تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۱۰۱۷-۱۰۲۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3441.1861

مقاله پژوهشی

اثر کاربرد قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) بر خصوصیات رشدی و جذب برخی عناصر غذایی در گیاه ریحان تحت سطوح مختلف رطوبت خاک

مجتبی صلاحی استاد[۱]، بهرام عابدی[۲*]، یحیی سلاح‌ورزی[۲]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۲. استادیار، گروه باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد قارچ تریکودرما در شرایط سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات رشدی و جذب برخی عناصر در گیاه ریحان آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در گلخانه اجرا شد. تیمارهای موردبررسی شامل ۳ سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان فاکتور اول و مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (غلظت ۱۰۸) و عدم مایه‌زنی با قارچ تریکودرما به‌عنوان فاکتور دوم بودند. نتایج نشان داد کاربرد قارچ *T. harzianum* در سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر صفات رشدی و جذب عناصر در گیاه ریحان داشت. بیشترین میزان وزن تر (۳۹/۲۷ گرم در بوته) و خشک اندام هوایی (۵/۹۱۶ گرم در بوته) و وزن تر (۵/۳۶۵ گرم در بوته) و خشک ریشه (۲/۱۲۹ گرم در بوته) و سطح برگ (۱۱/۸۲۸ سانتیمتر مربع) در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان جذب عنصرهای فسفر (۰/۰۰۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، پتاسیم (۰/۰۱۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و نیتروژن (۰/۰۱۶۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش به‌طورکلی می‌توان بیان کرد کاربرد قارچ *T. harzianum* همراه با گیاه ریحان در شرایط سطوح مختلف آبیاری قابلیت بهبود رشد گیاه را داشته و منجر به افزایش کارایی گیاه و جذب مواد غذایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: **پتاسیم، سطح برگ، فسفر، نیتروژن، *Ocimum sativum***

مقدمه

امروزه جهت جلوگیری از تخریب منابع آب، خاک و محیط‌زیست و درعین‌حال دستیابی به عملکرد مطلوب در کشاورزی، استفاده از کودهای زیستی راهکار مطلوبی است (Mohammadi-Kashka et al., 2015). مطالعات نشان می¬دهد که کاربرد کودهای زیستی مانند قارچ‌های مختلف به رشد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به‌وسیله کاهش تنش و افزایش جذب عناصر غذایی کمک می‌کند (Aslani et al., 2011). خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی غیرزنده و عامل محدودکننده‌ی تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک سرتاسر جهان است. جدایه‌های تریکودرما به‌وسیله مکانیسم‌های مختلف مانند مایکوپارازیتیسم، آنتی‌بیوز، رقابت بر سر غذا و فضا، تحریک مکانیسم‌های مقاومت گیاه، تحریک رشد و توسعه گیاه، تغییر شرایط محیطی خصوصاً ریزوسفر و افزایش حلالیت عناصر معدنی جهت جذب آن‌ها توسط گیاه، فعالیت بیوکنترلی خود را اعمال می‌کنند (Mohammadi-kashka et al., 2015). همچنین فرآیند جذب مواد غذایی در گیاهان را بهبود می‌بخشد (Yedidia et al., 2001). در آزمایشی نشان داده شد که کاربرد قارچ *T. harzianum* در دوران دانهالی ریحان مقدس می‌تواند زیست‌توده، تعداد

* نگارنده پاسخگو: بهرام عابدی. پست الکترونیک: abedy@ferdowsi.um.ac.ir

برگ، وزن‌تر و خشک، سطح نیتروژن و فسفر گیاه را نسبت به شاهد بالا ببرد (Tallapragada, 2013). استعمال و مایه‌زنی گیاه برنج با قارچ *T. harzianum* باعث کاهش شاخص‌های تنش خشکی مانند مالون‌دی‌آلدئید، پرولین و پراکسید هیدروژن شد. از طرفی مواد فنولیک، شاخص پایداری غشای سلول، طول ریشه و شاخه، نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نسبت به شاهد افزایش یافت (Shukla et al., 2012). کومار و همکاران (Kumar et al., 2014) در مطالعه بر شاخص‌های فیزیولوژیک نعنای دشتی که با قارچ مایه‌زنی شده بود، گزارش کردند که قارچ *T. viride*، وزن تر و خشک، مقدار کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و جذب فسفر را نسبت به گیاه شاهد افزایش داده است. ریحان (*Ocimum sativum*) از گیاهان علفی یک‌ساله و چندساله متعلق به تیره لامیاسه (Lamiaceae) است که گونه‌ها و فرم‌های آن ازنظر عادت رشد، رنگ و ترکیبات معطر بسیار متفاوت هستند (Moghaddam et al., 2013). تعداد گونه‌های این جنس حدود ۳۰ (Paton, 1992) تا ۱۶۰ (Pushpangadan and Bradu., 1995) نوع گزارش شده است. سبزی‌ها و به‌خصوص سبزی‌هایی که خواص دارویی نیز دارند گیاهانی هستند که کیفیت محصول در مقایسه با کمیت آن به‌مراتب اهمیت بیشتری دارد. شناخت عوامل محیطی، گیاهی و زراعی نقش مهمی در موفقیت کشت گیاهان دارویی دارد (Omidbeygi, 2006). با توجه به کاهش روزافزون منابع آبی و رویارویی گیاهان با تنش آبی و کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی، در این پژوهش اثر کاربرد قارچ *T. harzianum* بر گیاه ریحان در شرایط سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی و جذب عناصر مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به مختصات جغرافیایی طول "۳ ′۵۳ °۵۹ و عرض "۲ ′۳۱ °۳۶ و ارتفاع ۱۰۲۳ متر از سطح دریا، به‌صورت فاکتوریل ۲ × ۳ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول این طرح سطوح آبیاری با ۳ سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. عامل دوم شامل ۲ سطح مایه‌زنی بذور با اسپور قارچ تریکودرما به‌صورت بذرمال با غلظت ۱۰۸ اسپور در میلی‌لیتر و عدم مایه‌زنی با قارچ مزبور بود. بذور (تهیه‌شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) به ترتیب به‌وسیله اتانول ۷۰ درصد و هیپوکلریت سدیم ۵ درصد هرکدام به مدت یک دقیقه استریل گردیدند و پس از هر مرحله ۳ بار با آب مقطر شستشو داده‌شده و درنهایت زیر هود لامینار خشک گردیدند (Mehrabi-Koushki et al., 2012). جهت کشت از گلدان‌هایی با اندازه‌ی دهانه و عمق ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. اجزای خاک (جدول ۱)، به ترتیب ترکیبی از بافت رسی، ماسه و خاک‌برگ کاملاً پوسیده و الک شده بود که قبل از کشت در دو روز متوالی در دو نوبت به‌وسیله‌ی اتوکلاو، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶۰ دقیقه ضدعفونی شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical properties of soil

بافت Texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	pH	EC	نیتروژن کل N	فسفر قابل‌جذب P	پتاسیم قابل‌جذب K	مواد آلی Organic matter
	----------%----------				ds/m	%	----------mg/kg---------		%
Clay Loam	43	29	28	7.1	1.18	0.11	13.3	301	1.3

برای بذوری که قبل از کشت نیاز به مایه‌زنی با قارچ تریکودرما داشتند یک میلی‌لیتر سوسپانسیون اسپوری به غلظت ۱۰۸ اسپور قارچ *T. harzianum* نژاد T20 (تهیه‌شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) حاوی ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز تهیه و با ۱۰ عدد بذر به‌خوبی مخلوط شد و پس‌ازآن بذور زیر هود لامینار خشک گردیدند. بدین ترتیب هر بذر به‌طور میانگین با ۱۰۷ اسپور پوشش داده شد. بذوری که تیمار عدم مایه‌زنی با تریکودرما را داشتند بعد از استریل سازی، فقط با یک میلی‌لیتر آب مقطر حاوی نیم درصد کربوکسی‌متیل سلولز

مخلوط و زیر هود لامینار خشک گردیدند (Salari et al., 2014; Mehrabi-Koushki et al., 2012). در هر گلدان بر اساس نوع تیمار آن، ۱۰ عدد بذر ریحان کشت و آبیاری گردید. محدوده دمایی روز و شب در گلخانه بین ۲۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود و آبیاری گلدان‌ها به‌صورت یکسان و یکنواخت انجام شد. پس از جوانه‌زنی و رشد در مرحله‌ی ۴ برگی تنک انجام شد. به‌طوری‌که در هر گلدان فقط ۴ بوته همسان باقی ماند و پس‌ازآن تیمار سطوح مختلف آبیاری اعمال شد. برای به دست آوردن درصد ظرفیت زراعی و محاسبه سطوح تنش از روش توزین گلدان استفاده گردید (Amiri Deh Ahmadi et al., 2012). نمونه‌برداری ۶۰ روز پس از اعمال تیمار آبیاری، مصادف با ظهور گل‌آذین‌ها انجام شد. صفات مورفولوژیکی شامل وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه به‌وسیله ترازو انجام شد. طول ساقه و ریشه به‌وسیله‌ی خط کش و سطح برگ به‌وسیله دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن کل به‌وسیله دستگاه کجلدال (Emami 1996)، مقدار فسفر با استفاده از رنگ‌سنجی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Chapman and Pratt 1982) و مقدار پتاسیم به‌وسیله‌ی دستگاه فلیم فتومتر (Hamada and EL-enany 1994) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 18 و مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$) انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL رسم گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد قارچ تریکودرما در سطوح مختلف آبیاری اثرات معنی‌داری بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر بر گیاه ریحان داشت.

وزن تر اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن‌تر اندام هوایی معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین وزن‌تر اندام هوایی در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۳۹/۲۷ گرم در بوته) بود. کمترین وزن‌تر اندام هوایی در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۱۶/۱۶ گرم در بوته) مشاهده شد. گیاهانی که در شرایط استرس‌های غیرزنده قرارگرفته‌اند دچار کمبود رشد گشته و معمولاً دارای بوته‌هایی با اندام کوچک می‌باشند. گونه‌های تریکودرما با استقرار و هاگزایی فراوان در محیط خاک و به‌ویژه اطراف ریشه گیاهان نه‌تنها باعث کاهش عوامل بیماری‌زا در خاک می‌شوند بلکه با مکانیسم‌های بیوشیمیایی باعث تحریک رشد اندام‌های هوایی یا زیرزمینی این گیاهان می‌گردند (Araghi et al., 2012). این قارچ‌ها با کنترل بیولوژیک در برابر پاتوژن‌های خاکزی، قابل‌حل کردن عناصر نامحلول، افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد، دفع مسمومیت، افزایش انتقال اسیدآمینه و قند در ریشه گیاهان و ایجاد مقاومت القایی در برابر تنش‌های محیطی سبب افزایش رشد و نمو گیاهان می‌شوند (Cuevas, 2006; Mazhabi et al., 2011). نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نیز مطابق با گزارش‌های به‌دست‌آمده توسط دیگر محققین است. وینال (Vinale et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را در مورد تأثیر کاربرد تریکودرما در شرایط متفاوت (تنش و غیر تنش) بر گیاهان مختلف گزارش نموده‌اند و اعلام نموده‌اند گیاهانی که با تریکودرما مایه‌زنی شده‌اند وزن‌تر و خشک اندام هوایی آن‌ها افزایش داشته است.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثرات ساده سطوح آبیاری و قارچ تریکودرما در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل این تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۵/۹۱۶ گرم در بوته) بود. همچنین کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۳/۱۴۶ گرم در بوته) مشاهده شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات رشدی و جذب عناصر غذایی در گیاه ریحان تحت تیمار سطوح آبیاری و کاربرد قارچ تریکودرما

Table 2. Analysis of variance of growth characteristics and elements in basil under treatment of irrigation levels and application of Trichoderma fungus

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن‌تر اندام هوایی Wet weight of the aerial parts	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of the aerial parts	وزن‌تر ریشه Wet root weight	وزن خشک ریشه Dry root weight	طول ساقه Stem length
سطوح آبیاری Irrigation levels (I)	2	489.90**	5.13**	3.97**	1.27**	327.25**
قارچ تریکودرما Trichoderma fungus (T)	1	73.36**	2.44**	0.98*	0.18**	10.18**
آبیاری*قارچ تریکودرما I * T	2	5.10**	0.15*	0.55*	0.07*	1.38^{ns}
خطا Error	12	0.489	0.0295	0.1394	0.0190	1.201
ضریب تغییرات CV%		*14.41*	*11.66*	*10.74*	*14.11*	*12.44*

Table 2. Continued **جدول ۲.** ادامه

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه Root length	سطح برگ Leaf area	پتاسیم potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen
سطوح آبیاری Irrigation levels (I)	2	57.71**	606.29**	0.22**	0.0109**	0.357**
قارچ تریکودرما Trichoderma fungus (T)	1	1.86*	114.10**	0.011**	0.001250**	0.005^{ns}
آبیاری *قارچ تریکودرما I * T	2	0.93^{ns}	9.74*	0.0014*	0.000350*	0.00005^{ns}
خطا Error	12	0.3189	2.018	.000206	0.00005	0.0015
ضریب تغییرات CV%		*7.9*	*13.17*	*9.2*	*8.84*	*9.7*

* و **، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns= عدم معنی‌داری

* And **، significant difference at the probability level of 5 and 1%, ns = no significant

به‌طورکلی در تنش خشکی عملکرد گیاه کاهش می‌یابد که علت آن منفی‌تر شدن پتانسیل ماتریک خاک (Taiz and Zeiger, 2006) و اختلال در جذب مواد غذایی مانند نیتروژن و فسفر است (Kramer and Boyer, 1995). آزبی و همکاران (Ozbay et al., 2004) در پژوهش خود که بر مطالعه سویه‌های متفاوت تریکودرما بر خصوصیات رشدی گیاه گوجه‌فرنگی بود گزارش کردند که قارچ تریکودرما باعث افزایش وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه می‌گردد. نتایج مشابهی در دیگر مطالعات نیز گزارش شده است (Kleifield and Chet, 1992). همزیستی قارچ تریکودرما با ریشه‌های ریحان مقدس باعث افزایش وزن گیاه شد که علت آن همیاری تریکودرما در جذب آب و مواد غذایی گزارش شد (Tallapragada, 2013).

وزن‌تر ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن‌تر ریشه معنی‌دار بود.

جدول ۳. اثر متقابل سطوح آبیاری و کاربرد قارچ تریکودرما بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر غذایی در گیاه ریحان تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Effect of irrigation levels and application of Trichoderma on growth characteristics and absorption of nutrients in basil under different levels of irrigation

کاربرد قارچ تریکودرما Trichoderma fungus	سطوح آبیاری Irrigation levels	وزن‌تر اندام هوایی Wet weight of the aerial parts	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of the aerial parts	وزن‌تر ریشه Wet root weight
		g per plant		
عدم کاربرد قارچ تریکودرما Do not use Trichoderma fungus	50	16.16^{e}	3.146^{e}	3.276^{c}
	75	27.87^{c}	4.413^{cd}	3.926^{bc}
	100	34.69^{b}	5.026^{b}	5.143^{a}
کاربرد قارچ تریکودرما Trichoderma fungus	50	21.71^{d}	4.096^{d}	3.98^{bc}
	75	29.86^{c}	4.786^{bc}	4.85^{ab}
	100	39.27^{a}	5.916^{a}	5.36567^{a}

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

کاربرد قارچ تریکودرما Trichoderma fungus	سطوح آبیاری Irrigation levels	وزن خشک ریشه Dry root weight	سطح برگ Leaf area	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus
		g per plant	cm^2	mg / g dry weight	
عدم کاربرد قارچ تریکودرما Do not use Trichoderma fungus	50	1.033^{c}	5.148^{e}	0.0157^{e}	0.0028^{e}
	75	1.293^{bc}	8.145^{cd}	0.0174^{d}	0.0031^{d}
	100	2.063^{a}	10.755^{b}	0.0194^{b}	0.0035^{b}
کاربرد قارچ تریکودرما Trichoderma fungus	50	1.36^{bc}	6.911^{d}	0.0159^{e}	0.0028^{e}
	75	1.63^{b}	8.861^{c}	0.0181^{c}	0.0032^{c}
	100	2.126^{a}	11.828^{a}	0.0199^{a}	0.0038^{a}

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, averages with similar letters at the statistical probability level of 5 and 1% did not differ significantly from the LSD test

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین وزن‌تر ریشه در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۵/۳۶۵ گرم در بوته) بود که با تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با کاربرد قارچ تریکودرما اختلافی نداشت. کمترین وزن‌تر ریشه در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۳/۲۷۶ گرم در بوته) که با تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین مشابهت دارد که می‌توان به گزارش‌های وینال و همکاران (Vinale et al., 2008) و عراقی و همکاران (Araghi et al., 2012) اشاره کرد که در آن‌ها همزیستی بین تریکودرما و ریشه‌های گوجه‌فرنگی باعث افزایش وزن‌تر و خشک ریشه گردیده است. گزارش‌های اخیر نیز نشان داده است که یکی از مزیت‌های کاربرد تریکودرما کمک به جذب بهتر آب در شرایط تنش است. این قارچ‌ها مقاومت به تنش‌های غیرزنده را در طول دوره رشد گیاه با بهبود رشد ریشه، ظرفیت نگهداری آب گیاه و جذب مواد مغذی افزایش می‌دهند (Mastouri et al., 2010).

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۱) بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار سطح

آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۲/۱۲۹ گرم در بوته) بود که به‌جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم مایه‌زنی با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین وزن خشک ریشه در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با کاربرد قارچ تریکودرما (۱/۰۳۳۳ گرم در بوته) مشاهده شد. طی همزیستی بین ریشه‌ی ریحان و قارچ تریکودرما این قارچ با چسباندن هیف‌های خود به سلول‌های پوست ریشه موادی را تولید می‌نماید که این مواد تحریک‌کننده‌ی رشد و توسعه‌ی ریشه می‌باشند (Jabbarzadeh et al., 2010). تریکودرما پس از همزیستی با ریشه، تغییرات خاصی در متابولیسم سلولی آن ایجاد می‌کند که رشد ریشه و توسعه آن، درنتیجه‌ی تأثیر آن تغییرات است. همچنین باعث ارتباط بهتر ریشه با خاک می‌گردد و گیاه را نسبت به استرس‌های محیطی مقاوم کرده و در جذب مواد غذایی به گیاه کمک می‌نماید (Harman et al., 2004). افزایش وزن خشک ریشه در پژوهش حاضر نیز بر همین اساس قابل تفسیر است و با نتایج به‌دست‌آمده در گزارش دیگر محققین مشابهت دارد (Harman et al., 2003; Ozbay et al., 2004).

طول ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر ساده سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده قارچ مایکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر طول ساقه معنی‌دار شد و اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴ و ۵)

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف آبیاری بر گیاه ریحان

Table 4. Comparison of the average simple effects of different irrigation levels on basil

تیمار Treatment		طول ساقه Stem length	طول ریشه Root length	نیتروژن Nitrogen
		----------cm----------		mg / g dry weight
سطوح آبیاری Irrigation levels	50	21.471[c]	30.8667[c]	0.01196[c]
	75	27.178[b]	32.2667[b]	0.0134[b]
	100	36.123[a]	36.8[a]	0.01673[a]

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, averages with similar letters at the statistical probability level of 5 and 1% did not differ significantly from the LSD test.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد قارچ تریکودرما بر گیاه ریحان تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 5. Comparison of the mean simple effects of Trichoderma on basil under different levels of irrigation

تیمار Treatment		طول ساقه Stem length	طول ریشه Root length
		---------- cm ----------	
سطوح قارچ تریکودرما Trichoderma fungus levels	عدم کاربرد قارچ تریکودرما Do not use *Trichoderma* fungus	27.5056[b]	32.9889[b]
	کاربرد قارچ تریکودرما *Trichoderma* fungus	29.01[a]	33.6333[a]

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, averages with similar letters at the statistical probability level of 5 and 1% did not differ significantly from the LSD test

بیشترین میزان طول ساقه در تیمار سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۳۶/۱۲۳ سانتیمتر) مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان طول ساقه در تیمار مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۲۹/۰۱ سانتیمتر) بود. کمترین میزان طول ساقه در تیمار سطوح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۲۱/۴۷۱ سانتیمتر) و همچنین کمترین میزان طول ساقه

در تیمار بدون مایه‌زنی با کاربرد قارچ تریکودرما (۲۷/۵۰۵ سانتیمتر) مشاهده گردید. با افزایش تنش خشکی رشد گیاه محدودشده و متوقف می‌گردد. تریکودرما با تولید ترکیبات رشدی مانند pyrone-α-pentyl-6 که شبه اکسین یا از پیش ماده‌های تولید این هورمون است به‌طور غیرمستقیم باعث رشد گیاه می‌گردد (Chang et al., 1986). این قارچ در همزیستی با ریشه‌ی گیاه، نوعی فیتوآلکسین از خانواده ایزوفلاونوئید تولید می‌نماید که علاوه بر مقاوم‌سازی گیاه در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده از مواد تحریک‌کننده‌ی رشد به شمار می‌رود (Masunaka et al., 2011) و درنتیجه هورمون‌های اکسین و جیبرلین و متعاقب آن رشد اندام‌های گیاه افزایش می‌یابد (Alwahibi et al., 2017).

طول ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر ساده سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده قارچ مایکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر طول ریشه معنی‌دار شد و اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴ و ۵) بیشترین میزان طول ریشه در تیمار سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۳۶/۸ سانتیمتر) دیده شد. همچنین بیشترین میزان طول ریشه در تیمار مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۳۳/۶۳۳ سانتیمتر) بود. کمترین میزان طول ریشه در تیمار سطوح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۳۰/۸۶۶ سانتیمتر) مشاهده شد. همچنین کمترین میزان طول ریشه در تیمار بدون مایه‌زنی با کاربرد قارچ تریکودرما (۳۲/۹۸۸ سانتیمتر) مشاهده شد. با کاهش آب موجود در خاک، گیاه توان توسعه‌ی ریشه‌ی خود را از دست می‌دهد و طول ریشه کاهش می‌یابد. در گزارشی عنوان‌شده تریکودرما باعث سنتز اکسین در گیاه می‌شود و می‌تواند باعث افزایش حجم ریشه گردد (Harman, 2004) که علت این افزایش را نیز تأثیر متابولیت‌های تولیدشده با خواص مشابه اکسین گزارش کرده‌اند (Vinale et al., 2008). همچنین این قارچ با تجزیه مواد موجود در خاک به‌وسیله آنزیم‌های خود می‌تواند سبب ایده‌آل شدن محیط ریشه و رشد و توسعه آن گردد (Benitez et al., 2004) که نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققین گزارش شده است (Irannezhad et al., 2010; Hoyos-Carvajal et al., 2009).

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر سطح برگ معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین سطح برگ در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۱۱/۸۲۸ سانتیمتر مربع) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین سطح برگ در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۵/۱۴۸ سانتیمتر مربع) دیده شد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. یکی از نشانه‌های گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرارگرفته‌اند کوچک بودن اندازه‌ی برگ است که یکی از علت‌های آن کم کردن سطح فعال تبخیر و تعرق توسط گیاه است (Taiz and Zeiger, 2006). تریکودرما، فاکتورهای رشدی مانند جیبرلین، سیتوکینین و مولکول‌های شبه سیتوکینین مانند زآتین را که در رشد و توسعه‌ی اندام هوایی مؤثرند را تولید مـی‌کند (Osiewacz, 2002) و به همین دلیل در گیاهان تیمار شده با تریکودرما سطح برگ افزایش می‌یابد (Jalali et al., 2014; Chacon et al., 2007).

نیتروژن کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر ساده سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد بر نیتروژن کل معنی‌دار شد و اثر ساده سطوح قارچ تریکودرما اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) بیشترین میزان نیتروژن کل در تیمار سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۰۱۶۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود. کمترین میزان نیتروژن کل در تیمار سطوح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۰۱۱۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) دیده شد. با توجه به اینکه جابه‌جایی نیتروژن در خاک تابعی از رطوبت خاک است و در محیط مرطوب جذب توده-ای و جذب انتشاری افزایش می‌یابد (Salardini, 1993)، در تیمار شاهد که رطوبت خاک آن در ظرفیت زراعی قرار دارد میزان نیتروژن جذب‌شده بیشترین بوده است. ازآنجاکه نوع عمده جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه، از طریق جریان توده‌ای است (Silva et al., 2017)، در خاک‌هایی که

میزان رطوبت کمی دارند جذب نیتروژن با اختلال مواجه می‌گردد و کاهش می‌یابد (Farias et al., 2013). در گزارش‌های دیگر محققین نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Ashraf et al., 2013; Mauad et al., 2011).

فسفر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر فسفر معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین فسفر در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۰/۰۰۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود. کمترین فسفر در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه‌زنی با قارچ تریکودرما (۰/۰۰۲۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند به دلیل بالا رفتن pH خاک توانایی جذب برخی عناصر مانند فسفر را از دست می‌دهند. تریکودرما باعث افزایش جذب مواد غذایی در محیط ریشه گیاه گردید و علت افزایش جذب فسفر را افزایش سطح‌فعال ریشه درنتیجه‌ی تحریک قارچ تریکودرما دانسته‌اند (Harman et al., 2004). همزیستی تریکودرما با ریشه‌ی گیاه به حلالیت فسفر (خصوصاً از منبع فسفات کلسیم) کمک کرده (Singh et al., 2010; Altomare et al., 1999) و گیاه را ازنظر رشد و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی تقویت می‌نماید (Singh et al., 2013). در همین مورد نتایج مشابهی گزارش شده است (Kumar et al., 2014; Tallapragada, 2013).

پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر پتاسیم معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۰/۰۱۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) دیده شد. کمترین مقدار پتاسیم در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون مایه¬زنی با قارچ تریکودرما (۰/۰۱۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود. پتاسیم عنصر اصلی در تنظیم اسمزی گیاه است. این عنصر در باز و بسته شدن دریچه‌ی روزنه دخالت مستقیم دارد (Taiz and Zeiger, 2006) که در شرایط تنش خشکی، میزان جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. با مایه‌زنی گیاه با تریکودرما میزان پتاسیم جذب‌شده افزایش یافت. علت این پدیده را تولید نوعی سیدروفور توسط همزیستی گیاه و تریکودرما اعلام نموده‌اند که این ماده دارای خصوصیات شبه‌هورمونی است و باعث رشد ریشه‌های گیاه می‌گردد (Li et al., 2018). دیگر محققین نیز گزارش دادند که طی همزیستی تریکودرما با ریشه، شبه هورمون‌هایی تولید می‌شود که باعث افزایش رشد و توسعه ریشه و ریشه‌های مویین می‌گردد که افزایش جذب مواد غذایی مانند فسفر و پتاسیم احتمالاً به همین دلیل است (Lopez-Mondejar et al., 2010). در مطالعات دیگری نیز نتایج مشابه گزارش شده است (Hashem et al., 2014; Azarmi et al., 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و سطح برگ و همچنین بیشترین جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با غلظت ۱۰۸ مشاهده شد؛ بنابراین انتظار می‌رود کاربرد قارچ تریکودرما در شرایط سطوح مختلف آبیاری بتواند خصوصیات رشدی و جذب عناصر موردنیاز گیاه را بهبود بخشد و باعث افزایش کیفیت و عملکرد محصول گردد.

منابع

Altomare, C., Norvell, W.A., Björkman, T., Harman, G.E., 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Applied and Environmental Microbiology. 65, 2926-2933.

Alwhibi, M.S., Hashem, A., Abd-Allah, E.F., Alqarawi, A.A, Soliman, D.W.K., Wirth, S., Egamberdieva, D., 2017. Increased resistance

of drought by Trichoderma harzianum fungal treatment correlates with increased secondary metabolites and proline content. Journal of Integrative Agriculture. 16, 1751–1757.

Amiri Deh Ahmadi, S.R., Rezvani Moghaddam, P., Ehyaee, H.R., 2012. The effects of drought stress on morphological traits and yield of three medicinal plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 10, 116-124. [In Persian with English Summary].

Araghi, M.M., Rahnama, K., Latifi, N., 2012. Evaluation of growth increasing effect of Trichoderma harzianum on tomato. Journal of Plant Production Research. 18, 107-118. [In Persian with English Summary].

Ashraf, M., Shahbaz, M., Ali, Q., 2013. Drought-induced modulation in growth and mineral nutrients in canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany. 45, 93-98.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadaghiyani, M., Sefidkon, F., Barin, M., 2011. Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 27, 471-486. [In Persian with English Summary].

Azarmi, R., Hajieghrari, B., Giglou, A., 2011. Effect of Trichoderma isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. African Journal of Biotechnology. 10, 5850–5855.

Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C., Codon, A.C., 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma ssp. strains. International Microbiology. 7, 249-260.

Chacon, M.R., Rodríguez-Galán, O., Benítez, T., Sousa, S., Rey, M., Llobell, A., Delgado-Jarana1, J., 2007. Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum*. International Microbiology. 10, 19-27.

Chang, C., Chang, Y., Baker, R., Kleifield, O., Chet, I., 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. Plant Disease. 70, 145-148.

Chapman H.D, Pratt P.F., 1982. Method of Analysis for Soils, Plants and Waters. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication, Los Angeles.

Cuevas, C., 2006. Soil inoculation with Trichoderma pseudokoningii rifai enhances yield of rice. Philippine Journal of Science. 135, 31-37.

Emami, A., 1996. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, Technical Publication. 982, 11-28. [In Persian].

Farias, L.N., Bonfim-Silva, E.M., Pietro-Souza, W., Vilarinho, M.K.C., Silva, T.J.A., Guimarães, S.L., 2013. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 17, 497-503.

Hamada, A.M, and EL-enany, A.E., 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum. 36, 75- 81.

Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M., 2004. Trichoderma species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews. 2, 43-56.

Harman, G.E., Petzoldt, R., Comis, A., Chen, J., 2003. Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by Pythium ultimum and colletotrichum graminicola. The American Phytopathological Society. 94, 147 -153.

Hashem, A., Abd-Allah, E.F., Alqarawi, A.A., Al-Huqail, A.A., Egamberdieva, D., 2014. Alleviation of abiotic salt stress in Ochradenus baccatus by *Trichoderma hamatum*. Journal of Plant Interactions. 9, 857-868.

Hoyos-Carvajal, L., Orduz, S., Bissett, J., 2009. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by Trichoderma. Biological Control. 51, 409-416.

Irannezhad, A., Vatanpour Azghandi, A., Rahnama, H., Jaliani, N., Bozorgipour, R., 2010. Improvement of rooting and aclimatization of tissue cultured plantlets of olive (*Olea europaea* L. cv. Zard) by *Agrobacterium rhizogenes*. Seed and Plant Production Journal, 26, 85-93. [In Persian with English Summary].

Jabbarzadeh, J., Kaviani, M.H., Ghasemi, N., Mohandessi, A.R. Safarian, S., 2010. Effect of *Trichoderma harzianum* T22 (TRIANUM-P®) on decreasing infection of soil-born diseases and improvement of tomato (*Lycopersicon esculentum*) quality factors in greenhouses of Tehran region. P. 823. In: K. Benanaj (ed.), Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Con-gress, 31 Jul. 2010. Iranian Plant Protection Research Institute, Tehran, Iran. [In Persian].

Jalali, Z., Shoor, M., Rouhani, H., 2014. Investigation of the effect of Trichoderma and different levels of iron on morphological and biochemical traits of willow leaves. P. 1-4. In: P. Azadi (ed), The First National Congress of Ornamental Flowers and Plants, 21-23 Oct. 2014. National Research Institute of Flowers and Ornamental Plants. Karaj, Iran. [In Persian].

Kleifield, O, Chet, I., 1992. Trichoderma – plant interaction and its effect on increased growth response. Plant and Soil. 144, 267–272.

Kramer, P.J, Boyer, J.S., 1995. Water Relations of Pants and Soils. Academic Press, New York.

Kumar, A., Mangla, C., Aggarwal, A., Srivastava, V., 2014. Rhizospheric effect of Endophytic mycorrhiza and Trichoderma Viride on physiological parameters of Mentha Spicata linn. Asian Journal of Advanced Basic Sciences. 2, 99-104.

Li, Y.T., Hwang, S.G., Huang, Y.M., Huang, C.H., 2018. Effects of Trichoderma asperellum on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato. Crop Protection. 110, 275–282.

Lopez-Mondejar, R., Bernal-Vicente, A., Ros, M., Tittarelli, F., Canali, S., Intrigiolo, F., Pascual, J.A., 2010. Utilisation of citrus compost-based growing media amended with *Trichoderma harzianum* T-78 in *Cucumis melo* L. seedling production. Bioresource Technology. 101, 3718-3723.

Mastouri, F., Bjorkman, T., Harman, G.E., 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology. 100, 1213–1221.

Masunaka, A., Hyakumachi, M. Takenaka, S., 2011. Isoflavonoid phytoalexin vestitol production for colonization on/in the roots of *Lotus japonicas*. Microbes and Environment. 26, 128-134.

Mauad, M., Crusciol, C.A.C., Grassi Filho, H., 2011. Produçãode massa seca e nutrição de cultivares de arroz de terras altas sob condições de déficit hídrico e adubação silicatada. Semina. Ciências Agrárias, 32, 939-948.

Mazhabi, M., Nemati, H., Rouhani, H., Tehranifar, A., Moghadam, E.M., Kaveh, H., Rezaee, A., 2011. The effect of Trichoderma on polianthes qualitative and quantitative properties. Journal of Animal and Plant Sciences. 21, 617-621.

Mehrabi-Koushki, M., Rouhani, H., Mahdikhani-Moghaddam, E., 2012. Differential display of abundantly expressed genes of *Trichoderma harzianum* during colonization of tomato-germinating seeds and roots. Current Microbiology. 65, 524–533.

Moghaddam, M., Omidbeygi, R., Salimi, A., Naghavi, M.R., 2013. An assessment of genetic diversity among Iranian populations of basil (*Ocimum* spp.) using morphological traits'. Iranian Journal of Horticultural Science. 44, 227-243. [In Persian with English Summary].

Mohammadi-kashka, F., Pirdashti, H., Yaghoubian, Y., Baharisaravi, H., 2015. Effect of coexistence of Trichoderma, quasi-mycorrhizal fungi and phosphate-soluble bacteria on the photosynthetic pigments of the pepper plant (*Capsicum annuum* L). 4th National Congress of Organic and Conventional Agriculture. 19-20 Aug. 2015. Ardabil. Iran. [In Persian with English Summary].

Omidbeygi, R., 2006. Approaches to the Production of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Publisher. [In Persian].

Osiewacz H.D., 2002. Molecular Biology of Fungal Development. Marcel Dekker. New York.

Ozbay, N., Newman, S.E., Brown, W.M., 2004. The effect of the *Trichoderma harzianum* strains on the growth of tomato seedlings. Acta Horticulturae. 635, 131- 135.

Paton, A., 1992. Asynopsis of Ocimum L. (Labiatae) in Africa. Kew Bulletin, 47, 403-435.

Pushpangadan, P, Bradu, B.L., 1995. Advances in Horticulture, Medicinal and Aromatic

Plants, Volume 11. Malhotra Publishing House, New Delhi

Salardini, A.A., 1993. Soil Fertility. Tehran University Press, Tehran, Iran. [In Persian].

Salari, E., Rouhani, H., Mahdikhani-Moghaddam, E., Saberi Riseh, R., Mehrabi-Koushki, M., 2014. Efficacy of two methods ''seed coating'' and ''soil application'' of Trichoderma on growth parameters of tomato plant. Journal of Plant Protection. 28, 500-507. [In Persian with English Summary].

Shukla, N., Awasthi, R.P., Rawat, L., Kumar, J., 2012. Biochemical and physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by Trichoderma harzianum under drought stress. Plant Physiology and Biochemistry. 54, 78-88.

Silva, T.R., Cazetta, J.O., Carlin, S.D., Telles, B.R., 2017. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. Ciência e Agrotecnologia. 41, 117-127.

Singh, S.P., Singh, H.B., Singh, D.K., 2013. Effect of *Trichoderma harzianum* on mineral component and antioxidant activity of tomato fruits. Vegetos. 26, 237-244.

Singh, V., Singh, P.N., Yadav, R.L., Awasthi, S.K., Joshi, B.B., Singh, R.K., Lal, R.J., Duttamajumder, S.K., 2010. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry. 2, 66-71.

Taiz, L, Zeiger, E., 2006. Plant physiology. 4th ED. Sinauer Associates, Inc, Publishers Sunderland, Massachusetts.

Tallapragada, P., 2013. Study on growth and biomass of *Ocimum sanctum* plants and protein profiling of *Trichoderma harzianum*. International Journal of Pharma and Bio Sciences. 0975-6299.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Wooa, S.L., Lorito, M., 2008. Trichoderma-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry. 40, 1-10.

Yedidia, I., Srivastava, A.K., Kapulnik, Y., Chet, I., 2001. Effect of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil. 235, 235-242.