Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 4, Winter 2022 (999-1009)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.303476.1818

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰ (ص ۱۰۰۹-۹۹۹)

نشریه پژوهشی:

اثر کاربرد قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) بر خصوصیات بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان تحت تنش خشکی

مجتبی صلاحی استاد[۱]، بهرام عابدی[۲*] و یحیی سلاح‌ورزی[۲]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۹)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کاربرد قارچ تریکودرما در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه ریحان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل دوم تلقیح با قارچ تریکودرما در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما) بودند. نتایج نشان داد بیشترین وزن تر و خشک برگ در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد قارچ تریکودرما (شاهد) مشاهده شد. میزان وزن تر (۱۷/۶۹ درصد) و خشک ساقه (۱۷/۲۷ درصد)، کلروفیل a (۰/۶۶ درصد)، کلروفیل b (۰/۶۴ درصد)، کلروفیل کل (۰/۶۶ درصد) و محتوای نسبی آب برگ (۱/۳۷ درصد) در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما نسبت به شاهد افزایش یافت. میزان نشت الکترولیت (۷/۵ درصد) در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان کارتنوئید (۳۱/۷۴ درصد) پرولین (۵۲/۲۵ درصد)، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی (۱۷/۲۲ درصد) در تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما بیشتر از شاهد مشاهده شد. بنا به نتایج بدست آمده، در شرایط سطوح مختلف آبیاری، کاربرد قارچ *Trichoderma harzianum* باعث افزایش پرولین، کربوهیدرات محلول، رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی ریحان شد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، کلروفیل، نشت الکترولیت.

The effect of *Trichoderma harzianum* on the biochemical properties and photosynthetic pigments of basil under drought stress

Mojtaba Salahiostad[1], Bahram Abedi[2*] and Yahya Selahvarzi[2]
1, 2. M. Sc. Student and Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Aug. 28, 2020- Accepted: Apr. 18, 2021)

ABSTRACT

To evaluate the effect of *Trichoderma* application under drought stress conditions on biochemical properties and photosynthetic pigments of basil, an experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The studied treatments included 3 levels of irrigation (50, 75, and 100 Percent of field capacity) as the first factor and inoculation with *Trichoderma* (concentration 108) and non-inoculation with *Trichoderma* as the second factor. The results showed that the highest fresh and dry weight of leaves was observed in the treatment of irrigation area of 100 Percent of field capacity without the use of Trichoderma (control). Wet weight (17.69 Percent) and dry stem (17.27 Percent), chlorophyll a (0.66 Percent), chlorophyll b (0.64 Percent), total chlorophyll (0.66 Percent), proline(52/25 Percent) and the relative content of leaf water (1.37 Percent) in the irrigation level treatment of 100 Percent of field capacity along with the application of Trichoderma increased compared to the control and the amount of electrolyte leakage (7.5 Percent) in the treatment of 100 Percent of field capacity Decreased with the use of Trichoderma compared to the control.. The amount of carotenoids (31.74 Percent) and antioxidant activity (17.22 Percent) in the irrigation surface treatment of 50 Percent of field capacity with the use of *Trichoderma* were observed more than the control. According to the results, the application of *Trichoderma harzianum* increased proline, soluble carbohydrates, photosynthetic pigments, and antioxidant activity of the plant under different irrigation levels.

Keywords: Antioxidant activity, chlorophyll, electrolyte leakage, proline.

* Corresponding author E-mail: abedy@um.ac.ir

مقدمه

تولید غذا و استفاده از آب دو فرایند وابسته به هم هستند. افزایش جهانی تقاضا برای آب و محدودیت این منبع حیاتی، همچنین نیاز به تولید بیشتر برای رفع فقر و گرسنگی، پژوهشگران را بر آن داشته است تا در پی مسیری برای تولید بیشتر با مصرف آب کمتر باشند. در چنین شرایطی ضروری است تا اولویت تخصیص منابع آبی بر مبنای حصول به حداکثر کارایی مصرف آب برنامه‌ریزی شود (Dehghani-satij & Nakhjavani-moghadam, 2007). کمبود آب یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان می‌باشد و تنش کمبود آب از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید کشاورزی را شدیدا متأثر می‌کند (Souri & Hatamian, 2019; Souri & Tohidloo, 2019). تنش خشکی همچنین بر تولیدات کشاورزی تاثیرگذار است و باعث کاهش محصولات می‌شود (Razavizadeh *et al*., 2015). برخلاف دیگر محصولات زراعی، سبزیجات و به خصوص سبزیجاتی که خواص دارویی نیز دارند گیاهانی هستند که کیفیت محصول در مقایسه با کمیت آن به مراتب اهمیت بیشتری دارد. به همین دلیل استفاده از دانش و تجربه تحقیقات پیشین و ابداع روش‌های جدید در جهت افزایش کیفیت و عملکرد، به خصوص در دورانی که گیاه دچار تنش می‌شود امری غیر قابل انکار است. شناخت عوامل محیطی، گیاهی و زراعی نقش مهمی در موفقیت کشت گیاهان دارویی دارد (Omidbeygi, 2006). تنش خشکی از عمومی ترین مشکلات کشاورزی به خصوص در بحث کاهش کیفیت و کمیت محصولات است. Moghadam *et al*. (2015) تنش خشکی را بر سه رقم وارداتی ریحان اعمال نمودند و گزارش کردند که سطوح مختلف تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی، وزن تر و درصد اسانس در ارقام مختلف داشت. این یافته‌ها توسط Asadollahi *et al*. (2012) و Rasouli & Fakheri (2016) نیز گزارش گردیده است. Monajjem *et al*. (2011) گزارش کردند که با کاهش آب در سلول‌های برگ، روزنه‌ها بسته می‌شوند. در این حالت به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای، انتشار دی‌اکسیدکربن به فضای بین سلولی کاهش یافته و فعالیت فتوسنتزی در گیاهان کم و یا متوقف می‌شود. استفاده از توان میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی در کشاورزی یکی از راه‌های سلامت محیط است که امروزه در کشورهای پیشرفته باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شده است (Naiji & Souri, 2018). قارچ تریکودرما با مکانیسم‌های خاصی مانند ترشح آنزیم، تولید آنتی‌بیوتیک، مقابله با باکتری‌ها و قارچ‌های بیماریزا، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسیدهای آمینه در ریشه گیاهان موجب ایجاد مقاومت القایی در برابر تنش و کنترل بیولوژیک بیماری‌های خاکزی می‌شود (Shahsavari *et al*., 2010). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان دارویی مهم تیره نعناع (*Lamiaceae*) است. در بین گونه‌های مختلف جنس ریحان، گونه *Ocimum basilicum* L. اقتصادی‌ترین گونه محسوب شده و تقریبا در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌شود (Karimi *et al*., 2020). با توجه به کاهش روز افزون منابع آبی و رویارویی گیاهان با تنش آبی و کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی در این پژوهش اثر کاربرد قارچ تریکودرما بر گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر قارچ تریکودرما بر واکنش گیاه ریحان به تنش خشکی آزمایشی در سال ۱۳۹۷، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل ۲×۳ با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول این طرح تنش خشکی با ۳ سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. عامل دوم شامل ۲ سطح بود. سطح اول آن تلقیح بذور با اسپور قارچ تریکودرما به صورت بذرمال با غلظت 10^8 اسپور و سطح دوم آن عدم تلقیح با قارچ مزبور بود. بذور ریحان (تهیه شده از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی کرج) به ترتیب به وسیله اتانول ۷۰ درصد و هیپوکلریت سدیم ۵ درصد هر کدام به مدت یک دقیقه استریل گردیدند و پس از هر مرحله ۳ بار با آب مقطر شستشو داده شده و در نهایت زیر هود لامینار خشک گردیدند (Mehrabi-Koushki *et al*., 2012). مشخصات خاک مورد استفاده به شکل زیر است (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1. Physical and chemical properties of soil

Texture	Sand (Percent)	Silt (Percent)	Clay (Percent)	pH	EC (ds/m)	N (Percent)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Organic matter (Percent)
Clay Loam	43	29	28	7.1	1.18	0.11	13.3	301	1.3

این خاک به مدت دو روز متوالی در دو نوبت به مدت ۹۰ دقیقه تحت دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر اتوکلاو شد. بذوری که نیاز به تلقیح با قارچ تریکودرما داشتند به‌روش پیشنهادی Salari *et al.* (2014) با مایه تلقیح مخلوط و آماده سازی شدند. در این روش سوسپانسیون اسپوری به غلظت 10^8 اسپور در میلی‌لیتر قارچ تریکودرما هارزیانوم نژاد T_{20} (تهیه شده از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی کرج) حاوی نیم درصد کربوکسی متیل سلولز تهیه و با بذور به خوبی مخلوط شد و پس از آن بذور زیر هود لامینار خشک گردیدند. بذوری که تیمار عدم تلقیح با تریکودرما را داشتند بعد از استریل‌سازی، فقط با آب مقطر مخلوط و زیر هود لامینار خشک گردیدند. گلدان‌های مورد استفاده قطر و عمق ۳۰ سانتی متری داشتند که در هر گلدان بر اساس نوع تیمار آن، بذور ریحان کشت شد و به صورت یکسان و یکنواخت آبیاری گردید. دمای گلخانه برای دمای شب و روز بین ۲۵-۱۸ سلسیوس تنظیم شد. پس از جوانه‌زنی و رشد بوته‌های رشد کرده در مرحله‌ی ۴ برگی تنک شدند. به طوری که در هر گلدان فقط ۴ بوته همسان باقی ماند و پس از آن آبیاری گلدان‌ها بر اساس تیمارهای تنش خشکی و درصد رطوبت ظرفیت زراعی تیمارها به صورت روزانه انجام شد. برای بدست آوردن درصد ظرفیت زراعی و محاسبه‌ی سطوح تنش از روش توزین گلدان به‌روش پیشنهادی Amiri deh Ahmadi *et al.* (2012) استفاده گردید. بدین صورت که مقدار ۴۰۰۰ گرم خاک در داخل آون در درجه حرارت ۱۰۳ سلسیوس قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت توزین شد و وزن خشک خاک تعیین شد. سپس خاک خشک شده در گلدانی ریخته شده و به آرامی و تا حد اشباع آب به آن اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی، گلدان توزین شد. پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری‌شده در ظرفیت‌زراعی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند. نمونه برداری ۶۰ روز پس از اعمال تنش خشکی، مصادف با ظهور گل‌آذین‌ها انجام شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، از روش Yao *et al.* (2013) بر مبنای درصد غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط DPPH اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول از روش Li (2000) به‌وسیله معرف آنترون و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش Bates *et al.* (1973) استفاده شد. در این روش عصاره گیاهی به وسیله معرف نین‌هیدرین و بعد از آن به‌وسیله تولوئن آماده‌سازی شد و در طول موج ۵۲۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر مورد رنگ‌سنجی قرار گرفت. کلروفیل و کارتنوئید به روش Arnon (1989)، نشت الکترولیت به روش Lutts *et al.* (1996) و محتوای نسبی آب برگ (RWC) از روش Ritchie & Nguyen (1990) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab18 و مقایسه میانگین‌ها نیز براساس 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 (جدول ۲) نشان داد که کاربرد قارچ تریکودرما و سطوح مختلف تنش خشکی اثرات معنی‌داری بر صفات بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی بر گیاه ریحان داشت.

وزن تر و خشک برگ

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 وزن تر و خشک برگ معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین وزن تر برگ (۲۹/۸۴ گرم در بوته) و بیشترین وزن خشک برگ (۳/۹۶ گرم در بوته) در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد قارچ تریکودرما اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و قارچ تریکودرما بر برخی صفات ریحان.
Table 2. Results of variance analysis effect of irrigation and *Trichoderma* fungus on some traits of basil.

Sources of variations	df	Mean of squares								
		Leaf fresh weight	Stem fresh weight	Leaf dry weight	Stem dry weight	Antioxidant activity	Electrolyte leakage	Leaf relative water content	Soluble carbohydrates	Prolin
Irrigation levels (a)	2	702.013**	173.216**	7.766**	1.367**	152.85**	195.44**	263.36**	2.41**	6.77**
Trichoderma fungus (b)	1	11.697**	38.077**	0.133**	1.046**	36.83**	5.256**	32.53**	0.53**	2.17**
a×b	2	3.225*	3.743*	0.155*	0.094*	8.89**	4.73**	3.39*	0.09**	0.07*
Error	12	0.602	0.653	0.02	0.014	1.118	0.388	0.708	0.0125	0.015
CV		15.12	13.66	10.95	8.11	4.07	5.88	8.54	2.33	3.98

* و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.
*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively.

کمترین وزن تر برگ (۲۹/۸۴ گرم در بوته) و کمترین وزن خشک برگ (۱/۴۹ گرم در بوته) در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده گردید.. در پژوهشی که بر روی ذرت انجام گرفت با تلقیح بذور توسط تریکودرما این گیاهان در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاهانی که فاقد تریکودرما بودند، وزن تر و خشک بیشتری داشتند (Guler *et al*., 2016). نتیجه مشابهی را دیگر پژوهشگران در مورد گیاه جو تحت تنش کادمیوم و گل مریم تحت تنش خشکی گزارش نموده‌اند (Taghavi-ghasemkheili *et al*., 2011; Zekavati *et al*., 2019). یکی از دلایل افزایش وزن گیاهان تلقیح شده را همزیستی تریکودرما با ریشه گیاه و کمک این قارچ به جذب آب بیان کرده‌اند (Mastouri *et al*., 2010). از دیگر دلایل میتوان به تولید مواد شبه سیتوکنین توسط تریکودرما در گیاه اشاره کرد که باعث رشد برگ‌ها می‌گردد (Osiewacz, 2002).

وزن تر و خشک ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده در سطح احتمال ۱درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن تر و خشک برگ معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول) بیشترین وزن تر (۲۴/۲۵ گرم در بوته) و خشک ساقه (۳/۳۰ گرم در بوته) در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما اندازه‌گیری شد. کمترین وزن تر (۹/۷۴ گرم در بوته) و خشک ساقه (۱/۷۳ گرم در بوته) در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. Nzanza *et al*. (2011) درگیاهان گوجه فرنگی تلقیح یافته با تریکودرما افزایش وزن گیاه را گزارش کردند. اثربخشی مثبت تریکودرما در شرایط تنش و غیر تنش در گزارش دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است (Vinale *et al*., 2008). از آنجا که تریکودرما در جذب بهتر پتاسیم (Lopez-Mondejar *et al*., 2010)، فسفر (Singh *et al*., 2010)، آهن (Altomare *et al*., 1999) و کلسیم (Gravel *et al*., 2007) دخالت مثبت دارد با بهبود شرایط رشدی گیاه و افزایش سرعت آسیمیلاسیون میزان بایومس در گیاه تلقیح یافته با تریکودرما افزایش می‌یابد. Hashem *et al*. (2016) نیز نتایج مشابهی را در شرایط تنش شوری گزارش نموده است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانتی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر فعالیت آنتی‌اکسیدانتی معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۷۸/۸۶ درصد) که به‌جز تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۶۵/۲۷ درصد) مشاهده شد که به جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و قارچ تریکودرما بر خصوصیات بیوشیمیایی ریحان.

Table 3. Mean comparison interaction effect of irrigation and *Trichoderma* fungus on biochemical characteristics of basil.

Trichoderma fungus	Irrigation levels (Percent)	Leaf fresh weight (g/plant)	Stem fresh weight (g/plant)	Leaf dry weight (g/plant)	Stem dry weight (g/plant)	Antioxidant activity (Percent)	Electrolyte leakage (Percent)	Relative leaf water content (Percent)	Soluble carbohydrates ($mg.g^{-1}FW$)	Proline (μ mol/g FW)
Non- Trichoderma fungus	50	7.21^{e}	9.74^{e}	1.49^{d}	1.73^{d}	77.5267^{a}	41.04^{a}	59.9467^{e}	5.03667^{b}	4.455^{b}
	75	21.76^{c}	15.87^{c}	3.36^{b}	2.40^{c}	72.7467^{b}	35.0667^{c}	65.9033^{c}	4.50333^{c}	3.23833^{c}
	100	29.84^{a}	19.96^{b}	3.96^{a}	2.73^{b}	65.2733^{c}	28.8267^{d}	74.2033^{a}	4.01667^{d}	2.49^{d}
Trichoderma fungus	50	9.98^{d}	12.98^{d}	1.98^{c}	2.38c	78.86^{a}	37.26^{b}	63^{d}	5.62333^{a}	5.215^{a}
	75	23.86^{b}	17.06^{c}	3.54^{b}	2.6^{bc}	74.3267^{b}	29.5^{d}	69.88^{b}	4.86^{b}	4.11833^{b}
	100	29.81^{a}	24.25^{a}	3.81^{a}	3.30^{a}	70.9433^{c}	26.8133^{e}	75.24^{a}	4.10667^{d}	2.935^{c}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک،تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly different at 5 and 1 percent probability level.

تریکودرما با همزیستی با ریشه گیاه میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی آن را افزایش می‌دهد (Shukla *et al*., 2015) که علت آن را افزایش رشد ریشه، جذب آب و مواد غذایی از خاک گزارش کرده‌اند (Mastouri *et al*., 2012). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در میوه‌های گوجه فرنگی تلقیح شده با تریکودرما در گیاهان آلوده به قارچ اسکلروتینا نیز گزارش شده است (Singh & Singh, 2015). با بررسی گیاهان برنج تحت تنش خشکی گزارش شد که تریکودرما با افزایش بیان ژن و بالابردن فعالیت سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدانتی با مهار رادیکال‌های آزاد باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی شده است (Singh *et al*., 2020).

نشت الکترولیت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر نشت الکترولیت معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) کمترین نشت الکترولیت در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۲۶/۸۱۳ درصد) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین نشت الکترولیت در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۴۱/۰۴ درصد) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. طبق نتایج بدست آمده تیمار تریکودرما توانست میزان نشت الکترولیت را نسبت به تیمارهای شاهد کاهش دهد. Harman (2006) گزارش کرد که در اثر همزیستی تریکودرما با ریشه گیاه، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش می‌یابد و این آنزیم‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد و سوپراکسیدها باعث پایداری غشای سلول می‌گردد. Shukla *et al*. (2012) با اعمال تنش خشکی بر گیاه برنج گزارش مشابهی را عنوان نمودند.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۷۵/۲۴ درصد) که به جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (درصد۵۹/۹۴) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. تلقیح گیاه با تریکودرما، مقدار قند، اسیدهای‌آمینه و پتاسیم را در گیاه افزایش می‌دهد (Mazhabi *et al*., 2011) که از مهمترین ترکیباتی هستند که علاوه بر تاثیر بهینه بر عملکرد روزنه‌ها، از فشار اسمزی داخل برگ کاسته و به همین دلیل تبخیر و

تعرق در برگ را کاهش می‌دهند (Saboora *et al*., 2016). Ahmad *et al*. (2015)، Guler *et al*. (2016) و Repas *et al*. (2017) نیز گزارش مشابهی با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر را عنوان نموده‌اند.

کربوهیدرات محلول

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱درصد بر کربوهیدرات محلول معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین کربوهیدرات محلول در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و با کاربرد قارچ تریکودرما (۵/۶۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین کربوهیدرات محلول در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۴/۰۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در گیاهان تنظیمات اسمزی، قندها و پروتئین‌های محلول در برگ از فاکتورهای مهم پاسخ گیاه به تنش خشکی می‌باشد (Hoekstra *et al*., 2001). یکی از دلایل احتمالی افزایش قند محلول در سلول‌ها در هنگام مواجهه با تنش می‌تواند وجود آنزیم‌های هیدرولیزکننده نشاسته مانند آلفا آمیلاز و انورتاز باشد. این آنزیم‌ها با تجزیه نشاسته و قندهای بزرگ، مولکول‌های کوچکتری تولید می‌کنند تا گیاه بتواند با حفظ پتانسیل اسمزی در مقابل تنش از خود محافظت نماید (Bolarín *et al*., 1995). با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر گیاهانی که با تریکودرما تلقیح یافته بودند نسبت به گیاهان بدون تلقیح میزان قند محلول بیشتری داشتند. Qi & Zhao (2012) در پژوهش خود با اعمال تنش شوری و تلقیح با تریکودرما اسپریلیوم نشان دادند که گیاهان تلقیح یافته دارای سطوح قند محلول بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نیافته می‌باشند. این افزایش را به کارایی بیشتر سیستم فتوسنتز به دلیل جذب بهتر آب و موادغذایی توسط ریشه‌های همزیست با تریکودرما نسبت دادند.

پرولین

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 پرولین معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بیشترین پرولین در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۵/۲۱۵ میکرو مول بر گرم وزن تر) مشاهده شد که با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین پرولین در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۲/۴۹ میکرو مول بر گرم وزن تر) مشاهده شد که با تمامی تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری می باشد. گیاه زمانی که در شرایط تنش قرار می‌گیرد با افزایش پرولین به عنوان یک ماده‌ی اسمولیت، مکانیسم تحمل به تنش را فعال می‌کند (Costa Franca *et al*., 2000). Contreras-Cornejo *et al*. (2014) در پژوهش خود اعلام کردند که تلقیح ریشه گیاه آرابیدوپسیس با *Trichoderma virens* و *Trichoderma atroviride* در حالت تنش و غیرتنش باعث بالارفتن میزان پرولین برگ شده است. Rawat *et al*. (2016) نیز در مطالعه روی گیاه برنج تحت تنش شوری و Alwhibi *et al*. (2017) در مطالعه بر گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند که در آن‌ها نیز تیمار تریکودرما باعث افزایش میزان پرولین در برگ گیاه شده بود.

کروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر کروفیل a معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) بیشترین کروفیل a در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۹۶/۰۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و قارچ تریکودرما بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان.

Table 4. Results of variance analysis effect irrigation and *Trichoderma* fungus on photosynthetic pigments of basil.

Sources of variations	df	Mean of squares			
		Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoide	Total chlorophyll
Irrigation levels (a)	2	276.63**	12.72**	4.13**	270.82**
Trichoderma fungus (b)	1	22.02**	3.74**	0.51**	32.64**
a × b	2	12.01**	2.30*	0.18**	7.45*
Error	12	1.717	0.4861	0.02989	1.733
CV		8.81	6.36	4.03	5.41

* و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively

کمترین کروفیل a در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۸۱/۸۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به جز تیمارهای سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما و سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. Harman *et al.* (2004) نشان دادند که تریکودرما باعث افزایش جذب مواد غذایی در محیط ریشه گیاه گردید و این تاثیر احتمالاً با ترشح مواد کلاته کننده یا کمپلکس کننده باعث افزایش جذب عناصر غذایی در ریشه گیاهان میگردد (Souri, 2016; Souri *et al*., 2017). Irannezhad *et al.* (2010) نتایج مشابهی با نتایج حاصل از پژوهش حاضر گزارش دادند که در آن تریکودرما توانسته بود میزان کلروفیل گیاهچه‌های زیتون را افزایش دهد.

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل b معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) بیشترین کلروفیل b در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۱۰/۳۸۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به جز تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین کلروفیل b در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۶/۴۹۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. Guler *et al.* (2016) نیز با استناد به گزارش Harman *et al.* (2004) و Bae *et al.* (2009) اعلام کرد که گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار دارند اگه با تریکودرما تلقیح یابند در مقایسه با گیاهانی که با این قارچ تلقیح نشده اند در سیستم فتوسنتزی آن‌ها اختلال کمتری به وجود خواهد آمد و در هنگام تحمل تنش خشکی تولید کلروفیل متعادل تری خواهند داشت و همچنین تولید کاروتنوئیدهای آن‌ها افزایش خواهد یافت.

کاروتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر کاروتنوئید معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) بیشترین میزان کارتنوئید در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۵/۶۷ میلی گرم بر گرم وزن‌تر) مشاهده شد که به جز تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. همچنین کمترین میزان کارتنوئید در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۳/۸۷ میلی گرم بر گرم وزن‌تر) دیده شد که به جز تیمارهای سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما و تیمار سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. Bae *et al.* (2002) اعلام کرد که در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش تولید کلروفیل، گیاه سعی در تولید کاروتنوئید می‌نماید زیرا کاروتنوئید مشابه یک آنتی‌اکسیدان با حذف رادیکال‌های آزاد تولید شده از سیستم فتوسنتزی دفاع می‌نماید.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و قارچ تریکودرما بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان.

Table 5. Mean comparison interaction effect of irrigation and *Trichoderma* fungus on photosynthetic pigments of basil.

Trichoderma fungus	Irrigation levels (Percent)	Chlorophyll a ($mg.g^{-1}FW$)	Chlorophyll b ($mg.g^{-1}FW$)	Cartonide ($mg.g^{-1}FW$)	Total chlorophyll ($mg.g^{-1}FW$)
Non- Trichoderma fungus	50	81.8933^{c}	6.4967^{b}	5.39333^{ab}	91.393^{d}
	75	85.2965^{c}	9.8133^{a}	4.19667^{c}	95.683^{c}
	100	95.3733^{a}	10.32^{a}	3.87^{c}	105.567^{a}
Trichoderma fungus	50	82.41^{c}	8.8333^{a}	5.67^{a}	93.667^{cd}
	75	90.7767^{b}	10.1467^{a}	4.90667^{b}	100.787^{b}
	100	96.0133^{a}	10.3867^{a}	3.89333^{c}	106.27^{a}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک،تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ندارند.

* In each column, means with similar letters are not significantly different at 5 and 1 Percent probability level.

کاروتنویید ها انرژی را از مولکول های برانگیخته و رادیکال‌های آزاد اکسیژن گرفته و به گرما تبدیل می‌کنند (Edreva, 2005). Gupta *et al.* (2016) علت افزایش کاروتنوئید را در گیاهان تلقیح یافته با تریکودرما، جذب بهتر مواد غذایی عنوان نمودند.

کلروفیل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار بود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما (۱۰۶/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به‌جز تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین کمترین کلروفیل کل در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم تلقیح با قارچ تریکودرما (۹۱/۳۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) دیده شد که به‌جز تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. در گیاهانی که با تریکودرما تلقیح یافته‌اند جذب آهن و مقدار کلروفیل، بیشتر از گیاهانی است که با تریکودرما تلقیح نیافته‌اند. Altomare *et al.* (1999) گزارش کردند که وجود تریکودرما در همزیستی با ریشه گیاه باعث می‌شود حلالیت عناصر آهن، روی و منگنز در محیط ریشه افزایش یابد و جذب بیشتری روی دهد. همچنین نشان دادند که تریکودرما با تولید مواد کلات کننده می‌تواند به وسیله ترکیب با یون‌های آهن، جذب این عنصر را افزایش دهد که نتیجه آن افزایش کلروفیل می‌باشد. Yedidia *et al.* (2001) نیز گزارش مشابهی را ارائه داده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه بیشترین محتوای نسبی آب برگ در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰، پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در تیمار سطح آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. کمترین میزان نشت الکترولیت در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. بیشترین کلروفیل a، b و کل در تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد قارچ تریکودرما مشاهده شد. همینطور گیاهانی که با تریکودرما تلقیح یافته بودند در شرایط تنش میزان زیست توده بیشتری تولید نمودند. طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش در شرایط تنش خشکی کاربرد تریکودرما با تقویت سیستم ایمنی گیاه مانند افزایش میزان پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، می‌تواند باعث بهبود صفات کمی و کیفی گیاه ریحان شود.

REFERENCES

1. Ahmad, P., Hashem, A., Abd-Allah, E. F., Alqarawi, A. A., John, R., Egamberdieva, D. & Gucel, S. (2015). Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L) through antioxidative defense system. *Frontiers in Plant Science,* 6(868), 1-15.

2. 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. *Applied and Environmental Microbiology,* 65 (7), 2926-2933.
3. 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(8), 1751-1757.
4. 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(1), 116-124. (In Farsi).
5. Arnon, D. I. (1989). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
6. Asadollahi, A., Abbaszadeh, B., Mirza, M. & Layegh Haghighi, M. (2012). Comparison of the percentage of essential oil of different air organs of basil *Ocimum basilicum* L. population of Isfahan population under drought stress conditions. In: Proceedings of *6th National Conference on New Ideas in Agriculture*, 29 Feb., Khorasgan Islamic Azad University, Khorasgan, Iran pp. 669-672. (In Farsi).
7. Bae, H., Sicher, R. C., Kim, M. S., Kim, S. H., Strem, M. D., Melnick, R. L. & Bailey, B. A. (2009). The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botany*, 60(11), 3279-3295.
8. Bates, L. S., Waldern, R. P. & Tear, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil,* 39, 205-207.
9. Bolarín, M. C., Santa-Cruz, A., Cayuela, E. & Pérez-Alfocea, F. (1995). Short-term solute changes in leaves and roots of cultivated and wild tomato seedlings under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 147, 463-468.
10. Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Alfaro-Cuevas, R. & López-Bucio, J. (2014). *Trichoderma* spp. Improve growth of *Arabidopsis* seedlings under salt stress through enhanced root development, osmolite production, and Na^+ elimination through root exudates. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(6), 503-514.
11. Costa Franca, M. G., Thi, A. T. P., Pimentel, C., Rossiello, R. O. P., Zuilly-Fodil, Y. & Laffray, D. (2000). Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 43(3), 227-237.
12. Dehghani-satij, H. & Nakhjavani-moghadam, M. (2007). Application of water consumption efficiency index and yield function in determining cultivation pattern with the aim of increasing consumption efficiency. In: Proceedings of *2nd Water Resources Management Conference*, 23 Jan., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, pp. 247-256. (In Farsi).
13. Edreva, A. (2005). Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 119-133.
14. Gravel, V., Antoun, H. & Tweddell, R.J. (2007). Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 1968-1977.
15. Guler, N. S., Pehlivan, N., Karaoglu, S. A., Guzel, S. & Bozdeveci, A. (2016). *Trichoderma atroviride* ID20G inoculation ameliorates drought stress-induced damages by improving antioxidant defence in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38, 132.
16. Gupta, R., singh, A., Kanaujia, R. & Kushwaha, S. (2016). *Trichoderma harzianum* ThU and Its Metabolites Underscore Alteration in Essential Oils of *Ocimum basilicum* and *Ocimum sanctum*. *Proceedings* of *the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88, 219-227.
17. Harman, G. E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190-194.
18. Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews*, 2, 43-56.
19. 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(1), 857-868.
20. Hoekstra, F. A., Golovina, E. A. & Buitink, J. (2001). Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(9), 431-438.

21. 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(1), 85-93. (In Farsi).
22. Karimi, S., Zahedi, B. & Mumivand, H. (2020). Evaluation of some morpho-physiological traits of four basil (Ocimum basilicum L.) cultivars under water stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1), 245-253. (In Farsi).
23. Li, H. S. (2000). *Principles and techniques of plant physiology and biochemistry experiments (1th ed.).* Higher Education Press, Beijing.
24. 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.
25. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78, 389-398.
26. Mastouri, F., Björkman, 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.
27. Mastouri, F., Björkman, T. & Harman, G. E. (2012). *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 25(9), 1264-1271.
28. 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(3), 617-621.
29. 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.
30. Moghadam, M., Alirezaei Noghondar, M., Selahvarzi, Y. & Goldani, M. (2015). The effect of drought stress on some morphological and physicochemical characteristics of three cultivars of basil (*Ocimum basilicum* L.*). Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(3), 507-521. (In Farsi).
31. Monajjem, S., Ahmadi, A. & Mohammadi, V. (2011). Effect of drought stress on photosynthesis, partitioning of photo- assimilates and grain yield in rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(3), 533-547. (In Farsi).
32. Naiji, M. & Souri, M.K. (2018). Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Journal of Hortorum Cultus*, 17(2), 167-175.
33. Nzanza, B., Diana, M., & Puffy, S. (2011). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and *arbuscular mycorrhizal* fungi. *African Journal of Microbiology Research*, 5, 425-443.
34. Omidbeygi, R. (2006). *Approaches to the production and production of medicinal plants.* Astan Quds Razavi Publisher. (In Farsi).
35. Osiewacz, H. D. (2002). *Molecular biology of fungal development*. Marcel Dekker. New York.
36. Qi, W. & Zhao, L. (2012). Study of the siderophore-producing *Trichoderma asperellum* Q1 on cucumber growth promotion under salt stress. *Journal of Basic Microbiology*, 52, 1-10.
37. Rasouli, D. & Fakheri, B. (2016). Effects of drought stress on quantitative and qualitative yield, physiological characteristics and essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum americanum* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(5), 900-914. (In Farsi).
38. Rawat, L., Bisht, T. S., Kukreti, A. & Prasad, M. (2016). Bioprospecting drought tolerant *Trichoderma harzianum* isolates promote growth and delay the onset of drought responses in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecular Soil Biology*, 7(4), 1-15.
39. Razavizadeh, R., Shafeghat, M. & Najafi, S. (2015). Effect of water deficit on morphological and physiological parameters of *Carum copticum. Iranian Journal of Plant Biology*, 6(22), 25-38. (In Farsi).
40. Repas, T. S., Gillis, D. M., Boubakir, Z., Bao, X., Samuels, G. J. & Kaminskyj, S. G. W. (2017). Growing plants on oily, nutrient-poor soil using a native symbiotic fungus. *PLOS One*, 12(10), 1-15.
41. Ritchie, S. W. & Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
42. Saboora, A., Barik Roo, N. & Sharifi, H. (2016). Changes in compatible osmolite contents in four wheat cultivars under water stress. *Applied Biology*, 29(1), 121-142. (In Farsi).
43. 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(4), 500-507. (In Farsi).
44. Scandalios, J. G. (1993). Oxygen stress and superoxide dismutase. *Plant Physiology*, 101,7-12.
45. Shahsavari, A., Pirdashti, H., Mottaghian, A. & Tajick Ghanbary, M. A. (2010). Response of growth characters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) to co-inoculation of farmyard manure, *Trichoderma* spp. and *Psudomunas* spp. *Agroecology*, 2(3), 448-458. (In Farsi).

46. 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.
47. Shukla, N., Awasthi, R. P., Rawat, L. & Kumar, J. (2015). Seed biopriming with drought tolerant isolates of *Trichoderma harzianum* promote growth and drought tolerance in *Triticum aestivum*. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 171-182.
48. Singh, D. P., Singh, V., Gupta, V. K., Shukla, R., Prabha, R., Sarma, B. K. & Patel, J. S. (2020). Microbial inoculation in rice regulates antioxidative reactions and defense related genes to mitigate drought stress. *Scientific Reports*, 10, 4818.
49. Singh, S. P. & Singh H. B. (2015). Effect of mixture of Trichoderma isolates on biochemical parameter in tomato fruits against *Sclerotinia sclerotiorum* rot of tomato plant. *Journal of Environmental Biology*, 36(1), 267-272.
50. 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(4), 66-71.
51. Souri, M.K., Sooraki, F.Y. & Moghadamyar, M. (2017). Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. *Horticultue Environment and Biotechnology*, 58(6), 530-536.
52. Souri, M.K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1, 118-123.
53. Souri, M.K. & Tohidloo, G. (2019). Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 6(1), 26.
54. Souri, M.K. and Hatamian, M. (2019). Aminochelates in plant nutrition; a review. *Journal of Plant Nutrition*, 42 (1), 67-78.
55. Taghavi-ghasemkhili, F., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A. & Tajik-ghanbari, M. A. (2011). The effect of Trichoderma (*Trichoderma harzianum*) on vegetative traits of barley due to irrigation with cadmium-contaminated water. In: *5th Specialized Conference on Environmental Engineering*, 21 Nov., University of Tehran, Iran. (In Farsi).
56. 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.
57. Yao, X., Zhang, D., Zu, Y., Fu, Y., Luo, M., Gu, C., Li, C. M. F. & Efferth, T. (2013). Free radical scavenging capability, antioxidant activity and chemical constituents of *Pyrola incarnata* Fisch Leaves. *Industrial Crops and Products*, 49, 247-255.
58. 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(2), 235-242.
59. Zekavati, H., Mansouri, N. & Fatemi, S. (2021). Effect of *Trichoderma harzianum* fungus on the physiology traits and some vegetative and reproductive characteristics of tuberose (*Polianthes tuberose* L. cv. Double) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(4), 1017-1026. (In Farsi).