

اثر باکتری‌های تأمین‌کننده نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های نشای گوجه‌فرنگی

کامبیز مشایخی^{۱*}، ایوب قربانی دهکردی^۲، سید جواد موسوی‌زاده^۳ و کامران رهنما^۱
۱، ۲ و ۳. دانشیار، دانشجوی دکتری و استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های تأمین‌کننده نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های نشاء گوجه‌فرنگی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اسفند و فروردین ماه سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. عامل اول، تیمار کود بیولوژیک در پنج سطح (بدون مصرف، آزوسپریلیوم بذرمال، سودوموناس بذرمال، آزوسپریلیوم خاک مصرف، سودوموناس خاک مصرف) و عامل دوم، آبیاری در دو سطح (چهار نوبت در روز و دو نوبت در روز) بود. در این پژوهش از باکتری‌های آزوسپریلیوم براسیلنس سویه (of) و سودوموناس فلورسنس سویه (p-169) استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از کودهای بیولوژیک آزوسپریلیوم براسیلنس و سودوموناس فلورسنس به صورت خاک مصرف، توانست نسبت به تیمار بدون مصرف باکتری، بسیاری از خصوصیات مطلوب رشد مانند درصد جوانه‌زنی، طول ساقه، وزن خشک اندام‌هوایی، وزن تر ریشه، کاهش زمان تا ظهور برگ ششم و افزایش آنتوسیانین بافت (به ترتیب به میزان ۱/۶۷، ۲/۹، ۱۹/۰۵، ۹/۲۵، ۳/۳۸ و ۱۸/۴۲ درصد نسبت به شاهد) را بهبود دهد. بنابراین می‌توان تیمارهای آزوسپریلیوم براسیلنس و سودوموناس فلورسنس خاک مصرف را تحت شرایط رژیم آبیاری معمولی در جهت بهبود کیفیت، کوتاه کردن دوره پرورش، کاهش خسارت تنش آبی و افزایش تحمل به تنش ناشی از انتقال از خزانه به زمین اصلی در تولید نشاء گوجه‌فرنگی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلیوم، آنتوسیانین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو، سودوموناس، نشاء.

The effect of nitrogen and phosphorus supplier bacteria on the characteristics of tomato seedling

Kambiz Mashayekhi^{1*}, Ayoub Ghorbani Dehkordi², Saied Javad Mousavizadeh³ and Kamran Rahnama¹
1, 2, 3. Associate Professor, Ph. D. Candidate and Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: June 17, 2019- Accepted: Nov. 27, 2019)

ABSTRACT

In order to study the effect of nitrogen and phosphorus supplier bacteria on tomato transplants characteristics, a factorial experiment in a completely randomized design with three replications, was conducted in a greenhouse of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, in March 2016. The first factor was biological fertilizer application at five levels (control, seed treatment of azosperilium, seed treatment of *Pseudomonas*, *Azospirillum* soil use, *Pseudomonas* soil use), and the second factor was irrigation at two levels (four times a day and two times a day). In this experiment, *Azospirillum brasilense* strain (P) and *Pseudomonas fluorescens* strain (p-169) were used. The results showed that the use of biofertilizers of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in soil application compare with control, improved germination percentage, stem length, stem and leave dry weight, root fresh weight, decreased the time to appearance of sixth leaf and increased anthocyanins in the tissue (1.67, 2.9, 19.05, 9.25, 3.38 and 18.42%), respectively. So, *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* as soil use can be used in normal irrigation regimes to improve the quality, shorten the nursery period, reduce water stress and improving seedling tolerance to the transmission stress in the main field, in the production of tomato transplants.

Keywords: Anthocyanin, antioxidant enzymes, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, transplant.

* Corresponding author E-mail: kkambizmashayekhi@gmail.com

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) از جمله مهمترین گیاهان تیره بادنجانیان (Solanaceae) می‌باشد که در اکثر مناطق دنیا به صورت یک گیاه یک ساله کشت می‌شود (Jaime & Fernande, 2008). کشت مرسوم این گیاه به دو روش مستقیم و نشاکاری است. کشت بذر گوجه‌فرنگی در خزانه انجام می‌شود تا به محض مساعد شدن شرایط محیطی، نشاها به مزرعه منتقل شوند. با این عمل، زمان تولید محصول را می‌توان کاهش داد و همچنین می‌توان جهت برداشت محصول، به منظور تولید محصول پیش‌رس با قیمت بالا برنامه‌ریزی نمود. بر این اساس، یکی از مراحل مهم رشدی گوجه‌فرنگی، پرورش در خزانه‌ای می‌باشد که در آن نشاهای مرغوب و قوی و با قابلیت انتقال به مزرعه با درصد گیرایی و زنده‌مانی بالا باید حاصل گردد (Hasandokht, 2012; Souri & Yaghoubi, 2018). هرچند که در زمان انتقال نشاها تمامی شرایط محیا باشد، باز هم گیاهچه در حال انتقال دچار تنش خواهد شد. بروز تنش در گیاه می‌تواند آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو را جهت مبارزه با انواع فرم‌های اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد، فعال کند. با بررسی میزان فعالیت این آنزیم‌ها می‌توان به این مطلب پی‌برد که کدامیک از گیاهان در زمان انتقال دچار تنش کمتری شده‌اند (Xu et al., 2006). علاوه بر این یکی از چالش‌های مهم در تولید نشا و بخصوص نشا توپی (Plug) ایجاد تنش رطوبتی است، هرچند که ایجاد تنش جهت انتقال نشا می‌تواند ایجاد مقاومت در گیاهان نماید ولی در مراحل اولیه تولید، خسارت‌زا خواهد بود (Javanmardi, 2009; Kamoshita et al., 2008). پس جهت به‌دست آوردن نشاهای مناسب برای انتقال، ایجاد شرایط مناسب تغذیه، کاهش تنش رطوبتی و تأمین عناصر غذایی برای آن‌ها در کنار دیگر عوامل کنترل‌کننده مرغوبیت نشا ضروری می‌باشد (Javanmardi, 2009; Souri & Yaghoubi, 2018; Naiji & Souri, 2018).

تأمین عناصر غذایی گیاهان می‌تواند بوسیله کودهای معدنی، کودهای آلی (ارگانیک)، بازیافت ضایعات و محصولات جانبی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، مواد

معدنی طبیعی و در مقیاس کمتر مواد مغذی بازیافت‌شده از آب آبیاری و بارندگی انجام شود. کودهای بیولوژیک سبب حلالیت و در دسترس قرار دادن عناصر غذایی خاک می‌شوند و جایگاه آن‌ها در کشاورزی روبه‌روز در حال افزایش است (Motsara et al., 1995; Hatami et al., 2019; Zakavati et al., 2019).

آزوسپریلیوم (*Azospirillum*) و سودوموناس (*Pseudomonas*) دو نوع باکتری و از انواع کودهای بیولوژیک می‌باشند که جهت تأمین مواد غذایی گیاهان به‌عنوان یک محرک رشد در گوجه‌فرنگی (Creus et al., 2005; Shekhalipour et al., 2018) و یا جهت کنترل برخی از بیماری‌های گوجه‌فرنگی در سراسر جهان استفاده می‌شوند (Blank et al., 2015). گزارشات زیادی مبنی بر کنترل تنش رطوبتی در گیاهان به کمک ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان (Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)) وجود دارد (Azcon & Barea, 2010; Mascher et al., 2000). آزوسپریلیوم براسیلنس (*A. brasilense*) از جمله باکتری‌های خانواده‌ی اسپریلیه (*Spirillaceae*)، دارای سلول‌های میله‌ای شکل خمیده و از انواع باکتری‌های گرم منفی می‌باشد (Motsara et al., 1995). بر اساس گزارشات منتشر شده این باکتری می‌تواند سبب تثبیت نیتروژن هوا و قابل دسترس کردن منابع نیتروژنی چون اسیدهای آمینه، نیتروژن مولکولی، آمونیوم و نترات برای گیاهان گردد (Motsara et al., 1995; Creus et al., 2005; Somers et al., 2005). مطالعات بسیاری نشان می‌دهد تیمار آزوسپریلیوم به صورت بذرمال و یا خاک مصرف سبب فعالیت این باکتری در ریزوسفر ریشه گیاه شده و اثرات سودمندی چون، بهبود بخشیدن رشد گیاه، رشد ریشه، وضعیت آب، محتوای نیتروژن، فعالیت‌های آنزیم‌های کنترل‌کننده تنش و عملکرد می‌شود (Okon & LabanderaGonzalez, 1994; Casanovas et al., 2003; Creus et al., 2004).

سودوموناس فلورسنس (*P. fluorescens*) از خانواده سودومونادالس (*Pseudo monadales*)، دارای سلول‌های میله‌ای و از انواع باکتری‌های گرم منفی می‌باشد (Motsara et al., 1995). این باکتری‌ها

قسمت پیت‌ماس بود (Ghorbani Dehkordi *et al.*, 2015b). آبیاری برای تیمارهای آبیاری معمولی روزانه در چهار نوبت و به فواصل دو ساعت (زمان شروع آبیاری ۹ صبح) و برای تیمار کم‌آبیاری در دو نوبت (ساعت ۹ و ۱۳) به صورت مه‌پاش انجام می‌شد. بوم آبیاری مجهز به نازل‌های مه‌پاش با پاشش ۳۸۵ تا ۲۲۵ میلی‌لیتر در دقیقه و با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه بود. لازم به ذکر است تغذیه نشاها همراه با آبیاری و با پایه محلول هوگلند انجام می‌شد و اعمال تیمار سطوح آبیاری به صورت چهار نوبت و دو نوبت در روز پس از ۱۴ روز از زمان کاشت بذر انجام شد.

جهت اعمال تیمار بذرمال باکتری‌ها به این صورت اقدام شد که، در محل سایه و بدون وزش باد و ۳۰ دقیقه پیش از آغشته شدن به باکتری، بذرها مورد نظر با اسپری آب استریل‌شده مرطوب شدند. سپس برای اتصال بیشتر و نگهداری باکتری‌ها بر سطح بذرها از صمغ عربی استفاده شد. میزان ده میلی‌لیتر صمغ عربی به همراه ۵۰ میلی‌لیتر محلول باکتری (هر میلی‌لیتر باکتری حاوی 10^8 سلول بود) مخلوط شد و بذرها در آن غوطه‌ور گردید. پس از آنکه بذرها به محلول مورد نظر به‌خوبی آغشته گردیدند، جهت کاهش رطوبت در سایه پهن شدند و سپس اقدام به کشت آن‌ها شد.

به منظور تلقیح بستر به باکتری، به ازای هر کیلوگرم بستر دو میلی‌لیتر از محلول باکتری به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب استریل اضافه شد و بخوبی با بستر مخلوط گردید. سپس در سایه به منظور کاهش رطوبت هوادهی شد.

جهت اندازه‌گیری صفات طول ساقه از خط‌کش مدرج، قطر ساقه از کولیس دیجیتالی، وزن تر و خشک از ترازو دیجیتالی با دقت یک هزارم و حجم ریشه از استوانه مدرج استفاده شد.

کلروفیل به روش Arnon (1967)، آنتوسیانین به روش Wanger (1979)، استخراج عصاره پروتئینی برگ بر اساس روش Hung & Kao (2003)، فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش Chance & Maehly (1955)، فعالیت آنزیم کاتالاز با تغییراتی از روش Chance & Maehly (1955)، فعالیت آنزیم

قادرند با انجام فعل و انفعالاتی، فسفر درون خاک را برای گیاه سهل‌الوصول کنند (Schilling *et al.*, 1998; Naiji and Sour, 2018). همچنین از اثرات اثبات شده‌ی سودوموناس در محیط ریزوسفر می‌توان به قابل دسترس کردن روی و آهن، افزایش محتوای فسفر بافت، افزایش سنتز هورمون‌های درون‌زا و افزایش رشد اندام هوایی و ریشه در گوجه‌فرنگی، کاهو، کلزا، افزایش عملکرد در گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، تربچه، چغندر قند، کاهو، سیب، مرکبات، لوبیا، گندم و غیره اشاره کرد (Kucey *et al.*, 1989; Rodriguez & Fraga, 1999).

با توجه به مطالب فوق، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر باکتری‌های آزوسپریلیوم و سودوموناس جهت بهبود رشد نشاهای گوجه‌فرنگی و افزایش تحمل به کم آبی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باکتری‌های آزوسپریلیوم و سودوموناس بر ویژگی‌های نشا گوجه‌فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اسفند و فروردین سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. گلخانه مورد استفاده با پوشش پلاستیک یک لایه و با میانگین حداقل دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی ۶۰ درصد بود. عامل اول، تیمار ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان (PGPR) یا به عبارت دیگر کود بیولوژیک در پنج سطح (بدون مصرف، آزوسپریلیوم بذرمال، سودوموناس بذرمال، آزوسپریلیوم خاک مصرف، سودوموناس خاک مصرف) و عامل دوم، آبیاری در دو سطح (چهار نوبت در روز و دو نوبت در روز) بود. باکتری‌های آزوسپریلیوم براسیلنس سویه (of) و سودوموناس فلورسنس سویه (p-169) از موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند. کشت بذور گوجه‌فرنگی در سینی‌های کشت ۱۲۸ سلولی انجام گرفت. بستر مورد استفاده مخلوطی از دو قسمت کوکوپیت، یک قسمت پرلیت و یک

احتمالا اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر جوانه‌زنی بذر به دلیل جلوگیری از آلودگی بذر به عوامل بیماری‌زا و فساد بذر باشد، همان‌گونه که Kimbrel *et al.* (2010) در مطالعه خود بر روی تأثیر سودوموناس فلورسنس بر جوانه‌زنی بذر به این مطلب اشاره کردند که، حضور ریزو باکتری‌های محرک رشد گیاهان در اطراف بذر و در ریزوسفر، علاوه بر آنکه تأمین آب و مواد غذایی در محیط خاک برای گیاه را انجام می‌دهند و سبب تحریک جوانه‌زنی و بهبود رشد می‌شود، از طریق تحریک بیان یک سری از ژن‌ها در گیاه نیز چنین عملی را تسریع خواهند کرد.

بیشترین میزان طول ساقه در تیمارهای آروسپریلیوم بذر مال و خاک مصرف و سودوموناس بذر مال به همراه آبیاری معمولی (به ترتیب با مقادیر ۱۷۰/۹۸، ۱۷۰/۶۳ و ۱۶۹/۸۲ میلی‌متر) حاصل شد. به‌طور کلی با بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها می‌توان دریافت که کودهای بیولوژیک توانسته‌اند در شرایط آبیاری معمولی و کم‌آبیاری نسبت به تیمار عدم مصرف باکتری در همین رژیم‌های آبیاری طول ساقه بیشتری را حاصل نمایند (جدول ۲). در بین تمامی تیمارهای اعمال شده، آروسپریلیوم بذر مال به همراه آبیاری معمولی بیشترین میزان قطر ساقه را به میزان ۱/۷ میلی‌متر حاصل نمود. تیمارهای سودوموناس بذر مال و خاک مصرف و آروسپریلیوم خاک مصرف هرچند که نسبت به تمامی تیمارها در رژیم کم‌آبیاری قطر ساقه بیشتری را داشتند ولی نسبت به عدم مصرف باکتری به همراه آبیاری معمولی اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

سوپراکسید دیسموتاز از روش Beauchamp & Fridovich (1971)، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به روش Kar & Mishra (1976) اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری کلروفیل، آنتوسیانین و میزان فعالیت آنزیم‌ها و همچنین برآورد آنکه کدام گیاهان توانایی بیشتری برای تحمل تنش انتقال از خزانه به مزرعه را دارند، نشاها پس از ظهور برگ ششم به زمین اصلی انتقال داده شدند و ۱۲ ساعت بعد شاخص‌های مذکور اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.0 و همچنین مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات کمی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، تیمارهای کود بیولوژیک، آبیاری و اثر متقابل کود بیولوژیک × آبیاری بر شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، طول و قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و نسبت وزن تر بر وزن خشک اندام هوایی نشا گوجه‌فرنگی اثر معنی‌دار داشت (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین میزان جوانه‌زنی بذرهای در تیمارهای کود آروسپریلیوم و سودوموناس بذر مال و خاک مصرف به همراه آبیاری معمولی حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک در مقایسه با عدم استفاده از آن در شرایط کم آبیاری درصد جوانه‌زنی بیشتری را حاصل کرد (جدول ۲).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر کود بیولوژیک و آبیاری بر درصد جوانه‌زنی، طول و قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و نسبت وزن تر بر وزن خشک اندام هوایی نشا گوجه‌فرنگی

Table 1. Results of variance analysis effect of biological fertilizer and irrigation on seed germination percentage, stem length and diameter, fresh, dry and ratio between fresh and dry weight of shoot tomato transplant

Source of variation	df	Mean of squares					
		Seed germination percentage	Stem length	Stem diameter	Shoot fresh weight	Shoot dry weight	Ratio between fresh and dry weight of shoot
Biological fertilizer	2	29.93**	186.98**	0.02**	1.51**	0.04**	3.04**
Irrigation	2	228.37**	2037.65**	0.23**	9.14**	0.99**	28.19**
Biological fertilizer × Irrigation	4	19.58**	131.30**	0.03**	0.91*	0.05**	3.35**
Error	16	0.29	0.51	0.001	0.29	0.003	0.33
CV	-	0.58	0.44	2.44	3.46	3.85	5.35

***، ** و * به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

***، ** and ns Significantly different at 5 and 1% probability levels and non-significantly different, respectively.

برای آنکه بهتر بتوان در مورد میزان آب درون بافت یک اندام صحبت کرد از نسبت وزن تر بر وزن خشک آن بافت استفاده می‌شود. به این ترتیب نتایج نشان داد که بیشترین میزان نسبت وزن تر بر وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار آروسپریلیوم بذرمال به همراه آبیاری معمولی به میزان ۱۴/۱۶ بود؛ به بیان دیگر تیمار مذکور میزان رطوبت درون بافتی بیشتری نسبت به ماده خشک داشت. این درحالیست که کمترین این نسبت در تیمارهای عدم مصرف باکتری، آروسپریلیوم و سودوموناس بذرمال به همراه کم آبیاری (به ترتیب به میزان ۹/۲۶، ۹/۷۲ و ۹/۴۸) به دست آمد؛ یعنی آنکه تیمارهای مذکور دارای رطوبت درون بافتی کمتری نسبت به ماده خشک خود بودند (جدول ۲). آروسپریلیوم می‌تواند با در دسترس کردن نیتروژن خاک برای گیاه سبب افزایش رشد گیاه شود، از طرفی وجود رطوبت بالا نسبت به رطوبت پایین نیز سبب افزایش رشد رویشی گیاهان می‌شود (Somers et al., 2005) پس چندان دور از انتظار نیست که تیمار آروسپریلیوم در رژیم آبیاری معمولی بیشترین میزان نسبت وزن تر بر وزن خشک اندام هوایی را داشته باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر کود بیولوژیک و اثر متقابل کود بیولوژیک × آبیاری بر صفات وزن تر ریشه و زمان تا ظهور برگ ششم و اثر آبیاری بر شاخص‌های وزن تر و خشک و نسبت وزن تر بر وزن خشک، حجم ریشه و زمان تا ظهور برگ ششم معنی‌دار بود (جدول ۳).

آنچه که از نتایج به دست آمده می‌توان استنباط کرد آن است که در هر دو رژیم آبیاری حضور ریزوباکتری‌های محرک رشد توانسته است خصوصیات رشد گیاه را نسبت به شاهد بهبود ببخشد. چنین اثری می‌تواند به دلیل سهل‌الوصول شدن آب و مواد غذایی و همچنین تحریک سنتر برخی هورمون‌ها در گیاه بوسیله ریزوباکتری‌ها باشد. از جمله اثرات سودمند تایید شده ریزوباکتری‌ها، ایجاد مقاومت و بهبود رشد در شرایط تنش‌های محیطی است (Naiji and Souri, 2015; Naiji and Souri, 2018) گزارش‌های زیادی وجود دارد که اثر مثبت باکتری‌های سودوموناس و آروسپریلیوم را در کنترل تنش‌های محیطی اعم از کم آبیاری، شوری و بیماری‌ها نشان می‌دهند. نتایج پژوهش‌های Yue et al. (2007) و Hatami et al. (2019) نیز چنین نتایجی را اثبات می‌کند.

تیمارهای کود بیولوژیک به همراه آبیاری معمولی و همچنین تیمار آروسپریلیوم خاک مصرف به همراه کم آبیاری از نظر وزن تر اندام هوایی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی کمترین میزان وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار عدم مصرف باکتری به همراه کم آبیاری به میزان ۱۳/۵۱ گرم بود (جدول ۲). پژوهشگران دیگر نیز نتایج مشابهی به دست آوردند به طوری که در تیمارهای ریزوباکتر، بین شاهد و گیاهان تیمار شده از نظر وزن تر اندام هوایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، این درحالی است که در بین نتایج آن‌ها از نظر تجمع ماده خشک تفاوت بین گیاهان تیمار شده با شاهد دیده می‌شد (Ruiz-Sanchez et al., 2011).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و آبیاری بر درصد جوانه‌زنی، طول و قطر ساقه، وزن تر، خشک و نسبت وزن تر بر وزن خشک اندام هوایی نشا گوجه‌فرنگی

Table 2. Mean comparisons interaction effect of biological fertilizer and irrigation on seed germination percentage, stem length and diameter, fresh, dry and ratio between fresh and dry weight of shoot tomato transplant

Treatment	Seed germination percentage	Stem length (mm)	Stem diameter (mm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Ratio between fresh and dry weight of shoot	
Normal irrigation	Control	95.08bc	166.17c	1.55b	15.82abc	1.47de	10.80bc
	Seed treatment with <i>Azospirillum</i>	96.67a	170.99a	1.70a	16.45a	1.75a	14.16a
	Seed treatment with <i>Pseudomonas</i>	96.51a	170.63a	1.59b	16.19ab	1.69ab	11.51b
	<i>Azospirillum</i> soil use	96.21a	169.82a	1.59b	16.06ab	1.62bc	11.24b
	<i>Pseudomonas</i> soil use	95.87ab	168.06b	1.57b	15.94ab	1.57cd	11.23b
Deficit irrigation	Control	83.86f	139.50h	1.33c	13.51d	1.13f	9.26e
	Seed treatment with <i>Azospirillum</i>	90.83e	156.23f	1.38c	15.27bc	1.17f	9.72de
	Seed treatment with <i>Pseudomonas</i>	90.83e	145.22g	1.33c	14.98c	1.16f	9.48e
	<i>Azospirillum</i> soil use	94.16c	164.55d	1.55b	15.70abc	1.45e	10.65bcd
	<i>Pseudomonas</i> soil use	93.08d	157.74e	1.54b	15.48bc	1.38e	10.13cde

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کود بیولوژیک و آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه، نسبت وزن تر بر وزن خشک ریشه، حجم ریشه و زمان تا ظهور برگ ششم نشا گوجه‌فرنگی

Table 3. Results of variance analysis effect of biological fertilizer and irrigation on fresh, dry and ratio between fresh and dry weight of root, volume of root and time to appearance of sixth leaf tomato transplant

Source of variation	df	Mean of squares				
		Root fresh weight	Root dry weight	Ratio between fresh and dry weight of root	Root volume	Time to appearance of sixth leaf
Biological fertilizer	2	0.06**	0.009 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.21 ^{ns}	15.69**
Irrigation	2	3.87**	0.18**	9.53**	2.26**	72.93**
Biological fertilizer × irrigation	4	0.2**	0.005 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.14 ^{ns}	10.82**
Error	16	0.03	0.003	0.29	0.12	0.60
CV	-	4.09	6.76	9.41	12.68	2.03

**، * و ^{ns}: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

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

عناصر غذایی از طریق محلول در آب جذب ریشه گیاه می‌شوند و در بخش‌های مختلف گیاه به کار گرفته می‌شوند. پس محدودیت آب جهت رشد می‌تواند جذب مواد غذایی و رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Shekari et al., 2005). Creus et al. (2004) نیز اثر محدود کننده تنش آبی و کاهش آب مورد نیاز گیاه را بر رشد و نمو ریشه نشان دادند. این پژوهشگران معتقدند تنش رطوبتی از طریق بستن روزنه‌ها، افزایش سنتز آبسزیک اسید و اتیلن و سنتز برخی پروتئین‌ها در گیاه سبب کاهش رشد و توسعه ریشه‌ها می‌شود هرچند که این کاهش رشد برای اندام هوایی مشهودتر بود.

نتایج نشان داد که تیمار بدون مصرف باکتری به همراه کم‌آبیاری نسبت به دیگر تیمارها زمان بیشتری را جهت ظهور برگ ششم نیاز داشت. این درحالیست که در رژیم کم‌آبیاری استفاده از کود بیولوژیک توانست نسبت به تیمار بدون مصرف باکتری به همراه کم‌آبیاری مدت زمان کمتری را جهت ظهور برگ ششم صرف نماید. ولی به طور کلی تمامی تیمارها به همراه آبیاری معمولی کمترین زمان را جهت ظهور برگ ششم داشتند و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). تیمار بدون مصرف باکتری به همراه کم‌آبیاری با توجه به دریافت تنش رطوبتی که در پی آن روزنه‌های گیاه بسته می‌شود و جذب آب و مواد غذایی دچار اختلال می‌گردد و اسید آبسزیک و اتیلن سنتز می‌گردد دچار کاهش رشد و پیری می‌شود (Casanovas et al., 2003) و زمان بیشتری را جهت رشد و تولید برگ ششم نسبت به دیگر تیمارها نیاز دارد. ولی آنچه از نتایج به‌خوبی می‌توان دریافت آن است که تیمارهای ریزوباکتری توانسته‌اند در زمان تنش رطوبتی به گیاه جهت توسعه اندام‌ها کمک

بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان وزن تر ریشه در تیمارهای آروسپریلیوم و سودوموناس بذرمال و خاک مصرف به همراه آبیاری معمولی به دست آمد. تیمارهای کود بیولوژیک در رژیم‌های آبیاری معمولی و کم‌آبیاری نسبت به عدم مصرف باکتری در همان رژیم‌های آبیاری وزن تر ریشه بیشتری را حاصل کردند (جدول ۴)، که این اثر به احتمال زیاد به توانایی ریزوباکترها در جذب و دراختیار قرار دادن آب و مواد غذایی برای گیاهان می‌باشد. آروسپریلیوم، نیتروژن و سودوموناس، فسفر را به صورت قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهند. این دو عنصر در رشد و توسعه ریشه نشا بسیار با اهمیت هستند (Shekari et al., 2005). نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج مطالعات Ruiz-Sanchez et al. (2011) در مورد وزن تر ریشه متفاوت بود به طوری که این پژوهشگران تفاوت معنی‌داری را بین گیاهان تیمار شده با ریزوباکتر و گیاهان شاهد مشاهده نکردند؛ ولی نتایج دو پژوهش برای وزن خشک ریشه همخوانی داشت. به نظر می‌رسد عدم مطابقت برای شاخص وزن تر ریشه به اختلاف بین میزان آبیاری و تفاوت در حجم سلول‌های سینی پرورش نشا بازگردد، چراکه حجم سلول‌های سینی پرورش نشا از طریق محدود ساختن توسعه ریشه سبب تحریک سنتز هورمون‌های آبسزیک اسید و اتیلن می‌شوند و می‌تواند توسعه ریشه را تحت تأثیر قرار دهد (Shekari et al., 2005).

وزن خشک، نسبت وزن تر بر وزن خشک و حجم ریشه در تیمار آبیاری معمولی بیش از تیمار کم‌آبیاری بود (جدول ۵). یکی از عوامل کنترل‌کننده رشد و توسعه گیاهان میزان رطوبت قابل دسترس آن‌هاست. بسیاری از

صفات بیوشیمیایی

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود بیولوژیک بر شاخص‌های آنتوسیانین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنل اکسیداز و اثر آبیاری بر صفات کلروفیل کل، آنتوسیانین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنل اکسیداز و اثر متقابل کود بیولوژیک× آبیاری بر شاخص‌های آنتوسیانین و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اثر معنی‌دار داشت (جدول ۵).
نتایج نشان داد که میزان کلروفیل کل در تیمار آبیاری معمولی بیش از تیمار کم‌آبیاری بود (جدول ۶).

کنند. ریزوباکترها علاوه بر کنترل سنتز هورمون‌های درون‌زا سبب افزایش سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شوند که خود برای تحمل تنش بسیار گیاه را یاری خواهد کرد (Saravanakumar & Samiyappan, 2007;). همچنین نشان داده شده است که تیمار بیوفسفات به شکل باکتریهای حل‌کننده فسفر مقادیر کمتری از پارامترهای رشد را در گل شب‌بو در مقایسه با کاربرد کودشیمیایی فسفره به‌ویژه به شکل مایع نشان داد به هر حال کاربرد این تیمار در مقایسه با گیاهان شاهد منجر به بهبود پارامترهای مختلف رشد و کیفیت گل تولیدی گردید (Ghamari et al., 2017).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کود بیولوژیک و آبیاری بر وزن تر ریشه، زمان تا ظهور برگ ششم، آنتوسیانین و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشا گوجه‌فرنگی.

Table 4. Mean comparisons interaction effect of biological fertilizer and irrigation on root fresh weight, time to appearance of sixth leaf, anthocyanin and superoxide dismutase enzymes tomato transplant

Treatment		Root fresh weight (g)	Time to appearance of sixth leaf (day)	Anthocyanin (µg/g F.W.)	Superoxide dismutase enzymes (Unit per mg protein)
Normal irrigation	Control	4.43bcd	37.30cd	1.52c	87.51a
	Seed treatment with <i>Azospirillum</i>	4.84a	36.04d	1.49c	86.19b
	Seed treatment with <i>Pseudomonas</i>	4.81a	36.04d	1.34d	83.93c
	<i>Azospirillum</i> soil use	4.77a	37.30cd	1.80a	76.44f
	<i>Pseudomonas</i> soil use	4.68ab	37.30cd	1.74ab	75.18f
Deficit irrigation	Control	3.18e	45.04a	1.73ab	80.05d
	Seed treatment with <i>Azospirillum</i>	4.25c	38.26bc	1.70b	77.29e
	Seed treatment with <i>Pseudomonas</i>	3.89d	39.006bc	1.69b	76.74e
	<i>Azospirillum</i> soil use	4.36c	39.006bc	1.57c	70.05g
	<i>Pseudomonas</i> soil use	4.27c	38.26bc	1.56c	69.33g

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر کود بیولوژیک و آبیاری بر کلروفیل کل، آنتوسیانین و آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنل اکسیداز نشا گوجه‌فرنگی ۱۲ ساعت پس از انتقال به مزرعه

Table 5. Results of variance analysis effect of biological fertilizer and irrigation on total chlorophyll, anthocyanin, peroxidase, catalase, Superoxide dismutase and polyphenol oxidase tomato transplant after 12 hours from transplanting in farm

Source of variation	df	Mean of squares					
		Total chlorophyll	Anthocyanin	Peroxidase	Catalase	Superoxide dismutase	Polyphenol oxidase
Biological fertilizer	2	0.10 ^{ns}	0.02 ^{**}	0.008 ^{**}	0.004 ^{**}	162.04 ^{**}	0.002 ^{**}
Irrigation	2	1.76 ^{**}	0.04 ^{**}	0.01 ^{**}	0.009 ^{**}	384.05 ^{**}	0.005 ^{**}
Biological fertilizer× Irrigation	4	0.09 ^{ns}	0.1 ^{**}	0.0004 ^{ns}	0.0009 ^{ns}	2.03 [*]	0.0005 ^{ns}
Error	16	0.07	0.003	0.0009	0.0008	0.57	0.0004
CV	-	12.12	3.42	3.87	5.66	0.96	3.65

***, ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

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

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر آبیاری بر کلروفیل کل، آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز نشا گوجه‌فرنگی

Table 6. Mean comparisons of effect of irrigation on total chlorophyll, peroxidase, catalase and polyphenol oxidase tomato transplant

Treatment	Total chlorophyll (mg/g F.W.)	Peroxidase (µmol/min/mg protein)	Catalase (µmol/min/mg protein)	Polyphenol oxidase (µmol/min/mg protein)
Normal irrigation	2.45a	0.78a	0.52a	0.58a
Deficit irrigation	1.96b	0.74b	0.49b	0.55b

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

(جدول ۷). بررسی اثرات متقابل تیمارها حاکی از آن بود که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مربوط به تیمار بدون مصرف باکتری به همراه آبیاری معمولی و کمترین میزان آن برای تیمارهای آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف به همراه کم‌آبیاری بود (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که نشاهایی که در زمان انتقال دچار تنش بیشتری می‌شوند در بافت آن‌ها ترکیبات رادیکال آزاد بیشتری تولید می‌شود و گیاه جهت مقابله با این پدیده آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو را سنتز می‌کند (Xu et al., 2006). پس می‌توان انتظار داشت گیاهانی که سطح پایین‌تری از میزان فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو را پس از انتقال داشتند نسبت به تنش حاصل از انتقال متحمل‌تر بودند. اکثر پژوهش‌های انجام‌گرفته که در آن‌ها از ریزوباکترها جهت مقاوم‌سازی گیاهان به تنش‌های محیطی استفاده شده است، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو پیش از انتقال نشا به زمین اصلی و یا پس از استقرار کامل نشا در مزرعه و پس از اعمال تنش اندازه‌گیری شده بود به همین دلیل در چنین پژوهش‌هایی بیان شده است که ریزوباکترها می‌توانند گیاه را جهت سنتز سطح بالایی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو تحریک کنند و ازین رو به گیاه جهت مقابله با تنش کمک کنند (Ruiz-Sanchez et al., 2011; Ramamoorthy et al., 2002). این در حالیست که در پژوهش حاضر گیاهان طی مدت رشد در خزانه بوسیله تیمارهای تغذیه کود بیولوژیک و نوع آبیاری پرورش یافتند و به همین دلیل در زمان جابه‌جایی نسبت به تنش حاصل از انتقال در تیمارهای کم‌آبیاری و آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف (سطح پایین‌تری از فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز) و تیمار ترکیبی آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف به همراه کم‌آبیاری (سطح پایین‌تری از فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز) مقاومت بیشتری از خود نشان دادند. گیاهان در معرض تنش‌های محیطی و همچنین در شرایط کمبود یا بیشبود عناصر غذایی در محیط ریشه بیان برخی ژن‌ها از جمله ژن‌های دخیل در جذب عناصر غذایی و همچنین بیوسنتز آنزیم‌ها و مواد آنتی‌اکسیداتیو را افزایش می‌دهند (Pourranjbari Saghaiesh et al., 2019).

به احتمال زیاد این تفاوت در میزان محتوای کلروفیل کل در اثر تنش رطوبتی و با بسته‌شدن روزنه‌ها و افزایش سطح اسید آبسزیک و اتیلن درونی و کاهش جذب عناصر غذایی و تبادلات گازی برای تیمار کم‌آبیاری بیش از آبیاری معمولی باشد، همان‌گونه که پژوهش‌های دیگر نیز کاهش محتوای کلروفیل بافت برگ را در دیگر گیاهان در زمان بروز تنش رطوبتی نسبت به شاهد اثبات کرده‌اند (Somers et al., 2005).

محتوای آنتوسیانین بافت نشا گوجه‌فرنگی در تیمارهای بدون مصرف باکتری، آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف به همراه کم‌آبیاری بیشترین میزان را داشت. همچنین تیمارهای آزوسپریلیوم و سودوموناس بذرمال به همراه کم‌آبیاری نسبت به تمامی تیمارهای کود بیولوژیک به همراه آبیاری معمولی دارای مقادیر بالاتری از آنتوسیانین بودند (جدول ۴). پس بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان داشت که گیاهانی که با رژیم کم‌آبیاری دچار تنش شده‌اند نسبت به دیگر تیمارها دارای سطح بالاتری از آنتوسیانین درونی بودند. آنتوسیانین یکی از مهمترین اجزای دفاعی سلول‌های گیاه و از ترکیبات آنتی‌اکسیداتیو گیاه می‌باشد که مقدار آن تحت شرایط محیطی و مدیریتی مختلف می‌تواند متغیر باشد (Ghamari et al., 2017). به‌طور کلی در زمان تنش سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیداتیو در بافت گیاه جهت مقابله با انواع گونه‌های اکسیژن‌فعال و رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد (Mascher et al., 2000).

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز، می‌توان بیان داشت که گیاهانی که تیمار آبیاری معمولی را دریافت کرده بودند در زمان ۱۲ ساعت پس از انتقال به نسبت گیاهانی که تیمار کم‌آبیاری را دریافت کردند سطح بالاتری را از نظر میزان فعالیت آنزیم‌های مذکور داشتند (جدول ۶). همچنین با بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده کود بیولوژیک نیز می‌توان گفت، تیمارهای بدون مصرف باکتری و آزوسپریلیوم و سودوموناس بذرمال بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز و تیمارهای بدون مصرف باکتری و آزوسپریلیوم بذرمال بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز را داشتند

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک بر آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی فنل اکسیداز نشا گوجه‌فرنگی

Table 7. Mean comparisons effect of biological fertilizer on peroxidase, catalase and polyphenol oxidase enzymes tomato transplant

Treatment	Peroxidase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg protein}$)	Catalase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg protein}$)	Polyphenol oxidase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg protein}$)
Control	0.80a	0.53a	0.59a
Seed treatment with <i>Azospirillum</i>	0.78a	0.52a	0.57ab
Seed treatment with <i>Pseudomonas</i>	0.77a	0.50ab	.56bc
<i>Azospirillum</i> soil use	0.74b	0.48b	0.55c
<i>Pseudomonas</i> soil use	0.71b	0.47b	0.54c

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

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

نتیجه‌گیری کلی

از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو در زمان ۱۲ ساعت پس از انتقال را داشتند) را بهبود بخشید. همچنین رژیم کم‌آبیاری نیز سبب متحمل شدن نشاهای منتقل شده و پایین‌بودن سطح فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل اکسیداز شد، ولی بر بسیاری از خصوصیات کمی نشا اثر منفی داشت. به هر حال می‌توان با تحقیقات گسترده‌تر نتایج مثبت بیشتری از ایجاد تنش رطوبتی در مقاوم‌سازی نشاها به‌دست آورد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان از تیمارهای آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف در رژیم آبیاری معمولی جهت بهبود کیفیت، کوتاه کردن دوره پرورش، کاهش خسارت تنش آبی و متحمل کردن گیاه به انتقال از خزانه جهت کشت در زمین اصلی در تولید نشا گوجه‌فرنگی استفاده نمود.

در یک بررسی کلی می‌توان بیان داشت که استفاده از کودهای بیولوژیک آزوسپریلیوم و سودوموناس خاک مصرف، توانست نسبت به تیمار بدون مصرف باکتری، بسیاری از خصوصیات مطلوب رشد مانند درصد جوانه‌زنی (به میزان ۱/۶۷ درصد نسبت به شاهد)، طول ساقه (به میزان ۲/۹ درصد نسبت به شاهد)، وزن خشک اندام‌هوایی (به میزان ۱۹/۰۵ درصد نسبت به شاهد)، وزن تر ریشه (به میزان ۹/۲۵ درصد نسبت به شاهد)، کاهش زمان تا ظهور برگ ششم (به میزان ۳/۳۸ درصد نسبت به شاهد) و افزایش آنتوسیانین بافت (به میزان ۱۸/۴۲ درصد نسبت به شاهد) و همچنین مقاوم‌سازی نشاها جهت تحمل تنش حاصل از انتقال (به طوری که نشاهای مقاوم سطح پایین‌تری

REFERENCES

- Arnon, D. I. (1967). Photosynthesis by isolated chloroplast I.T. central concept and comparison of three prochemical reaction. *Biochemical et Biophysica Acta*, 20, 440-446.
- Azcon, R. & Barea, J.M. (2010). Mycorrhizosphere interactions for legume improvement. In: Khanf, M.S., Zaidi, A. & Musarrat, J., (editors). *Microbes for legume improvement*. (pp.71-237.). Vienna: Springer.
- Beauchamp, C. & Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assay and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- Blank, L., Cohen, Y., Bomshein, M., Shulhani, R., Sofer, M. & Shtienberg, D. (2015). Variables associated with severity of bacterial canker and Wilt caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato greenhouse. *Phytopathology*, 21(3), 23-32.
- Casanovas, E.M., Barassi, C.A., Andrade, F.H. & Sueldo, R.J. (2003). *Azospirillum*-inoculated maize plant responses to irrigation restraints imposed during flowering. *Cereal Research Communications*, 31, 395-402.
- Chance, B. & Maehly, A.C. (1955). Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 11, 755-764.
- Creus, C.M., Graziano, M., Casanovas, E.M., Pereyra, M.A., Simontacchi, M., Puntarula, S., Barassi, C.A. & Lamattina, L. (2005). Nitric oxide is involved in the *Azospirillum brasilense*-induced lateral root formation in tomato. *Planta*, 221, 297-303.
- Creus, C.M., Sueldo, R.J. & Barassi, C.A. (2004). Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. *Canadian Journal of Botany*, 82, 273-281.
- Ghamari, T., Souri, M.K., Arab, M. & Azadegan B. (2017). Effect of different levels and methods of phosphorus fertilizer application on growth and development of two stock (*Matthiola incana* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Plant Production Technology*, 9(2), 1-13.

10. Ghorbani Dehkordi, A., Mashayekhi, K. & Kamkar, B. (2015a). Effect of foliar application sucrose, boron, potassium nitrate and salicylic acid on yield and yield components of tomato var. Super A. *Research in Crop Ecosystems*, 2(1), 43-52. (in Farsi)
11. Ghorbani Dehkordi, A., Mashayekhi, K., Kamkar, B. & Rahmani, B. (2015b). Effect of foliar application of salicylic acid and lime sulfur on some quantitative and qualitative characteristics of tomato transplanting var. Super A. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 2(1), 65-80. (in Farsi).
12. Hasandokht M.R. (2012). *Technology of vegetable production*. Selseleh Publications, Qom, Iran, pp.558. (in Farsi).
13. Hatami, M., Khanizadeh, P., Alsadat Abtahi, F. & Abaszadeh Dehgi, P. (2019). Influence of plant growth promoting rhizobacteria and hydro-priming on some physiological indices of lemon balm (*Melissa officinalis*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52 (1), 11-21. (in Farsi).
14. Jaime, P. & Fernande, N. (2008). *Handbook of plant breeding "Vegetables II"*. Springer, Valencia, Spain.
15. Javanmardi, J. (2009). *Scientific and applied basis for vegetable transplant production*. Jahad Daneshgahi Press, Mashhad. (in Farsi)
16. Kamoshita, A., Babu, R.C., Boopathi, N.M. & Fukai, S. (2008). Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. *Field Crops Research*, 109, 1-23.
17. Kar, M. & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57, 315-319.
18. Kimbrel, J.A., Givan, S.A., Halgren, A.B., Creason, A.L., Mills, D.I., Banowetz, G.M., Armstrong, D.J. & Chang, J.H. (2010). An improved, high-quality draft genome sequence of the germination arrest factor-producing *Pseudomonas fluorescens* WH6. *BMC Genomics*, 11, 522.
19. Kucey, R.M.N., Janzen, H.H. & Legett, M.E. (1989). Microbially mediated increase in plant available phosphorus. *Advances in Agronomy*, 42, 199-228.
20. Mascher, F., Hase, C., Moenne-Loccoz, Y. & Defago, G. (2000). The viable-but-nonculturable state induced by abiotic stress in the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* CHA0 does not promote strain persistence in soil. *Applied Environment Microbiology*, 66, 1662-1667.
21. Motsara, M.R., Bhattacharyya, P. & Srivastava, B. (1995). Biofertiliser technology, marketing and usage. *A Sourcebook Cum Glossary*, pp.194.
22. Naiji, M. & Souri, M. K. (2015). Evaluation of growth and yield of savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. *Journal of Plant Productions*, 38(3), 93-103. (in Farsi)
23. *Agronomy, Breeding and Horticulture (Scientific Journal of Agriculture)* 38(3), 93-103. (in Farsi)
24. Naiji, M. & Souri, M. K. (2018). Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 17(2), 167-175.
25. Okon Y. & Labandera-Gonzalez, C.A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years world wide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 1551-1601.
26. Pourranjbari Saghiaesh, S., Souri, M.K. & Moghaddam, M. (2019). Characterization of nutrients uptake and enzymes activity in Khatouni melon (*Cucumis melo* var. inodorus) seedlings under different concentrations of nitrogen, potassium and phosphorus of nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 42(2), 178-185.
27. Ramamoorthy, V., Raguchander, t. & Samiyappan, R. (2002). Induction of defense-related proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Plant and Soil*, 239, 55-68.
28. Rodriguez, H. & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17, 319-339.
29. Ruiz-Sanchez, M., Armada, E., Munoz, Y., Garcia de Salamone, Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M. & Azcon, R. (2011). *Azospirillum* and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. *Plant Physiology*, 168, 1031-1037.
30. Saravanakumar, D. & Samiyappan, R. (2007). ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. *Applied Microbiology*, 102, 1283-1292.
31. Schilling, G., Gransee, A., Deubel, A., Lezovic, G. & Ruppel, S. (1998). Phosphorus availability, root exudates and microbial activity in the rhizosphere. *Z. Pflanzenerna'hr. Bodenk*, 161, 465-478.
32. Shekari, F., Massiha, S. & Esmailpoor, B. (2005). The physiology of vegetable crops. *Zanjan University Press*, pp.394. (in Farsi)
33. Shekhalipour, M., Bolandnazar, S.A. Sarikhani, M.R. & Panahandeh, J. (2018). Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50 (3), 621-632. (in Farsi)
34. Somers, E., Ptacek, D., Gysegom, P., Srinivasan, M. & Vandeleyden J. (2005). *Azospirillum brasilense* produces the auxin-like phenylacetic acid by using the key enzyme for indole-3-acetic acid biosynthesis. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(4), 1803-1810.

35. Souri, M. K. & Yaghoubi Sooraki, F. (2019). Benefits of organic fertilizers spray on growth quality of chili pepper seedlings under cool temperature. *Journal of Plant Nutrition*, 42 (6), 650-656.
36. Wanger, G.J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplasts. *Journal of Plant Physiology*, 64, 88-93.
37. Xu, Y.C., Zhang, J.B., Jiang, Q.A., Zhou, L.Y. & Miao, H.B. (2006). Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle. *Zhong Yao Cai.*, 29(5), 420-423.
38. Yue, H.T., Mo, W.P. & Li, C. (2007). The salt stress relief and growth promotion effect of Rs-5 on cotton. *Plant Soil*, 297, 139-145.
39. Zekavati, H.R., Mansoori, N. & Fatemi, S.R. (2019). 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. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51 (4), 1017-1026. (in Farsi)