University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 2, pp. 501-515 (Summer 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2023.4774.2067

Original article

Effects of bio-fertilizer and putrescine on yield and some agrophysiological and biochemical traits of wheat under soil salinity stress

A.R. Mohseni Mohammadjanlou[1*], R. Seyed Sharifi[2], S. Khomari[3]

1. Ph.D student in Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received 14 October 2021; Accepted 26 December 2021

Extended abstract

Introduction

Salinity is one of the important and adverse environmental constraints restricting growth and development of plant particularly in arid and semiarid regions. Soil salinity induces water stress, nutritional imbalance, hormonal imbalance and generation of reactive oxygen species (ROS) which may cause membrane destabilization. Moreover, it decreases the yield of many crops by inhibiting plant photosynthesis, photosystem II efficiency (Netondo et al., 2004), protein synthesis and lipid metabolism. One approach to solve the salt stress problem is the use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhiza. Seyed sharifi et al, (2016) reported that inoculation with PGPR enhanced proline content, relative water content, and photochemical efficiency of PSII and the activity of antioxidant enzymes of wheat under salinity stress. Large number of plant species are capable of forming symbiotic associations with arbuscular mycorrhizal fungi (Glassop et al., 2005). They also impart other benefits to them, including production/accumulation of secondary metabolites, osmotic adjustment under osmotic stress, enhanced photosynthesis rate and increased resistance against biotic and abiotic stresses. In recent years, the use of growth regulators such as polyamines has been proposed to reduce the effect of biotic and abiotic environmental stresses (Kusano et al., 2008). Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of bio-fertilizers and putrescine on some physiological and biochemical responses of wheat under salinity stress conditions.

Materials and methods

A factorial experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted under greenhouse condition in 2018. Experimental factors were included soil salinity in four levels [no-salt (S1) or control, salinity 40 (S2), 80 (S3) and 120 (S4) Mm NaCl], bio fertilizers at four levels [no bio fertilizer (B1), both application Psedomunas Putida Strain 186 and Flavobacterim Spp (B2), both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim (B3), application of mycorrhiza (Glomus Intraradices) (B4)] and putrescine foliar application in three levels (without putrescine as control (P1), foliar application of 0.5 (P2) and 1 (P3) mM). Air temperature ranged from 22°C to 27°C during the day and 18–21°C during the night. Humidity ranged from 60-65%. The wheat cultivar Gascogen was used in the experiment. Salt stress treatments were applied in two stages (3 - 4

* Corresponding author: Alireza Mohseni Mohammadjanlou; E-Mail: alirezamohseni.5687@gmail.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

leaf stage and two weeks after the application of the first salinity). Foliar application of putrescine was conducted in two stages of vegetative growth (4–6 leaves stage and before of booting stage).
The trend of changes in flag leaf chlorophyll index at the stage of flag leaf emergence, in three samples of flag leaf were measured by chlorophyll meter (SPAD-502 Minolta of Japan). Chlorophyll fluorescence, also at the stage of flag leaf emergence, in three samples of flag leaves in each pot was randomly selected (in the period of 8-10 am) and by the device (chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS- 30 USA) After 30 minutes of darkening by clips, F0, F_m and F_v/F_m indices were measured (Seyed Sharifi et al., 2016). The flag leaf was used to measure malondialdehyde (MDA) based on Stewart and Boley method (Stewart and Bewley, 1980) and method of Alexieva et al, (2001) was used to measure the hydrogen peroxide. In order to measure grain yield, 5 plants of each pot randomly were harvested. Analysis of variance and mean comparisons were performed using SAS9.1 computer software packages. The main effects and interactions were tested using LSD test at the 0.05 probability level.

Results and discussion

The results showed that under soil salinity, both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim and foliar application of 1 mM putrescine increased maximum fluorescence, quantum yield, SPAD, yield and yield components. Also, both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim and foliar application of 1 mM putrescine increased about 28.57% from grain yield in comparison with no application biofertilizer and putrescine under the highest salinity level. Salinity increased malondialdehyde (MDA) and hydrogen Peroxide (H_2O_2), whereas application of bio fertilizers and putrescine under salinity conditions decreased (MDA) and (H_2O_2). both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim and foliar application of 1 mM putrescine under the highest salinity level decreased malondialdehyde and hydrogen peroxide 32% and 35.31% respectively, in comparison with no application biofertilizer and putrescine in same salinity level.

Conclusion

It seems that bio fertilizers and putrescine application can increase grain yield of wheat due to improvement of agrophysiological and biochemical traits under soil salinity conditions.

***Keywords*:** Chlorophyll fluorescence, Malondialdehyde, Mycorrhizal, Polyamine

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2023.4774.2067

مقاله پژوهشی

تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم تحت تنش شوری خاک

علیرضا محسنی محمدجانلو[1*]، رئوف سیدشریفی[2]، سعید خماری[3]

۱. دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳. دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پلی‌آمین‌ها
فلورسانس کلروفیل
مالون دی‌آلدئید
میکوریزا

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۰/۰۵

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۲
۱۶(۲): ۵۰۱-۵۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم (رقم گاسکوژن) تحت تنش شوری خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری و اعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به‌عنوان شاهد، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد میکوریزا) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (عدم مصرف، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که تحت شرایط شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین فلورسانس حداکثر، عملکرد کوانتومی، شاخص کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه را افزایش داد طوری که کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در بالاترین سطح شوری، عملکرد دانه را ۲۸/۵۷ درصد نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی در همان سطح شوری افزایش داد. تنش شوری محتوای مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن را افزایش داد درحالی‌که کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت تنش شوری موجب کاهش میزان مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن شد. کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در بالاترین سطح شوری محتوای مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن را به ترتیب ۳۲ و ۳۵/۳۱ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شوری کاهش داد. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به دلیل بهبود صفات اگروفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عملکرد دانه گندم را تحت شرایط شوری خاک افزایش دهد.

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی غیرزنده و مؤثر بر تمام جنبه‌های زیستی گیاه بوده و به‌طور قابل‌توجهی عملکرد را کاهش می‌دهد (Yamaguchi and Blumwald, 2005). شوری از طریق اثر سمی یون-های عمدتاً سدیم و کلر با کاهش پتانسیل آب خاک، اختلال در جذب آب و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه، رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار می-دهد (Yang et al., 2014). یکی از آثار شوری بر گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن یا تنش اکسیداتیو است که موجب تخریب غشاهای سلولی، ماکرو مولکول‌های عمده سلولی نظیر DNA،RNA و آنزیم‌های حیاتی می‌شود (Ashraf and Ali, 2008). بررسی محتوای مالون دی‌آلدئید تحت چنین شرایطی می‌تواند بیانگر میزان تخریب غشا سلولی باشد زیرا این ترکیب تحت تأثیر تخریب و

* نگارنده پاسخگو: علیرضا محسنی محمدجانلو. پست الکترونیک: alirezamohseni.5687@gmail.com

پراکسیداسیون غشا سلولی آزاد می‌شود (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002).

امروزه مکانیسم‌های مختلفی جهت کاهش اثر زیان‌بار شوری و بهبود تحمل گیاهان رشد یافته در خاک‌های با غلظت بالای نمک، پیشنهاد شده است که در بین آن‌ها کاربرد کودهای زیستی، نقش اساسی دارند (Yang et al., 2009). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داد کاربرد قارچ میکوریزا گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus geosporumn* موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی و کاهش نشت الکترولیت در گیاه میزبان (گندم) نسبت به شاهد شد (Habibi et al., 2014) و با افزایش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش و در حالت پیش‌تیمار با باکتری سودوموناس افزایش یافت (Zabihi et al., 2009). برخی محققان در بررسی تأثیر تلقیح بذر گندم و جو با فلاوباکتریوم، افزایش عملکردی معادل ۵۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند (Kirchner et al., 1993). شوری موجب کاهش شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد کوانتومی شد ولی کاربرد کودهای زیستی با کاهش هدایت الکتریکی برگ و بهبود شاخص کلروفیل، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ پرچم، عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه گندم شد (Seyed Sharifi et al., 2016).

در سال‌های اخیر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند پلی‌آمین‌ها نیز، برای کاهش اثر تنش‌های محیطی در گیاهان مطرح شده است که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک نظیر رشد و نمو و پاسخ گیاه به تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی مؤثر است (Kusano et al., 2008). پوترسین با دارا بودن نقش آنتی اکسیداتیوی می‌تواند تعادل کاتیون آنیون را ایجاد کند و از این طریق مانع کاهش بیش‌ازاندازه یک عنصر غذایی حتی در شرایط تنش شدید شود. همچنین، با جلوگیری از اثرات منفی یون‌های سدیم و کلر، اثر شوری را کاهش و غلظت عناصر را افزایش دهد (Talaat et al., 2005).

با توجه به گسترش روزافزون اراضی شور و نقش کودهای زیستی و پوترسین در تعدیل اثرات مضر تنش شوری و نیز مطالعات محدود انجام‌شده روی برهم‌کنش توأم این عوامل، موجب شد تا تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین بر عملکرد و برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم تحت شرایط تنش شوری موردمطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم تحت تنش شوری خاک، در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمارهای موردبررسی شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری و اعمال شوری‌های ۴۰،۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و کاربرد میکوریزا) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۰/۵ و یک میلی‌مولار پوترسین) بودند. پس از تهیه خاک یکدست، حدود ۲۰ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند. شوری اولیه خاک ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا از نوع *Glomus Intraradicese*، باکتری‌ها سودوموناس *Psedomunas putida* Strain 186 و فلاوباکتریوم *Flavobacterim* spp. بود. مایه تلقیح باکتری‌های موردنیاز، از موسسه خاک و آب تهیه شد که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط خشک و تاریک قرار داده شد. میکوریز از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به مقدار ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به استناد توصیه شرکت مذکور با خاک گلدان مخلوط شد. در این راستا دو گرم میکوریزا در هر گلدان استفاده شد. تعداد تقریبی اسپور زنده در هر گرم قارچ حدود ۱۰۰ اسپور بود. در هر گلدان ۴۰ عدد بذر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. گندم مورد کاشت رقم آبی گاسکوژن بود که از تعاونی تولیدی پیراقوم اردبیل (بذر گواهی‌شده) تهیه و بعد از ورنالیزاسیون کشت شد. این رقم پابلند، با تیپ رشد زمستانه و مقاوم به سرما و خوابیدگی و در گروه ارقام با کیفیت نانوایی بسیار خوب قرار دارد. برای اعمال شوری از نرم‌افزار Salt Calc و نمک کلرید سدیم استفاده شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک موردنیاز برای هر کیلوگرم خاک در هر یک از سطوح شوری محاسبه (Hagh Bahari

and Seyed Sharifi, 2014) و به خاک هر گلدان در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله اول در ۴-۳ برگی و مرحله دوم دو هفته بعد از اعمال شوری اول) همراه آب آبیاری اضافه شد. به‌منظور تنظیم شوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر دو تا سه نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی واردشده به زیرگلدانی دوباره در آبی که در هر مرحله آبیاری برای هر گلدان در نظر گرفته می‌شد حل‌شده و به داخل هر گلدان برگشت داده می‌شد. هیچ کود شیمیایی خاصی در طول اجرای آزمایش استفاده نشد. محلول‌پاشی پوترسین در دو مرحله (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از آبستنی یا چکمه‌ای شدن) انجام شد. به دلیل حلالیت بهتر پوترسین در آب، ابتدا در آب دیونیزه به صورت معلق درآمده و با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه) این مواد پخش‌شده و محلول گردید (Prasad et al., 2012). اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۶۵-۶۰ درصد نگهداری شدند.

شاخص کلروفیل در سه نمونه از برگ پرچم توسعه‌یافته توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری شدند. فلورسانس کلروفیل نیز در سه نمونه از برگ پرچم در هر گلدان به‌طور تصادفی (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) انتخاب و توسط دستگاه (Chlorophyll Fluorometer; Optic Science-OS-30 USA) بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس یا گیره‌های مخصوص، شاخص‌های F0، Fm و Fv/Fm اندازه‌گیری شدند (Seyed Sharifi et al., 2016). از برگ پرچم برای سنجش محتوای مالون دی‌آلدئید بر اساس روش استوارت و بولی (Stewart and Bewley, 1980) و برای سنجش میزان پراکسید هیدروژن از روش آلکسیوا و همکاران (Alexieva et al., 2001) استفاده شد. برای اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه تک بوته، تعداد پنج بوته از هر گلدان انتخاب و میانگین داده‌های حاصل در تجزیه‌وتحلیل آن‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح شوری، کودهای زیستی، محلول‌پاشی با پوترسین بر شاخص کلروفیل، فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر، عملکرد کوانتوم، ارتفاع بوته، تعداد دانه و طول سنبله، وزن صد دانه و عملکرد دانه تک بوته، محتوای مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

شاخص کلروفیل

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل (۵۵/۲۳) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین به دست آمد و کمترین مقدار آن (۳۷/۴۶) در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین حاصل شد (جدول ۲). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شوری، شاخص کلروفیل را به میزان ۱۴/۲۸ درصد افزایش داد (جدول ۲). یکی از اثرات شوری در گیاه کاهش فعالیت فتوسنتزی هست که نتیجه‌ی کاهش کلروفیل، کاهش جذب دی‌اکسید کربن و ظرفیت فتوسنتزی است (Francisco, 2002). از سوی دیگر شوری می‌تواند اثر منفی بر آسیمیله شدن نیتروژن داشته باشد و میزان کلروفیل را کاهش دهد (Ali-Dinar et al., 1999). در این آزمایش گرچه شاخص کلروفیل به‌جای محتوای کلروفیل مورد ارزیابی قرار گرفته است ولی واقعیت این است که با استفاده از شاخص کلروفیل می‌توان با تخمین سریع و بدون تخریب میزان کلروفیل گیاه، به‌طور تقریبی به محتوای کلروفیل کل برگ پی برد (Banitarafi Zadeh et al., 2019). برخی محققان اثر مفید تلقیح باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را به دسترسی بالاتر گیاه به نیتروژن به‌واسطه انجام عمل تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های محرک رشد نسبت داده‌اند (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). همچنین افزایش سطوح اتیلن توسط تنش شوری و خشکی می‌تواند منجر به پیری برگ گردد، ولی در حضور باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز، به دلیل کاهش معنی‌دار ساخت اتیلن محتوای کلروفیل بهبود می‌یابد (Seyed Sharifi and Khavazi, 2011).

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر برخی صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 1. Analysis of variance (Mean squared) the effects of salinity, biofertilizers and putrescine on some physiological traits, yield and yield components of wheat.

Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل (SPAD)	فلورسانس حداقل (F_0)	فلورسانس حداکثر (Fm)	عملکرد کوانتوم (Fv/Fm)	ارتفاع بوته Plant height
Replication	**تکرار**	2	18.67*	539.11**	41805.86**	0.003**	69.99*
Salinity (S)	**شوری**	3	467.68**	11817.78**	153484.38**	0.056**	2678.05**
Bio-fertilizers (B)	**کود زیستی**	3	75.97**	2487.06**	17883.64**	0.008**	312.63**
Putrescine (P)	**پوترسین**	2	31.9**	783.5**	12555.13**	0.003**	295.33**
S*B	**کود زیستی × شوری**	9	10.36*	87.4*	5068.75**	0.005*	71.15**
S*P	**پوترسین × شوری**	6	4.97^{ns}	159.03**	517.88^{ns}	0.0002^{ns}	24.86^{ns}
B*P	**پوترسین × کود زیستی**	6	11.73*	98.36*	1674.19^{ns}	0.0002^{ns}	56.48**
S*B*P	**پوترسین ×کود زیستی× شوری**	18	12.62**	80.05*	4304.44**	0.0004*	35.34*
Error	**اشتباه آزمایشی**	94	5.07	40.08	1942.85	0.0002	19.96
CV (%)	**ضریب تغییرات**		*5.03*	*3.15*	*5.07*	*2*	*7.11*

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله number of grain per spike	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد دانه تک بوته Grain yield (per Plant)	مالون دی آلدئید (MDA)	پراکسید هیدروژن (H_2O_2)
Replication	**تکرار**	2	2.19**	8.75*	0.12*	0.04*	0.004*	0.75**
Salinity (S)	**شوری**	3	25.8**	379.41**	5.13**	2.172**	0.509**	74.69**
Bio-fertilizers (B)	**کود زیستی**	3	3.62**	29.91**	0.31**	0.274**	0.031**	3.43**
Putrescine (P)	**پوترسین**	2	4.77**	55.6**	0.18**	0.188**	0.0205**	2.75**
S*B	**کود زیستی × شوری**	۹	*۰,۸	*۴,۸۶	^{ns}۰,۰۳	*۰,۲۵	**۰,۰۰۴۶	**۰,۲۴
S*P	**پوترسین × شوری**	6	0.47^{ns}	7.21**	0.02^{ns}	0.028*	0.0043*	0.078^{ns}
B*P	**پوترسین × کود زیستی**	6	0.83*	5.51*	0.3^{ns}	0.027*	0.0034*	0.24*
S*B*P	**پوترسین ×کود زیستی× شوری**	18	0.65*	4.13*	0.02^{ns}	0.023**	0.0028*	0.17*
Error	**اشتباه آزمایشی**	94	0.38	2.36	0.03	0.01	0.001	0.098
CV (%)	**ضریب تغییرات**		*10.53*	*7.97*	*4.46*	*8.9*	*9.09*	*6.84*

ns ,* ,** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% respectively and non significant

کانترل و لیندمن (Cantrell and Linderman, 2001) بیان داشتند با افزایش شوری، شاخص کلروفیل در گیاهان میکوریزایی همواره بالاتر و نوسانات کمتری در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی نشان داد. راهداری و حسینی (Rahdari and Hoseini, 2013) اظهار داشتند مصرف ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و پوترسین در محلول غذایی، محتوای کلروفیل برگ گیاهچه گندم را تحت تنش شوری افزایش داد.

فلورسانس حداقل (F_0)

فلورسانس حداقل با افزایش تنش شوری افزایش یافت (جدول ۲) که بیانگر تخریب زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در اثر کاهش ظرفیت کوئینون آ (QA) و عدم اکسیداسیون کامل آن به دلیل جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II و درمجموع غیرفعال شدن فتوسیستم II است (Gaohong et al., 2011; Guimaraes et al., 2014). خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی به مراکز واکنش فتوسیستم II موجب افزایش فلورسانس حداقل (F_0) می‌شود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد پایین‌ترین مقدار فلورسانس حداقل

(۱۶۴) متعلق به ترکیبات تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و بالاترین مقدار آن (۲۳۲) به بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین تعلق داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین نسبت به عدم مصرف کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطوح شوری، فلورسانس حداقل (F_0) به ترتیب ۱۸/۷۵، ۱۳/۴ و ۱۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲) که این نتایج بیانگر تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شرایط شوری بر مقدار (F_0) است زیرا هرقدر مقدار فلورسانس حداقل کمتر باشد فعالیت‌های فتوسنتزی به نحو مطلوبی در جریان است (Andrews et al., 1995). فلورسانس حداقل توسط تنش‌های محیطی دچار تغییر می‌شود که علت آن دگرگونی ساختار و تغییر در رنگ‌دانه‌های فتوسیستم II است (Bhardway and Singhal, 1981).

فلورسانس حداکثر (F_m)

بیشترین مقدار حداکثر فلورسانس (۱۰۱۱) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین به دست آمد و کمترین مقدار آن (۷۴۶) در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج نشان داد در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار)، به‌کارگیری توأم کودهای زیستی و قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی با پوترسین در همان سطح شوری، موجب افزایش ۱۳/۲۷ درصدی فلورسانس حداکثر شد (جدول ۲). کاهش در فلورسانس حداکثر در شرایط تنش نشان‌دهنده اکسیداسیون کمتر QA است که موجب کاهش واکنش‌های فتوشیمیایی در شرایط تنش می‌شود (Wilson and Greaves, 1993). تنش با تأثیر منفی که بر اسیمیلاسیون کربن می‌گذارد، ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش داده، درنتیجه سیستم به‌سرعت به F_m می‌رسد که نتیجه آن کاهش فلورسانس متغیر (F_v) خواهد بود. از طرفی، با افزایش شدت نور، سیستم فتوسنتزی با یک روش تنظیمی برای کاهش انرژی القاشده تحریکی، انرژی مازاد را به‌صورت فرآیند غیرتشعشعی از دست می‌دهد. با این مکانیسم تنظیمی، ضمن حفاظت از مراکز واکنش، موجب می‌گردد که حداقل صدمه به این مراکز وارد شود (Bhardway and Singhal, 1981). ریزجانداران مفید خاکزی ازجمله قارچ‌های همزیست مانند میکوریزا در زمان وقوع تنش‌های محیطی با تولید موادی از قبیل اکسین، آنتی‌اکسیدان‌ها، سیتوکنین‌ها، اسانس‌ها و آنزیم ACC دآمیناز به رشد بهتر گیاه و تحمل شرایط نامساعد کمک می‌کنند (Jungwook et al., 2009). در همین راستا به‌کارگیری کودهای زیستی و قارچ میکوریز تحت تنش شوری توانست تأثیر مثبتی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل داشته باشد.

عملکرد کوانتوم (Fv/Fm)

نتایج نشان داد بیشترین عملکرد کوانتومی (۰/۸۳۷) متعلق به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقدار آن (۰/۶۸۷) در بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی حاصل شد (جدول ۲). بر اساس نتایج این جدول، در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین در مقایسه با عدم مصرف کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین در همان سطح شوری موجب شد عملکرد کوانتومی ۹/۰۲ درصد افزایش نشان دهد. مقدار F_v/F_m نشان‌دهنده ظرفیت انتقال الکترون PSII است، بنابراین کاهش عملکرد کوانتوم در شرایط تنش نشان‌دهنده کاهش میزان حفاظت نوری و درنتیجه بازدارندگی تنش شوری بر کارایی فتوسنتز است. ازاین‌رو افزایش این شاخص در تلقیح با کودهای زیستی و محلول‌پاشی با پوترسین (جدول ۲) نشان‌دهنده نقش مثبت این باکتری‌های محرک رشد و پوترسین در بهبود سیستم حفاظتی گیاه و افزایش تحمل به تنش شوری است. به نظر می‌رسد بخشی از کاهش F_v/F_m در شرایط تنش، عمدتاً ناشی از کاهش شاخص کلروفیل یا SPAD باشد، زیرا فلورسانس کلروفیل به‌طور مستقیم به فعالیت و محتوای کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط داشته و می‌توان از آن به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری کارایی فتوسیستم نام برد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر شاخص کلروفیل، فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتوم گندم

Table 2. Means comparison the effect of salinity, biofertilizers and putrescine on SPAD, F_0, Fm and quantum yield of wheat

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizers	شاخص کلروفیل (SPAD)			فلورسانس حداقل (F0)		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
	B_1	45.1 $^{f-o}$	45.46^{e-l}	46.56^{c-j}	198^{l-p}	184^{r-t}	195^{o-q}
S_1	B_2	50.13^{bc}	48^{b-h}	50.63^{b}	183^{r-u}	181^{s-v}	173^{u-w}
	B_3	47.7 $^{b-i}$	48.03^{b-g}	55.23^{a}	175^{t-w}	168^{wx}	164^{x}
	B_4	48.23^{b-f}	50.9^{b}	48.76^{b-e}	187^{q-s}	171^{v-x}	168^{wx}
	B_1	42.63^{l-s}	42.9^{k-r}	49.6^{bc}	209^{h-k}	206^{i-n}	205^{j-o}
S_2	B_2	46.56^{c-j}	46.56^{c-j}	44.36^{h-p}	207^{i-m}	197^{n-q}	192^{p-r}
	B_3	48.03 $^{b-g}$	45.76^{e-k}	49.26^{b-d}	181^{s-v}	190^{p-s}	176^{t-w}
	B_4	45.2^{e-n}	47.83^{b-i}	48.03^{b-g}	195^{o-q}	180^{s-v}	188^{q-s}
	B_1	38.46^{tu}	42.63^{l-s}	40.23^{q-u}	220^{b-f}	214^{d-j}	212^{f-j}
S_3	B_2	44.46 $^{g-p}$	43.7^{j-p}	46.86^{c-j}	216^{d-i}	197^{m-q}	200^{k-p}
	B_3	45.36^{e-m}	44.83^{f-p}	45^{f-o}	215^{d-j}	196^{n-q}	194^{pq}
	B_4	44.2^{i-p}	41.83^{l-t}	44.5^{g-p}	208^{h-l}	196^{n-q}	213^{e-j}
	B_1	37.46^{u}	42.23^{l-s}	39.96^{r-u}	232^{a}	228^{ab}	231^{a}
S_4	B_2	39.2^{s-u}	40.3^{q-u}	37.46^{u}	224^{a-d}	227^{a-c}	219^{b-g}
	B_3	41.3^{p-t}	41.6^{n-t}	42.8^{l-s}	213^{e-j}	218^{c-h}	209^{g-k}
	B_4	41.8^{m-t}	39.2^{s-u}	41.53^{o-t}	215^{d-i}	222^{a-e}	217^{d-k}
LSD $_{0.05}$			3.65			10.26	

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizers	فلورسانس حداکثر (Fm)			عملکرد کوانتوم (Quantum yield)		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
	B_1	876^{e-k}	884^{e-i}	927^{b-f}	0.773^{i-n}	0.791^{e-j}	0.788^{f-j}
S_1	B_2	958^{a-d}	906^{c-i}	976^{a-c}	0.807^{b-f}	0.798^{c-h}	0.822^{b-c}
	B_3	882^{e-j}	923^{c-g}	1011^{a}	0.801^{c-g}	0.817^{a-d}	0.837^{a}
	B_4	932^{b-f}	995^{ab}	912^{c-i}	0.798^{c-h}	0.827^{ab}	0.816^{a-e}
	B_1	865^{f-n}	900^{d-i}	927^{b-f}	0.758^{k-o}	0.771^{j-n}	0.778^{h-l}
S_2	B_2	899^{d-i}	939^{b-d}	875^{e-k}	0.769^{k-n}	0.789^{f-j}	0.779^{h-l}
	B_3	919^{c-h}	866^{f-m}	958^{a-d}	0.802^{b-g}	0.78^{h-k}	0.816^{a-e}
	B_4	848^{h-p}	888^{d-i}	923^{c-f}	0.77^{j-n}	0.796^{d-i}	0.796^{d-i}
	B_1	792^{o-q}	799^{l-q}	795^{m-q}	0.719^{s-v}	0.729^{q-s}	0.731^{p-s}
S_3	B_2	893^{d-i}	881^{e-j}	927^{b-f}	0.758^{k-o}	0.776^{h-m}	0.783^{f-j}
	B_3	866^{f-m}	940^{a-d}	888^{d-i}	0.751^{m-q}	0.79^{f-j}	0.78^{h-k}
	B_4	851^{g-o}	811^{j-q}	869^{f-l}	0.754^{l-p}	0.757^{k-o}	0.753^{m-q}
	B_1	746^{q}	794^{n-q}	762^{q}	0.687^{w}	0.711^{s-w}	0.695^{vw}
S_4	B_2	759^{q}	760^{q}	778^{pq}	0.701^{t-w}	0.7^{u-w}	0.718^{s-v}
	B_3	803l^{-q}	785^{o-q}	845^{i-p}	0.734^{o-s}	0.722^{s-u}	0.749^{n-r}
	B_4	786^{o-q}	748^{q}	806^{k-q}	0.726^{r-t}	0.701^{t-w}	0.728^{q-s}
LSD $_{0.05}$			71.45			0.024	

S_1، S_2، S_3 و S_4: به ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار؛ B_1 B_2، B_3 و B_4: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا؛ P_1، P_2 و P_3: به ترتیب عدم محلول‌پاشی، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی مولار پوترسین. میانگین های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند

S_1, S_2, S_3, and S_4 indicate no salinity, 40, 80 and 120 mM salinity, respectively; B_1, B_2, B_3, and B_4 indicate no biofertilizer, both application Psedomunas and Flavobacterim, both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim, application of mycorrhiza, respectively; P_1, P_2 and P_3; no foliar application, application 0.5 and 1 mM of putrescine, respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

(Paknejad et al., 2007). سایر و همکاران (Sayar et al., 2008) گزارش کردند عملکرد کوانتومی فتوسیستم II توسط قارچ‌های میکوریز افزایش می‌یابد و باکتری‌های محرک رشد نیز می‌توانند رشد گیاه را، با از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، حل فسفات نامحلول و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بهبود بخشند. بنابراین بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، به‌ویژه فسفر که عنصر مهمی برای بهبود فتوسنتز است می‌تواند مقادیر F_v/F_m را با کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش دهد (Kloepper et al., 1989). اخیراً برخی مطالعات نشان داده‌اند سطوح داخلی پلی‌آمین‌ها با محلول‌پاشی خارجی افزایش می‌یابد که موجب می‌گردد کارایی فتوسنتزی در برابر تنش‌های محیطی افزایش یابد. ثابت شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها می‌تواند گیاه را در برابر صدمات اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدها محافظت کند (Tang and Newton, 2005).

ارتفاع بوته و طول سنبله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته و طول سنبله (به ترتیب ۸۷/۹ و ۸/۴ سانتی‌متر) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقدار آن به ترتیب ۴۶/۶ و ۴/۳ سانتی‌متر در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت کاهش طول سنبله ناشی از تأثیر سمیت یون‌های Na^+ و Cl^- بر روی کلیه ویژگی‌های عملکردی باشد زیرا افزایش جذب سدیم موجب کاهش فتوسنتز و تقسیمات سلولی شده و تأثیر آن بر روی ویژگی‌های عملکردی ازجمله ارتفاع بوته و طول سنبله مشخص و بارز خواهد بود (Bandeh hagh et al., 2004). زهیر و همکاران (Zahir et al., 2009) افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گندم در تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد را در شرایط تنش شوری، گزارش کردند. ذبیحی و همکاران (Zabihi et al., 2009) نشان دادند که با افزایش شوری، طول سنبله کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. بخشی از افزایش ارتفاع بوته در شرایط استفاده از کودهای زیستی را می‌توان به رابطه مثبتی که بین باکتری‌های محرک رشد و میکوریز وجود دارد نسبت داد (Behl et al., 2003). بدین‌صورت که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تشدید رشد ریشه و کمک به جذب بهینه آب و مواد غذایی و قارچ با گسترش هیف‌های خود و نفوذ بهتر آن‌ها در خاک موجب می‌شود که به دلیل دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی، ارتفاع بوته و رشد گیاه افزایش یابد (Jeffries et al., 2003). عبدالجلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007). اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی، کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن گیاه را تنظیم می‌کنند می‌تواند با تحریک رشد رویشی به افزایش ارتفاع بوته کمک کند.

تعداد دانه در بوته

نتایج نشان داد بیش‌ترین تعداد دانه در بوته (۲۸/۳ عدد) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقدار آن (۱۳/۹ عدد) در بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۳). حکم‌علی‌پور و سیدشریفی (Hokmalipour and Seyed Sharifi, 2015) افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد جو را براثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند.

وزن صد دانه

مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که بیش‌ترین وزن صد دانه در عدم اعمال شوری (۴/۶۹ گرم)، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم (۴/۳۷ گرم) و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۴/۳۲ گرم) و کمترین مقدار آن در بالاترین سطح شوری (۳/۸۱ گرم)، عدم کاربرد کود زیستی (۴/۱۵ گرم) و عدم محلول‌پاشی (۴/۲ گرم) حاصل شد (جدول ۴). حیدری سیاه خلکی و همکاران (Heidari Siah Khalki et al., 2012) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله شد. خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) علت افزایش وزن صد دانه در کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط شوری را، به بهبود وزن و حجم ریشه و افزایش شاخص کلروفیل گندم نسبت دادند.

مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن

نتایج نشان داد که بالاترین محتوای مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن به‌ترتیب ۰/۶۳۸ و ۷/۲۸ میکرومول برگرم

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3. Means comparison of the effect of salinity, biofertilizers and putrescine on yield and yield components of wheat.

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizers	ارتفاع (سانتی‌متر) Plant height (cm)			طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
S_1	B_1	65.1^{e-j}	72.9^{b-d}	70.3^{c-f}	6.03^{e-j}	6.8^{c-g}	6.1^{e-j}
	B_2	68.1^{e-j}	72^{b-e}	76.09^{bc}	6.09^{e-j}	6.7^{c-g}	7.8^{ab}
	B_3	73.1^{b-d}	78.5^{b}	87.9^{a}	6.6^{c-g}	7.6^{a-c}	8.4^{a}
	B_4	68.5^{e-i}	71.5^{b-e}	73.7^{b-d}	6.1^{e-j}	6.4^{e-h}	6.6^{d-h}
S_2	B_1	56.6^{l-r}	60.02^{k-p}	60.4^{k-p}	5.3^{i-n}	5.8^{g-l}	6.09^{e-j}
	B_2	61.2^{j-o}	65.1^{e-k}	64.8^{e-k}	6.2^{e-i}	6.5^{e-h}	6.02^{e-j}
	B_3	65.2^{e-k}	63.4^{f-l}	72.7^{b-d}	6.5^{e-h}	6.2^{e-i}	7.5^{a-d}
	B_4	62.6^{h-n}	63.6^{f-l}	69.8^{c-h}	6.03^{e-j}	5.9^{f-k}	6.9^{b-e}
S_3	B_1	53.4^{p-u}	61.4^{i-o}	57.02^{l-r}	4.9^{l-n}	5.3^{i-n}	4.9^{k-n}
	B_2	63.2^{f-m}	57.4^{l-r}	69.9^{c-g}	5.8^{g-l}	4.9^{l-n}	6.2^{e-i}
	B_3	62.8^{g-n}	62.1^{i-o}	58.4^{k-q}	5.3^{i-n}	5.6^{h-m}	5.1^{j-n}
	B_4	63.06^{g-m}	58.4^{k-q}	72.7^{b-d}	5.3^{i-n}	5.1^{j-n}	6.9^{b-f}
S_4	B_1	46.6^{u}	55.7^{n-s}	50.9^{r-u}	4.3^{n}	5.01^{k-n}	4.6^{mn}
	B_2	49^{s-u}	48.3^{t-u}	46.8^{u}	4.8^{l-n}	4.6^{n}	4.4^{n}
	B_3	54.9^{o-t}	56.2^{m-r}	62.1^{i-o}	4.8^{l-n}	4.9^{l-n}	5.8^{g-l}
	B_4	52.5^{q-u}	51.4^{q-u}	53.6^{p-u}	4.6^{n}	4.8^{l-n}	5.3^{i-n}
$LSD_{0.05}$			*7.24*			*1*	

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizers	تعداد دانه در سنبله number of grain per spike			عملکرد دانه تک بوته (گرم) Grain Yield (g per plant)		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
S_1	B_1	20.6^{f-k}	21^{f-k}	21.5^{e-h}	1.23^{h-m}	1.29^{f-l}	1.27^{f-l}
	B_2	21.06^{f-k}	23.8^{c-e}	26.4^{ab}	1.37^{d-i}	1.38^{d-h}	1.53^{b-d}
	B_3	21.1^{f-j}	24.7^{b-d}	28.3^{a}	1.39^{d-h}	1.67^{b}	1.86^{a}
	B_4	20.8^{f-k}	25.9^{a-c}	22.5^{d-f}	1.23^{h-m}	1.48^{c-e}	1.43^{d-f}
S_2	B_1	19^{i-q}	19.2^{h-n}	19.9^{g-l}	1.16^{l-o}	1.3^{f-k}	1.33^{e-j}
	B_2	19.1^{h-o}	19.06^{h-p}	20.6^{f-k}	1.3^{f-k}	1.26^{g-l}	1.34^{e-j}
	B_3	21.4^{e-i}	21.06^{f-k}	24.2^{b-d}	1.47^{c-e}	1.29^{f-l}	1.63^{bc}
	B_4	19.6^{h-m}	19.2^{h-n}	22.4^{d-g}	1.29^{f-l}	1.18^{j-n}	1.42^{d-g}
S_3	B_1	16.6^{o-u}	17.4^{l-t}	17.4^{m-t}	0.91^{s-t}	1^{o-t}	0.93^{q-t}
	B_2	17.6^{l-s}	16.5^{q-v}	19.4^{h-n}	1.07^{m-r}	0.93^{q-t}	1.12^{l-p}
	B_3	16.9^{n-u}	19.4^{h-n}	17.9^{l-r}	0.98^{p-t}	1.21^{i-m}	1.01^{o-t}
	B_4	17.2^{m-u}	18.6^{k-q}	18.9^{j-q}	0.93^{q-t}	0.97^{p-t}	1.18^{j-n}
S_4	B_1	13.9^{w}	15.7^{r-w}	15.8^{r-w}	0.84^{t}	0.85^{t}	0.86^{st}
	B_2	15.4^{s-w}	14.1^{vw}	14.8^{u-w}	0.92^{q-t}	0.88^{s-t}	0.93^{q-t}
	B_3	15^{t-w}	16.6^{p-v}	17.7^{l-s}	0.88^{st}	1.03^{n-s}	1.08^{m-q}
	B_4	14.8^{uv}	17^{n-u}	16.7^{o-u}	0.88^{st}	0.89^{st}	0.94^{q-t}
$LSD_{0.05}$			*2.49*			*0.17*	

S_1، S_2، S_3 و S_4: به ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار؛ B_1 B_2، B_3 و B_4: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا؛ P_1، P_2 و P_3: به ترتیب عدم محلول‌پاشی، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی مولار پوترسین

میانگین های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند

S_1, S_2, S_3, and S_4 indicate no salinity, 40, 80 and 120 mM salinity, respectively; B_1, B_2, B_3, and B_4 indicate no biofertilizer, both application Psedomunas and Flavobacterim, both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim, application of mycorrhiza, respectively; P_1, P_2 and P_3; no foliar application, application 0.5 and 1 mM of putrescine, respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different

وزن تر برگ) در بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد پوترسین و کودهای زیستی و پایین‌ترین این مقادیر (۰/۲۳۱ و ۲/۷ میکرومول برگرم وزن تر برگ) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول-پاشی یک میلی‌مولار پوترسین به دست آمد (جدول ۵). گرچه در شرایط شوری، گیاهان تعدادی از گونه‌های فعال اکسیژنی مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن منفرد تولید می‌کنند (Moller et al., 2007) که در اثر افزایش شدت تنش و با افزایش ترکیبات ROS ساختار غشاء آسیب‌دیده و لیپیدهای آن آزاد می‌شود ولی کودهای زیستی و پوترسین قادرند با کاهش یا تعدیل اثرات ناشی از تنش موجب کاهش پراکسید هیدروژن و محتوای مالون دی‌آلدئید (جدول ۵) اثرات ناشی از شوری را کاهش داده و به‌نوعی موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی شوند (Zafari et al., 2012). در این زمینه گـــزارش‌های وو و شیا (Wu and Xia, 2004) نشان داد که محتوای مـالون دی‌آلدئیـد در تیمارهای مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزا کمتر اسـت. نریمانی و سیدشریفی (Narimani and Seyed Sharifi, 2018) گزارش کردند که شوری از طریق افزایش محتوای پراکسید هیدروژن، موجب افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید برگ گندم شد ولی کاربرد کودهای زیستی منجر به کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید شد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح شوری، کودهای زیستی و محلول پوترسین بر وزن صد دانه گندم

Table 4. Mean comparisons of the effects of salinity, biofertilizers and putrescine on 100-grain weight of wheat

			وزن صد دانه (گرم) 100-grain weight (g)
سطوح شوری (Salinity levels)	0 mM (control)		4.69[a]
	40 mM		4.42[b]
	80 mM		4.12[c]
	120 mM		3.81[d]
LSD 0.05			*0.08*
کودهای زیستی (Bio-fertilizers)	No biofertilizer	عدم کاربرد کود زیستی	4.15[c]
	Combined use of Psedomunas and Flavobacterim	کاربرد توأم سودموناس و فلاوباکتروم	4.29[ab]
	Combined use of mycorrhiza with Pseudomonas and Flavobacterium	کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتروم	4.37[a]
	Mycorrhiza application	کاربرد میکوریزا	4.24[b]
LSD0.05			*0.08*
محلول پوترسین (Putrescine)	no foliar application	عدم محلول‌پاشی	4.2[b]
	0.5 mM putrescine	۰/۵ میلی مولار پوترسین	4.26[ab]
	1 mM putrescine	۱ میلی مولار پوترسین	4.32[a]
LSD0.05			*0.07*

میانگین های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند

In each columnm means followed by the same letter(s) are not significantly different

عملکرد دانه تک بوته

مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه تک بوته (۱/۸۶ گرم در بوته) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین آن (۰/۸۴ گرم در بوته) در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین به دست آمد (جدول ۳). در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا با سودموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی پوترسین عملکرد دانه را به‌ترتیب ۴۰/۵۱، ۳۲/۹۶ و ۲۸/۵۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی در همان سطوح شوری افزایش داد (جدول ۳). بخشی از افزایش عملکرد دانه در کاربرد کودهای زیستی و پوترسین را می‌توان به بهبود شاخص کلروفیل و افزایش عملکرد کوانتومی نسبت داد (جدول ۲). قارچ‌هـای میکوریزی و باکتری‌های محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهـان در شرایط شور، باعث افزایش

عملکرد آن‌ها می‌شوند. در آزمایشی با بررسی اثر باکتری *Azospirillum lipoferum* بر رشد و عملکرد گندم در شرایط شور دریافتند که، این باکتری به‌طور معنی‌داری وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را افزایش داد (Nabila et al., 2007). به نظر می‌رسد بخشی از بهبود عملکرد دانه به واسطه‌ی کاربرد باکتری‌های محرک رشد را می‌توان به ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن آن‌ها در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی نسبت داد که درمجموع موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Roesti et al., 2006). همچنین پوترسین با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و مهار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد، از اثر تنش شوری جلوگیری کرده و از آسیب سلولی و مرگ سلول‌ها ممانعت به عمل می‌آورد. پلی آمین‌هایی نظیر پوترسین از تولید آنزیم‌های لازم برای سنتز اتیلن نیز جلوگیری کرده و موجب بهبود شاخص کلروفیل (جدول ۲) و کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید (جدول ۵) شده و درنهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن گندم

Table 5. Means comparison of the effect of salinity, biofertilizers and putrescine on MDA and H_2O_2 of wheat

تنش شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizers	مالون دی‌آلدئید (MDA) (µmol. g^{-1} FW)			پراکسید هیدروژن (H_2O_2) (µmol. g^{-1} FW)		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
S_1	B_1	0.32^{op}	0.311^{op}	0.266^{p-r}	3.76^{l-p}	3.7^{m-q}	3.52^{n-r}
	B_2	0.279^{p-r}	0.303^{p}	0.238^{qr}	3.13^{r-u}	3.38^{p-s}	2.79^{tu}
	B_3	0.283^{p-r}	0.298^{pq}	0.231^{r}	3.22^{q-t}	3.17^{r-u}	2.7^{u}
	B_4	0.311^{op}	0.275^{p-r}	0.307^{op}	3.52^{n-r}	3^{s-u}	2.78^{tu}
S_2	B_1	0.445^{h-m}	0.447^{h-m}	0.367^{no}	4.46^{g-j}	4.31^{h-k}	4.15^{i-m}
	B_2	0.367^{on}	0.434^{j-m}	0.434^{i-m}	3.9^{k-o}	4.24^{il}	3.59^{n-r}
	B_3	0.391^{mn}	0.391^{l-n}	0.311^{op}	3.9^{k-o}	3.76^{l-p}	3.26^{p-t}
	B_4	0.398^{l-n}	0.367^{no}	0.395^{l-n}	4.22^{i-l}	3.47o-s	3.44^{o-s}
S_3	B_1	0.557^{c-e}	0.541^{d-f}	0.541^{d-f}	5.37^{e}	5.3^{e}	4.99^{ef}
	B_2	0.495^{e-i}	0.486^{f-j}	0.455^{h-k}	4.98^{ef}	4.95^{e-g}	4.63^{f-i}
	B_3	0.428^{j-n}	0.419^{k-n}	0.4^{l-n}	4.42^{h-j}	4.38^{h-k}	4.05^{k-n}
	B_4	0.501^{e-h}	0.43^{j-n}	0.473^{g-k}	4.4^{h-k}	4.79^{f-h}	4.33^{h-k}
S_4	B_1	0.638^{a}	0.583^{a-d}	0.625^{ab}	7.28^{a}	6.43^{cd}	7^{ab}
	B_2	0.626^{ab}	0.494^{e-i}	0.486^{f-j}	6.69^{bc}	6.39^{cd}	5.94^{d}
	B_3	0.615^{a-c}	0.531^{d-g}	0.483^{f-j}	6.64^{bc}	6.53^{bc}	5.38^{e}
	B_4	0.576^{a-d}	0.565^{b-d}	0.555^{c-e}	6.79^{a-c}	6.85^{a-c}	6.71^{bc}
LSD $_{0.05}$			*0.063*			*0.51*	

S_1، S_2، S_3 و S_4: به ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار؛ B_1 B_2، B_3 و B_4: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا؛ P_1، P_2 و P_3: به ترتیب عدم محلول‌پاشی، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی مولار پوترسین

میانگین های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند

S_1, S_2, S_3, and S_4 indicate no salinity, 40, 80 and 120 mM salinity, respectively; B_1, B_2, B_3, and B_4 indicate no biofertilizer, both application Psedomunas and Flavobacterim, both application of mycorrhiza with Psedomunas and Flavobacterim, application of mycorrhiza, respectively; P_1, P_2 and P_3; no foliar application, application 0.5 and 1 mM of putrescine, respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که تنش شوری موجب آسیب به سیستم فتوسنتزی و درنتیجه تأثیر منفی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکردی گندم شد. همچنین افزایش سطوح تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن برگ شد. کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در سطوح مختلف شوری با بهبود پارامترهای فلورسانس کلروفیل و کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن اثر تخریبی شوری در گیاه را تعدیل نمود و موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد. به‌

طوری‌که کاربرد توأم میکوریزا با کودهای زیستی و محلول-پاشی یک میلی مولار پوترسین در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار، عملکرد دانه را به ترتیب ۴۰/۵۱، ۳۲/۹۶ و ۲۸/۵۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی در همان سطوح شوری افزایش داد. به‌طورکلی هم در شرایط عدم اعمال شوری و هم تنش شوری، مصرف کودهای زیستی و پوترسین موجب بهبود صفات موردبررسی شد. ازاین‌رو به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب در جهت بهبود مقاومت گندم به شوری باشد.

منابع

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Plant and Soil. 60, 7–11.

Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., Karanov, E., 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant, Cell and Environment. 24, 1337-1344.

Ali-Dinar, H.M., Ebert, G., Ludders, P., 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. Gartenbauwissenschaft. 64, 54-59.

Andrews, J.R., Fryer, M.J., Baker, N.R., 1995. Characterization of chilling effects on photosynthetic performance of maize crops during early season growth using chlorophyll fluorescence. Journal of Experimental Botany 46, 1195-1203.

Ashraf, M., Ali, Q., 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany 63, 266– 273.

Bandeh hagh, A., Kazemey, H., Valizadeh, M., Javanshir, A., 2004. Resistance of Triticum aestivum (spring cultivars) to salinity stress in vegetative and generative stages. Journal of Agriculture Science. 35, 214-221. [In Persian with English summary].

Banitarafi Zadeh, M., ShamiliI, M., Alavifazel, M., 2019. Relationship between SPAD and nitrogen rate in crop plants. 4th International Congress of Development Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran., 14-16 Agust, 2019. Shiraz, Iran. [In Persian].

Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., Narula, N., 2003. Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science, 89, 151-155.

Bhardway, R., Singhal, G., 1981. Effect of water stress on photochemical activity of chloroplasts during greening etiolated barley seedlings. Plant and Cell Physiology. 22, 155- 162.

Bhattacharjee, S., Mukherjee, A.K., 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology. 30, 279- 287.

Cantrell, I.C., Linderman, R.G., 2001. Pre-inoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant and Soil. 233, 269-281.

Francisco, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C., James, P.S., 2002. Gas exchanges chlorophyll and nutrient contents in relation to Na+ and Cl- accumulation in 'sunburst' Mandarin grafted on different root stocks. Plant Science. 35, 314-320.

Gaohong, W., Lanzhou, C., Zongjie, H., Xiaoyan, L., Yongding, L., 2011. Effects of salinity stress on the photosynthesis of Wolffia arrhiza as probed by the jip test. Journal of Fresenius Environmental Bulletin. 20, 432-438.

Glassop, D., Sally, E.S., Frank, W.S., 2005. Cereal phosphate transporters associated whit the mycorrhizal pathway of phosphate uptake into roots. Original Article. Planta 222, 688-698.

Guimaraes, P.S., Bernini, C.S., Pedroso, F., Paterniani, M., 2014. Characterizing corn hybrids (*Zea mays* L.) for water shortage by principal components analysis. Maydica. 59, 72-79.

Habibi, S., Meskarbashee, M., Farzaneh, M., 2014. Influence of three species of mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on physiological characters of wheat under the salinity conditions. Journal of Plant Productions. 37, 37-52. . [In Persian with English summary].

Hagh Bahari, M., Seyed Sharifi, R., 2014. Effects of seed inoculation with growth promoting bacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling at various levels of soil salinity. Environmental Stresses in Crop Sciences. 61, 65-75. . [In Persian with English summary].

Heidari Siah Khalki, M.S., Seyed Sharifi, R., Sadeghi M., 2012. Effect of seed inoculation with growth promoting rhizobcteria (PGPR) and time of nitrogen application on yield, rate and length grain filling period of wheat. Journal of Seed Science and Technology. 3, 64-78. [In Persian with English summary].

Hokmalipour A., Seyed Sharifi, R., 2015. The effects of seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter remobilization on spring barley at different levels of nitrogen and phosphorus. Journal of Soil Science (Soil and Water Science) 29, 407-425. . [In Persian with English summary].

Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K., Barea, J.M., 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils. 37, 1-16.

Jungwook, Y., Kloepper, J.W., Ryu, C.M., 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends in Plant Science. 14, 1-4.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., Jalilian, J., 2017. Physiological status and yield of salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by biofertilizer and cycocel application. Arid Land Research and Management. 32, 71-90.

Kirchner, M.J., Wollum, A G., King, L.D., 1993. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. Soil Science Society of America Journal. 57, 1289-1295.

Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Zablotowicz, R.M., 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology. 7, 39-44.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., Takahashi, Y., 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta, 228, 367-381.

Moller, M., Jensen, P.E., Hansson, A., 2007. Oxidative modifications to cellular components in plants. Annual Review of Plant Biology. 58, 459-481.

Nabila Zaki, M., Hassanein, M.S., Karima, M., Gamal EL-Din., 2007. Growth and yield of wheat cultivars irrigated with saline water in newly cultivated land as affected by biofertilization. Journal of Applied Sciences Research. 3, 1121-1126.

Narimani, H., Seyed Sharifi, R., 2018. Effect of Soil application and Zinc Solubility on grain filling, grain yield and some biochemical traits of wheat under Salinity Stress. 13th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. University of Mohaghegh Ardabili, Iran. [In Persian].

Netondo, G., Onyango, J.C., Beak, E., 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Science. 44, 806-811.

Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H., Jami Al-Ahmadi, M., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. Journal of Biological Sciences. 7, 841-847.

Prasad, T.N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R., 2012. Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 35, 905-927.

Rahdari, P., Hoseini, S.M., 2013. Roll of polyamines (spermidine and putrescine) on protein, chlorophyll and phenolic compounds in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Journal of Novel Applied Sciences. 2, 746-751.

Roesti, D., Gaur, R., Johrim, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., Aragno, M., 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio inoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil of Biology and Biochemistry. 38, 1111–1120.

Sayar, R., Khemira, H., Kameli, A., Mosbahi, M., 2008. Physiological tests as predictive appreciation for drought tolerance in durum

wheat (*Triticum durum* Desf.). Agronomy Research. 6, 79-90.

Seyed Sharifi, R., Khavazi, K., 2011. Effects of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield attributes of maize (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Food Agriculture Environmental. 9, 496–500.

Seyed Sharifi, R., Namvar, A., 2015. Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili press. [In Persian].

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., Jalilian, J., 2016. Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Archives of Agronomy and Soil Science. 63, 308–318.

Stewart, R.C., Beweley, J.D., 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology. 65, 245-248.

Talaat, I.M., Bekheta, M.A., Mahgoub, M.H., 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agriculture and Biology. 7, 210-213.

Tang, W., Newton, R.J., 2005. Polyamines reduce salt-induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. Plant Growth Regulation. 46, 31–43.

Wilson, J.M., Greaves, J.A., 1993. Development of fluorescence-based screening programs for temperature and water stress in crop plant. In: Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 389-398.

Wu, Q., Xia, R., 2004. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and osmotic adjustment matter content of trifoliate orange seedlings under water stress. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology. 30, 583–588.

Yamaguchi, T., Blumwald, E., 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in Plant Sciences. 10, 615-620.

Yang, S.J., Zhang, Z.L., Xue, Y.X., Zhang, Z.F., Shi, S.Y., 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi increase salt tolerance of apple seedlings. Botanical Studies. 55, 70-76.

Yang, M., Shi, L., Xu, F.S., Lu, J.W., Wang, Y.H., 2009. Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Pedosphere. 19, 53-59.

Zabihi, H.R., Savagebi, G.R., Khavazi, K., Gangali, A., 2009. Study of *Pseudomonas* strains application on yield and yield components of wheat in various levels of soil salinity. Journal of Soil and Water. 23, 199-208. [In Persian with English summary].

Zafari, S., Niknam, V., Musetti, R., Noorbakhsh, N.S., 2012. Effect of phytoplasma infection on metabolite content and antioxidant enzyme activity in lime (*Citrus aurantifolia*). Acta Physiologiae Plantarum. 34, 561-568.

Zahir, Z.A., Ghoni, U., Naveed, M., Nadeem, S.M., Asghar, H.N., 2009. Comparative effectivness of pseudomonas and serratia sp. Containing ACC-diaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Archives of Microbiology. 191, 415-424.