

تأثیر تیمارهای مختلف زیستی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) تحت تنش خشکی

معصومه حسینی مقدم^۱، علی مرادی^{۲*}، امین صالحی^۲، رسول رضایی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه یاسوج

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج

۳- استادیار گروه گیاهپزشکی دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۸)

چکیده

یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقی در گیاهان دارویی، بررسی اثر تنش‌های محیطی تأثیرگذار بر میزان عملکرد کمی و کیفی این گیاهان و یافتن راه کارهای بهبود تحمل به این تنش‌ها است. به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار با باکتری *Pseudomonas fluorescens* و قارچ *Trichoderma harzianum* بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای رازیانه تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح زیستی در ۹ سطح (تلقیح با ۴ سویه باکتری سودوموناس فلورسنت (PF2، PF16، CHA0 و PF56)، ۴ سویه قارچ تریکودرما هارزیانوم (T13، T36، T39 و T43) و تیمار نشده (به عنوان شاهد)) و تنش خشکی در سه سطح (صفر، -۳ و -۶ بار) بود. شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارزیابی شدند. نتایج نشان داد با کاهش پتانسیل اسمزی از صفر به -۳ و -۶ بار، جوانه‌زنی کاهش یافت. در سطح صفر بار بیشترین درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و شاخص طولی بینه گیاهچه از سویه باکتری CHA0 و در هر سه سطح تنش، بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی بینه گیاهچه در بذور تیمار شده با سویه قارچ T39 به دست آمد. باکتری CHA0 توانست میزان رشد ریشه‌چه را به ترتیب در سطوح پتانسیل اسمزی صفر، -۳ و -۶ به ترتیب ۴۶، ۵۱ و ۵۱ درصد نسبت به بذور تلقیح نشده افزایش دهد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تیمارهای قارچی و باکتریایی موجب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای رازیانه در شرایط بهینه و تنش می‌شوند.

کلمات کلیدی: بذر، بیوپرایمینگ، پتانسیل اسمزی، تریکودرما هارزیانوم، سودوموناس فلورسنت

The effect of various biological treatments on germination and some seedling indices of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) under drought stress

M. Hoseini Moghaddam¹, A. Moradi^{2*}, A. Salehi², R. Rezaei³

1. MSc Student of seed science and technology

2. Assistant professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj-Iran and

3. Assistant Professor Dept. of Plant Protection, Yasouj University, Yasouj-Iran.

(Received: Jun. 01, 2017 – Accepted: Sep. 19, 2017)

Abstract

One of the most important research fields in medicinal plants is the effect of environmental stresses on quantitative and qualitative yield of these plants and finding solutions for improving tolerance to these stresses. In order to study the influence of seed biopriming with *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* fungi on some germination and seedling indices of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) under drought stress an experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design with four replications. Experimental factors included bio-inoculation in nine levels (inoculation with four strains of PF2, PF16, PF56 and CHA0 of *Pseudomonas fluorescens*, and T13, T36, T39 and T43 strains of *T. harzianum* and non-primed (control)) and three levels of drought stress (0, -3 and -6 bar imposed by PEG6000). Seed germination and seedling characteristics were evaluated. Results showed that by increasing the osmotic potential levels, germination indices were decreased. In 0 bar, the highest germination percentage, root length and seedling length vigor index were obtained from CHA0 treated seeds and in three levels of stress, the highest germination rate, shoot length, dry weight seedling and seedling weight vigor index related to seed treatments by T39. Compared to non-inoculated seeds, CHA0 increased the root growth by 46, 51 and 51%, respectively, at osmotic potential levels of 0, -3, and -6 bar, respectively. According to the obtained results, it can be concluded using fungus and bacterial treatments can be causing to increasing of germination and seedling characteristic of fennel seeds in optimum and stress condition.

Key words: Bio-priming, Osmotic Potential, *Pseudomonas fluorescens*, Seed vigor, *Trichoderma harzianum*

* Email: amoradi@yu.ac.ir

(Ashraf and Waheed, 1990). اکثر گیاهان دارویی به خصوص رازیانه در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه حساسیت بیشتری به تنش های محیطی از جمله تنش خشکی دارند. یافته های حاصل از پژوهش برومند رضازاده و کوچکی (Boroomand Rezazadeh and Koocheki, 2005) داد که با افزایش سطوح تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلايکول، شاخص های جوانه زنی و گیاهچه ای رازیانه کاهش پیدا کرد. طاعتی و همکاران (Taati et al., 2014) گزارش دادند که با افزایش تنش خشکی شاخص های جوانه زنی و گیاهچه ای گیاه دارویی و سمه کاهش پیدا کرد. (*Indigofera tinctoria*)

یکی از روش های تقویت کننده بذر، پیش تیمار زیستی (تلقیح زیستی بذر) می باشد که به طور طبیعی با میکروارگانیسم های خاک انجام شده و همکاری مطمئن، بدون آلودگی و نیز یک عامل افزایش جوانه زنی است و در عین حال یک تیمار پیش کاشت مؤثر به حساب می آید (Entesari et al., 2013). در یک بررسی گزارش شد که تلقیح زیستی با باکتری های محرک رشد باعث افزایش درصد و سرعت جوانه زنی و وزن تر گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) شد (Shirkhodaei et al., 2014). در پژوهشی پیری (Piri, 2017) نتیجه گرفت که تنش خشکی کاهش شاخص های جوانه زنی و گیاهچه ای زیره ی سبز (*Cuminum cyminum* L.) را به دنبال داشت و تلقیح بذر با قارچ *Trichoderma harzianum* و باکتری محرک رشد *Pseudomonas fluorescens* باعث بهبود این شاخص ها در شرایط تنش خشکی شد. طاهایی و همکاران (Tahaei et al., 2016) گزارش دادند که در بین تیمارهای پرایمینگ، تلقیح زیستی با بنزیل آدنین + کینتین + جیبرلین و هیدروپرایمینگ تأثیر بیشتری در افزایش شاخص های جوانه زنی در گیاه رازیانه شدند. در مطالعه ای جهانیان و همکاران (Jahani et al., 2012) گزارش دادند که باکتری های محرک رشد سودوموناس پوتیدا، ازتوباکتر و آروسپریلیوم باعث افزایش درصد و

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گیاهی چند ساله است که پر مصرف ترین گیاه خانواده چتریان و یکی از چهار گیاه اصلی معطر جهان می باشد که در درمان کم خونی، سوء هاضمه، یبوست و اختلالات تنفسی کاربرد دارد. منشأ رازیانه ایران، ترکیه، عراق، سوریه، مصر و کشورهای جنوبی اروپا (مناطق مدیترانه ای) است و امروزه نیز تنوع چشمگیری از این گیاه در این مناطق وجود دارد. کشور ایران نیز با توجه به وسعت و تنوع اقلیمی، یکی از مراکز تنوع مهم رازیانه است. با توجه به رشد روزافزون تقاضا برای دانه و اسانس رازیانه و با محدود شدن میزان بارندگی و کاهش منابع آبی، به ویژه در مناطق مانند ایران، اصلاح این گیاه برای تحمل به تنش خشکی باید پیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (Fakheri et al., 2015). در ایران اراضی خشک و نیمه خشک حدود ۱۰۰ میلیون هکتار است که ۶۴ درصد کشور را به خود اختصاص می دهد. کشاورزی در ایران تحت شرایط تنش های محیطی انجام می گیرد و به جز نوار شمالی، در بقیه نقاط معمولاً تنش های خشکی و شوری وجود دارد که این میزان با افزایش درجه حرارت کره زمین و کاهش نزولات آسمانی افزایش می یابد (Alizadeh and Keshavarz, 2005). کمبود آب در مرحله اول جوانه زنی (آبتوشی) بر حسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه زنی یا کاهش درصد و سرعت جوانه زنی می شود. گیاهان با بنیه اولیه قوی تر، سریع تر بر روی سطح خاک سایه اندازی می کنند و هدر رفتن آب را کاهش می دهند. توانایی جوانه زنی بذرها در شرایط تنش رطوبتی شانس استقرار بیشتر گیاه و تراکم بالاتر را به دنبال دارد که در نتیجه منجر به افزایش عملکرد می شود (Demir Kaya et al., 2006). گزارش شده است که گیاهان حداقل در قسمتی از دوره ی رشدی خود در اثر اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب آب و یا هردو مورد از تنش خشکی متأثر می شوند

CHA0 و PF56)، ۴ سویه قارچ تریکودرما هارزینانوم (T36, T13, T39 و T43) و عدم تلقیح (شاهد) و تنش خشکی در سه سطح (صفر، ۳- و ۶- بار) بود. تنش خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلاپیکول ۶۰۰۰ و از رابطه میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) اعمال شد (رابطه ۱).

رابطه (۱):

$$\Psi_s = -(1.8 \times 10^{-2})C - (1.8 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2$$

۱۷: پتانسیل اسمزی بر حسب بار، C: غلظت بر حسب گرم در لیتر و T: درجه حرارت بر حسب درجه سانتی گراد می باشد.

جهت انجام تلقیح، بذور رازیانه با محلول سه درصد $Ca(OCl)_2$ به مدت یک دقیقه استریل و سپس چند بار با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس بذور استریل یک ساعت در دمای اتاق (۲۵-۲۰ درجه سلسیوس) درون ارلن های حاوی سوسپانسیون آماده باکتری و قارچ ریخته و به مدت دو ساعت در زیر هود تاریک قرار داده شدند. به منظور تهیه سوسپانسیون باکتریایی، در زیر هود استریل شده تکه هایی از باکتری ها به همراه محیط کشت جدا شده و در ارلن های حاوی آب مقطر قرار داده شد و به مدت یک ساعت شیک گردید تا باکتری های رشد یافته بر روی محیط کشت جدا شوند. برای تعیین تراکم 10^8 واحد تشکیل دهنده کلونی بر میلی متر از اسپکتروفتومتر تنظیم شده بر طول موج ۶۰۰ نانومتر استفاده شد که با بدست آمدن جذب ۰/۵ تراکم مورد نظر حاصل گشت (Burd et al., 1998). برای تهیه سوسپانسیون قارچ نیز مانند باکتری در زیر هود استریل اقدام به برشدهی محیط کشت حاوی اسپورهای قارچ کرده و آنها را درون ارلن سترون حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده و به مدت یک ساعت شیک شدند. برای بدست آمدن سوسپانسیون قارچ با تراکم 10^7 ، شمارش اسپورها به وسیله لام هموسیتومتر (گلبول شمار) صورت گرفت و بعد

سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و شاخص طولی بنیه گیاهچه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) شد. افزایش سرعت جوانه زنی توسط باکتری سودوموناس در گیاهان مهمی همچون جو (*Hordeum vulgare* L.) (Sahin et al., 2004)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Cakmakci et al., 2007) و ذرت (*Zea mays* L.) (Pal, 1998) گزارش شده است. ماستوری و همکاران (Mastouri et al., 2010) افزایش جوانه زنی و رشد گیاهچه های گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) را در اثر تلقیح قارچ تریکودرما تحت تنش های غیرزنده از جمله خشکی گزارش نمودند. ویندهام و همکاران (Windham et al., 1986) بیان کردند که *Trichoderma* spp فاکتورهای تنظیم کننده رشدی را تولید می کند که سرعت جوانه زنی و وزن خشک ساقه ها و ریشه ها را تحت شرایط تنش خشکی افزایش می دهد.

شناسایی راهکارهای مناسب برای افزایش شاخص های جوانه زنی و گیاهچه ای گیاه دارویی رازیانه در شرایط تنش خشکی از اهمیت بالایی برخوردار است، با توجه به تأثیر مثبت تیمارهای زیستی بر شاخص های جوانه زنی گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی و جوانه زنی پائین و حساسیت به خشکی گیاه رازیانه، آزمایشی با بررسی تأثیر تلقیح با باکتری های سودوموناس فلورسنت و قارچ های تریکودرما هارزینانوم بر شاخص های جوانه زنی و گیاهچه ای رازیانه تحت تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد (بذور رازیانه توده همدان تولید سال ۱۳۹۴ از شرکت پاکان بذر تهیه گردید). فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح بذر در ۹ سطح (تلقیح زیستی با ۴ سویه باکتری سودوموناس فلورسنت (PF2، PF16،

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver, 9.2)، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و تجزیه واریانس برش دهی با استفاده از رویه L.S.Means انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش تلقیح زیستی و تنش خشکی برای صفت درصد جوانه زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش، برشدهی اثر تلقیح زیستی در هر سطح تنش خشکی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس برشدهی تیمارهای تلقیح زیستی در همه سطوح تنش خشکی برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، شاخص طولی بینه، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی بینه گیاهچه معنی‌دار شد (جدول ۲).

درصد جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین برشدهی برهمکنش تلقیح زیستی و تنش خشکی بر درصد جوانه زنی بذور رازیانه نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد در همه سطوح خشکی، درصد جوانه زنی بیشتری نسبت به تیمار پرایم‌نشده (شاهد) نشان داد. در سطح تنش صفر بار، بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۱/۴۵) مربوط به باکتری CHA0 بود که با T39 قارچ تریکودرما اختلاف معنی‌داری نداشت که ۲۳/۳۴ درصد جوانه زنی را نسبت به تیمار تلقیح نشده افزایش داد.

در سطح تنش ۳- بار، T39 قارچ تریکودرما بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشت که با T36 و باکتری CHA0 اختلاف معنی‌داری نداشت. در سطح تنش ۶- بار نیز T39 قارچ تریکودرما بیشترین درصد جوانه‌زنی (۷۵/۱۹ درصد) را نشان داد که موجب افزایش ۳۸ درصدی جوانه‌زنی نسبت به تیمار تلقیح نشده گردید (شکل ۱).

از اعمال تلقیح، آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام شد. انجام تلقیح بدین صورت بود که بذور به مدت ۲ ساعت درون سوسپانسیون باکتریایی و یا قارچی قرار گرفتند و بلافاصله بعد از تلقیح کشت بذور درون پتری دیش صورت گرفت (Bakhit and Moradi, 2017).

در آزمون جوانه‌زنی استاندارد، بذور به مدت چهارده روز در دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سلسیوس (۸ ساعت در دمای ۲۰ و ۱۶ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس) به روش روی کاغذ صافی (TP)، دورن پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری در چهار تکرار ۳۰ بذری کشت شدند و درصد جوانه‌زنی محاسبه شد (ISTA, 2010). برای اعمال تنش از محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول تهیه شده (غلظت تعیین شده) به میزان ۵ میلی‌لیتر برای هر پتری‌دیش استفاده شد. پس از ۱۴ روز شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (رابطه ۲) و سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۳)، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی بینه گیاهچه (رابطه ۴) و شاخص وزنی بینه گیاهچه (رابطه ۵) اندازه‌گیری شدند.

رابطه ۲) درصد جوانه‌زنی (Keshtkar et al., 2009)

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذورهای جوانه‌زده}}{\text{تعداد کل بذرها}} \times 100$$

(GP)

رابطه ۳: سرعت جوانه‌زنی (Verma et al., 2005)

$$GR = \sum \frac{Ni}{Ti}$$

Ni: تعداد بذورهای جوانه‌زده در روز، Ti: روز از

شروع آزمایش

رابطه ۴: شاخص طولی بینه گیاهچه (Agrawal, 2003)

$$\text{طول گیاهچه (سانتی‌متر)} \times \text{جوانه‌زنی استاندارد} = \frac{\text{شاخص طولی بینه گیاهچه}}{100}$$

رابطه ۵: شاخص وزنی بینه گیاهچه (Agrawal, 2003)

$$\text{وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)} \times \text{جوانه‌زنی استاندارد} = \frac{\text{شاخص وزنی بینه گیاهچه}}{100}$$

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بی‌تلقیح زیستی و پتانسیل اسمزی برای برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بذر رازیانه
 Table1- Analysis of variance of the effect of seed bio-inoculation and drought stress for some germination and seedling growth indices of fennel seed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص طولی بینه گیاهچه Seedling length vigor index	شاخص وزنی بینه گیاهچه Seedling weight vigor index
تلقیح زیستی (A) Bio-inoculation (A)	8	1297.38**	2.736**	36.589**	5.853**	0.000032**	82.089**	0.000097**
پتانسیل اسمزی (B) Osmotic potential (B)	2	2219.78**	5.578**	23.85**	21.405**	0.000101**	149.518**	0.00026**
A*B	16	83.042**	0.106*	0.444**	0.242**	0.0000016*	1.114**	0.0000033**
خطای آزمایش Error	81	7.85	0.049	0.084	0.049	0.00000008	0.171	0.0000003
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	3.809	7.806	3.955	4.605	1.417	4.495	3.847

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است.

**، * and ns are significant at 1 and 5 percent probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس برشدهی اثر تلقیح زیستی برای برخی صفات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای اندازه‌گیری شده رازیانه
 در سطوح مختلف پتانسیل اسمزی

Table 2- Slicing analysis of variance of the effect of bio-inoculation for some germination and seedling growth characteristics of fennel seed under different levels of osmotic potential

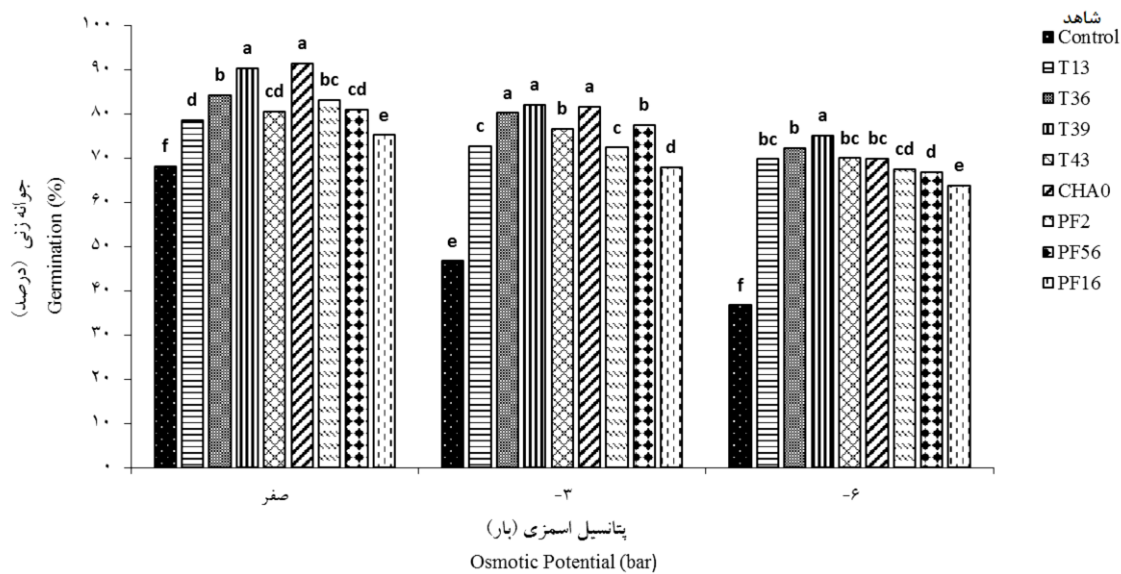
سطوح پتانسیل اسمزی تنش خشکی (بار) Osmotic potential (bar)	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص طولی بینه گیاهچه Seedling length vigor index	شاخص وزنی بینه گیاهچه Seedling weight vigor index
0	8	207.66**	0.628**	6.284**	1.042**	0.00002**	14.09**	0.000025**
-3	8	479.84**	1.037**	8.911**	2.316**	0.000014**	19.47**	0.000041**
-6	8	516.375**	1.284**	10.81**	2.978**	0.000016**	17.26**	0.00004**

** significant at 1 percent probability level

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

فلورسنت و جدایه‌های T36 و T39 از قارچ تریکودرما موجب افزایش جوانه زنی در بذور دو رقم کتان لیفی و روغنی در شرایط انبارداری مختلف شد. به نظر می‌رسد افزایش جوانه زنی به دلیل تأثیر تیمارهای تلقیح زیستی در افزایش تولید هورمون‌های رشد به ویژه جیبرلین باشد، زیرا این هورمون با فعال کردن آنزیم‌هایی مانند آمیلاز که در سوخت و ساز نشاسته دخیل است، جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kaymak et al., 2009).

در بررسی سهرابیانی (Sohrabiani, 2016) گزارش دادند که تنش خشکی باعث کاهش شاخص‌های جوانه زنی از جمله درصد جوانه زنی زیره‌ی سبز شد و تیمارهای پرایمینگ با بهبود جذب آب و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت توانست تا حدودی باعث بهبود شاخص‌های جوانه زنی و گیاهچه‌ای تحت تنش خشکی شود. در یک بررسی بخیت و مرادی (Bakhit and Moradi, 2017) گزارش داد که استفاده از جدایه‌های CHA0 و PF2 از باکتری سودوموناس



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت درصد جوانه زنی رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

T13, T36, T39, T43 سویه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2, PF56, PF16, CHA0 سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می‌باشند.

Figure 1- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for germination percentage of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

با قارچ T36 و باکتری CHA0 اختلاف معنی داری نشان نداد و کمترین میزان سرعت جوانه زنی را تیمار پرایم نشده (۲/۶۱ بذر در روز) داشت. در سطح تنش ۳- بار، بیشترین سرعت جوانه زنی (۳/۳۲ بذر در روز) مربوط به قارچ T36 با ۱۶ درصد افزایش نسبت به تیمار پرایم نشده بود که با جدایه‌های قارچ T39 و T43 و باکتری CHA0 اختلاف

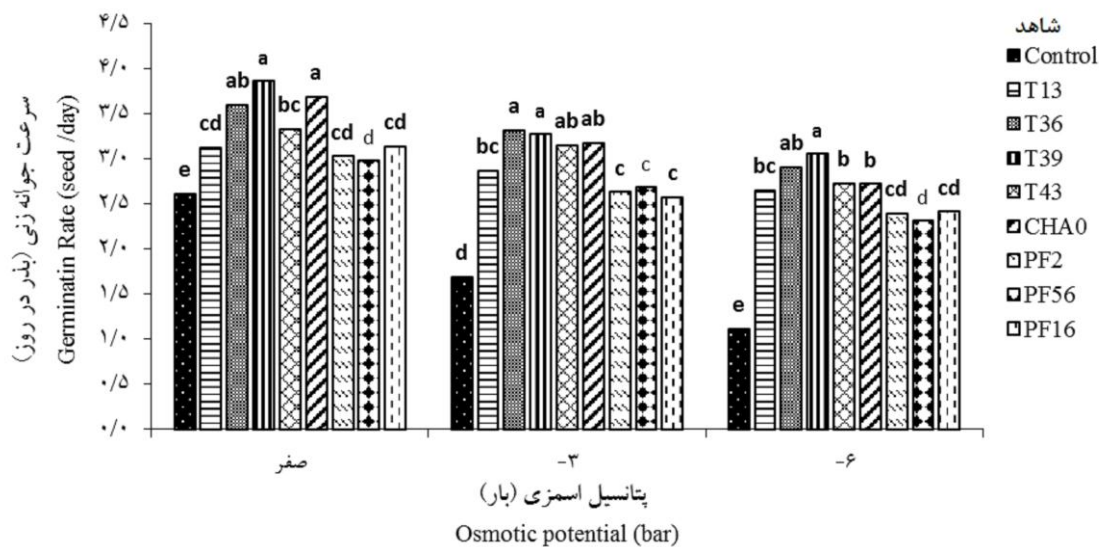
سرعت جوانه زنی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) بین همه تیمارهای تلقیح زیستی و تیمار پرایم نشده در همه سطوح خشکی اختلاف معنی داری وجود داشت. در سطح تنش صفر بار، قارچ تریکودرما T39 با سرعت جوانه زنی ۳/۸۷ بذر در روز حداکثر سرعت جوانه زنی را داشت که

فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه زنی، علت اصلی کاهش سرعت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Malik *et al.*, 1986). در یک بررسی شیلا و همکاران (Sheila *et al.*, 2011) گزارش دادند تلقیح بذر لوبیا به وسیله قارچ تریکودرما حداکثر سرعت جوانه زنی را نشان داد. طبق گزارش کوکلیس-بارل و همکاران (Kokelis-Burrelle *et al.*, 2006) باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش‌های زنده مانند پاتوژن‌های بیماری‌زا، تأثیر مثبتی بر پارامترهای رشد گیاه از جمله سرعت جوانه‌زنی دارند. چونوفسکی و کام (Chojnowski and Come, 1997) علت افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ را به فعالیت‌های تنفسی، تولید ATP، تحریک فعالیت RNA و پروتئین سازی نسبت دادند.

معنی داری نداشت. در سطح تنش خشکی ۶- بار، بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۳/۰۶ بذر در روز) به قارچ T39 اختصاص داشت که با T36 تفاوت معنی داری نداشت و کمترین سرعت جوانه زنی در این سطح به تیمار پرایم نشده (۱/۱۱ بذر در روز) اختصاص داشت (شکل ۲). همبستگی بالای بین سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی ($r=0/88^{**}$) نشان داد که تیمارهایی که درصد جوانه زنی بالاتری داشتند از شاخص سرعت جوانه زنی نیز برخوردار بودند که در نتیجه با جوانه زنی سریع‌تر از صدمات تنش خشکی محافظت شدند (جدول ۳).

نتایج بیانگر این بود که با افزایش تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی بذور کاهش پیدا کرد. کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت سرعت جوانه‌زنی بذور رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

T13، T36، T39، T43 سوبه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2، PF56، PF16 و CHA0 سوبه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می‌باشند.

Figure 2- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for germination rate of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

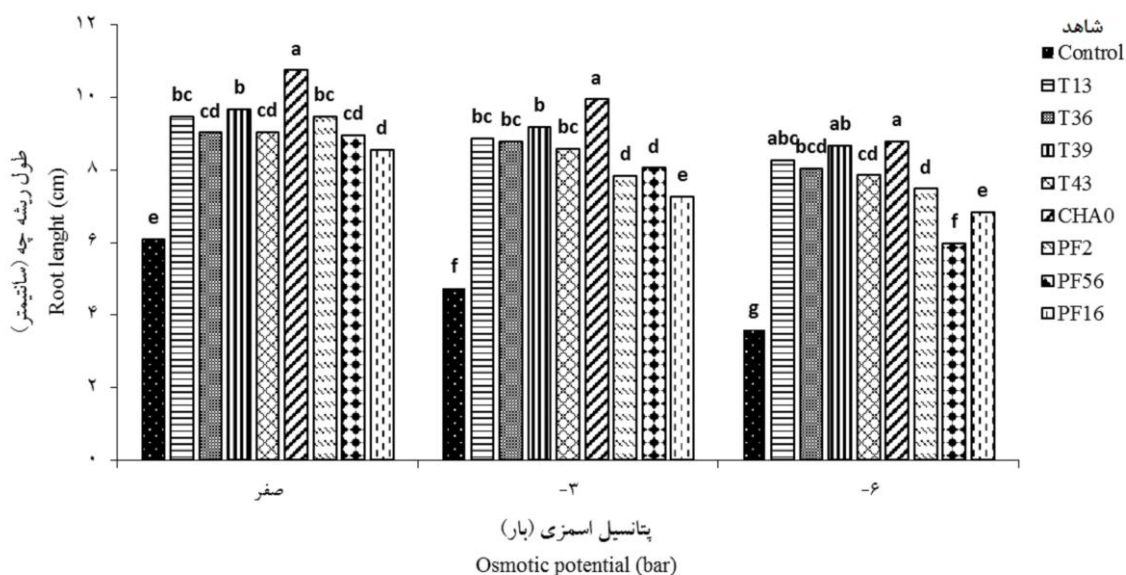
تیمارهای تلقیح زیستی با تیمار پرایم نشده برای این صفت تفاوت معنی داری دارند. به طوری که در سطوح تنش صفر و تنش ۳- بار، حداکثر مقدار طول ریشه‌چه (به

طول ریشه‌چه

نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برش‌دهی (جدول ۲) در هر سطح تنش حاکی از این بود که

مکانیزم‌هایی افزایش رشد گیاه توسط باکتری سودوموناس به درستی مشخص نشده است، اما یکی از فعالیت‌های اصلی این باکتری سنتز اسید آمینه تریپتوفان که پیش ماده تولید هورمون اکسین بوده و این هورمون با تحریک تقسیم سلولی، تمایز و رشد طولی سلولی به طور مستقیم در افزایش رشد ریشه و گیاه مؤثر می‌باشد (Gutierrez-Manero *et al.*, 2001). همچنین گراول و همکاران (Gravel *et al.*, 2007) در بررسی پاسخ صفات رشد ریشه و ساقه گوجه فرنگی به قارچ تریکودرما نشان دادند که رشد ریشه و ساقه گوجه فرنگی به واسطه تولید هورمون ایندول استیک اسید افزایش می‌یابد. جدایه‌های تریکودرما، فاکتورهای رشدی مانند اکسین، سیتوکین و مولکول‌های شبه سیتوکین مانند زئاتین و جیبرلین یا وابسته به جیبرلین را تولید می‌کنند که باعث افزایش رشد ریشه و توسعه گیاه می‌شوند (Osiewacz, 2002).

ترتیب ۱۰/۷۴ و ۹/۹۴ سانتی‌متر) در تلقیح بذر توسط باکتری CHA0 بدست آمد که با سایر تیمارهای تلقیح زیستی اختلاف معنی داری داشت. در سطح تنش ۶- بار نیز بیشترین مقدار مربوط به باکتری CHA0 می‌باشد با این اختلاف که تفاوت معنی داری با جدایه‌های قارچ T39 و T13 ندارد. کمترین مقدار طول ریشه‌چه در تمامی سطوح مربوط به تیمار پرایم نشده بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۳). ماتریس ضرایب همبستگی صفات بیانگر این بود که صفت طول ریشه‌چه با درصد جوانه‌زنی ($r=0.7670^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r=0.7882^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار داشت (جدول ۳). که بیانگر این است بذوری که سریع‌تر جوانه بزنند از طول ریشه‌چه بیشتری برخوردار هستند نشان دهنده ارتباط مستقیم سرعت جوانه‌زنی با کارایی گیاهچه برای استقرار و ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه در مزرعه می‌باشد.



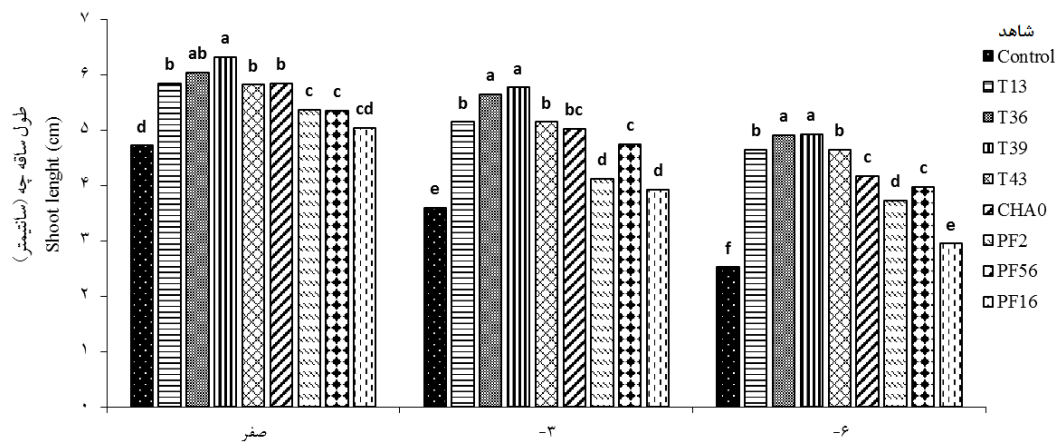
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت طول ریشه‌چه رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی. در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند. T13، T36، T39 و T43 سویه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2، PF56، PF16 و CHA0 سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می‌باشند.

Figure 3- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for root length of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

پرایم نشده اختصاص داشت (شکل ۴). همبستگی مثبت و معنی داری بین صفت طول ساقه چه با درصد جوانه زنی ($r=0/801^{**}$)، سرعت جوانه زنی ($r=0/7795^{**}$) و طول ریشه چه ($r=0/8550^{**}$) وجود داشت و بدین صورت می باشد که بذور با درصد جوانه زنی و طول ریشه چه بیشتر ساقه چه بلندتری داشتند (جدول ۳).

طول ساقه چه

مشاهدات حاصل از مقایسه میانگین داده ها (شکل ۴) نشان داد که در سطح تنش صفر بار، بیشترین مقدار طول ساقه چه (۶/۳۲ سانتی متر) به قارچ T39 اختصاص داشت که با قارچ T36 (۶/۰۵ سانتی متر) تفاوت معنی داری نداشت. در سطوح ۳- و ۶- بار تنش خشکی نیز T39 دارای بیشترین مقدار و از نظر آماری اختلاف معنی داری با T36 نداشت. هر سه سطح تنش، کمترین مقدار طول ساقه چه به تیمار



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت طول ساقه چه بذور رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

T13, T36, T39 و T43 سویه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2, PF56, PF16 و CHA0 سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می باشند.

Figure 4- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for shoot length of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

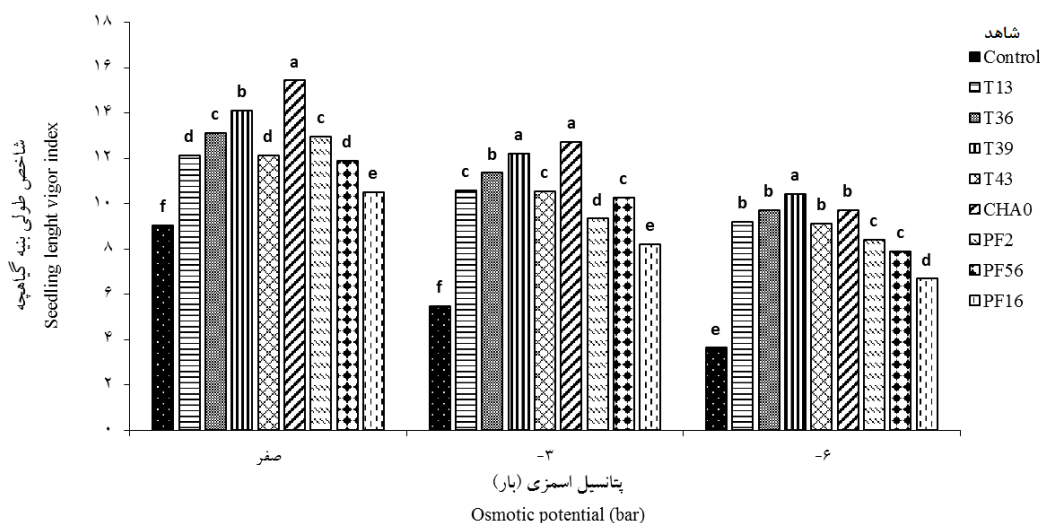
Hasanzadeh Delouei *et al.*, 2015) با بررسی اثر تلقیح زیستی بذور بر خصوصیات جوانه زنی بالنگوی شیرازی (*Lallemantia royleana* L.) گزارش دادند که تلقیح بذور با باکتری سودوموناس فلورسنت و تریکودرما طول ساقه چه بالنگو را افزایش داد. شائوکت و همکاران (Shaukat *et al.*, 2010) مکانیسم عمل باکتری‌های سویه‌های سودوموناس را از طریق تولید تنظیم کننده رشدی مانند اکسین، شناسایی کردند که باعث افزایش اجزای عملکرد در گیاه گندم شدند.

طبق نتایج این پژوهش مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی طول ساقه چه کاهش محسوسی داشت که در بررسی سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006) دلایل این کاهش را تجزیه آهسته تر مواد آندوسپرم و در نتیجه کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذور به جنین ذکر شده است. در مطالعه‌ای روی کلزا (*Brassica napus* L.) مشخص شد که تلقیح بذور کلزا به وسیله باکتری‌های گونه سودوموناس پوتیدا و سودوموناس فلورسنت منجر به افزایش طول ساقه چه شدند (Glick, 1995). در پژوهشی حسن زاده دلویی و همکاران

شاخص طولی بنیه گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح صفر و ۳- بار، بیشترین بنیه طولی گیاهچه (به ترتیب ۱۵/۴۴ و ۱۲/۷۴) مربوط به باکتری CHA0 بود که در ۳- بار با قارچ T39 اختلاف معنی داری نداشت. در سطح ۶- بار، قارچ T39 با افزایش ۶ درصدی نسبت به تیمار پرایم‌نشده بیشترین مقدار شاخص بنیه طولی گیاهچه را نشان داد. در همه سطوح تنش خشکی کمترین بنیه طولی گیاهچه به تیمار پرایم‌نشده مربوط بود (شکل ۵). ماتریس ضرایب همبستگی صفات بیانگر این بود که صفت شاخص طولی بنیه گیاهچه رازیانه با درصد جوانه زنی ($r=0/9196^{**}$)، سرعت جوانه زنی ($r=0/8884^{**}$)، طول ریشه‌چه ($r=0/9386^{**}$) و طول ساقه‌چه ($r=0/9213^{**}$) همبستگی معنی دار داشت. شاخص طولی بنیه بیانگر

قدرت بذر است و کلیه خصوصیات بذر که تعیین کننده توانایی بذر برای سبز شدن سریع و یکنواخت و نمو طبیعی گیاهچه‌ها تحت طیف وسیعی از شرایط مزرعه را شامل می‌شود که از حاصلضرب درصد جوانه زنی در طول گیاهچه بدست می‌آید و با آنها رابطه مستقیم دارد (جدول ۳). جهانیان و همکاران (Jahanian *et al.*, 2012) افزایش شاخص طولی بنیه گیاهچه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) را در اثر تلقیح توسط باکتری‌های محرک رشد گزارش دادند. باکتری‌های محرک رشد با چسبیدن به سطح بذر در پاسخ به ترشح اسیدهای آمینه از بذر، اسید ایندول استیک سنتز می‌کنند که این اسید باعث تحریک سلول‌های گیاه و طویل شدن آنها می‌شود در نتیجه می‌تواند بر بنیه طولی گیاهچه مؤثر باشد (Ehteshami *et al.*, 2011).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت شاخص طولی بنیه گیاهچه رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

T13, T36, T39, T43 سویه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2, PF56, PF16, CHA0 سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می‌باشند.

Figure 5- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for seedling length vigor index of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

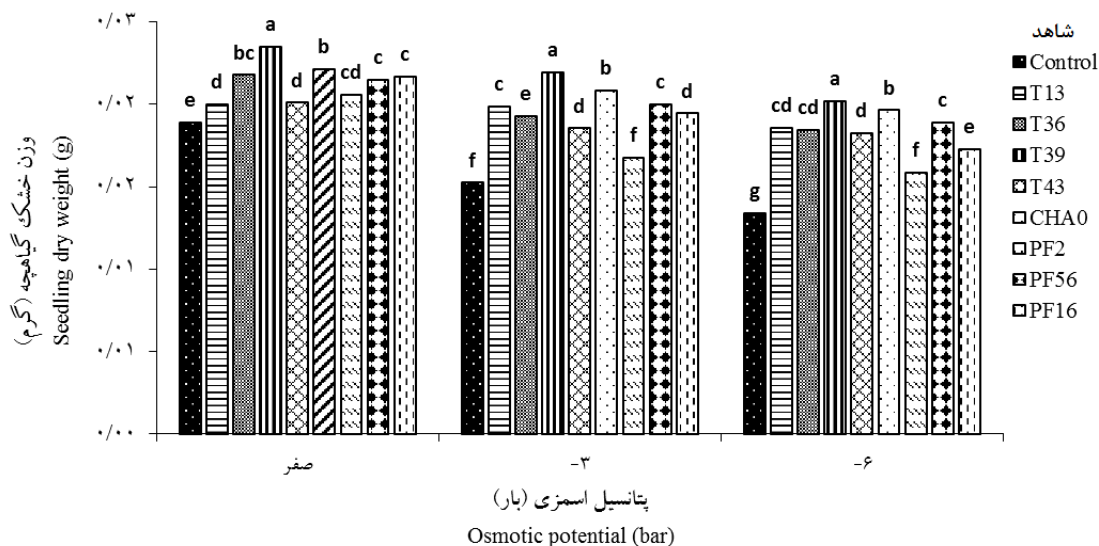
وزن خشک گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که در همه

سطوح تنش خشکی، بذور تلقیح شده با قارچ T39 بیشترین وزن خشک گیاهچه (به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۱ و ۰/۰۲ گرم)

(Zahir *et al.*, 1998) افزایش ۳۶/۳ درصدی وزن خشک ساقه و افزایش ۵/۱۳ درصد وزن خشک ریشه را ذرت تلقیح شده توسط باکتری سودوموناس را گزارش کردند. آذرمی و همکاران (Azarmi *et al.*, 2011) اظهار داشتند که جدایه‌های تریکودرما باعث افزایش وزن خشک گیاهچه گوجه فرنگی شدند. دلیل افزایش وزن خشک گیاهچه در اثر تلقیح با جدایه‌های تریکودرما را به تولید ترکیبات شبه اکسین نسبت داده اند (Vinale *et al.*, 2008). جلیلی و همکاران (Jalili *et al.*, 2009) علت افزایش وزن خشک گیاهچه را در تلقیح توسط باکتری‌های محرک رشد اینگونه بیان کردند که مقدار زیادی ACC (پیش ماده ساخت اتیلن) خارج شده از بذر که در اثر تحریک ایندول استیک اسید (سنتر توسط باکتری) تولید شده است، توسط آنزیم ACC دآمیناز باکتری هیدرولیز می‌شود. هیدرولیز ACC توسط باکتری موجب کاهش سنتر اتیلن و متعاقباً طولیل شدن ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن گیاهچه می‌شود.

را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار وزن خشک گیاهچه مربوط به تیمار پرایم نشده بود (شکل ۶). در بین تیمارهای باکتری، بیشترین وزن خشک گیاهچه را در همه سطوح تنش خشکی CHA0 نشان داد (به ترتیب ۰/۰۲۲، ۰/۰۲ و ۰/۰۱۹ گرم). همبستگی مثبت و بالا بین وزن خشک گیاهچه و درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه مشاهده شد، در واقع بذور هرچقدر گیاهچه بلندتری داشته باشند از وزن خشک گیاهچه بیشتری برخوردار هستند (جدول ۳). از آنجا که در شرایط تنش خشکی، دسترسی بذر به رطوبت کاهش می‌یابد لذا عمل هیدرولیز مواد ذخیره‌ای، جهت تولید بافت‌های گیاهچه‌ای با مشکل مواجه شده و وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد (Prisco *et al.*, 1992). با این وجود، استفاده تیمارهای زیستی در شرایط تنش مبین کاهش کمتری در صفت وزن خشک گیاهچه بود. زهیر و همکاران



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت وزن خشک گیاهچه رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

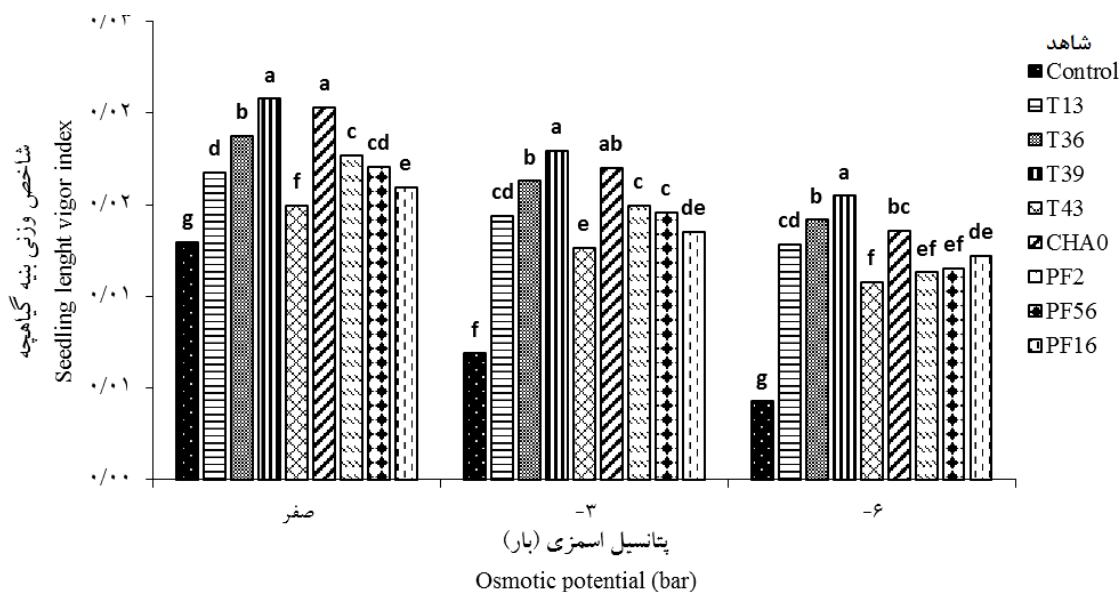
T13, T36, T39, T43 و سویه‌های قارچ تریکودرما هارزیانوم و PF2, PF56, PF16 و CHA0 سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می‌باشند.

Figure 6- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for seedling dry weight of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

($r=0/9425^{**}$) وجود داشت. در بررسی احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.*, 2011) افزایش بینه وزنی گیاهچه کنگد در تلقیح با جدایه‌های مختلف باکتری سودوموناس فلورسنت گزارش شده است. نتایج کواوال کانت و همکاران (Cavalcante *et al.*, 2008) افزایش رشد و بینه گیاهچه در تلقیح بذر گندم با قارچ *تریکودرما هارزیانوم* را نشان داد. علت افزایش رشد در حضور سودوموناس تغییر در غلظت ترکیبات تنظیم کننده رشد مانند سیتوکین، جبریلین و اتیلن می باشد (Zaidi, 2003). ویندهام و همکاران (Windham *et al.*, 1986) بیان کردند که قارچ *تریکودرما فاکتورهای تنظیم کننده گی رشدی را تولید می کند که وزن خشک ساقه‌ها و ریشه‌ها را افزایش می دهد.*

شاخص وزنی بینه گیاهچه

در سطح تنش صفر و ۳- بار، بیشترین مقدار بینه وزنی مربوط به قارچ T39 (به ترتیب ۰/۰۲۰۷ و ۰/۰۱۷۹) بود که تفاوت معنی داری با باکتری CHA0 (به ترتیب ۰/۰۲۰۳ و ۰/۰۱۷۰) نداشت و کمترین مقدار نیز به تیمار پرایم نشده (به ترتیب ۰/۰۱۲ و ۰/۰۰۶۸) اختصاص داشت. در تنش ۶- بار، بیشترین مقدار شاخص بینه وزنی را قارچ T39 با اختلاف معنی دار با سایر تیمارها نشان داد و کمترین مقدار نیز در تیمار پرایم نشده (۰/۰۰۴۲) مشاهده شد (شکل ۷). همبستگی مثبت و معنی داری بین صفت شاخص وزنی بینه گیاهچه با وجود دارد و بین شاخص‌های درصد جوانه‌زنی ($r=0/9656^{**}$)، سرعت جوانه‌زنی ($r=0/8777^{**}$)، طول ریشه‌چه ($r=0/7761^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=0/8274^{**}$) و وزن خشک گیاهچه



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تلقیح زیستی برای صفت شاخص وزنی بینه گیاهچه رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی.

در هر سطح پتانسیل اسمزی ستون‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

T13, T36, T39, T43 و سویه‌های قارچ *تریکودرما هارزیانوم* و PF2, PF56, PF16, CHA0 و سویه‌های باکتری سودوموناس فلورسنت می باشند.

Figure 7- Mean comparison of the effect of seed bio-inoculation treatments for seedling weight vigor index of fennel at different levels of drought stress. In each osmotic potential, at least one same letter representing no significant difference at 5% statistical level based on LSD test. T13, T36, T39 and T43 are strains of *Trichoderma harzianum* and PF2, PF56, PF16 and CHA0 are strains of *Pseudomonas fluorescens*.

جدول ۳- ضرایب همبستگی اثر تلقیح زیستی برای برخی صفات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای اندازه‌گیری شده رازیانه در سطوح مختلف تنش خشکی
Table3. Correlation coefficients for the effect of bio-priming of germination and seedling some traits of fennel under different levels of drought stress

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
درصد جوانه‌زنی (۱) Germination percentage (1)	1						
سرعت جوانه‌زنی (۲) Germination rate (2)	0.8840**	1					
شاخص طولی بنیه گیاهچه (۳) Seedling length vigor index (3)	0.9196**	0.8884**	1				
شاخص وزنی بنیه گیاهچه (۴) Seedling weight vigor index (4)	0.9656**	0.8777**	-0.2303*	1			
طول ریشه‌چه (۵) Root length (5)	0.7670**	0.7882**	-0.3480**	0.4653**	1		
طول ساقه‌چه (۶) Shoot length (6)	0.8001**	0.7795**	-0.2885**	0.4653**	0.9213**	1	
وزن خشک گیاهچه (۷) Seedling dry weight (7)	0.8359**	0.7700**	-0.1961*	0.4583**	0.8177**	0.9425**	1

** Significant at 1% statistical level.

** معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد

گیاهچه‌ای توانستند اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهند. با توجه به نتایج این آزمایش باکتری CHA0 و قارچ T39 بهترین تیمارها در شرایط بهینه و تنش بودند و استفاده از این تیمارها می‌تواند راهکار مناسبی در مقابله با اثرات مخرب تنش باشد. با استناد به نتایج بدست آمده تلقیح بذور رازیانه قبل از کاشت به وسیله سویه T39 قارچ تریکودرما هارزیانوم و سویه CHA0 باکتری سودوموناس فلوررستنت که موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه‌بذر و مقاومت به تنش خشکی می‌گردد، توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی بر همه شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه رازیانه تأثیر منفی دارد. بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه می‌باشد که پیامد آن کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و نیز رشد گیاهچه است. تلقیح با قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد موجب بهبود بسیاری از شاخص‌های مورد مطالعه شد. تلقیح بذور رازیانه توسط قارچ تریکودرما هارزیانوم و باکتری سودوموناس فلوررستنت با بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد

References

منابع

- Agrawal, R. 2003.** Seed technology. Pub. Co .PVT. LTD. New Delhi. India.
- Alizadeh, A., and A. Keshavarz. 2005.** Status of agricultural water use in Iran. In: Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceeding of an Iranian-American Workshop. Committee on U. Iranian Workshop on Water Conservation, Reuse, and Recycling, Office for Central Europe and Eurasia Development, Security and Cooperation, National Research Council. P: 94-105. (In Persian, with English Abstract)
- Ashraf, M., and A. Waheed. 1990.** Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medic.) for salt tolerance at two growth stages. Plant Soil. 128: 167-176.
- Azarmi, R., B. Hajieghrari, and A. Giglou. 2011.** Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. Afr. J. Biotechnol. 10(31): 5850-5855.
- Bakhit, M., and A. Moradi. 2017.** The effect of bio-priming on germination and deterioration control of flax seeds (*Linum usitatissimum*). Seed Sci. Technol. 45(2): 1-13.
- Boroomand Rezazadeh, Z., and A. Koocheki. 2005.** The response of seed germination Ajotva, fennel and dill to osmotic and matric potentials of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 at different temperatures.. Iranian J. Field. Crops. Res. 3: 207-217. (In Persian, with English Abstract)
- Burd, G.I., D. G. Dixon, and B.R. Glick. 1998.** A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. Appl. Environ. Microbiol. 64: 3663-3668.
- Cakmakci, R., M. Erat, U.G. Erdoman, and M.F. Donmez. 2007.** The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 288-295.
- Cavalcante, R.S., H.L. Lima, G.A. Pinto, C.A. Gava and S. Rodrigues. 2008.** Effect of moisture on *Trichoderma* conidia production on corn and wheat bran by solid state fermentation. Food. Bioprocess Technol. 1(1): 100-104.
- Chojnowski, F.C., and D. Come. 1997.** Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. Seed Sci. Res. 7: 323-331.
- Demir Kaya, M., O. Gamze, M. Atak, Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006.** Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Heliantus annus* L.). Europ. J. Agron. 24: 291-295.
- Ehteshami, M. H., N. Aghaei, R. Pardel and K. Khavazi. 2011.** Effect of *Pseudomonas* bacteria on germination and seedling growth of sesame characteristics under drought stress. In First National Con. Agric. Sci. new technol. University of Zanjan. (In Persian, with English Abstract)
- Entesari, M., F. Sharifzadeh, M. Ahmadzadeh, and M. Farhangfar. 2013.** Seed biopriming with *Trichoderma* Species and *Pseudomonas fluorescent* on growth parameters, enzymes activity and nutritional status of Soybean. Int. J. Agron. Plant Prod. 4(4): 610-619.
- Fakheri, B.A., M. Musavi Nick, and R. Mohammadpour. 2015.** Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on germination and morphological properties of fennel and ajowan. (In Persian, with English Abstract). Crop Sci. Res in Arid Region. 1(2):133-149.
- Glick, B.R., 1995.** The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41:109-117.
- Gravel, V., H. Antoun, and R. J. Tweddell. 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 Biol. Biochem. 39(8): 1968-1977.
- Gutierrez-Manero. F.J., B. Ramos-Solano, A. Probanza, J. Mehouchi, F.R. Tadeo, and M. Talon. 2001.** The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Plant Physiol. 111: 206–211.
- Hasanzadeh Delouei, H., H. Asadi, A. Saeidzadeh, and N. Rahimi. 2015.** The effect of seed bio-priming on germination characteristics Balangu Shirazi (*Royleana lallemantia* L.). National Conf. Environ. Agric. Res. of Iran, 3rd, 13 Aug., Hamedan University, Iran. (In Persian, with English Abstract)

- Jahanian, A., M.R. Chaichi, K. Rezaei, K. Rezayazdi, and K. Khavazi. 2012.** The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and primary growth of Artichoke (*Cynara scolymus*). Int. J. Agri. Crop Sci. 4(14): 923-929.
- Jalili, F., K. Khavazi, A. Pazira, A. Nejati, and H. Asadi rahmani. 2009.** Effects of *Pseudomonas fluorescens* with ACC Deaminase enzyme activity in modulating the harmful effects of salinity on canola germination stage. (In Persian, with English Abstract). Iranian. J. Soil. Res. 1(5): 91- 105.
- Kaymak, H.A., I. Guvenc, Yarali, F. and M. F. Denmez. 2009.** The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. Turkish J. Agri., 33: 173-179.
- Keshtkar. H.R., H. Azarnivand, and A. Shahriari. 2009.** The investigate effect of some treatments on seed dormancy breaking and germination of *Ferula gummosa* and *Ferula assa-foetida*. (In Persian, with English Abstract). J. Rangeland. 2(3): 281-290.
- Kokelis-Burelle. N., J. W. Klopper, and M. S. Reddy. 2006.** Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. App. Soil Ecol. 31: 91-100.
- Malik. C.P., K. Gupta, and S. Sharma. 1986.** Effect of water stress on germination and seedling metabolism of gram (*Cicer arietinum* L.). Acta Agron. Hungarica. 35: 11-16.
- Mastouri, F., T. Björkman, and G. E. Harman. 2010.** Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology. 100(11): 1213-1221.
- Michel. B.E., and M. R. Kaufmann. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.
- Osiewacz, H.D. 2002.** Molecular biology of fungal development. Marcel Dekker, New York. 608.
- Pal, S.S. 1998.** Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant Soil. 198: 169-177.
- Piri, R. 2017.** Effect of bio-priming and seed coating on some seed germination and seedling growth indices of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress. M.Sc Thesis. Univ. of Yasouj. Iran.
- Prisco, J.T., C.R. Babtista, and J. L. Pinheiro. 1992.** Hydration dehydration seed pre- treatment and its effects on seed germination under water stress condition. Revista Brasil Bot. 15(1), 31-35.
- Sahin, F., R. Cakmakci, and F. Kantar. 2004.** Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂- fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant. Soil. 265: 123-129.
- Shaukat, K., S. Afrasayab, and S. Hasnain. 2010.** Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting Rhizobacteria used as a biofertilizers. Int. J. Agric. Res. 5(11). 1048-1056.
- Sheila, A.O., A.O. Jane, and O.O. James. 2011.** Improved seedling emergence and growth of maize and beans by *Trichoderma harzianum*. Tropic. Subtropic. Agroecosystems, 13. 65-71.
- Shirkhodaei, M., M.T. Darzi, and M.H. Hadi. 2014.** Influence of Vermicompost and Biostimulant on the growth and biomass of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Int. J. Advanced Biol. Biomed. Res, 2(3), 706-714.
- Sohrabiani, S. 2016.** Effect of priming on germination indices and some enzymes of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.) with different longevity under drought and salinity stresses. Master's thesis. Univ. of Yasouj. Iran
- Soltani, A., M. Gholipoor, and E. Zeinali. 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Exp. Botany. 55.1: 195-200.
- Taati, F., H. Talebi, M.T. Ebadi, A. Khoshnood Yazdi, and A. Dadkhah. 2014.** Effects of drought stress on germination of medicinal plant indigo (*Indigofera tinctoria*). (In Persian, with English Abstract). Environ. Stresses Crop Sci. 7: 119-122.
- Tahaei A, A. Soleymani, and M. Shams. 2016.** Seed germination of medicinal plant, fennel (*Foeniculum vulgare* Mill), as affected by different priming techniques. Applied Biochem. Biotechnol. 180(1): 26-40.

- Verma, S.K., G.C. Bjpai, S.K. Tewari, and J. Singh. 2005.** Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. *Legume Res.* 28(2): 143-145.
- Vinale F., K. Sivasithamparam, E.L. Ghisalberti, R. Marra, M.J. Barbetti, H. Li, S.L. Woo, and M. Lorito. 2008.** *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biol. Biochem.* 40: 1-10
- Windham, M.T., Y. Elad, and R. Baker. 1986.** A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology.* 76(5):518-521
- Zahir, A.Z., M. Arshad, and A. Khalid. 1998.** Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan J. Soil Sci.*, 15:7-11.
- Zaidi, S.F.A. 2003.** Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Pseudomonas fluorescens* to control *Rhizoctonia solani* in soybean (*Glycine max* (L) Merr). *Ann. Agric. Res.* 24: 151 – 3.