در هر دو آزمون بیشترین تأثیر در اکثر تیمارها مربوط به استفاده هم‌زمان *T. crassum* و گوگرد بود.

واژگان کلیدی: *Trichoderma harzianum*، *Trichoderma crassum*، *Meloidogyne javanica*، *Trichoderma afroharzianum*

Introduction

مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) محصول یک ساله‌ای است که هم در مزرعه و هم در گلخانه کشت می‌شود (Mao et al. 2016). عملکرد این محصول توسط بیماری‌های مهم از جمله نماتدهای ریشه غده‌ای که به ریشه حمله می‌کنند، تهدید می‌شود. نماتدهای غده ریشه (RKNs) مهمترین نماتدهای انگل گیاهی از نظر

✉دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۲۳، پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

اقتصادی و علمی هستند. غده ریشه غالباً در اثر چهارگونه نماتد *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* و *M. javanica* ایجاد می‌شود که در ایران *M. javanica* بیش از سایر گونه‌ها شیوع دارد (Jones et al. 2013, Perry & Mones 2009, Akyani et al. 1986). آلودگی به این نماتد می‌تواند باعث کاهش اسیدهای آلی، محتوای کلروفیل و اسیدهای آمینه شود (Saikia et al. 2013). آلودگی زیاد منجر به زرد شدن، کوتولگی، کاهش ترکیبات زیست فعال برگ‌ها و ریشه‌ها می‌شود که منجر به تلفات زیادی در عملکرد گیاه می‌گردد. اگرچه مواد شیمیایی مدیریت قابل توجهی روی نماتدهای انگلی گیاهی نشان داده‌اند اما کاهش کارایی پس از استفاده طولانی مدت و سمیت این ترکیبها برای محیط زیست، آنها را برای استفاده نامناسب می‌کند (Ntalii & Caboni 2012).

مبارزه زیستی روشی مطمئن برای مدیریت آفات و عوامل بیماری‌زا محسوب می‌گردد. گونه‌های *Trichoderma* قارچهای خاکزی هستند که در سراسر دنیا یافت می‌شوند. این قارچهای خاکزی از اجزای اصلی میکروفلور خاک محسوب شده و مکانیزم‌های متنوعی علیه بیمارگرهای گیاهی و نماتدها دارد از جمله: آنتی‌بیوز، رقابت، میکوپارازیتسم و آنزیم‌های هیدرولیز کننده، افزایش حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای آلی و شیمیایی از روش های افزایش عملکرد محصولات گیاهی است. این مواد در ایجاد تعادل شیمیایی خاک، بهبود رشد میزبان، اصلاح ساختار خاک و افزایش عناصر قابل دسترس خاک موثر هستند (Sharon et al. 2001).

ترکیبهای گوگردی، علاوه بر افزایش شاخص‌های رشدی گیاهان باعث کاهش جمعیت نماتدهای انگلی گیاهی نیز می‌شوند. گوگرد عنصری است که در خاک به وسیله ی باکتری های شیمیوتروف جنس *Thioabacillus* sp. اکسید شده و در نتیجه سبب افزایش اسیدیته خاک می‌شود. در پژوهشی استفاده از سولفات آمونیوم به همراه کود دامی باعث کاهش ۵۲ تا ۵۹ درصدی لاروهای سن دو، کاهش ۵۰ تا ۳۶ درصدی تعداد گال *M. incognita* و افزایش ۵/۸ - ۵/۰ درصدی عملکرد کدو شده است (Jacq & Fortuner 1979). در پژوهشی دیگر تاثیر گل گوگرد بر فعالیت *M. incognita* در خیار گلخانه‌ای بررسی و نشان داده شد که تیمار گوگرد در سطوح ۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم به طور میانگین باعث افزایش ۳۶ درصد وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد گردیده و جمعیت نهایی و فاکتور تولید مثل نماتد را به ترتیب ۷۰ و ۶۹ درصد نسبت به شاهد در تیمار گوگرد ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک کاهش داد (Rumiani et al. 2016).

Materials and Methods

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از گونه *Meliodogyne javanica* خالص سازی شده در گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه بوعلی‌سینا استفاده شد. به این منظور ریشه‌های آلوده به نماتد بررسی شده و کیسه تخم منفرد موجود در انتهای بدن نماتد ماده به کمک اسکالپل زیر استرئومیکروسکپ جدا شدند و در سوراخ‌هایی به عمق ۳-۴ سانتی‌متر مجاور ریشه‌های نشاء گوجه‌فرنگی رقم early urbana در مرحله چهار برگی قرار داده شدند. و به مدت دو ماه در شرایط مساعد گلخانه و دمای 26 ± 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا روی ریشه‌ها گال ایجاد شده و پس از چند دوره متوالی تکثیر، جمعیت کافی نماتد بدست آمد

(Hussey & Barker 1973). استخراج تخم‌های نماتد با استفاده از روش (Hussey & Barker 1973) و جداسازی لاروهای سن دو نماتد با استفاده از روش سینی (Whitehead and Haemming 1965) صورت گرفت و شمارش تخم‌ها و لاروها نیز به‌وسیله پتری شمارش انجام شد.

سه گونه *Trichoderma* شامل *T. harzianum*، *T. crassum* و *T. afroharzianum* که قبلاً از خاک مزرعه‌های شهرستان رزن استان همدان جداسازی و شناسایی شده بودند برای این آزمایش استفاده شدند. به‌منظور تهیه سوسپانسیون اسپور آنها، بعد از رشد کامل هر قارچ حدود ده میلی‌لیتر آب مقطر سترون به هر تشتک پتری اضافه شده، با میله شیشه‌ای هم زده و سوسپانسیونی از اسپورها و میسلیم قارچ تهیه گردید که پس از عبور این سوسپانسیون از کاغذ صافی، میسلیم‌های آن حذف گردید و غلظت اسپور با استفاده از لام گلبول شمار تعیین گردید.

بذرهای خیار (رقم نگین) در سینی نشا و در محیط پرلیت و کوکوپیت کشت شدند. گیاهچه‌ها در مرحله سه برگی به گلدان‌های دو کیلوگرمی حاوی خاک سترون منتقل شده و تا زمان انجام آزمایش (مرحله چهاربرگی) در شرایط گلخانه نگهداری شدند.

آزمون شماره یک: تاثیر کاربرد سه گونه *Trichoderma* و گوگرد آلی مایع شرکت راسکود بر مدیریت *M. javanica* در خیار (رقم نگین) در شرایط گلخانه ۴۵ روز پس از مایه‌زنی لارو سن دو و تخم نماتد در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در پنج تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در تیمارهای مرتبط با قارچ، از سوسپانسیون تریکودرما (غلظت ۱۰^۶ اسپور در میلی‌لیتر) و در تیمارهای مرتبط با گوگرد، گوگرد آلی به میزان یک و نیم سی‌سی برای هر گلدان، محاسبه و درون سه چاهکی که به عمق ۲ سانتی‌متری اطراف هر گیاهچه ایجاد شده بود، اضافه گردید. همچنین برای هر گلدان حاوی نشاء خیار در مرحله چهار برگی، سه چاهک در اطراف گیاهچه به عمق حدود یک و نیم سانتی‌متر تعبیه شده و به ازای هر کیلوگرم خاک ۲۵۰۰ عدد لارو سن دو و تخم نماتد مولد گره ریشه مایه‌زنی و با خاک پوشانده شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱. قارچ *T. afroharzianum*، ۲. قارچ *T. afroharzianum* + گوگرد، ۳. قارچ *T. crassum*، ۴. قارچ *T. crassum* + گوگرد، ۵. قارچ *T. harzianum*، ۶. قارچ *T. harzianum* + گوگرد، ۷. گوگرد و ۸. شاهد که همگی به بوته‌های مایه‌زنی شده با نماتد افزوده شدند.

آزمون شماره ۲: کاربرد سه گونه *Trichoderma* و گوگرد آلی مایع شرکت راسکود بر مدیریت *M. javanica* در خیار (رقم نگین) در شرایط گلخانه با استفاده از خاک گلخانه آلوده به نماتد ۶۰ روز پس از انتقال نشا به گلدان، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در پنج تکرار انجام شد. سایر شرایط آزمایش دوم مانند آزمون اول بود.

جهت بررسی کارایی مدیریت زیستی گونه‌های قارچ و گوگرد بر خیارهای آلوده به نماتد مولد گره ریشه پس از ۴۵ و ۶۰ روز (به ترتیب مربوط به آزمایش اول و دوم)، بوته‌های خیار از گلدان‌ها خارج شده و شاخص‌های رشدی گیاه میزبان شامل میانگین وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، طول اندام‌های هوایی و ریشه و نیز شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد غده ریشه شامل میانگین‌های تعداد لارو سن دو در خاک، تعداد نماتدهای ماده در هر گال، تعداد نماتدهای ماده در کل ریشه، تعداد گال‌های تشکیل شده در کل ریشه، تعداد توده

تخم در هر گال، تعداد توده تخم در کل ریشه و فاکتور تولیدمثل اندازه‌گیری شدند. به این منظور محتویات هر گلدان در ظروف مجزا ریخته شد و خاک اطراف ریشه به آرامی شست‌وشو شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. ریشه‌ها توسط مخلوط کن برقی به همراه هیپوکلریت سدیم یک درصد مخلوط شده و سپس از الک‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ مش عبور داده شده و پس از شست‌وشو تخم‌ها و لاروهای سن دو نماتد شمارش شدند. یک گرم از ریشه توسط فوشین اسید رنگ آمیزی شده و با رنگ لاکتوفنل رنگبری شده و نمادهای ماده، کیسه‌های تخم و غده‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفتند. برای استخراج نماتدها از خاک، ۱۰۰ گرم از خاک هر گلدان با استفاده از روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) استفاده شده و لاروها زیر استرئومیکروسکپ شمارش گردیدند. ابتدا طول اندام‌های هوایی و ریشه‌ها اندازه‌گیری شد سپس با هدف بدست‌آوردن وزن تر، اندام‌های هوایی وزن شده و درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. پس از ۷۲ ساعت نگهداری در انکوباتور با دمای ۷۰ درجه‌سانتی‌گراد مجدداً وزن شدند تا اندازه وزن خشک آن‌ها مشخص گردد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 (SAS Institute Cary NC) انجام شده و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

Results

یافته‌ها

نتیجه مقایسه میانگین‌ها نشان داد ارتفاع بوته‌ها در تمام تیمارهای دارای قارچ و گوگرد و نیز گوگرد به تنهایی با شاهد در سطح ۵ درصد آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار است و تیمار حاوی *T. crassum* همراه با گوگرد و نیز *T. afroharzianum* همراه با گوگرد با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۱). همین نتیجه در آزمایش دوم و پس از ۶۰ روز نیز مشاهده گردید. طول ریشه در همه تیمارهای مورد آزمایش نسبت به شاهد در هر دو آزمایش اول و دوم اختلاف معنی‌دار داشتند هرچند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها نسبت به یکدیگر مشاهده نگردید. همچنین شاخص‌های وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی پس از ۴۵ و ۶۰ روز در تمام تیمارهای حاوی گونه‌های تریکودرما به تنهایی یا همراه



شکل ۱. ارتفاع بوته‌های خیار رقم نگین آلوده به *Meloidogyne javanica* تحت تیمار *Trichoderma crissum* و گوگرد آلی مایع در شرایط گلخانه.

Figure 1. Cucumber plants (Negin cultivar) infected with *Meloidogyne javanica* under the treatment of *Trichoderma crissum* and organic liquid Sulfur under greenhouse conditions.

جدول ۱. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی به تفکیک زمان‌های مختلف (۴۵ و ۶۰ روز) بر شاخص‌های رشدی رقم نگین خیار آلوده به *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه‌ای.

Table 1. Comparison of the mean of experimental treatments by different times (45 and 60 days) on the growth indices of cucumber (Negin cultivar) infected with *Meloidogyne javanica* under greenhouse conditions.

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh waight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)
45 days				
Control	14.60e	4.50b	14.58f	1.12d
Sulfur	24.50bc	8.20a	23.42bc	3.72b
<i>T. afroharzianum</i>	23.00cd	7.90a	21.28d	3.04c
<i>T. afroharzianum</i> + Sulfur	26.00ab	8.25a	24.00b	3.84ab
<i>T. harzianum</i>	21.00d	8.37a	20.14e	2.86c
Sulfur + <i>T. harzianum</i>	24.70bc	8.21a	23.76b	3.80ab
<i>T. crassum</i>	24.00bc	8.00a	22.66c	3.60b
Sulfur + <i>T. crassum</i>	27.00a	8.30a	26.16a	4.03a
60 days				
Control	15.60d	6.50b	16.60f	2.54e
Sulfur	26.50b	10.20a	25.42bc	4.73b
<i>T. afroharzianum</i>	25.18b	9.90a	23.28d	4.26c
<i>T. afroharzianum</i> + Sulfur	28.24a	10.22a	26.12b	4.80b
<i>T. harzianum</i>	23.02c	10.10a	22.14e	3.85d
<i>T. harzianum</i> + Sulfur	26.62b	10.21a	25.74b	4.81b
<i>T. crassum</i>	26.18b	10.00a	24.66c	4.68b
<i>T. crassum</i> + Sulfur	29.00a	10.30a	28.16a	5.26a

مقادیر میانگین (۵ تکرار) در هر ستون با حروف لاتین یکسان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار نشان ندادند.

Value of mean (5 replications) in the same culmn followed by different letter(s) are significantly different according to Duncan (P>0.05).

با گوگرد و نیز گوگرد به تنهایی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند و بیشترین تاثیر معنی‌دار مربوط به کاربرد توام گوگرد و *T. crassum* بود (جدول ۱).

نتیجه مقایسات میانگین تیمارهای تحت آزمون نشان داد شاخص‌های بیماری‌زایی شامل شاخص گال در ریشه، تعداد توده تخم در هر گال، تعداد لارو سن دو در خاک، تعداد توده تخم در کل ریشه و تعداد نماتد ماده در کل ریشه در تمام تیمارهای حاوی گونه‌های تریکودرما به تنهایی یا همراه با گوگرد و نیز گوگرد به تنهایی با شاهد آلوده به نماتد در سطح پنج درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار داشته و این نتیجه در هر دو آزمون پس از ۴۵ و ۶۰ روز مشاهده گردید. هرچند میانگین شاخص تعداد نماتد ماده در گال در دو تیمار *T. afroharzianum* و *T. harzianum* با شاهد اختلاف داشتند اما تفاوت آن‌ها معنی‌دار نبود و این نتیجه در هر دو آزمون مشابه بود. (جدول ۲).

شاخص تولیدمثل در تمام تیمارهای کاربرد هر یک از قارچ‌ها به تنهایی، قارچ و گوگرد و نیز گوگرد به تنهایی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند. هر چند در دو تیمار کاربرد *T. afroharzianum* و

جدول ۲. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی به تفکیک زمان‌های مختلف (۴۵ و ۶۰ روز) بر شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد *Meloidogyne javanica* در رقم نگین خیار در شرایط گلخانه‌ای.

Table 2. Comparison of the mean of experimental treatments by different times (45 and 60 days) on the disease index *Meloidogyne javanica* of cucumber (Negin cultivar) infected with *Meloidogyne javanica* under greenhouse conditions.

day	Treatments	Gall number in root	No. of eggmass in each gall	No. of femal nematode in each gall	No. of J2 in of soil (100g)	No. of eggmass in root	No. of femal nematode in root	FI
45	Control	64.0a	24.0a	9.0a	3930a	1538a	575a	8.20a
	<i>T. afroharzianum</i>	28.2c	12.2bc	7.2ab	1702c	346c	205bc	1.98c
	Sulfur + <i>T. afroharzianum</i>	19.0e	8.0d	2.4c	550d	154d	47.0d	0.36cd
	Sulfur	20.4de	9.0cd	4.6bc	575de	191d	95.0d	0.49cd
	<i>T. harzianum</i>	32.2b	15.2b	8.2a	2825b	491b	266b	2.07b
	Sulfur + <i>T. harzianum</i>	19.2de	8.4d	3.4c	560de	168d	65.0d	0.38cd
	<i>T. crassum</i>	22.6d	10.0cd	4.8bc	664d	266cd	108cd	0.59cd
	Sulfur + <i>T. crassum</i>	18.0e	7.0d	2.1c	505e	128d	37.0d	0.28d
60	Control	64.4a	24.6a	9.6a	4270a	1586a	620a	8.68a
	<i>T. afroharzianum</i>	29.2c	13.4bc	8.2ab	1811c	395bc	243bc	1.45bc
	Sulfur + <i>T. afroharzianum</i>	20.2e	9.2d	3.2c	660d	188d	66.0d	0.48d
	Sulfur	20.8e	9.8d	5.2bc	666d	206d	112d	0.54cd
	<i>T. harzianum</i>	33.2b	15.8b	9.2a	2935b	526b	307b	2.26b
	Sulfur + <i>T. harzianum</i>	20.0e	8.2d	3.0c	619d	165d	61.0d	0.39d
	<i>T. crassum</i>	24.0d	11.0cd	5.2bc	763d	266cd	127cd	0.74cd
	Sulfur + <i>T. crassum</i>	19.2e	8.2d	3.2c	614d	159d	63.0d	0.39d

مقادیر میانگین (۵ تکرار) در هر ستون با حروف لاتین یکسان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار نشان ندادند.

Value of mean (5 replications) in the same culmn followed by different letter(s) are significantly different according to Duncan (P>0.05).

T. harzianum شاخص تولیدمثل نماتد بیشتر از یک بود اما هر دو تیمار با شاهد آلوده به نماتد اختلاف معنی‌دار داشتند. این نتایج در هر دو آزمایش پس از ۴۵ و ۶۰ روز بدست آمد (جدول ۲).

Discussion

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد تیمار بوته‌های خیار آلوده به نماتد غده ریشه با گونه‌های قارچ تریکودرما و گوگرد منجر به کاهش معنی‌دار در علائم بیماری در ریشه گیاهان میربان شامل تعداد گال، تعداد نماتد بالغ ماده‌ها در گال و تعداد تخم در توده تخم گردید. *T. crassum* دارای رشد سریع در محیط کشت PDA نسبت به سایر گونه‌ها در شرایط آزمایشگاه بود. به نظر می‌رسد که این گونه توانایی کلنیزاسیون بیشتری در ریشه گیاهان میزبان نسبت به سایر گونه‌ها دارد. در پژوهش دیگری نشان داده شد استفاده از کاربرد گونه‌های مختلف تریکودرما در خاک موجب کاهش شاخص گال و تعداد تخم در هر توده تخم در گیاهان آلوده به نماتد غده ریشه می‌شود (Spiegel & Chet 1998 2007). در این پژوهش کاهش شاخص گال در ریشه گیاهان تیمار شده مشاهده گردید که با نتایج شارون و همکاران

(Sharon et al. 2001) مطابقت دارد. در یک پژوهش که از گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما در نخود علیه نماتد غده ریشه استفاده شد مشخص گردید در همه گیاهان تیمار شده با گونه‌های *T. viride* تعداد گال، جمعیت نهایی نماتد، تعداد تخم‌ها و لارو سن دو در ریشه به طور قابل توجهی کاهش یافت (Pandey et al. 2003). همچنین قارچ تریکودرما پس از نفوذ به درون ریشه می‌تواند به درون توده تخم نفوذ کرده و از کیتین موجود در تخم به‌عنوان یک بستر غذایی استفاده نماید و آن‌ها را پارازیت کند و سبب کاهش شاخص‌هایی همچون تعداد گال و تعداد تخم در هر گال و تعداد نماتد ماده بالغ می‌شود (Kavari et al. 2015). برخی از گونه‌های تریکودرما به‌صورت طولانی مدت ریشه را کلونیزه نموده و به اپیدرم گیاهان میزبان نفوذ کرده و با تولید و آزادسازی ترکیبها و متابولیت‌های ثانویه که الیسیستور نامیده می‌شوند، سبب تحریک مقاومت موضعی یا سیستمیک در گیاه می‌شوند. الیسیستورهای گونه‌های تریکودرما شامل پروتئین‌هایی با خاصیت آنزیمی، الیگوساکاریدها و ترکیباتی با وزن مولکولی کم می‌باشند. برخی از گونه‌های تریکودرما تولید سیدروفورهای با کارایی بالا می‌کنند که آهن سه ظرفیتی را کلاته کرده و رشد قارچ‌های دیگر را متوقف می‌کند (Sharon et al. 2001). گونه‌های تریکودرما در شرایط سخت به افزایش توسعه ریشه کمک می‌کنند و در محلول کردن نیتروژن‌های غیر آلی نیز شرکت می‌کنند (Harman et al. 2004).

Cocclusion

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد کاربرد توام گوگرد و هر یک از گونه‌های (*T. harzianum* *T. afroharzianu* *T. crassum*)، گوگرد به تنهایی و هر یک از قارچ‌ها به تنهایی هم بر شاخص‌های بیماری‌زایی *M. javanica* روی خیار و هم بر فاکتورهای رشدی میزبان موثر بوده و نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهند و کاربرد توام *T. crassum* و گوگرد موثرترین تیمار بود.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه بوعلی‌سینا که حمایت مالی از این پژوهش را برعهده داشته است، سپاسگزاری می‌نمایند.

References

منابع

1. Akhyani A. & Naderi A. (1986). Fauna of harmful nematodes of potatoes in the Chahar Mahal and Bakhtiari Province, Proceedings of the Eighth Congress of Plant Protection. University of Isfahan, 130
2. Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56.
3. Hussey, R.S. & Barker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease. Reporter*, 57, 1025-1028.
4. Jacq, V.A. & Furtuner, R. (1979). Biological control of rice nematodes using sulphate reducing bacteria. *Revue Nematology*. 2(1): 41-50.

5. Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G. & Perry, R.N. (2013). Top 10 plant parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14 (9), 946-961.
6. Kavari, M., Mahdikhani Moghadam, E. & Rouhani, H. (2015). Survey on chitinase production by several isolates of *Trichoderma* and its biological control effect on tomato root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Iranian Plant Protection Research*, 29, 123-133.
7. Mao, L.G., Wang, Q.X., Yan, D.D., Lliu, P.F., Jin, S.H.E.N., Fang, W.S., & Cao, A.C. (2016). Application of the combination of 1, 3-dichloropropene and dimethyl disulfide by soil injection or chemigation: effects against soilborne pests in cucumber in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(1), 145-152.
8. Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne* species-a diverse group of novel and important plant parasites. In *Root-knot nematodes* (pp. 1-17). Wallingford UK: CABI.
9. Noling, J., & Becker, J. (1994). The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide. *Journal of Nematology*, 26(4S), 573.
10. Ntalli, N. G., & Caboni, P. (2012). Botanical nematicides: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(40), 9929-9940.
11. Pandey, G., Pandey, R.K. & Pant, H. (2003). Efficacy of different levels of *Trichoderma viride* against root-knot nematode in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Plant Protection Sciences*, 11(1), 101-103.
12. Rumiani, M., Karegar, A., Hamzehzarghani, H., & Banihashemi, Z. (2016). Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 52(1), 85-98.
13. Saikia, S.K., Tiwari, S., & Pandey, R. (2013). Rhizospheric biological weapons for growth enhancement and *Meloidogyne incognita* management in *Withania somnifera* cv. Poshita. *Biological Control*, 65(2), 225-234.
14. Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera-Estrella, A., Kleifeld, O., & Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*, 91(7), 687-693.
15. Spiegel, Y., & Chet, I. (1998). Evaluation of *Trichoderma* spp. as a biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. *Integrated Pest Management Reviews*, 3, 169-175.
16. Spiegel, Y., Sharon, E., Bar-Eyal, M., Maghodia, A., Vanachter, A., Van Assche, A., & Chet, I. (2007). Evaluation and mode of action of *Trichoderma* isolates as biocontrol agents against plant-parasitic nematodes. *IOBC WPRS Bulletin*, 30(6/2), 129.
17. Whitehead, A.G., & Hemming, J.R. (1965). A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology*, 55(1), 25-38.