"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
(ص ۱۴۴-۱۳۳)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 3, Autumn 2021
(pp: 133-144)
DOI: 10.22034/ijsst.2021.343191.1349
Research Article

تاثیر پیش‌تیمار زیستی بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L.) توده اصفهان تحت تنش شوری

سید اسماعیل موسوی[1]، حشمت امیدی[2*]

۱. کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار زیستی بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه گیاه کتان تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری (صفر (شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر از کلرورسدیم) و تیمارهای زیستی در چهار سطح (شاهد، باکتری *Bacillus subtilis*، قارچ *Macrophomina phaseolina* و تلفیق قارچ و باکتری) بودند. اثر تیمار زیستی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود و بالاترین درصد جوانه‌زنی (۹۹٪) در تیمار قارچ حاصل شد. اثر ساده شوری و تیمار زیستی بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی و ضریب جوانه‌زنی معنی‌دار بود. کمترین میزان مدت زمان جوانه‌زنی (۳/۷۹ روز) در تیمار تلفیق قارچ و باکتری حاصل شد که نشان از مؤثر بودن این تیمار نسبت به سایر تیمار زیستی می‌باشد. بالاترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (۴/۴۵ روز) در بالاترین سطح شوری حاصل و نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار و ۱۰ درصد افزایش نشان داد . شوری باعث کاهش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاهچه شد. میانگین‌های طول ریشه‌چه در سطوح مختلف شوری تیمار زیستی قارچ نسبت به تیمارهای دیگر زیستی بالاترین مقدار را دارا بود. اثر متقابل شوری و تیمار زیستی بر کلروفیل a و کلروفیل کل معنی‌دار بود. با افزایش غلظت شوری، از میزان رنگیزه‌های گیاهی کاسته شد. بیشترین مقدار کلروفیل a (۱۶/۵۲ میکرو مول بر میلی‌لیتر) در تیمار زیستی شاهد و شوری صفر حاصل گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ریزموجوداتی مانند قارچ و باکتری در تنش شوری می‌تواند از اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی و رشد این گیاه را کم کند.

کلمات کلیدی: درصد جوانه‌زنی، ریز موجودات، ریشه‌چه، کلروفیل.

Effect of biological pre-treatment of seed on germination and growth indices and pigments of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) under salinity stress

S.E. Mousavi[1], H. Omidi*[2]

1. Master of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran
2 Associate Professor and Faculty of Agriculture Member, Shahed University, Tehran
(Received: Jun. 04, 2020 – Accepted: Jan. 03, 2021)

Abstract

To study the effect of biological treatment on germination and growth indices and pigments of flaxseed under salinity stress, a factorial experiment in a completely randomized design was conducted in three replications at the faculty of agriculture of Shahed University in 2018. Experimental treatments were salinity at four levels (zero, 2.5, 5 and 7.5 dS/m) and biological treatments at four levels (control, bacteria (*Baccillus subtilis*), fungi (*Macrophomina phaseolina*) and combination of bacteria and fungi). Effect of biological treatment was significant on germination percentage and the highest germination percentage (99 %) obtained at fungi treatment. Effect of salinity and biological treatment was significant on mean germination time and germination coefficient. The minimum mean germination time (3.79 days) obtained at combination of bacteria and fungi treatment that shows this treatment was most effective in compared with other biological treatments. The highest mean germination time (4.45 days) obtained at the highest salinity level and showed a significant difference and 10 percentage increase in compared to the control. With increasing of salinity, mean germination time increased. Salinity reduced radicle, plumule and seedling length. The means related to radicle length at the different levels of salinity at biological treatment of fungi was highest amount in compared with other biological treatments. Interaction effect of salinity and biological treatment was significant on chlorophyll a and total chlorophyll. With increasing of salinity, reduced pigments. Maximum amount of chlorophyll a (16.52 $\mu m.ml^{1-}$) was obtained at the control treatment of biological treatment and zero salinity. The result of this research showed that using of microorganisms such as fungi and bacteria in salinity stress, can reduce the negative effects of salinity on germination and growth of this plant.

Keywords: *Chlorophyll, Germination percentage, Microorganisms, Radicle.*

* Email: omidi@shahed.ac.ir

مقدمه

با توجه به اینکه قسمت عمده‌ای از مصرف روغن‌های گیاهی از طریق واردات تامین می‌شود، پس هر گونه تحقیقی در این زمینه مفید به‌نظر می‌رسد. یکی از گیاهان روغنی و دارویی که از اهمیت خاصی نیز برخوردار است، گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L.) می‌باشد. کتان گیاهی روغنی، یکساله، علفی و متعلق به تیره کتان (*Linaceae*) است (Omidbeigi, 2005). بذر خوراکی کتان به دلیل دارا بودن ارزش طبی در دنیا حائز اهمیت بوده و دارای چندین نوع اسید چرب غیراشباع است که برای تغذیه انسان ضروری به‌نظر می‌رسد. دانه این گیاه دارای ۳۰ تا ۴۵ ٪ روغن، ۲۰ ٪ پروتئین و ۲۸ ٪ فیبر می‌باشد (Nematolahi and Saidi, 2010). روغن کتان دارای اثرات ضد سرطان، ضد تورم، برطرف کردن دردهای عادت ماهانه و میگرن‌های دردناک و تقویت سیستم ایمنی بدن می‌باشد (Irannejad *et al*., 2007).

شوری به‌عنوان یکی از مهمترین تنش‌های محیطی که رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار داده و بر همه جنبه‌های متابولیسمی گیاه تاثیر گذاشته و تغییراتی را در آناتومی و مورفولوژی گیاه ایجاد می‌کند (Azarnivand and Ghorbani, 2007). این عامل محیطی با ایجاد فشار اسمزی جذب آب توسط بذر را کاهش می‌دهد (Assadian and Miamato, 1983) و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌هایی نظیر سدیم و کلر جوانه‌زنی و رشد بذرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Barassi *et al*., 2006). بسیاری از فرآیندهای متابولیک گیاهی در اثر تنش شوری دچار اختلال می‌شود که ازجمله می‌توان به تنظیم اسمزی، جذب عناصر غذایی، سنتز پروتئین و اسیدهای نوکلئیک، تجمع مواد محلول آلی، فعالیت آنزیم‌ها، توازن هورمونی، صدمات بافت‌ها، تغییر در میزان تنفس، اثرات متقابل نمک‌ها با فعالیت‌های میکروبی و کاهش فراهمی آب به گیاه اشاره کرد (Galeshi, 2015). شوری در همه مراحل رشدی گیاه تاثیر منفی دارد، اما واکنش مراحل مختلف رشدی گیاه می‌تواند متفاوت باشد. مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش شوری می‌باشد (Patade *et al*., 2011). شوری منجر به تأخیر در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه، استقرار نامنظم گیاهچه‌ها و عملکرد کمتر به‌دلیل تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌شود (Muhammad and Hussain, 2010). افزایش سطح شوری موجب کاهش در جوانه‌زنی و تأخیر در ظهور گیاهچه در واریته‌های مختلف کتان گردید (Sebei *et al*. 2007; Kaya *et al*., 2011). با افزایش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و از دلایل کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری می‌توان به فعال شدن برخی هورمون‌ها، تغییر تراوایی غشا و عدم کارایی مسیر اکسیداتیو اشاره کرد (Mokhtari *et al*., 2008). غلظت کلروفیل از عوامل مؤثر بر ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد. با افزایش سطح شوری، تخریب کلروفیل‌ها افزایش یافته و در نتیجه کارایی برگ ها در انجام فتوسنتز کاهش می‌یابد (Qasim *et al*., 2003). تنش شوری با تولید اکسیژن فعال و تجزیه کلروفیل‌ها در کلروپلاست، ساختارهای تیلاکوئیدی را تخریب می‌کند (Zhao *et al*., 2007).

برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی ازجمله استفاده از میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری و قارچ به‌منظور تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور وجود دارد (Bacilio *et al*., 2001). جنس‌های مختلفی از باکتری‌ها مانند باسیلوس (*Bacillus*)، سودوموناس (*Pseodomonas*)، آزوسپریلیوم (*Azosprillium*) و ازوتوباکتر(*Azotobacter*) رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد نامیده می‌شوند (Nadeem *et al*., 2006). این باکتری‌ها از راه‌های گوناگون مانند تولید هورمون‌ها، افزایش رهاسازی عناصر غذایی، تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز، تثبیت بیولوژیک نیتروژن و انحلال ترکیبات نامحلول، سبب جذب عناصر غذایی شده و مقاومت گیاهان را در برابر

تنش شوری افزایش می‌دهند (Mehboob *et al*., 2009). یکی از دلایل کاهش یا عدم رشد گیاه در شرایط تنش‌های غیرزنده‌ای چون شوری، تجمع اتیلن در بافت‌ها است که مکانیسم اصلی به کار گرفته شده توسط باکتری‌های محرک رشد در تسهیل و ترفیع رشد گیاه، کاهش میزان اتیلن می‌باشد (Mayak *et al*., 2004). قارچ‌ها نیز می‌توانند در شرایط تنش، نقش مؤثری برای جوانه‌زنی و رشد گیاه ایفا کنند. محققان اثر تلقیح بذر با باکتری محرک رشد سودوموناس را بررسی و بیان نمودند که تاثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات مورد بررسی در سطوح مختلف شوری داشته و تحمل به شوری را افزایش داد (Ehteshami *et al*., 2010). عقیقی شاهوردی و همکاران (Aghighi Shahverdi *et al*., 2011) اثر باکتری محرک رشد ازتوباکتر بر شاخص‌های جوانه‌زنی در عدس (*Lens culinaris*) تحت تنش شوری را معنی‌دار گزارش کردند. مستوری و همکاران (Mastouri *et al*., 2010) افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) را در اثر تلقیح با قارچ تریکودرما، تحت تنش شوری گزارش کردند. تحت شرایط تنش، گیاه سطح برگ خود را کاهش می دهد و استفاده از ریزموجوداتی مانند باکتری‌های محرک رشد با کاهش پیری برگ از طریق افزایش تولید کلروفیل یا کاهش تخریب آن، موجب می‌شوند تحت شرایط تنش شوری سطح برگ گیاه افزایش یابد (Boomsma and Vyn., 2008). واگار و همکاران (Wagar *et al*., 2004) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های حاوی آنزیم ACC دی‌آمیناز بر رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum*) تحت تنش خشکی دریافتند که باکتری‌های حاوی این آنزیم، عملکرد دانه، وزن ریشه و طول ریشه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. در پژوهشی گزارش شد باکتری‌های محرک رشد مانند باسیلوس سابتیلیس باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی می‌گردد (Feizi and Moradi, 2017). مرادی و پیری (Moradi and Piri, 2018) بیان نمودند در شرایط تنش شوری، استفاده از باکتری‌های محرک رشد مانند سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) شدند. این آزمایش با هدف تأثیر پیش‌تیمار زیستی بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه گیاه کتان توده اصفهان تحت تنش شوری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار زیستی بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه گیاه کتان تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری (صفر (شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر کلرورسدیم) (Habibi and Ataei, 2017) و تیمارهای زیستی در چهار سطح (شاهد، باکتری *Baccillus subtilis* (10^7 واحد در میلی‌لیتر)، قارچ *Macrophomina phaseolina* (10^8 واحد در میلی‌لیتر) و تلفیق قارچ و باکتری) بودند. بذور مورداستفاده توده اصفهان بوده و از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. قبل از اعمال تیمار، بذرها با هیپوکلریت‌سدیم ۱۰٪ به مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطرشستشو داده شدند (Valdiani *et al*., 2005) و پس‌ازانجام این فرآیند، بذرها برای اعمال پیش‌تیمار زیستی، در محلول باکتری و قارچ برحسب تیمارها قرار داده شدند. پس از اتمام اعمال تیمار، ۲۵ عدد بذر در داخل پتری‌دیش‌ها بر روی کاغذ واتمن (شماره ۱) قرار گرفته (Nasri *et al*., 2017) و براساس تیمارهای موردنظر، ۳ میلی‌لیتر آب مقطر یا آب شور تهیه شده با نمک کلریدسدیم به داخل پتری‌ها اضافه گردید و سپس به ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس انتقال داده شده و به مدت ۷ روز در این شرایط قرار گرفتند (Habibi and Ataei, 2017). پس از اتمام شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده (بعد از ۷ روز)، از هر پتری‌دیش پنج

نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و طول گیاه چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری و بلافاصله رنگیزه گیاهچه‌های ایجادشده و شاخص‌های جوانه‌زنی طبق روابط زیر محاسبه شدند.

درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (ISTA, 2010)

$$PG = (G/N) \times 100$$ رابطه (۱)

در این رابطه PG درصد جوانه‌زنی، G تعداد بذر جوانه‌زده، N تعداد کل بذر کشت‌شده می‌باشد.

محاسبه متوسط مدت زمان جوانه‌زنی از رابطه ۲ محاسبه گردید (Ellis and Robert, 1981).

$$MGT = \frac{\sum_{i=n}^{n} NiDi}{\sum Ni}$$ رابطه (۲)

در این رابطه MGT میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، Ni تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز تا شمارش، n دفعات شمارش می‌باشد.

ضریب جوانه‌زنی طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (Scott *et al*., 1984).

$$GC = \frac{1}{MGT} \times 100$$ رابطه (۳)

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید گیاهچه‌های ایجادشده پس از تکمیل مرحله جوانه‌زنی به روش آرنون (Arnon, 1967) با استفاده از استون ۸۰ ٪ و قرائت میزان جذب نمونه‌ها در سه طول‌موج ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ صورت گرفت و در نهایت با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به دست آمد (روابط ۴ تا ۶).

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{(19.3 * A663 - 0.86 * A645)V}{100W}$$ رابطه (۴)

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{(19.3 * A645 - 3.6 * A663)V}{100W}$$ رابطه (۵)

$$\text{Chlorophyll Total} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b}$$ رابطه (۶)

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، W وزن‌تر نمونه برحسب گرم.

درنهایت تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار زیستی بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه تاثیر سطوح مختلف تیمار زیستی بر درصد جوانه‌زنی (جدول ۴) بالاترین درصد جوانه‌زنی (۹۹٪) در تیمار قارچ حاصل شد و با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار داشت اما با تیمار باکتری و استفاده توام باکتری و قارچ تفاوت معنی‌داری را نشان داد. پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی (۸۲ ٪) نیز در تیمار استفاده توام باکتری و قارچ به‌دست آمد. بایبوردی و طباطبایی (Bybordi and Tabatabaei, 2009) بیان داشتند که کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط شوری با کاهش جذب آب توسط بذر در مرحله آبگیری و تورژسانس در ارتباط است. به‌نظر می‌رسد افزایش درصد جوانه‌زنی در استفاده از قارچ به‌علت تولید بیشتر جیبرلین بوده که نقش مهمی در جوانه‌زنی دارد (Hilhorst and Toorop, 1997). شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و تاثیر یون‌های جذب شده روی آنزیم‌ها و هورمون‌های فعال داخل بذر باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود. میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نقش مهمی را در راهکارهای سازگاری ایفا کنند و تحمل به تنش‌های غیرزنده را در گیاهان افزایش دهند (Grover *et al*., 2010). استفاده از تیمار قارچی در بذر به‌دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی در محیط‌های شور باعث می‌شود بذر کمتر

تحت تاثیر اثرات سمیت نمک و کمبود آب قرار گرفته و از این طریق جوانه‌زنی تحت تنش شوری بهبود می‌یابد (Ashraf and Foulad, 2005) که با نتایج این آزمایش همخوانی داشت. با توجه به اثر منفی تنش شوری و نقش مثبت تیمارهای قارچی و باکتریایی، استفاده از راهکارهای بیولوژیک راهکار مناسبی به‌نظر می‌رسد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارزیستی بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه‌های گیاهچه کتان تحت تنش شوری

Table 1- Analysis of variancee of biological treatment on germination and growth indices and pigments of flaxseed seedling under salinity stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی Mean germination time	ضریب جوانه‌زنی Germination coefficient	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	طول گیاهچه Seedling length	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
شوری Salinity	3	0.01 ns	0.27*	10.49*	1.51 ns	1.06 ns	4.59 ns	10.92**	3.66**	42.18**
تیمارزیستی Biological treatment	3	0.05**	2.38**	65.07**	3.51**	1.009 ns	1.24 ns	3.72 ns	2.29*	18.71**
تیمارزیستی * شوری Biological treatment × salinity	9	0.01 ns	0.12 ns	4.67 ns	1.77*	1.53*	6.26**	7.31**	0.54 ns	8.33*
خطا Error	16	0.009	0.06	2.28	0.50	0.59	1.48	1.41	0.67	3.16
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	10.76	5.94	6.29	11.80	3.98	18.82	9.49	11.51	9.99

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** respectively non-significant and significant at 5 and 1%.

متوسط مدت زمان جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری در سطح پنج درصد و تیمار زیستی در سطح یک درصد بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی معنی‌دار است (جدول ۱). هر چقدر میانگین مربوط به مدت زمان جوانه‌زنی بالا باشد نشان می‌دهد بذرها در مدت زمان زیادی جوانه می‌زنند و برعکس. نتایج جدول ۳ نشان داد با افزایش شوری بر مدت زمان جوانه‌زنی افزوده شد، به‌طوری‌که کمترین میانگین این شاخص (۴/۰۳ روز) در شوری صفر و بالاترین میزان این شاخص (۴/۴۵ روز) نیز در بالاترین سطح شوری حاصل شد. در بین تیمارهای زیستی بالاترین و پایین‌ترین میانگین مربوط به مدت زمان زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب در تیمارهای شاهد (۵/۰۲ روز) و تیمار تلفیق باکتری و قارچ (۳/۷۹ روز) به‌دست آمد که نشان از موثر بودن تیمار تلفیقی بر این شاخص می‌باشد. اگر بذر نتواند رطوبت را جذب کند و یا در جذب آب توسط بذر اختلالی به‌وجود بیاید فعالیت‌های متابولیک جوانه‌زنی در داخل بذر آهسته صورت می‌گیرد و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد که تحت تنش شوری علاوه بر اینکه در مرحله آب‌نوشی و استقرار گیاهچه جذب آب کاهش می‌یابد، یون‌های اضافه نیز جذب می‌شوند که باعث ایجاد پتانسیل اسمزی شده و در نهایت باعث تاخیر در جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه می‌شود (Makar *et al*., 2009).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارزیستی و شوری بر شاخص‌های رشدی و رنگیزه‌های کتان

Table 2- Mean comparison of interaction effect of biological treatment and salinity on growth indices and pigments of flaxseed

سطوح تیمارزیستی Biological treatment level	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity levels (ds/m)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	طول گیاهچه (سانتی‌متر) Seedling length (cm)	کلروفیل a (میکرو مول بر میلی‌لیتر) Chlorophyll a (µm.ml^{1-})	کلروفیل کل (میکرو مول بر میلی‌لیتر) Total chlorophyll b (µm.ml^{1-})
شاهد Control	0	4.90 a	3.94 ab	8.84 ab	16.52 a	22.55 a
	2.5	4.18 ab	3.60 abc	7.78 abc	14.70 ab	22.44 a
	5	3.11 bcd	2.77 bcd	5.88 cd	12.61 b..f	19.31 abc
	7.5	3.38 a..d	2.05 cd	5.43 cd	9.46 g	12.80 f
باکتری Bacteria (*Baccillus subtilis*)	0	4.80 a	4.70 a	9.50 a	10.50 fg	18.49 a..d
	2.5	2.38 cd	3.10 a..d	5.48 cd	13.46 b..e	20.52 ab
	5	2.05 cd	2.67 bcd	4.72 d	14.38 abc	19.04 abc
	7.5	1.95 d	2.71 bcd	4.66 d	13.07 b..f	17.31 b..e
قارچ Fungi (*Macrophomina phaseolina*)	0	4.90 a	3.95 ab	8.85 ab	13.77 a..d	20.34 ab
	2.5	3.73 abc	2.97 a..d	6.70 a..d	11.49 d..g	16.64 b..f
	5	3.60 a..d	2.80 bcd	6.40 bcd	11.60 c..g	15.86 c..f
	7.5	2.72 bcd	1.65 d	4.37 d	10.40 fg	15.27 c..f
باکتری× قارچ B×F	0	2.88 bcd	4.14 ab	7.02 a..d	13.25 b..f	17.66 b..e
	2.5	2.88 bcd	4.11 ab	6.99 a..d	13.74 a..d	18.47 a..d
	5	2.38 cd	3.49 a..d	5.87 cd	10.61 efg	14.26 def
	7.5	2.15 cd	2.99 a..d	5.14 cd	10.97 d..g	13.70 ef

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ ٪ با روش LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by similar letters in the same column do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و کلروفیل b

Table 3- Comparison of effect of different levels of salinity on germination indices and chlorophyll b

سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity levels (dS/m)	کلروفیل b (میکرو مول بر میلی‌لیتر) Chlorophyll b (µm.ml^{1-})	ضریب جوانه‌زنی Germination coefficient	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)
0	4.41 a	24.81 a	4.03 c
2.5	4.36 a	24.25 ab	4.14 bc
5	3.52 ab	23.14 bc	4.32 ab
7.5	3.02 b	22.68 c	4.45 a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ ٪ با روش LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same column do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level.

ضریب جوانه‌زنی

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر شوری در سطح پنج درصد و تیمار زیستی در سطح یک درصد بر ضریب جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). از آنجایی‌که ضریب جوانه‌زنی عکس مدت زمان جوانه‌زنی می‌باشد، طبق نتایج جدول ۳ با افزایش سطح شوری، برخلاف مدت زمان جوانه‌زنی از میزان ضریب جوانه‌زنی کاسته شد. بالاترین میزان این شاخص (۲۴/۸۱) در شوری صفر و پایین‌ترین میزان آن (۲۲/۶۸) در بالاترین سطح شوری حاصل گردید. در تیمارهای زیستی، بالاترین و پایین‌ترین میانگین مربوط به ضریب جوانه‌زنی به‌ترتیب در تیمارهای تلفیق باکتری و قارچ (۲۶/۴۵) و تیمار شاهد (۱۹/۹۲) به‌دست آمد.

طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه

اثر تیمار زیستی و برهمکنش شوری و تیمار زیستی بر طول ریشه‌چه و اثر برهمکنش شوری و تیمارزیستی بر طول ساقه‌چه و طول گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح شوری از طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه کاسته شد. بالاترین طول ریشه‌چه (۴/۹۰ سانتی‌متر) در شوری صفر تیمار زیستی شاهد و قارچ به‌دست آمد. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت استفاده از تیمارهای زیستی بر رشد ریشه‌چه در این گیاه اثر بازدارنده داشته است، به‌طوری که در تیمار تلفیقی کمترین میانگین ریشه‌چه به‌دست آمد. بالاترین طول ساقه‌چه (۴/۷۰ سانتی‌متر) در شوری صفر تیمار باکتری حاصل گردید. میانگین مربوط به طول ساقه‌چه در تیمار تلفیق باکتری و قارچ نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بود، طوری‌که میانگین‌های به‌دست‌آمده در همه سطوح شوری این تیمار با بالاترین طول ساقه‌چه (۴/۷۰ سانتی‌متر) در یک سطح آماری قرار داشته و تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. میانگین طول ساقه‌چه حاصل شده در بالاترین سطح شوری تیمار تلفیقی (۲/۹۹ سانتی‌متر) نسبت به تیمار شاهد در همان سطح شوری، ۳۱ درصد رشد بیشتری را نشان داد. استفاده از تیمارهای زیستی و تلفیق آنها تأثیر مثبتی بر بر طول گیاهچه داشتند. میانگین مربوط به طول گیاهچه در بالاترین سطح شوری تیمارهای زیستی و تلفیق آن‌ها نسبت به بالاترین سطح شوری تیمار شاهد بالاتر بود، به‌طوری که رشد گیاهچه در بالترین سطح شوری تیمار باکتری نسبت به تیمار شاهد در همان سطح شوری، ۲۶ درصد افزایش نشان داد. (جدول ۲). در تحقیقی کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در نخود فرنگی (*Pisum sativum*) تحت تنش شوری گزارش گردید (Oksu *et al*., 2005).

استفاده از میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق کمک به تثبیت نیتروژن (Kuan *et al*., 2016)، تولید هورمون‌های گیاهی (Palacio *et al*., 2016)، القای تشکیل ریشه‌های جانبی (Creus *et al*., 2005)، جذب بهتر آب و املاح (Sahin *et al*., 2015)، تغییر میزان آنزم‌های آنتی‌اکسیدانت، تسریع چرخه سلولی (Verbon and Liberman, 2016) به رشد بهتر گیاه کمک می‌کند. پژوهشگران گزارش کردند که باکتری *Pseodomonas putida* با توانایی تولید آنزیم ACC دآمیناز به‌طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی کلزا را در شرایط شور تا ۵ برابر افزایش داد (Cheng *et al*., 2007). زهیر و همکاران (Zahir *et al*., 2009) بیان کردند تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد تحت تنش شوری، رشد ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج تحقیق استفانی و همکاران (Stephanie *et al*., 2005) روی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) بیانگر کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با شدت تنش اسمزی بود. فلاحی و همکاران (Fallahi *et al*., 2009) در بررسی خود بر روی مریم گلی گزارش کردند که با افزایش سطح شوری از صفر به ۴- بار، طول گیاهچه افزایش یافت آنها دلیل این امر را افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش نسبت دادند. زیرا در شرایط تنش اسمزی بسیاری از گیاهان بخش زمینی را گسترش داده و نسبت ساقه به ریشه را کاهش می‌دهند تا بتوانند آب مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و تنش

کمتری به اندام هوایی وارد کنند. حسین و همکاران (Hussein *et al.*, 2004) گزارش کردند شوری باعث کاهش ارتفاع گیاهچه در نیشکر (*Saccharum officinarum*) شد و بیان نمودند که صدمه اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل عناصر غذایی در دسترس از جمله عوامل دخیل در کاهش طول گیاه در شرایط تنش شوری می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه تأثیر سطوح مختلف تیمارزیستی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و کلروفیل b

Table 4- Comparison of effect of different levels of biological treatment on germination indices and chlorophyll b

سطوح تیمارزیستی Biological treatment levels	درصد جوانه‌زنی (٪) Germination percentage (%)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)	ضریب جوانه‌زنی Germination coefficient	کلروفیل b (میکرو مول بر میلی‌لیتر) Chlorophyll b ($\mu m.ml^{1--}$)
شاهد Control	94 ab	5.02 a	19.92 c	4.25 a
باکتری Bacteria	85 bc	3.98 bc	24.31 b	4.22 a
قارچ Fungi	99 a	4.14 b	25.28 ab	3.73 ab
باکتری× قارچ B×F	82 c	3.97 c	26.45 a	3.11 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ ٪ با روش LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same column do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level.

کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و برهمکنش شوری و تیمار زیستی بر کلروفیل a معنی‌دار بود. اثر شوری و تیمار زیستی بر کلروفیل b و اثر شوری، تیمار زیستی و اثر برهمکنش این دو عامل بر کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) به‌طور کلی با افزایش شوری از میانگین کلروفیل a کاسته شد اما نحوه تغییرات کلروفیل a با افزایش شوری در تیمارهای مختلف زیستی متفاوت بود. در تیمارهای باکتری و تلفیق قارچ و باکتری با افزایش شوری، کلروفیل a ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت و میانگین کلروفیل a به‌دست آمده در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تیمار باکتری با بالاترین کلروفیل a (۱۶/۵۲ میکرومول بر میلی‌لیتر) حاصل شده در شوری صفر تیمار زیستی شاهد در یک سطح آماری قرار داشت، همچنین در تیمار باکتری، کلروفیل a در بالاترین سطح شوری نسبت به تیمارهای زیستی دیگر و در همین سطح شوری بالاترین میانگین را دارا بود. با افزایش شوری از میزان کلروفیل b کاسته شد و بالاترین میانگین این شاخص (۴/۴۱ میکرومول بر میلی‌لیتر) در شوری صفر حاصل شد اما با میانگین به‌دست آمده در شوری‌های ۲/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین میانگین (۳/۲ میکرومول بر میلی‌لیتر) در بالاترین سطح شوری حاصل گردید. در بین تیمارهای زیستی نیز بالاترین میانگین کلروفیل b (۴/۲۵ میکرومول بر میلی‌لیتر) در تیمار زیستی شاهد به‌دست آمد و با میانگین‌های به‌دست آمده در تیمارهای باکتری و قارچ در یک سطح آماری قرار داشت. کمترین میانگین (۳/۱۱ میکرومول بر

میلی‌لیتر) در تیمار تلفیق باکتری و قارچ حاصل شد. کلروفیل کل هم با افزایش غلظت شوری کاسته شد. میانگین کلروفیل کل تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار زیستی شاهد نسبت به سایر تیمارهای زیستی، بالاترین میزان را دارا بود اما با افزایش بیشتر شوری، شیب کاهشی در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر تندتر بود. به نظر می‌رسد کاهش غلظت کلروفیل در شرایط شوری به دلیل اثراتی است که بر کلروفیلاز و پراکسیداز گذاشته و در نتیجه تجزیه کلروفیل صورت می‌گیرد. شوری می‌تواند کلروپلاست را تخریب کرده و تعداد و اندازه آن را تغییر دهد (Munns, 2002). بر اثر تنش شوری، تغذیه گیاه مختل شده و کلروفیل یا کم تشکیل شده و یا تجزیه می‌شود، در نتیجه غلظت آن کاهش می‌یابد (Kholova *et al*., 2009). زند و همکاران (Zand *et al*., 2017) با کاربرد کودهای زیستی افزایش تولید کلروفیل a و b در شرایط تنش را گزارش کردند. عمده ترکیب‌های رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند. از این رو تامین نیتروژن به‌دلیل استفاده از باکتری می‌تواند تا حد زیادی سبب افزایش مقدار کلروفیل‌ها در گیاه شود (Zand *et al*., 2017). پیردشتی و همکاران (۱۳۹۱) مشاهده کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد در تمامی سطوح شوری (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) غلظت کلروفیل a و b را در گیاه گشنیز به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که شوری ناشی از سمیت کلرور سدیم باعث کاهش رنگیزه‌های گیاهی شده و از این طریق کاهش فتوسنتز و رشد گیاه را باعث خواهد شد. تحت تنش شوری رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. رشد بیشتر ریشه در شرایط تنش شوری می‌تواند یک عامل مؤثری برای گیاه در جذب منابع در دسترس برای گیاه باشد. با افزایش شوری، مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت و استفاده از تیمار زیستی تلفیق باکتری و قارچ توانست این شاخص را کاهش دهد. در این آزمایش اثرات قارچ و باکتری بر شاخص‌های مختلف متفاوت بود و هر کدام تاثیر مثبت خود را در شاخص‌های مختلف نشان دادند. اما از آنجایی که مرحله جوانه‌زنی و رشد سریعتر جهت استفاده از منابع در دسترس برای رشد بیشتر مهم‌ترین مرحله رشدی گیاه می‌باشد و در این مرحله تراکم نهایی مزرعه تعیین می‌گردد، می‌توان بیان داشت اثر قارچ بر این مراحل رشدی موثرتر از باکتری بوده است.

منابع

Reference

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23:112-121.

Ashraf, M., and M. R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment- A shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223-271.

Aghighi Shahverdi, M., M. S. Heydari, and A. Tobeh. 2011. The impact of the Azotobacter on germination indices of lentils. Proc. Conf. Sustainable Manage. Nat. Resour. Gorgan Univ. Agric Nat. Resour. Sci, Gorgan, Iran. (In Persian)

Ansari, O., H. R. Choghazardi, F. Sharifzadeh, and H. Nazarli. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain ray (*Seeca lemontamum*) as affected by drought stress. Cercet. Agron. Mold. 2(150): 43-48.

Assadian, N. W, and S. Miamato. 1983. Salt effect on alfalfa seedling emergence. Agron. J. 79: 710-714.

Azarnivand, H, and M. Ghorbani. 2007. Effect of sodium on the germination of both species. Iranian J. Range. Desert. 4(3): 352-358. (In Persian)

Bacilio, M., M. Rodriguez., M. Morero., J. P. Hernandez, and Y. Bushan. 2001. Mitigation of salt stress in wheat seedling by agfp-taged *Azosprillium lipoferum*. Biol. Fert. Soil. 40:188-193.

Barassi, C. A., G. Ayrault., C. M. Creus., R. J. Sueldo, and M. T. Sobrero. 2006. Seed inoculation with *Azospirillium* mitigates NaCl effects on lettuce. Sci. Hortic. 109: 8-14.

Boomsma, C. R, and T. J. Vyn. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through *Arbuscular mycorrhizal* symbiosis. Field Crops Res. 108: 14-31.

Bybordi, A, and J. Tabatabaei. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola (*Brassica napus* L.). Not. Bot. Hortic. Agrobot. Cluj-Napoca. 37(2): 71-76.

Creus, C.M., M. Graziano., E.M. Casanovas., M.A. Pereyra., M. Simontacchi., S. Puntarulo., C.A. Barassi, and L. Lamattina. 2005. Nitric oxide is involved in the *Azospirillum brasilense* induced lateral root formation in tomato. Planta. 221(2): 297-303.

Cheng, Z., E. Park, and B.R. Glick. 2007. 1-Aminocyclopropane-1- carboxylate deaminase from Pseudomonas putida UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. Can. J. Microbiol. 53: 7. 912-918.

Ehteshami, S. M. R., P. Tusi., Z. Amin Deldar, and K. Khavazi. 2010. The effect of seed inoculation with PGPR on germination and seedling growth of rapeseed (*Brassica napus* L.) at different levels of salinity. The first Conf. Oilseeds, Isfahan, Center of Excellence for oil seeds, Isfahan University. (In Persian)

Ellis, R. H, and E. H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 377-409.

Fallahi, J., M. T. Ebadi, and R. Ghorbani. 2009. The effect of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of clary. Environ. Stress Crop Sci. 1(1): 57-67. (In Persian, with English Abstract)

Feizi, E, and A. Moradi. 2017. Effect of priming on germination and some biochemical traits of *Trigonella gracum* seeds. The Second International Congress and 14th National Congress on Agriculture and Plant Breeding in Iran. 9-11 September. University of Guilan. Rasht. Iran. (In Persian)

Galeshi, S. 2015. Effect of environmental stresses on plants. Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resource, Gorgan, Iran. (In Persian)

Grover, M., S. Z. Ali., V. Sandhya., A. Rasul, and B. Yenkateswarlu. 2010. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stress. World J. Microbiol. Biotechnol. 27: 1231-1240.

Habibi, H., H. Ataei. 2017. The effect of surfactant on flax oil and chicory seed germination indices under salinity stress. Iranian J. Seed Sci. Res. 3(4): 1-13. (In Persian)

Hilhorst, H. W. M, and P. E. Toorop. 1997. Review on dormancy, germinability and germination in crop and weed seeds. Adv. Agron. 61: 111-165.

Hussein, A. Z., I. Khan., M. Ashraf., M. H. Rashid, and M. S. Akhtar. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and Coj-84. Int. J. Agric. Biol. 6(1): 188-191.

Irannejad, H., M. Poshtkuh., P. Piri, and Z. Javanmardi. 2007. Farm herbal cannabis oil, Flax oil and Castor. Tehran University Press. (In Persian)

ISTA, 2010. International rules for seed testing. Supp. Seed Sci. Technol. 21: 1-288.

Kuan, K.B., R. Othman., K. Abdul Rahim, and Z.H. Shamsuddin. 2016. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation to Enhance Vegetative Growth, Nitrogen Fixation and Nitrogen Remobilisation of Maize under Greenhouse Conditions. PLoS ONE, 11(3): 1-19.

Kaya, M. D., S. Day., Y. Cikili, and N. Arslan. 2011. Classification of some linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes for salinity tolerance using germination, seedling growth and ion content. Chilean J. Agric. Res. 72(1):27 32.

Kholova, J., R. K. Sairam., R. C. Meena, and G. C. Srivastava. 2009. Response of maize genotypes to salinity stress in relation to osmolytes and metal ions contents, oxidative stress and antioxidant enzymes activity. Biol. Plant. 53: 249-256.

Mehboob, I., M. Naveed, and Z. Ahmad Zahir. 2009. Rhizobial Association with Non-Legumes: Mechanisms and Applications. Criti. Rev. Plant Sci. 28:432–456.

Makar, T. K., O. Tura, and Y. Ekmekcd. 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. Gazi University J. Sci. 22(1): 5-14.

Mastouri, F., T. Bjorkman, and G. E. Harman. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic and physiological stresses in germination seeds and seedlings. Biol. Control. 100(11): 1213-1221.

Mayak, S., T. T. Bernard, and R. Glick. 2004. Plant growth promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiol. Biochem. 42, 565-572.

Nadeem, S. M., Z. A. Zahir., M. Naveed., M. Arshad, and S. M. Shahzad. 2006. Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. Soil. Environ. 25(3): 78-84.

Mokhtari, I., P. Abrishamchi, and A. Ganjeali. 2008. The effect of calcium on amelioration of injuries salt stress on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculantom* L.). J. Sci. Ind. Agric. 22(1): 89-100.

Moradi, A., and R. Piri. 2018. Enhancement of salinity stress tolerance in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) as affected by plant growth promoting rhizobacteria during germination stage. J. Plant Proc. Func. 6(22): 47-53.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell. Environ. 28: 239-250.

Nasri, N., S. Maatallah., I. Saidi, and M. Lachaal. 2017. Influence of salinity on germination, seedling growth, ion content and acid phosphatase activities of *Linum usitatissimum* L. J. Anim. Plant Sci. 27(2): 517-521.

Nematolahi, Z., and G. H. Saidi. 2010. Evaluation of drought tolerance are some of genotypes of Flax oile (*Linum usitatissimum* L.). J. Water Agric. 25(1): 57-65. (In Persian)

Oksu, G., M. D. Kaya, and M. Atak. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.).Turkish J. Agric. For. 29(4): 237-242.

Omidbeigi, R. 2005. Production and processing of medicinal plant. Astane Ghods-e Razavi Publications, Mashhad. (In Persian)

Palacios, O.A., F.J. Choix., Y. Bashan, and L.E. Bashan. 2016. Influence of tryptophan and indole-3-acetic acid on starch accumulation in the synthetic mutualistic Chlorella sorokiniana–*Azospirillum* brasilense system under heterotrophic conditions. Res. Microbiol. 167(5):367-379.

Patade, V. Y., K. Maya, and A. Zakwan. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent to cold and salt stress in capsicum. Res. J. Seed Sci. 4(3): 125-136.

Qasim, M., M. Ashraf., M. Y. Ashraf., S. U. Rehman, and E. S. Rha. 2003. Salt–induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biol. Plant. 46(4): 692-632.

Sahin, U., Ekinci, M., Kiziloglu, F.M., Yildirim, E., Turan, M., Kotan, R., Ors, S., 2015. Ameliorative Effects of Plant Growth Promoting Bacteria on Water-yield Relationships, Growth, and Nutrient Uptake of Lettuce Plants under Different Irrigation Levels. Hortic. Sci. 50(9): 1379-1386.

Sebei K., A. Debez., W. Herchi., S. Boukhchina, and H. Kallel. 2007. Germination kinetics and seed reserve mobilization in two flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars under moderate salt stress. J. Plant Biol. 50: 447–454.

Scotl, S. J., R. A. Jones, and W. A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24(6):1192-1199.

Stephanie, E.B., V. P. Svoboda, A. T. Paul, and W. V. I. Marc. 2005. Controlled drought affects morphology and anatomy of Salvia solendens. Soc. Hortic. Sci. 130(5): 775-781.

Valdiani, A.R., A. Hassanzadeh, and M. Tajbakhsh. 2005. Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pajouhesh and Sazandegi. 66: 23-32. (In Persian)

Verbon, E.H, and L.M. Liberman. 2016. Beneficial microbes affect endogenous mechanisms controlling root development. Trends. Plant Sci. 21(3): 218-229.

Wagar, A., B. Shahroona., Z. Z. Zahir, and M. Arshad. 2004. Inoculation with ACC deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pakistan J. Agric. 41: 119-124.

Zahir, Z.A., U. Ghani, M. Naveed., S.M. Nadeem, and H.N. Asghar. 2009. Comparative effectiveness of Pseudomonas and Serratia sp. Containing ACCdeaminase for improving growth and yield of wheat (Triticum aestivum L.) under salt-stressed conditions. Arch. Microbiol. 191: 5. 415-424.

Zand, A., H. Aroiee., M. R. Chaichi, and S. H. Nemati. 2017. Effects of bio-fertilizers on some physiological characteristics, essential oil percentage and yield of spearmint (*Mentha spicata* L.) under deficit irrigation. Iranian J. Med. Aromat Plants, 33(1): 112-125.

Zhao, G. Q., B. L. Ma, and C. Z. Ren. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Sci. 41: 123-131.