

اثر قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) بر صفات فیزیولوژی و ویژگی‌های رویشی و زایشی گل مریم (*Polianthes tuberosa* L. cv. Double) در شرایط تنش خشکی

حمیدرضا ذکاوتی^{۱*}، نرجس منصوری^۲ و سیده رقیه فاطمی^۲

۱ و ۲. دانش‌آموخته دکتری و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۹)

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر سطوح مختلف قارچ تریکودرما بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک، گلدهی و بیوشیمیایی گیاه گل مریم در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام رسید. عامل اول تنش خشکی در سه سطح (۱۰۰ (شاهد)، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و عامل دوم قارچ *Trichoderma harzianum* bi در سه سطح (۲۰، ۱۰ و صفر درصد وزن گلدان) بود. نتایج نشان داد تنش خشکی باعث افزایش مقادیر آنتی‌اکسیدان و پرولین شد و تأثیر منفی و معنی‌داری بر مقدار وزن تر و خشک ریشه و پیازچه‌ها، محتوای رطوبت نسبی آب برگ، تعداد برگ، قطر گلچه و تعداد گلچه باز شده داشت، اما قارچ تریکودرما تا حد زیادی این اثر منفی را تعدیل نمود. بیشترین مقدار رطوبت نسبی آب برگ (۸۴/۵ درصد) در تیمار ۱۰ درصد قارچ به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح ۲۰ درصد قارچ نداشت. در سایر صفات بیشترین مقادیر مربوط به سطح ۲۰ درصد قارچ بود. اثر متقابل قارچ و تنش خشکی بر قطر گلچه، وزن تر و خشک ریشه و پیازچه‌ها معنی‌دار شد و قارچ تریکودرما به خوبی توانست اثر منفی تنش خشکی را بهبود ببخشد. قارچ تریکودرما ضمن کاهش اثر تنش خشکی، باعث افزایش رشد رویشی و پیازچه‌ها و افزایش تعداد گلچه باز شده، گردید. بر اساس نتایج می‌توان قارچ تریکودرما را به عنوان عامل مؤثر در افزایش کیفیت گل مریم در شرایط مشابه پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پیازچه، تعداد گلچه، تنش خشکی، قارچ تریکودرما، گل مریم.

Effect of *Trichoderma harzianum* fungus on the physiology traits and some vegetative and reproductive characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L. cv. Double) under drought stress conditions

Hamid Reza Zekavati^{1*}, Narjes Mansoori² and Seyyede Roghaye Fatemi²

1, 2. Former Ph.D. Student and Former M. Sc. Student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Jan. 10, 2019- Accepted: April 29, 2019)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of different levels of *Trichoderma* fungus on some morpho-physiological and flowering traits of tuberose under drought stress conditions, an experiment was conducted in a factorial based on completely randomized design with three replications in greenhouses of Ferdowsi University in 2017. The first factor was drought stress at three levels (100 (Control), 50 and 25% FC) and the second factor was *Trichoderma harzianum* bi at three levels (20, 10 and 0% pot weight). The results showed that drought stress increased the amount of antioxidant and proline and had a negative significant effect on fresh and dry weights of root and bulblet, Relative water content, leaf number, floret diameter and number of open florets, but *Trichoderma* largely moderated these negative effects. The highest amount of relative humidity content of leaf water (84.5%) was obtained at 10% level of fungus, which did not show a significant difference from 20% level of fungus. In the rest of the traits, the highest levels were found at 20% level of fungus. The interactions effect of fungus and drought stress on the floret diameter, fresh and dry weights of root and bulblet were significant and *Trichoderma* fungus improve the negative effects of drought stress. *Trichoderma* fungus, besides reducing the effects of drought stress, increases vegetative growth and bulblets and increases the number of open florets. Based on results, use of *Trichoderma* fungus can be suggested as an effective factor in increasing the quality of tuberose flower in similar conditions.

Keywords: Bulblet, drought stress, number of florets, *Trichoderma* fungus, tuberose flower.

* Corresponding author E-mail: hamidreza_zeka@yahoo.com

مقدمه

ایران یکی از مناطق خشک جهان به‌شمار می‌رود و نیمی از مساحت کشور جزو مناطق نیمه‌خشک دنیا می‌باشد. در بسیاری از نقاط ایران، نزولات جوی نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تأمین نمی‌کند (Sharifian *et al.*, 2011). میزان متوسط بارندگی در ۴۸ سال اخیر تا سال ۱۳۹۶ حدود ۲۴۳ میلی‌متر می‌باشد (Heidarzadeh *et al.*, 2021). ارزیابی عملکرد گیاهان در شرایط تنش و استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاک به‌عنوان کودهای زیستی جهت کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی از راه‌حل‌های نوین در کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک، محسوب می‌شود (Ebhin Masto *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 2001).

بین عوامل بیولوژیک مورد استفاده توسط محققان در زمینه‌ی کشاورزی پایدار می‌توان به قارچ تریکودرما و گونه‌های مختلف آن اشاره کرد. گونه‌های قارچ تریکودرما از میکروارگانیسم‌های فراوان در دامنه پهنای از اکوسیستم‌ها و مناطق مختلف آب‌وهوایی جهان هستند. گونه‌های تریکودرما از مکانیسم‌های مختلفی برای مقابله با تنش‌های محیطی و بیمارگرهای گیاهی برخوردارند که از آن جمله می‌توان افزایش مقاومت گیاه و فعال کردن واکنش‌های دفاعی، تحریک رشد گیاه، تنظیم و القای فاکتورهای رشد گیاه را نام برد (Chet, 1987; Howell, 2003; Kloepper & Schroth, 2004).

قارچ تریکودرما با فعالیت‌های زیستی که در خاک صورت می‌دهد باعث آزاد شدن عناصر مهمی از جمله آهن، منیزیم، فسفر، مس و غیره در خاک می‌گردد و در مواردی دیده‌شده است که باعث کلاته شدن آهن در خاک می‌گردد. بدین ترتیب کاربرد این قارچ در بستر کاشت پیازهای مریم می‌تواند علاوه بر مصرف بهینه کود، موجبات افزایش عملکرد و در نتیجه رشد و نمو بهتر شاخه‌های گل در لاله و مریم را باعث شود (Mazhabi *et al.*, 2011). قارچ *Trichoderma harzianum* روی سه گیاه زینتی آهار، جعفری فرنگی و رعنا زیبا نشان داد که این‌گونه باعث بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی این گیاهان شد (Mazhabi *et al.*, 2011). در پژوهش دیگری تلفیح پیت با *T. harzianum*

به‌طور قابل‌توجهی رشد و گلدهی سیکلامن و بنت‌قنسل را افزایش داد (Nosir *et al.*, 2010). همچنین بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که این قارچ قادر به برقراری ارتباط تنگاتنگی با ریشه گیاهان هستند و حتی لایه‌های خارجی اپیدرم را پوشانده و به‌عنوان همزیست‌های غیر بیماری‌زا در گیاهان عمل می‌نمایند. گونه‌های مختلف تریکودرما باعث تغییر متابولیسم گیاه می‌شوند به‌طوری‌که منجر به افزایش توسعه ریشه، باروری محصول و مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌گردند (Vinale *et al.*, 2008).

گل مریم با نام علمی *Polianthes tuberosa* L. گیاهی سوخوار علفی است که از گل‌های شاخه بریده مهم در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌باشد (Ghasemi & Kafi, 2012). این گیاه چندساله، بومی کشور مکزیک و دارای ۱۲ گونه می‌باشد که گل‌هایی به‌صورت خوشه‌های بلند دارند. گل مریم یکی از اقلام صادراتی ایران است (Naz *et al.*, 2012).

با توجه به روند افزایش نیاز جامعه به گل‌های شاخه بریده و محبوبیتی که گل مریم در بین مردم دارد و از طرفی بروز تنش‌های غیرزنده به‌خصوص خشکی که رشد و نمو گیاهان را محدود می‌کند، انجام تحقیقات در خصوص تأثیر عوامل بیولوژیکی بر رشد و نمو گیاه مریم ضروری به نظر می‌رسد، لذا این تحقیق باهدف ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی و رشد و نمو گل مریم با به‌کارگیری جدایه *bi* قارچ تریکودرما و تحت شرایط تنش خشکی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر توأم کاربرد قارچ تریکودرما جدایه *bi* و تنش خشکی از کاشت تا برداشت گیاه گل مریم، به‌صورت گلدانی در سال ۱۳۹۶ (از خرداد ماه لغایت آبان ماه) در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. دما و رطوبت نسبی و شدت نور در گلخانه توسط سنسورهایی که به سیستم مرکزی گلخانه متصل بود کنترل گردید. به گونه‌ای که دمای شب و روز به ترتیب 19 ± 2 و 28 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در محدوده ۶۰-۵۵ درصد حفظ شد.

(1998) استفاده شد و میزان جذب در ۵۱۷ نانومتر پس از ۳۰ دقیقه تاریکی قرائت شد. مهار فعالیت رادیکال DPPH با استفاده از محلول استاندارد اسید آسکوربیک تعیین شد.

میزان پرولین در بافت برگ براساس روش Bates *et al.* (1973) اندازه‌گیری شد. غلظت پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر از محلول رنگی بالایی قرائت شد. غلظت پرولین با استفاده از منحنی استاندارد پرولین تعیین شد. جهت تهیه معرف ناین هیدرین، از مخلوط کردن ۵ میلی‌گرم ناین هیدرین، ۸۰ میکرولیتر اسید فسفریک ۶ مولار و ۱۲۰ میکرولیتر اسید استیک گلاسیال استفاده شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز (EC 1.11.1.6) براساس میزان اولیه ناپدیدشدن پراکسید هیدروژن مطابق با روش Velikova *et al.* (2000) ارزیابی شد. یک میلی‌لیتر محلول واکنش کاتالاز حاوی بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار (pH=7) با مقدار متناسبی از آنزیم استخراجی و پراکسید هیدروژن ۳۳ میلی‌مولار بود. کاهش میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر در یک دقیقه و میکرومول پراکسید هیدروژن مصرف‌شده در دقیقه به‌عنوان یک واحد کاتالاز تعریف شد (ضریب خاموشی ۴۰ میلی‌مولار در سانتی‌متر).

تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab 18 انجام شد و مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در آزمایش توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همچنین نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2013 رسم گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر متقابل تنش و قارچ تریکودرما بر وزن خشک ریشه و وزن پیازچه‌ها با سطح اطمینان ۹۹ درصد و بر مقدار وزن تر ریشه و وزن خشک پیازچه‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد و اثر تنش و قارچ بر تعداد برگ، با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار گردید.

اثر متقابل تنش و قارچ نشان داد افزایش قارچ، سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه در هر سه سطح

مدت و شدت تابش نیز با استفاده از پرده‌هایی که در سقف گلخانه تعبیه شده بودند و همچنین لامپ بخار سدیم ۴۰۰ واتی قابل کنترل بود. به صورتی که در طی مدت انجام این آزمایش در تمام طول سال، طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت، تاریکی ۸ ساعت و حداقل شدت نور نیز برابر ۵۰ کیلو لوکس تنظیم گردید.

قارچ *T. harzianum bi* مورد استفاده در این تحقیق، از کلکسیون قارچ گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد که از یک محصول تجاری به نام Binab جداسازی و خالص گردیده و شناسایی شده بود، تهیه گردید. این قارچ پس از آماده‌شدن در روز کشت در سه سطح (بدون قارچ، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی هر گلدان) با محیط کشت شامل خاک معمولی، پیت ماس و پرلیت به نسبت ۱-۱-۱ مخلوط گردید. تنش خشکی در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، اعمال گردید. گلدان‌های مورد استفاده از نوع سطل چهار بودند که دارای گنجایش حدود ۴ لیتر بود و حدود ۵۵۰ گرم خاک را در خود جای داد.

جهت دستیابی به میزان آب موردنیاز برای تأمین ظرفیت زراعی خاک موردنظر در حد مطلوب، ابتدا درصد رطوبت خاک برای وضعیت زراعی با رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$(1) \text{ (وزن خاک مرطوب پس از خروج آب ثقیل - وزن خاک خشک شده در } 105 \text{ درجه سانتی‌گراد به مدت دو روز) / وزن خشک } \times 100$$

صفات مورد اندازه‌گیری شامل سه ویژگی مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی بودند.

مقدار رطوبت نسبی آب برگ در برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته پس از توزین اولیه و ۲۴ ساعت قرارگیری در آب مقطر و سپس خشک کردن آن‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد از طریق رابطه (۲) محاسبه شد (Smart & Bingham, 1974).

$$(2) \text{ RWC} = \frac{100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن تورژسانس})}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}$$

برای اندازه‌گیری مهار فعالیت رادیکال DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) از روش Abe *et al.*

قارچ تریکودرما توانست اثر تنش را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد، به طوری که وزن تر ریشه در سطح ۲۰ درصد *T. bi* با سطح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تنش خشکی، تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۱).

آبیاری شد، به طوری که در نمونه شاهد *T. bi*، وزن تر ریشه ۲۸/۷ گرم و در سطح ۲۰ درصد *T. bi* ۳۶/۹ گرم به دست آمد که این مقادیر افزایش معنی داری داشتند. در تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)،

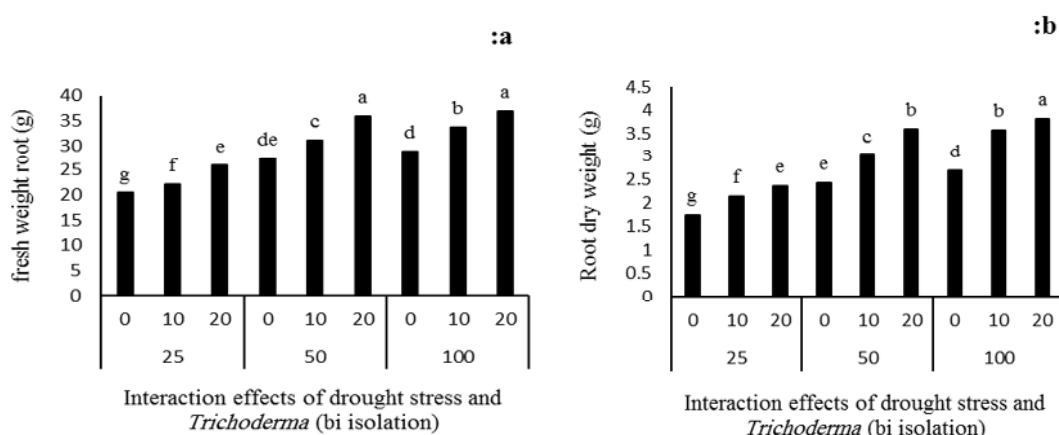
جدول ۱. نتایج آنالیز واریانس اثر تنش خشکی و قارچ تریکودرما بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل مریم

Table 1. Results of variance analysis effect of drought stress and *Trichoderma* fungus on some morphophysiological and biochemical of tuberose

Source of variation	df	Mean of squares									
		Root fresh weight	Root dry weight	Bulblet fresh weight	Bulblet dry weight	Leaf number	Floret diameter	Opened floret number	Proline	Antioxidant	RWC
Stress	2	263**	3.89**	112**	1022**	848**	3.06**	39.7**	0.047**	0.009**	177**
<i>Trichoderma</i>	2	109*	1.85**	14.4**	144**	1360**	0.627**	12.5**	0.008 ^{ns}	0.009**	21.9**
Stress× <i>Trichoderma</i>	4	2.79*	0.095**	0.830*	1.37**	63.7 ^{ns}	0.029**	0.152 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	1.63 ^{ns}
Error	17	0.885	0.015	0.205	0.300	54.7	0.007	0.646	0.010	0.0001	2.42
CV		15	13.8	12.5	9.3	13.1	10	7.5	5.4	8	12.3

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی دار.

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



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و تریکودرما بر وزن تر (a) و وزن خشک (b) ریشه گل مریم

Figure 1. Mean comparison interaction effect of drought stress and *Trichoderma* on root fresh weight (a) and dry weight (b) in tuberose

جدول ۲. مقایسه مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر صفات مورفو-فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل مریم

Table 2. Mean comparison effect of drought stress on some morphophysiological and biochemical of tuberose

Field capacity (%)	Antioxidant activity (mg.g ⁻¹ FW)	RWC (%)	Proline (μmol.g ⁻¹ FW)	Opened floret number	Leaf number
100	0.699 c	87.9 a	0.394 b	33.1 a	57.8 a
50	0.729 b	81.7 b	0.514 a	31.5 b	52.4 a
25	0.765 a	79.3 c	0.526 a	28.9 c	38.7 b

* Similar letters in each column show no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار می باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر قارچ تریکودرما بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل مریم

Table 3. Mean comparison effect of *Trichoderma* fungus on some morphophysiological and biochemical of tuberose

Different levels of <i>Trichoderma</i> (%)	RWC (%)	Antioxidant (mg.g ⁻¹ FW)	Opened floret number	Leaf number
0	81 b	0.690 c	29.8 c	36.3 c
10	84.5 a	0.743 b	31.2 b	63.6 a
20	83.3 a	0.761 a	32.4 a	49.2 b

* Similar letters in each column show no significant difference.

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار می باشد.

ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد (Hu & Mazhabi *et al.*, 2005). در پژوهش (Schmidhalter, 2005) در پی‌پژوهش (2011) روی گل لاله نتایج نشان داد که تعداد پیازچه‌های جانبی در حضور قارچ تریکودرما، با سطح اطمینان ۹۹ درصد افزایش معنی‌داری یافت به طوری که بیشترین تعداد سوخ در بستر کوکوپیت غنی‌شده با غلظت ۱۰۰ درصد *T. bi* به دست آمد. همچنین در بررسی دیگر روی گل مریم مشاهده شد که تعداد پیازچه‌های جانبی در حضور *T. bi* افزایش یافت (Mazhabi *et al.*, 2011).

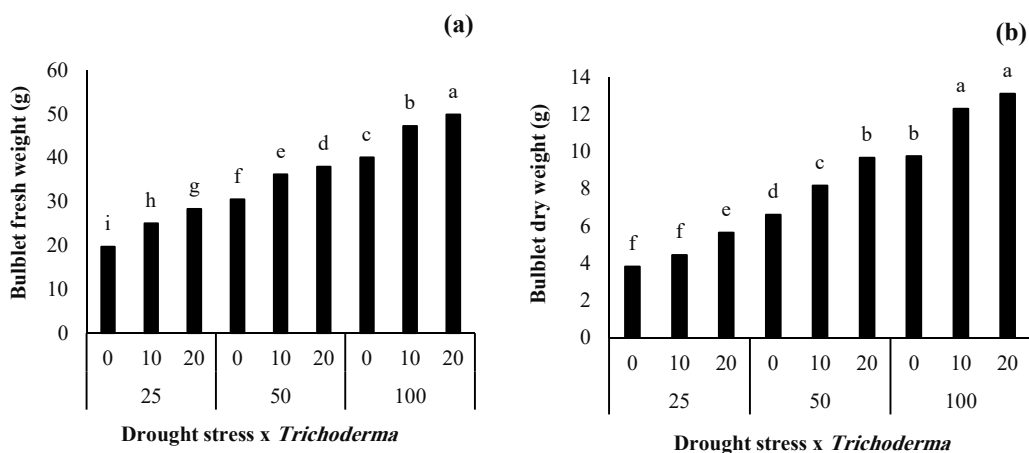
قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌داری در تعداد سوخ جانبی در سوخ بالغ و نابالغ پیرامون سوخ‌های جانبی و القای بلوغ در سوخ‌های نابالغ لاله گردید و همچنین توانست در صفات مربوط به مریم شامل تعداد برگ‌های سوخ اصلی و سوخ‌های جانبی، افزایش معنی‌داری ایجاد کند. تریکودرما تأثیرات مثبتی بر صفات کیفیتی و گیاهی پیازهای لاله و گل‌های بریده دارد (Mazhabi *et al.*, 2011). همچنین تریکودرما سبب افزایش ۳۰ درصدی وزن خشک پیازگلابول نسبت به نمونه شاهد شد (Nosir *et al.*, 2010).

در بررسی اثر ساده تنش، با افزایش سطح تنش خشکی، تعداد برگ کاهش معنی‌داری نشان داد. بیشترین تعداد برگ به ترتیب در سطح ۱۰ و ۲۰ درصد قارچ به دست آمد که از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول‌های ۱ و ۲).

روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبرو هستند کاهش تولید وزن تر و خشک ریشه است (Farooq, 2009). با افزایش میزان سطح تنش از ۹۰ به ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در گیاه کاسنی، وزن تر و خشک ریشه به مقدار معنی‌داری کاهش یافت (Jazizadeh & Mortezaeinejad; 2017). از سوی دیگر، Yedidia *et al.* (2001) و Harman *et al.* (1998) گزارش نمودند که وزن تر و خشک ریشه در حضور قارچ تریکودرما نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های فوق همخوانی دارد اما با نتایج Jalali *et al.* (2014) و Taghinasab darzi (2012) مغایرت دارد.

در مطالعه اثر متقابل تنش خشکی و *T. bi* نتایج نشان داد؛ بیشترین مقدار وزن تر و خشک پیازچه‌ها به ترتیب به مقدار ۴۹/۹۰ و ۱۳/۱۱ گرم در سطح ۲۰ درصد قارچ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید که در وزن خشک پیازچه‌ها مقدار ۱۰ و ۲۰ درصد قارچ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در شرایط تنش نیز به ترتیب سطوح ۲۰ و ۱۰ درصد *T. bi*، بیشترین مقدار وزن تر و خشک پیازچه‌ها را نسبت به نمونه بدون قارچ حاصل نمود (شکل ۲).

تأثیر تنش خشکی بر کاهش ماده خشک گیاهان را می‌توان این‌گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم‌شدن



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و قارچ تریکودرما بر وزن تر (a) و وزن خشک (b) پیازچه‌ها در گل مریم
Figure 2. Mean comparison interaction effect of drought stress and *Trichoderma* on bulblet fresh weight (a) and dry weight (b) in tuberose

درصد ظرفیت زراعی (۳/۲۸ سانتی‌متر) بوده است. در کلیه سطوح آبیاری به ترتیب، سطح ۲۰ و ۱۰ درصد قارچ توانست قطر گلچه را نسبت به نمونه بدون قارچ افزایش معنی‌داری دهد (شکل ۳).

بیشترین تعداد گلچه باز شده در سطح ۲۰ درصد قارچ با مقدار ۳۲/۴ تعداد مشاهده شد که با نمونه شاهد، دارای تفاوت معنی‌داری بود، به طوری که با افزایش سطح قارچ (۲۰ درصد) تعداد گلچه باز شده نسبت به نمونه شاهد (بدون قارچ) به ترتیب ۸ درصد افزایش یافت (جدول‌های ۱ و ۲).

در مطالعه مشابهی، اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر تعداد گلچه در رقم‌های مختلف گندم معنی‌دار شد، به طوری که با افزایش سطح تنش، تعداد گلچه عقیم نیز افزایش یافت (Azadi *et al.*, 2009). Rabbani & Emam (2012) علت کاهش تعداد دانه در ردیف بلال را به عقیمی تخمدان گلچه‌ها در اثر تنش خشکی نسبت دادند. در پژوهش Goldani & Kamali (2017)، مشاهده شد که در تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی گیاه اطلسی ایرانی، قطر گل، طول گل، تعداد گل و وزن تر گل کاهش یافتند.

در گزارشی عنوان شد مایه‌کوبی *T. harzianum* در پیت توانست تفاوت معنی‌داری در گلدهی و رشد سیکلامن ایجاد نماید (Dubsy *et al.*, 2002). Harry & Hoitink (2002) عنوان نمودند استفاده از *T. harzianum* توانست کیفیت گل ناز و بنفشه عطری را نسبت به شاهد افزایش دهد.

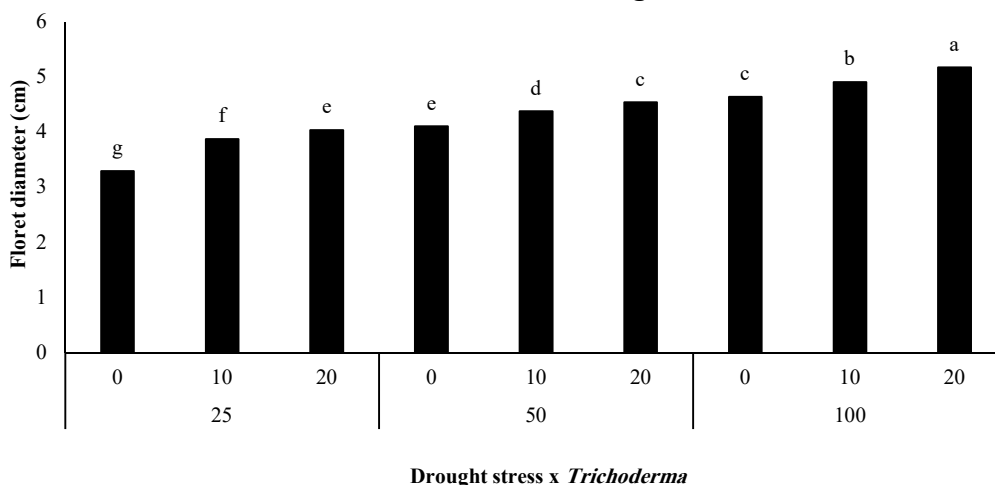
در پژوهش Omidbeygi & Sorestani (2010) روی گیاه گل مکزیک، مشاهده شد که با افزایش شدت تنش، تعداد برگ کاهش یافت که در پژوهش حاضر نیز نتایج مشابهی به دست آمد. نتایج حاصل از پژوهش Jalali *et al.* (2014) نیز نشان داد که در حضور قارچ تریکودرما تعداد برگ در دو گیاه اسپاتی-فیلوم و برگ بیدی افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه فاقد قارچ داشت. افزایش تعداد برگ، باعث تعدیل اثر تنش خشکی شده و عملکرد را با افزایش جذب عناصر غذایی حفظ نموده است (Aslanpour *et al.*, 2017).

در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Ashraf & Foolad, 2007).

ویژگی‌های مربوط گل

نتایج آنالیز واریانس نشان داد اثر متقابل تنش و قارچ و اثر تنش و قارچ بر تعداد گلچه باز شده با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

بررسی اثر متقابل تنش و قارچ نشان داد بیشترین اندازه قطر گلچه با مقدار ۵/۱۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۲۰ درصد قارچ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود و کمترین مقدار مربوط به تیمار بدون قارچ با ۲۵



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و قارچ تریکودرما بر قطر گلچه گل مریم

Figure 3. Mean comparison interaction effect of drought stress and *Trichoderma* on floret diameter in tuberose

پیدا کرد از سوی دیگر در حضور قارچ، محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت، به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به سطح ۱۰ درصد قارچ *T. bi* با مقدار ۸۴/۵ درصد بود که تفاوت معنی داری با سطح ۲۰ درصد قارچ نداشت و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ به مقدار ۸۰/۶ در تیمار شاهد به دست آمد (جدول های ۲ و ۳).

محتوای نسبی آب برگ نیز به عنوان یک نشانگر جهت تعیین میزان مقاومت ژنوتیپ های گیاهی نسبت به تنش خشکی معرفی شده است (Terzi & Kadioglu, 2006). در بسیاری از بررسی ها کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی مشاهده شده است (Eivazi et al., 2007; Zarghami et al., 2014). حفظ آب برگ و کاهش تبخیر و تعرق یک سازوکار مهم اجتناب از تنش خشکی است. قدرت حفظ آب موجود در برگ در شرایط تنش خشکی، در ژنوتیپ های حساس به تنش خشکی کاهش می یابد، بنابراین آب موجود در برگ از طریق تبخیر سطحی و یا تعرق، کاهش یافته و در نتیجه گیاه دچار کم آبی می شود (Beck et al., 2007). در پژوهش Seraj et al. (2018) قارچ تریکودرما باعث افزایش بیش از ۱۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به نمونه بدون قارچ در شرایط تنش شوری شد که در پژوهش حاضر نیز مقدار رطوبت نسبی در حضور قارچ تریکودرما افزایش یافت.

طبق نتایج جدول آنالیز واریانس اثر تنش و قارچ بر مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار شد (جدول ۱). در بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی مشاهده شد که با افزایش سطح تنش مقدار آنتی اکسیدان نیز افزایش یافت، به طوری که بیشترین مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود. از طرف دیگر با افزایش قارچ تریکودرما، فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش معنی داری یافت که بیشترین مقدار مربوط به سطح ۲۰ درصد قارچ تریکودرما با مقدار ۰/۷۶۱ میکرو مول بر گرم وزن تر بود (جدول های ۲ و ۳).

تنش اکسیداتیو به عنوان یک تنش ثانویه به دنبال تنش خشکی رخ می دهد (Chaves & Oliveira, 2004) و گیاهان برای محافظت از سامانه فتوسنتز و ساختار

همچنین در پژوهشی دیگر، طول ساقه گل دهنده و تعداد گلچه در حضور قارچ با غلظت ۱۰۰ درصد، در گل مریم افزایش یافت (Mazhabi et al., 2011). حضور تریکودرما در خاک موجب آزاد سازی عناصر معدنی قابل جذب برای گیاه می شود. تغذیه مناسب موجب افزایش رشد و میزان ماده خشک گیاه و در نتیجه تحریک گلدهی می گردد (Cuevas, 2006). به طور کلی استفاده از قارچ ها باعث بهبود وضعیت شاخص های زایشی و رویشی در گیاهان گلدار می شود (Farrokhvand et al., 2020).

ویژگی های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

اثر تنش با سطح اطمینان ۹۹ درصد بر مقدار پرولین معنی دار گردید (جدول ۱). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین، مشاهده شد که با افزایش سطح تنش، مقدار پرولین نیز افزایش یافت. بیشترین مقدار پرولین، در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی با مقدار ۰/۵۸۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد، اما تفاوت معنی داری با سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با مقدار ۰/۵۵۱ میکرومول بر گرم وزن تر برگ، نداشت (جدول ۲).

افزایش غلظت پرولین در گیاهانی که تحت تنش قرار گرفته اند، نوعی سازگاری برای غلبه بر شرایط تنش می باشد (Manivannan et al., 2007; Bayer, 2007). محتوا پرولین گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis*) با افزایش تنش خشکی تا سطح تنش نسبتاً شدید افزایش یافت، اما پس از آن مجدداً کاهش پیدا کرد (Jafarzadeh et al., 2013). همچنین بررسی روی آفتابگردان تحت شرایط خشکی نشان داد که در طول تنش با افزایش فعالیت گاما-گلوتامیل کیناز میزان پرولین نیز افزایش پیدا کرد (Manivannan et al., 2007). افزایش پرولین در شرایط خشکی، یک مکانیزم دفاعی است که به گیاه کمک می کند تا پتانسیل اسمزی یاخته های خود را برای جذب آب کاهش دهد (Bagheri et al., 2014).

اثر تنش و قارچ بر محتوای نسبی آب برگ با سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار شد (جدول ۱). با افزایش سطح تنش، محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی داری

نتیجه گیری کلی

تنش خشکی باعث افزایش مقادیر صفات آنتی اکسیدان و پرولین و باعث کاهش مقادیر وزن تر و خشک ریشه و پیازچه‌ها، تعداد برگ، قطر گلچه، تعداد گلچه باز شده و رطوبت نسبی آب برگ در گیاه گل مریم شد که از سوی دیگر قارچ تریکودرما باعث افزایش همه این مقادیر به جز پرولین گردید. قارچ تریکودرما باعث کاهش اثر تنش در صفات قطر گلچه، وزن تر و خشک ریشه و پیازچه‌ها گردید. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، قارچ تریکودرما باعث افزایش تعداد گلچه باز شده و قطر گلچه در گل مریم شد که این عامل نقش مهمی در کیفیت و بازاریابی گل شاخه بریده مریم دارد. از سوی دیگر قارچ تریکودرما به عنوان روشی بیولوژیک در کاهش اثر تنش خشکی در گل مریم می تواند مؤثر واقع شود.

سلول خود اقدام به تولید و تجمع ترکیبات آنتی اکسیدان می کنند (Abedi & Pakniat, 2010). در پژوهش Zare Mehrjerdi *et al.* (2013) با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاه نخود افزایش یافت. Marzban *et al.* (2010) با آغشته کردن بذرهاى گیاه ذرت با قارچ تریکودرما، افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی را گزارش نمودند که نتایج این پژوهش‌ها، هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر می باشد.

هنگامی که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می گیرند سطوح انواع فعال اکسیژن در آن‌ها افزایش می یابد و به دنبال آن بیان ژن‌های آنتی اکسیدانی و فعالیت آنتی اکسیدان‌ها برای حذف انواع اکسیژن فعال زیاد شده و سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی بهبود یافته و باعث افزایش تحمل تنش به خشکی در گیاه می گردد (Mano, 2002).

REFERENCES

1. Abe, N., Murata, M. & Hirota, A. (1998). Novel 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62, 661-662.
2. Abedi, T. & Pakniyat, H. (2010). Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal GenetPlant Breeding*, 46(1), 27-34.
3. Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.
4. Aslanpour, M., Tehranifar, A., Dolati Baneh, H. & Shoor, M. (2017). *Effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth factors, water relations and nutrients absorption in Vitis vinifera cv. Bidaneh Sefid*. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi).
5. Azadi, A., Majidi Haravan, E., Roozbahani, A., Vahabzade, M. & Behbahaninia, A. (2009). Effect of drought stress levels on yield components and spike related traits in wheat cultivars. *Environmental Stress in Plant Sciences*, 1(1), 65-77. (in Farsi)
6. Bagheri, M., Al Buoali, F., Sadeghi, H. & Javanmardi, Sh. (2014). The effects of dehydration on ionic changes, RWC, proline content and some morphological characteristics of the Atlantic. *Journal of Horticultural Science*, 28(3), 347-359. (in Farsi)
7. Bates, L. S., Waldren, R. D. & Taere, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
8. Bayer, C. (2007). Proper proline management needed for effective results. *Medicinal Chemistry*, 18, 10-25.
9. Beck, E., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K. & Bhattarai, T. (2007). Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. *Bioscience*, 32, 501-510.
10. Chaves, M. M. & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. *Experimental Botany*, 55, 2365-2384.
11. Chet, I. (1987). Trichoderma-Application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soil-borne plant pathogenic fungi. In *novative Approaches to Plant Disease Control, New York: John Wiley and Sons*, 137-160.
12. Cuevas, C. (2006). Soil Inoculation with *Trichoderma pseudokoningii* rifai enhances yield of rice. *Philippine Science*, 135(1), 31-37.
13. Dubsy, M., Sramek, F. & Vosatka, M. (2002). Inoculation of cyclamen (*Cyclamen persicum*) and poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) with arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum*. *Rostlinna Vyroba*, 48(2), 63-68.

14. Ebhin Masto, R., Chhonkar, P. K., Singh, D. & Patra, A. K. (2006). Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical incept soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1577-1582.
15. Eivazi, A., Talat, F., Saeed, A. & Ranji, H. (2007). Selection for osmoregulation gene to improve yield of wheat genotype under osmotic stress. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10, 3703-3707.
16. Farrokhvand, I., Reezi, S., Barzegar, R. & Fattahi, M. (2020). Effect of symbiosis of several mycorrhiza arbuscular fungi species on some quality and physiological indices of potted lisianthus flower (*Eustoma grandiflorum* 'MatadorBlue'). *Iranian Journal of Horticultural Science* 50, 815-824. (in Farsi)
17. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, M., Fujita, D. & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, 29, 185-212.
18. Ghasemi Ghahsare, M. & Kafi, M. (2012). Scientific and practical floriculture. Glyn Publishers. (in Farsi)
19. Goldani, M. & Kamali, M. (2017). Evaluation of culture media including vermicompost, compost and manure under drought stress in Iranian petunia (*Petunia hybrida*). *Plant Production*, 39(3), 91-100. (in Farsi)
20. Harman, G. E. & Kubicek, C.P. (1998). *Trichoderma* and *Gliocladium*, enzymes. *Biological Control and Commercial Applications*, 2, 380-393.
21. Heidarzadeh, A., Nazeri, V. & Tabrizi, L. (2021). Effect of salicylic acid application on quantitative and qualitative features of *Ziziphora clinopodioides* Lam. under water deficit stress condition. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51, 871-887. (in Farsi)
22. Harry, A. J. & Hoitink, H. (2002). Effects of composted cow manure and T382 on growth of perennials and ground. *International Microbiology*, 10, 19-27.
23. Howell, C. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Disease*, 87(1), 4-10
24. Hu, Y. & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Plant Nutrition*, 168, 541-549.
25. Jafarzadeh, L., Omid, H. & Bostani, A. (2013). Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3), 666-680. (in Farsi).
26. Jalali, Z., Shoor, M., Nemati, H. & Rohani, H. (2014). Effect of *Trichoderma harzianum* and levels of Fe on biochemical and morphological traits of *Tradescantia sp.* In: 1st National Ornamental Plants Congress, 21-22 Oct., Karaj, Iran, pp. 331-334. (in Farsi).
27. Jazizadeh, E. & Mortazaeinezhad, F. (2017). Effects of drought stress on physiological and morphological indices of *Cichorium intybus* for introduction in urban green space. *Plant Process and Function*, 6(21), 279-290. (in Farsi).
28. Kloepper, J. W. & Schroth, M. N. (2004). Plant growth-promoting *Rhizobacteria* on radishes. Proceedings of the Fourth Conference Plant Pathogenic Bacteria. *Station de Pathologie Vegetal et Phytobacteriologie*, 2, 879-882.
29. Manivannan, P., Jaleel, C. A., Sankar, B., Kishurekumart A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G. M. & Panneerselvam, R. (2007). Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. *Colloids and Surfaces, Biointerfaces*, 59, 141-149.
30. Mano, J. (2002). Early events in environmental stresses in plants-induction mechanisms of oxidative stress. In: Inze D, Montago MV, eds. Oxidative stress in plants. New York. USA, 217-245.
31. Marzban, Z., Amerian, M., Mamer Abadi, M. & Abbas Dokht, H. (2010). The effect of coexistence arbuscular mycorizal fungus and *Rhizobium* bacteria on mixed crop corn and bean. *International Conference of Conservation of Biodiversity and Traditional Knowledge*, 1-2 March., Tehran, pp.10. (in Farsi)
32. 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. *Animal and Plant Sciences*, 21, 617-621.
33. Naz, S., Aslam, F., Ilyas, S., Shahzadi, K. & Tariq, A. (2012). *In vitro* propagation of tuberose (*Polianthes tubrosa* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4107-4112.
34. Nosir, W., Jim, M. & Steve, W. (2010). The efficiency of *Trichoderma harzianum* and *Aneurinobacillus migulanus* in the control of gladiolus corm rot in soilless culture system. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 5 (4), 436-445.
35. Omidbeygi, R. & Sorestani, M. (2010). Effect of water stress on morphological traits, essential oil content and yield of anise hyssop (*Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze). *Journal of Horticultural Science*, 41(2), 153-161. (in Farsi)

36. Rabbani, J. & Emam, Y. (2012). Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*, 1(2), 65-78. (in Farsi)
37. Seraj, F., Salimi, N., Pirdashti, H. & Yaghoobian, Y. (2018). The response of vegetative and physiological components of wheat plant to salinity and the effect of seed pre-treatment with *Trichoderma virens* and *Piriformospora indica* on improving plant consistency to salinity stress. *Seed Science and Technology*, 7(2), 77-90. (in Farsi)
38. Sharifian, H., Ansari, H. & Davari, K. (2010). *Principles of general irrigation*. Academic Jihad. (in Farsi).
39. Smart, R. E. & Bingham, E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology*, 53, 258-260.
40. Taghinasab, M. (2012). Effect of some *Trichoderma* isolates on growth of cucumber seedlings in greenhouse conditions. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 11, 85-92. (in Farsi)
41. Terzi, R. & Kadioglu, A. (2006). Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 48, 89-96.
42. Velikova, V., Yordanov, I. & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, 151(1), 59-66.
43. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. & Lorito, M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1-10.
44. Wilson, S. B., Stoffella, P. J. & Graetz, D. A. (2001). Compost-amended media for growth and development of Mexican heather. *Compost Science and Utilization*, 9(1), 60-64.
45. Yedidia, I., Srivastva, 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.
46. Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J. & Massomi, A. (2013). Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic conditions. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 3 (4), 59-77. (in Farsi)
47. Zarghami Moghadam, M., Shoor, M., Ganjali, A. & Moshtaghi, N. (2014). *Study the effects of salicylic acid on morphological and ornamental traits of two cultivars of petunia (Petunia hybrida) under deficit irrigation stress*. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi)