University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

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

Vol. 15, No. 4, pp. 953-974 (Winter 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4179.1982

Original article

Effects of vermicompost, humic acid and Flabacterium on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of triticale under soil salinity conditions

S. Mohammadi Kale Sarlou[1*], R. Seyed Sharifi[2], H. Narimani[3]

1. *M.Sc student, Seed Science and Technology, 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. *Ph.D student, Crop Physiology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*

Received 27 February 2021; Accepted 3 May 2021

Extended abstract

Introduction

Soil salinity is one of the most serious limiting factors for crop growth and production in the arid and semi-arid regions. Several strategies have been developed in order to decrease the toxic effects caused by high salinity on plant growth. Among them, use of bio-fertilizers such as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), vermicompost and humic acid play a very important role in yield improvement. Inoculation of plants with native suitable microorganisms may decrease the deleterious effects of environmental stresses and increase stress tolerance of plants by a variety of mechanisms, including synthesis of phytohormones such as auxins, cytokinin and gibberellins, solubilization of minerals like phosphorus, production of siderophores and increase in nutrient uptake, N_2 fixation. Vermicompost plays a very important role in plant nutrition and soil health. So, it seems that application of bio fertilizers such as PGPR, vermicompost and humic acid can improve crop yield under soil salinity stress. Therefore, the aim of this study was evaluation of yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of triticale in response to humic acid and bio fertilizers application under soil salinity conditions

Material and methods

In order to study the effects of vermicompost, humic acid and seed inoculation with flavobacterium on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of triticale under soil salinity conditions, an experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications in greenhouse research of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, the University of Mohaghegh Ardabili during 2020. Experimental factors were included salinity levels (non-application of salinity as control, application of 50 and 100 mM salinity by NaCl), and bio-fertilizers application (no application of bio-fertilizers as control, application of vermicompost, seed inoculation with Flavobacterim, both application vermicompost and Flavobacterim) and foliar application humic acid (foliar application with water as control and foliar application of 2 $g.l^{-1}$ humic acid). vermicompost was purchased from the Gilda corporation. Flavobacterim was isolated from the rhizospheres of wheat by Research Institute of Soil and Water, Tehran, Iran. The triticale cultivar "SANABAD" was used in the

* Corresponding author: Sara Mohammadi Kale Sarlou; E-Mail: mohammadiisara1@gmail.com

© 2022, 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).

experiment with plant density of 400 seeds m^{-2}. For inoculation, seeds were coated with gum Arabic as an adhesive and rolled into the suspension of bacteria until uniformly coated. The strains and cell densities of microorganisms used as PGPR in this experiment were 1×108 colony forming units (CFU).

Relative water content: Weight of fresh leaf was measured just after detached from the plants then taken turgid weight after leaf was incubated in distilled water for 24 h to obtain a full turgidity. Dry weight of leaf was measured after it was dried at 60°C for 24 h in an oven. Relative water content was measured according to the following formula (Chelah et al. 2011).

$$RWC\ (\%) = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

Where, RWC, FW, DW and TW are relative water content, fresh weight, dry weight and turgid weight respectively.

Chlorophyll content: A portable chlorophyll meter (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) was used to measure the leaf greenness of the wheat plants.

Quantum yield: The quantum yield was measured by the uppermost fool expanded leaf using a fluorometer (chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 USA).

Electrical conductivity: Electrical conductivity was calculated by following the standard method of Jodeh et al. (2015). Electrical conductivity (EC) values were measured at room temperature of 23±1 °C using an electrical-conductivity meter. At plant maturity, grain yield in each pot were harvested five plants per pot.

Statistical analysis: Analysis of variance and mean comparisons were performed using SAS ver 9.1 computer software packages. The main effects and interactions were tested using the least significant difference (LSD) test at the 0.05 probability level.

Results and discussion

Means comparison showed that the both application of vermicompost, Flavobacterim and foliar application of 2 $g.l^{-1}$ humic acid under no salinity condition increased maximum fluorescence (22.53%), variable fluorescence (94.69%), quantum yield (58.88%), chlorophyll index (28.91%), nitrogen index (3.88%), relative water content (50.48%)of flag leaf and grain yield (69.56%) in comparison with no application of bio-fertilizers and humic acid under 100 mM soil salinity. No application of biofertilizers and foliar application of humic acid at salinity of 100 mM increased the electrical conductivity and minimum fluorescence (F0) the flag leaf.

Conclusion

It seems that application of bio-fertilizers and humic acid can increase grain yield of triticale under soil salinity conditions due to improving chlorophyll fluorescence and some physiological traits.

***Keywords*:** Bio-Fertilizers, Chlorophyll Fluorescence, PGPR, Relative Water Content

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4179.1982

مقاله پژوهشی

اثر ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و فلاوباکتریوم بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط شوری خاک

سارا محمدی کله‌سرلو[1*]، رئوف سیدشریفی[2]، حامد نریمانی[3]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳. دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
شاخص کلروفیل
عملکرد کوانتومی
کودهای زیستی
محتوای نسبی آب

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۲/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۲/۱۳

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱
۱۵(۴): ۹۵۳-۹۷۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و فلاوباکتریوم بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط شوری خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) با استفاده از نمک NaCl، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی‌کمپوست، تلقیح بذر با فلاوباکتریوم، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی هیومیک اسید (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد و محلول‌پاشی دو گرم در لیتر هیومیک اسید) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری، فلورسانس حداکثر (۲۲/۵۳ درصد)، فلورسانس متغیر (۹۴/۶۹ درصد)، عملکرد کوانتومی (۵۸/۸۸ درصد)، شاخص کلروفیل (۲۸/۹۱ درصد)، شاخص نیتروژن (۳/۸۸ درصد)، محتوای نسبی آب (۵۰/۴۸ درصد) و عملکرد دانه (۶۹/۵۶ درصد) را نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید تحت شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار خاک، افزایش داد. عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید در شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار موجب افزایش هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل (F_0) برگ پرچم شد. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید می‌تواند با بهبود فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد تریتیکاله در شرایط شوری را، افزایش دهد.

مقدمه

تریتیکاله گیاهی از تیره غلات و حاصل تلاقی گندم و چاودار است. این گیاه از عملکرد بالایی نسبت به گندم و از مقاومت بالایی به تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مقایسه با چاودار برخوردار است (Cantale et al., 2016). شوری یکی از تنش‌های غیر زیستی مهم است که بعد از خشکی، دومین عامل محیطی فراگیر و محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی است. شوری به حضور غلظت بالای نمک‌های محلول در خاک اطراف ریشه به‌ویژه کلرید سدیم مربوط می‌شود. مقادیر بالای شوری به دلیل انباشت یون‌های سدیم و کلر در درون سلول‌ها به افزایش فشار اسمزی، سمیت یونی، محدود کردن جذب آب به‌وسیله ریشه گیاهان (Jouyban, 2012)، افزایش نشت یونی و کاهش پایداری غشاء (Zahedi et al., 2019) و درنهایت به ایجاد یک‌سری تغییرات در فرایندهای بیوشیمیایی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک همانند آسیب به غشاها، عدم تعادل عناصر غذایی و کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی منجر می‌شود (Gupta and Huang, 2014). این تنش همچنین با کاهش سنتز کلروفیل، تخریب فتوسیستم II، ممانعت از فعالیت کربنیک آنهیدراز، موجب کاهش

* نگارنده پاسخگو: سارا محمدی کله‌سرلو. پست الکترونیک: mohammadiisara1@gmail.com

شاخص کلروفیل و کاهش شاخص پایداری غشاء می‌شود (Talaat and Shawky, 2012).

یکی از راه‌کارهای مناسب برای بهبود رشد گیاهان در شرایط شوری، استفاده از کودهای زیستی همانند باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد است که در شرایط شوری با تولید متابولیت‌ها و ترکیباتی که برای رشد گیاه مفید هستند موجب بهبود محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب می‌شوند (Zeinali Bafghi et al., 2020). خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) کاهش هدایت الکتریکی، افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و بهبود عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه گندم را، با کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط شوری گزارش کردند.

ورمی‌کمپوست یکی دیگر از کودهای آلی است که علاوه بر بهبود وضعیت خاک، حاوی عناصر غذایی قابل‌جذب و متابولیت‌های فعال بیولوژیکی است (Deka and Deka, 2012). کاربرد این ماده در شرایط شوری از طریق بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و تأمین عناصر غذایی مانند نیتروژن، موجب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود که به دنبال آن توانایی جذب نور، تولید مواد فتوسنتزی و درنهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Afkari and Farajpour, 2019). بیک خورمیزی و همکاران (Beykkhormizi et al., 2016) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست به دلیل دارا بودن ساختار متخلخل و ظرفیت نگهداری آب بالا و همچنین با داشتن مواد مغذی مانند کلسیم، می‌تواند موجب بهبود پایداری غشاء سلولی برگ و درنهایت افزایش محتوای نسبی آب تحت شرایط شوری شود.

هیومیک اسید با دارا بودن ساختار پلیمری و افزایش نفوذپذیری غشای سلولی ریشه، توانایی جذب آب و مواد غذایی در ریشه را افزایش داده و در نتیجه، محتوای نسبی برگ را در شرایط تنش افزایش و اثر سوء تنش را تعدیل می‌کند (Aggag et al., 2015). داودی فرد و همکاران (Davodi Fard et al., 2012) گزارش کردند که استفاده از هیومیک اسید در گندم در شرایط شوری با تأثیر بر برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند محتوای کلروفیل، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شد. جاسمی-منش و همکاران (Jasemi Manesh et al., 2020) اظهار داشتند کاربرد هیومیک اسید تحت شرایط شوری با بهبود محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل، موجب کاهش نشت یونی برگ و درنهایت افزایش عملکرد دانه گندم شد.

اهمیت تریتیکاله به‌عنوان یکی از غلات دومنظوره و نقش کودهای زیستی (اعم از ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و فلاوباکتریوم) در تعدیل یا کاهش اثر ناشی از شوری و بررسی-های محدود انجام‌گرفته در این زمینه، ازجمله مواردی بودند که موجب شد تا اثر این عوامل بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط شوری موردبررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار)، کاربرد کودهای زیستی (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی‌کمپوست، تلقیح بذر با فلاوباکتریوم، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و فلاوباکتریوم) و محلول‌پاشی هیومیک اسید (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد و محلول‌پاشی دو گرم در لیتر هیومیک اسید) بود. با استفاده از نمک NaCl و نرم‌افزار Salt Calc مقدار نمک موردنیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک محاسبه شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک موردنیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه‌شده و در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگی) همراه آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. محلول‌پاشی هیومیک اسید در دو نوبت (در مراحل پنجه‌دهی و ساقه‌دهی) اعمال شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی واردشده به زیرگلدانی در آب حل‌شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. گلدان‌هایی با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی-متری از خاک پر شدند. در این آزمایش از رقم سناباد با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه‌شده برای این رقم است استفاده شد. ازاین‌رو ۵۰ بذر در هر گلدان کشت شد. برای تلقیح بذر با باکتری موردنظر، از مایه تلقیحی که هر گرم آن دارای ۱۰۸ عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰ درصد وزنی-حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. مقدار ورمی-کمپوست مصرفی ۱۰ تن در هکتار بود که از شرکت گیلدا خریداری و مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه ورمی‌کمپوست شرکت گیلدا در آزمایشگاه آب‌وخاک تحت نظارت وزارت کشاورزی.

Table 1. Result for Gilda vermicompost analysis in water and soil laboratory under Agticulture Ministry's observation

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	نسبت کربن به نیتروژن C/N	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	سرب Pb	کادمیوم Cd
	dS m^{-1}		---------- % ----------				---------- mg.kg^{-1} ----------						
7.64	1.12	21.25	1.55	0.4	0.4	2.73	0.95	5000	275	20	110	19	1

اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت نگهداری شدند. اندازه‌گیری روند تغییرات برخی صفات از ۵۷ روز بعد از کاشت (مرحله ۵۰ درصد سنبله‌دهی) شروع شد. پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ پرچم شامل F0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، Fm (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)، Fv (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)، Fv/Fm (حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) بود. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ پرچم، هر چهار روز یک‌بار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (OS-30p) از هر تیمار به‌طور تصادفی شش برگ پرچم توسعه‌یافته (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس های مخصوص، شاخص‌های فلورسانس اندازه‌گیری شد (Kheirizadeh Arough et al., 2016). شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن)، به فواصل زمانی هر چهار روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن برگ از همان برگ‌هایی که شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شده بود، بر اساس رابطه زیر اندازه‌گیری شد (Scharf et al., 2006).

$$N = ۰/۰۱۷۳۳۲ + ۰/۰۰۱۶۳۲۲ \times SPAD \qquad [۱]$$

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ پرچم بین ساعت ۱۲-۱۰ روز، از هر گلدان چهار برگ پرچم توسعه‌یافته به‌طور تصادفی انتخاب و بعد از قرار دادن در فویل‌های آلومینیومی، داخل کیسه‌های پلاستیکی و روی یخ قرار داده و خیلی سریع به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از رابطه پیشنهادی کوستوپولو و همکاران (Kostopoulou et al., 2010) محاسبه شد. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در همان بازه زمانی مربوط به محتوای نسبی آب، در فواصل زمانی هر چهار روز یک‌بار نمونه‌های برگ پرچم (تا حد ممکن برخوردار از اندازه و ابعاد یکسان) را در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر (دارای EC مشخص) به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر (مدل Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی تعداد هشت بوته به‌ظاهر مشابه که به‌طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود برداشت شد، سپس میانگین داده-های حاصل از آن‌ها، به‌عنوان ارزش صفت عملکرد تک بوته در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. هیچ‌گونه تبدیل داده‌ای برای صفات موردبررسی انجام نشد. برای تجزیه داده ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و Excel استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات تنش شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید و برهم‌کنش توأم این سه عامل بر شاخص کلروفیل در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در تمامی ترکیب‌های تیماری روند تغییرات نزولی نسبتاً مشابهی در این شاخص مشاهده شد (جدول ۴)، طوری که مقدار این شاخص در مراحل اول نمونه‌برداری بالا بود ولی با گذشت زمان به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و کاهش شاخص نیتروژن (جدول ۴) و همچنین پیر شدن برگ‌ها، روند نزولی داشت. البته شدت این کاهش در سطوح بالای شوری و عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید بیشتر بود (جدول ۴)؛ زیرا مقدار کلروفیل با میزان نیتروژن ارتباط مستقیم دارد و با کاهش شاخص نیتروژن، محتوای کلروفیل نیز کاهش می‌یابد (Hassegawa

et al., 2008). نتایج نشان داد در ۸۱ روز پس از کاشت، حداکثر شاخص کلروفیل (۴۲/۸) در کاربرد توأم ورمی-کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد (جدول ۴) که این ترکیب تیماری از افزایش ۲۸/۹۱ درصدی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم هیومیک اسید در بالاترین سطح از شوری خاک برخوردار بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش شاخص کلروفیل تحت تنش شوری ممکن است به دلیل کاهش سنتز کلروفیل، تخریب فتوسیستم II، ممانعت از فعالیت کربنیک آنهیدراز (Talaat and Shawky, 2012)، تجمع یون کلر، افزایش حساسیت برگ به اتیلن، تخریب کلروفیل و کاهش عناصر اثرگذاری مانند نیتروژن، منیزیم، آهن و منگنز در ساختمان کلروفیل باشد (Garcia-Sanchez and Syvertsen, 2009).

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر شاخص کلروفیل تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 2. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on chlorophyll index of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت) 57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	2432.1 **	2461.1**	2022.5**	1749.6**	1590.5**	1504.8**	1285**
Salinity (S)	شوری	2	95.8**	57.9**	64.4**	22.4**	61.9**	22.8**	92**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	118.1**	134.2**	83.29**	54.9**	87.86**	54.7**	125.5**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	10.5**	72**	15.68**	23.8**	7.8**	28.8**	13.2**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	3.59**	1.89**	1.84**	0.87**	4.32**	0.87**	7.49**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	0.24ns	0.19ns	1.18**	0.52*	0.15ns	0.02ns	1.35*
B×H	کودهای زیستی × اسید هیومیک	3	1.35**	1.50**	1.25**	0.46*	0.23*	0.97**	1.25*
S×B×H	شوری × کودهای زیستی × اسید هیومیک	6	1.64**	1.19**	1.31**	1.7**	0.68*	1.55**	1.24**
Error	خطا	46	0.34	0.35	0.24	0.14	0.24	0.14	0.36
C.V%	ضریب تغییرات	-	*7.6*	*9.2*	*7.8*	*6.52*	*8.06*	*9.8*	*7.9*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

در شرایط شوری جذب نیترات به‌وسیله رقابت مستقیم کلرید با نیترات و تغییر یافتن غشاء پلاسمایی تحت تأثیر قرارگرفته (Jabeen and Ahmad, 2011) و همین امر نیز می‌تواند دلیلی بر کاهش محتوای کلروفیل در شرایط شوری باشد. برخی معتقدند شوری با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل، القای تخریب کلروپلاست و عدم تعادل کمپلکس‌های پروتئین-رنگیزه، میزان کلروفیل را کاهش می-دهد (Noreen and Ashraf, 2009). برخی محققان (Kavino et al., 2010) افزایش محتوای کلروفیل برگ در کاربرد باکتری‌های محرک رشد را به افزایش میزان جذب آهن در گیاه نسبت داده‌اند. هودی (Hewedy, 1999) افزایش شاخص کلروفیل به‌واسطه کاربرد باکتری را، به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن به‌واسطه تثبیت نیتروژن توسط باکتری محرک‌های محرک رشد نسبت داده و اظهار داشت افزایش سطوح اتیلن توسط تنش شوری و خشکی می‌تواند منجر به پیری برگ شود، ولی در حضور باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز، ساخت اتیلن به‌طور معنی‌داری کاهش و همین امر موجب کاهش تجزیه کلروفیل می‌شود.

افکاری و فرجپور (Afkari and Farajpour, 2019) افزایش محتوای کلروفیل در کاربرد ورمی‌کمپوست تحت تنش شوری را، به افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و تأمین عناصر غذایی مانند نیتروژن نسبت دادند. همچنین، افتاده فدافن و همکاران (Oftadeh Fadafen et al., 2018) اظهار داشتند کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز کمک به جذب بیشتر عناصر غذایی، ضمن بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، موجب افزایش محتوای کلروفیل شد. افزایش کلروفیل در اثر کاربرد هیومیک

اسید ممکن است با حفظ رطوبت خاک و بهبود فراهمی مواد غذایی در خاک مرتبط باشد (Mohd et al., 2009). دلیل دیگر افزایش کلروفیل با کاربرد هیومیک اسید ممکن است ناشی از اثر این ماده بر افزایش سنتز کلروفیل و یا تأخیر در تخریب کلروفیل در شرایط تنش باشد (Nardi et al., 2002). برخی محققان اثر هیومیک اسید بر افزایش کلروفیل برگ را، به تأثیر این ماده در افزایش میکروارگانیسم‌های خاک برای آزاد کردن مواد مغذی بیشتر از ذخایر غیرقابل‌دسترس، نسبت داده‌اند (Ferrara and Brunetti, 2010) و برخی دیگر معتقدند اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه، می‌تواند محتوای کلروفیل را افزایش دهد (Delfine et al., 2005).

شاخص نیتروژن برگ پرچم

برهم‌کنش توأم هر سه عامل شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر شاخص نیتروژن در تمامی مراحل نمونه‌برداری بر شاخص نیتروژن برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر شاخص نیتروژن تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 3. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on nitrogen index of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت)						
		57	61	65	69	73	77	81
Replicatin تکرار	2	0.009**	0.009**	0.008**	0.0072**	0.006**	0.006**	0.005**
Salinity (S) شوری	2	0.0002**	0.0001**	0.0001**	0.00005**	0.0001**	0.00006**	0.0002**
Biofertilizers (B) کودهای زیستی	3	0.0003**	0.0003**	0.0002**	0.0001**	0.0002**	0.0001**	0.0003**
Humic acid (H) اسید هیومیک	1	0.00002**	0.0001**	0.00004**	0.00006**	0.00002**	0.000007**	0.00003**
S×B شوری × کودهای زیستی	6	0.000009**	0.000005**	0.000004**	0.000002**	0.00001**	0.000002**	0.00001**
S×H شوری × اسید هیومیک	2	0.0000006^{ns}	0.0000005^{ns}	0.000003**	0.000001*	0.0000004^{ns}	0.0000000^{ns}	0.000003*
B×H کودهای زیستی × اسید هیومیک	3	0.000003**	0.000004**	0.000003**	0.000001*	0.0000006^{ns}	0.000002**	0.000003*
S×B×H شوری × کودهای زیستی × اسید هیومیک	6	0.000004**	0.000003**	0.000003**	0.000004**	0.000001*	0.000004**	0.000003**
Error خطا	46	0.0000009	0.0000009	0.0000006	0.0000003	0.0000006	0.0000004	0.0000009
C.V% ضریب تغییرات	-	*8.5*	*7.4*	*8.2*	*6.7*	*9.7*	*8.3*	*8.7*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

بررسی روند تغییرات این شاخص نشان می‌دهد که در تمامی ترکیبات تیماری از روند نزولی نسبتاً مشابهی برخوردار بود، طوری که مقدار این شاخص در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، کاهش شاخص کلروفیل برگ پرچم (جدول ۴) و پیر شدن برگ‌ها روند نزولی داشت. با کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید، روند تغییرات این شاخص نوسان کمتری نشان داد (جدول ۴). طوری که در ۸۱ روز بعد از کاشت، بیش‌ترین مقدار این شاخص (۰/۰۷۴۳) در کاربرد توأم ورمی‌کمپوست،

فلاوباکتریوم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری و کم‌ترین مقدار ان (۰/۰۷۱۵) در عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید در شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۴). عدد SPAD همبستگی بالایی با کلروفیل و نیتروژن برگ دارد (Scharf et al., 2006). در تنش شوری غلظت یون کلر افزایش می‌یابد و افزایش در میزان این یون موجب کاهش جذب نیتروژن و کمبود نیترات در گیاه شده (Volkmar et al., 1998) و به‌تبع از آن شاخص نیتروژن کاهش می‌یابد. بخشی از کاهش شاخص نیتروژن در شرایط شوری می‌تواند ناشی از کاهش سطح فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و آنزیم گلوتامین سنتتاز باشد که آنزیم تبدیل‌کننده آمونیوم به فرم آلی نیتروژن است (Li et al., 2005). کاربرد فلاوباکتریوم منجر به افزایش شاخص نیتروژن شد. فلورس و همکاران (Flores et al., 2005) اظهار داشتند باکتری‌های ریزوسفری، میزان هورمون سیتوکنین گیاه میزبان را افزایش می‌دهند. این هورمون، سرعت انتقال نیترات از ریشه به شاخساره گیاه را افزایش و موجب افزایش میزان نیتروژن گیاه می‌شود. بالا بودن محتوای نیتروژن موجود در ورمی‌کمپوست مورداستفاده (جدول ۱) که از عناصر اساسی در سنتز کلروفیل محسوب می‌شوند از دیگر دلایل افزایش شاخص نیتروژن تحت چنین شرایطی است. با حضور نیتروژن در ورمی-کمپوست، احتمالاً میزان دسترسی گیاهان به نیتروژن خاک به شکل نیترات افزایش‌یافته (Islam et al., 2010) و فعالیت نیترات ردوکتاز، نیتریت ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و گلوتامات سنتاز در مواجه با شوری نیز افزایش می‌یابد (Jabeen and Ahmad, 2016). هیومیک اسید دارای فعالیت شبه هورمونی است و با کمک به افزایش جذب عناصری همانند فسفر و نیتروژن در گیاه، موجب افزایش نیتروژن گیاه می‌شود (Nardi et al., 2002).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر شاخص کلروفیل و نیتروژن تریتیکاله.

Table 4. Means comparison of effects of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on chlorophyll and nitrogen index of triticale.

تیمار Treatments	Chlorophyll Index شاخص کلروفیل						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	48.4^{g}	48.5^{h}	43.8^{j}	40.9^{h}	38.5^{ijk}	38.3^{ijh}	34.1^{ghij}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	50.9^{e}	49.7^{g}	46.3^{fg}	41.7^{g}	41.8^{efj}	38.6^{ijh}	36.6^{f}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	53.7^{b}	52.8^{de}	48.8^{bc}	44^{d}	43.1^{cd}	$40d^{e}$	39.8^{c}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	55.6^{a}	54.8^{ab}	49.9^{a}	45.6^{a}	45^{a}	43.1^{a}	41.9^{ab}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	50^{fe}	51.2^{f}	45.8^{gh}	42.9^{e}	39.8^{h}	$39f^{g}$	34.9^{g}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	53^{cd}	52.9^{d}	48.1^{cd}	$44.6d^{c}$	43^{cd}	40.7^{c}	39^{cd}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	53.7^{b}	$54b^{a}$	49^{b}	$45b^{a}$	43.8^{bc}	42^{b}	41^{b}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	55.7^{a}	54.9^{a}	50^{a}	45.6^{a}	44.7^{a}	43.5^{a}	42.8^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	41.1^{h}	45.9^{i}	43^{jk}	40.3^{ih}	38^{kl}	37.9^{jk}	34.2^{gh}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	47.2^{h}	47.7^{h}	43.1^{jk}	40.6^{ih}	38.2^{jkl}	38^{ij}	33.9^{hji}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	50.2^{ef}	50^{g}	46^{hg}	42.5^{fe}	41^{g}	38^{ij}	39^{f}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	53.8^{cd}	53^{ab}	47.1^{ef}	44.1^{d}	42.6^{de}	41.1^{c}	41^{de}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	46.3^{g}	47.8^{f}	43.7^{jk}	40.7^{h}	38.4^{ijk}	38.1^{ij}	42.8^{ghij}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	46.4^{h}	49^{g}	44.9^{i}	40.9^{h}	39^{hij}	38.6^{igh}	34.2^{gh}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	50.2^{ef}	52.9^{ab}	46^{gh}	44^{d}	41.2^{fg}	40.5^{dc}	33.9^{f}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	53.8^{b}	54.8^{ab}	49.9^{a}	45.5^{ba}	44.3^{ab}	43^{c}	36^{b}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	46.3^{h}	45.7^{i}	42.41^{l}	40.5^{ih}	37.4^{l}	37^{jk}	38.3^{j}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	46.4^{h}	45.8^{i}	42.9^{kl}	40^{i}	37.9^{kl}	37.3^{kl}	34.1^{hij}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	49.5^{f}	49.8^{g}	$44.9i$	42.1^{fg}	39^{hjl}	$38.8f^{g}$	36.1^{ghi}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	52^{d}	51.9^{ef}	47^{ef}	43.1^{e}	42^{ef}	39.4^{ef}	41.2^{e}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	47.2^{h}	47.7^{h}	43.1^{jk}	40.6^{ih}	38.2^{kl}	37.9^{jk}	33.2^{ij}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	48.4^{g}	48.6^{h}	43.4^{jk}	41.6^{g}	38.3^{ijk}	38.5^{ghij}	33.8^{ghij}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	49.6^{f}	51.2^{f}	45.2^{hi}	42.9^{d}	39.1^{hi}	39.1^{fg}	34.2^{gh}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	52.2^{cd}	53.9^{bc}	47.3^{de}	40.9^{bc}	42.6^{de}	41.8^{b}	37.9^{de}
LSD	*0.9633*	*0.9804*	*0.8104*	*0.6273*	*0.8171*	*0.6335*	*0.9957*

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

تیمار Treatments	Nitrogen Index شاخص نیتروژن						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	0.096^{g}	0.096^{h}	0.088^{j}	0.08^{h}	0.08^{ijk}	0.079^{hij}	0.072^{ghij}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	0.1^{e}	0.098^{g}	0.092^{fg}	0.085^{g}	0.085^{ef}	0.08^{ghi}	0.077^{f}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	0.104^{b}	0.103^{de}	0.096^{bc}	0.089^{d}	0.087^{cd}	0.082^{de}	0.082^{c}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	0.108^{a}	0.106^{ab}	0.098^{a}	0.091^{a}	0.09^{a}	0.087^{a}	0.085^{ab}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	0.098^{g}	0.1^{h}	0.092^{gh}	0.087^{e}	0.082^{h}	0.08^{fg}	0.074^{g}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	0.103^{bc}	0.103^{d}	0.095^{cd}	0.09^{cd}	0.087^{cd}	0.083^{c}	0.08^{cd}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	0.104^{b}	0.105^{ab}	0.097^{b}	0.09^{abc}	0.088^{bc}	0.085^{b}	0.084^{b}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	0.108^{a}	0.106^{a}	0.098^{a}	0.091^{a}	0.09^{a}	0.088^{a}	0.087^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	0.094^{h}	0.092^{i}	0.087^{jkl}	0.083^{hi}	0.079^{kl}	0.079^{ijk}	0.073^{ghi}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	0.094^{h}	0.095^{h}	0.087^{jkl}	0.083^{hi}	0.079^{kl}	0.079^{ij}	0.072^{hij}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	0.099^{ef}	0.098g	0.092^{gh}	0.086^{ef}	0.084^{g}	0.079^{ij}	0.076^{f}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	0.102^{cd}	0.103^{cd}	0.094^{ef}	0.089^{d}	0.086^{de}	0.084^{c}	0.079^{de}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	0.096^{g}	0.095^{h}	0.088^{jk}	0.083^{h}	0.08^{ijk}	0.079^{ij}	0.072^{ghij}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	0.093^{h}	0.098^{g}	0.09^{i}	0.084^{g}	0.08^{hij}	0.08^{ghi}	0.073^{gh}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	0.099^{ef}	0.103^{d}	0.092^{gh}	0.089^{d}	0.084^{fg}	0.083^{cd}	0.076^{f}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	0.105^{b}	0.106^{ab}	0.098^{a}	0.091^{ab}	0.089^{ab}	0.087^{a}	0.084^{b}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	0.092^{h}	0.091^{i}	0.086^{l}	0.083^{hi}	0.078^{l}	0.077^{l}	0.07^{1j}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	0.093^{h}	0.092^{i}	0.087^{kl}	0.082^{i}	0.079^{kl}	0.078^{kl}	0.072^{hij}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	0.098^{f}	0.098^{g}	0.09^{i}	$0.086f^{g}$	0.08^{hij}	0.08^{fgh}	0.073^{ghi}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	0.102^{d}	0.102^{ef}	0.094^{ef}	0.087^{e}	0.085^{ef}	0.081^{ef}	0.079^{e}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	0.094^{h}	0.095^{h}	0.087^{jkl}	0.083^{hi}	0.079^{jkl}	0.079^{jk}	0.072^{ij}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	0.096^{g}	0.096h	0.088^{jkl}	0.085^{g}	0.079^{ijk}	0.080^{ghij}	0.072^{ghij}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	0.098^{f}	0.1^{f}	0.091^{hi}	0.087^{e}	0.081^{hi}	0.081^{fg}	0.073^{gh}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	0.102^{cd}	0.105^{bc}	0.094^{de}	0.09^{bc}	$0.086d^{e}$	0.085^{b}	0.08^{de}
LSD	0.0016	0.0016	0.0013	0.001	0.0013	0.001	0.0016

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد فلاوباکتریوم و کاربرد توأم ورمی کمپوست و فلاوباکتریم. H_1 و H_2 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر هیومیک اسید.

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, salinity 50 and 100 mM respectively. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of bio fertilizers, application of vermicompost, Flabacterium and both application vermicompost, Flabacterium. H_1 and H_2 are no foliar application and foliar application 2 $g.L^{-1}$ humic acid respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

فلورسانس متغیر (Fv)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات تنش شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید و برهم‌کنش این سه عامل بر فلورسانس متغیر در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). با گذشت زمان فلورسانس متغیر در تمامی ترکیبات تیماری از روند نزولی برخوردار بود (جدول ۷). بیش‌ترین مقدار Fv (220)در کاربرد توأم ورمی-کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری در ۸۱ روز پس از کاشت بود که از افزایش ۹۴/۶۹ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۷).

اصولاً مقدار فلورسانس کلروفیل زمانی که پذیرنده الکترون (کوینون) در حالت احیا باشد زیاد است و به‌این‌علت، مقدار آن نیز در این حالت زیاد می‌شود، ولی زمانی که کوینون در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کم می‌شود، در این حالت میزان Fv کاهش می‌یابد (Paknejad et al., 2007).

جدول ۵. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر فلورسانس متغیر تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 5. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on variable fluorescence of triticale in different days after planting (DAP)

		درجه آزادی	M.S (DAP)			میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت)			
S.O.V	منابع تغییر	df	57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	361326.9**	253093.8**	18984.8**	139537.5**	88768**	42076**	25741.5**
Salinity (S)	شوری	2	12231.3**	45305.3**	11478.2**	16695.3**	31853.3**	1548.2**	11803.3**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	16883.6**	63687.1**	19923.2**	20046.8**	56320.8**	2662.4**	15181.5**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	4802**	19701.1**	4851.1**	5618**	11704.5**	790**	4802**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	333**	1250.3**	173.1**	464.2**	653.7**	84.3**	150**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	4.62^{ns}	12.8^{ns}	140*	43.6^{ns}	34.1^{ns}	5.34^{ns}	60.5^{ns}
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	78.3^{ns}	558.4*	142.3*	151*	227.5^{ns}	36.1**	149^{ns}
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	1.64**	78.3*	687.2**	304.5**	336.1**	732.1**	42.1**
Error	خطا	46	48	182.4	52.84	60.57	146.9	7.39	44.09
C.V%	ضریب تغییرات	-	*6.8*	*8.02*	*8.9*	*6.03*	*7.11*	*10.2*	*8.55*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر فلورسانس حداقل تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 6. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on minimum fluorescence triticale in different days after planting (DAP)

		درجه آزادی	M.S (DAP)			میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت)			
S.O.V	منابع تغییر	df	57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	29744**	34367.8**	44266.8**	41633.3**	43808.5**	50600.1**	51894**
Salinity (S)	شوری	2	1805.8**	1135.1**	12.1^{ns}	2438.5**	4.76^{ns}	581.4**	371.6**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	2731.3**	1781.7**	3124.2**	2250.9**	7015.8**	1314.7**	909.6**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	87.7**	1596.1**	53.3**	1035.1**	12.2^{ns}	338**	288**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	136.3**	1277**	105.5**	110.3**	835.4**	48.3**	107.2**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	326.1**	596.2**	557.5**	122.4**	981.3**	7.05^{ns}	7.12*
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	82.6**	2203.7**	316.6**	391.3**	337.5**	48.2**	54.3**
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	128.6**	1891.4**	137.9**	337.3**	126.9**	44.6**	49.4**
Error	خطا	46	8.39	20.8	7.54	9.72	17.2	3.57	2.82
C.V%	ضریب تغییرات	-	*8.2*	*5.6*	*8.9*	*6.5*	*9.11*	*8.3*	*7.18*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

فلورسانس حداقل (F0)

سطوح بالای شوری موجب افزایش فلورسانس حداقل شد. به‌علاوه میزان فلورسانس حداقل همواره در شرایط عدم اعمال شوری کمتر از شوری ۱۰۰ میلی‌مولار خاک بود (جدول ۷). در ۸۱ روز پس از کاشت، بیش‌ترین فلورسانس حداقل (۲۴۲) در ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار خاک به دست آمد که از افزایش ۱۲/۵۵ درصدی نسبت به کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید تحت شرایط عدم اعمال شوری برخوردار بود (جدول ۷). به نظر می‌رسد استفاده از این ترکیب

تیماری توانسته است به نحو مناسب‌تری از رطوبت خاک استفاده کند و در این راستا ارزیابی محتوای نسبی آب برگ پرچم (جدول ۱۳) بیانگر صحت این ادعاست، در نتیجه شرایط فتوسنتزی بهتری ایجادشده و مانع از افزایش بیش‌ازحد فلورسانس حداقل شده است (Parkash and Ramachandran, 2000).

فلورسانس حداکثر (Fm)

نتایج نشان می‌دهد در شرایط شوری ۵۰ میلی‌مولار کاهش قابل‌توجهی در فلورسانس حداکثر و در تخریب فتوشیمیایی مشاهده نشد، درحالی‌که در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار خاک، اثر شوری بر سیستم فتوشیمیایی با کاهش قابل‌توجهی در فلورسانس حداکثر مواجه شد (جدول ۱۰).

کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید موجب افزایش ۲۲/۵۳ درصدی Fm نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید تحت شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار خاک در ۸۱ روز پس از کاشت شد (جدول ۱۰). کاهش در میزان فلورسانس حداکثر و متغیر، نشان‌دهنده بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سرعت بازسازی آنزیم روبیسکو، کاهش فراهمی دی‌اکسید کربن از روزنه‌ها، کاهش سرعت انتقال و درنهایت کاهش فتوسنتز است (Maxwell and Johnson, 2000). خیری‌زاده‌آروق و سیدشریفی (Kherizadeh Arough and Seyed Sharifi, 2018) اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر فلورسانس متغیر و فلورسانس حداقل و نیتروژن تریتیکاله.

Table 7. Means comparison of effects of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on variable fluorescence and minimum fluorescence of triticale

تیمار Treatments	Variable Fluorescence فلورسانس متغیر						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	593^{klm}	471^{klm}	422.5^{jkl}	360^{ij}	264^{kl}	199.5^{jkl}	146^{hi}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	614^{hi}	513^{hi}	444.5^{hi}	381^{fg}	302^{hi}	206.5^{gh}	164^{ef}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	638^{ef}	561^{ef}	463^{fg}	417^{d}	346^{ef}	216.5^{e}	185^{d}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	670^{ab}	625^{ab}	512^{a}	441^{ab}	406^{ab}	234.5^{ab}	216^{a}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	614^{hi}	513^{hi}	444.5^{hi}	376^{fgh}	302^{hi}	206.5^{gh}	161^{efg}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	631^{fg}	537^{g}	457.5^{g}	415^{d}	333^{fg}	211.5^{f}	184^{d}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	655^{cd}	611^{bc}	479^{de}	425^{cd}	361^{de}	231^{b}	204^{bc}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	677^{a}	639^{a}	504.5^{ab}	446^{a}	419^{a}	238^{a}	220^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	570^{op}	441^{nop}	406.5^{mno}	339^{lm}	240^{mno}	197^{klmn}	128^{jk}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	589^{lm}	463^{lmn}	418^{klm}	355^{jk}	257^{kl}	199^{klm}	145^{hi}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	604^{ijk}	493^{ijk}	433.5^{ij}	368^{hj}	284^{ij}	203.5^{hi}	155^{fgh}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	655^{cd}	577^{de}	488.5^{cd}	430^{bc}	378^{cd}	221^{d}	205^{bc}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	585^{mn}	457^{mn}	414.5^{lm}	352^{jk}	$245l^{mno}$	198.5^{klm}	141^{i}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	609^{ij}	503^{ij}	439^{i}	372^{ghi}	293^{i}	205^{hi}	158^{efg}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	626^{g}	547^{fg}	470.5^{ef}	402^{hij}	324^{g}	213^{ef}	181^{d}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	663^{bc}	595^{dc}	497^{bc}	432^{bc}	393^{bc}	226.5^{c}	211^{ab}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	569^{p}	427^{op}	394^{p}	328^{m}	229^{o}	195^{mn}	113^{l}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	571^{op}	424^{p}	397^{op}	330^{m}	235^{no}	193^{n}	118^{kl}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	570^{p}	441^{nop}	406.5^{mno}	335^{lm}	240^{mno}	$197k^{lmn}$	125^{k}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	621^{gh}	527^{gh}	452^{gh}	385^{f}	315^{gh}	210^{fg}	167^{e}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	574^{nop}	433^{op}	402^{nop}	333^{lm}	231^{no}	196^{lnm}	118^{kl}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	582^{mno}	449^{mno}	411^{lmn}	343^{kl}	250^{lmn}	198.5^{klm}	137^{ij}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	598^{jkl}	481^{jkl}	427^{jk}	364^{hij}	273^{jk}	201^{ijk}	152^{gh}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	646^{de}	595^{cd}	488.5^{cd}	421^{cd}	378^{cd}	226.5^{c}	196^{c}
LSD	*11.387*	*22.199*	*11.947*	*12.792*	*19.921*	*4.4686*	*10.914*

Table 7. Continued **جدول ۷. ادامه**

تیمار Treatments	Minimum Fluorescence فلورسانس حداقل						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	175^{fg}	193^{fg}	212.5^{j}	210^{ef}	208^{j}	236.1^{bcde}	236^{cde}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	163^{i}	190^{gh}	213.5^{ij}	215^{de}	213^{ij}	232^{fgh}	241^{a}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	162^{ij}	207^{cd}	221ef^{gh}	204^{g}	208.5^{j}	228.8^{i}	234^{ef}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	148.5^{l}	200edf	186m	190^{j}	198^{k}	212^{mn}	215^{j}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	172^{gh}	175^{j}	218.5^{gh}	210^{ef}	213^{ij}	231^{ghi}	240^{cde}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	193^{ab}	216^{ab}	239.05^{a}	201.5^{g}	243.4^{a}	233.2^{efg}	233^{f}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	173^{fgh}	157^{fk}	224^{def}	196^{h}	227^{cdef}	214.4^{lm}	220^{i}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	155^{k}	174^{j}	203.5^{kl}	189^{j}	201^{k}	209^{n}	215^{j}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	188^{cd}	197^{efg}	210.5^{j}	219^{cd}	224^{ef}	237.2^{bcd}	238^{bc}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	186^{d}	184^{hi}	223^{defg}	205^{fg}	220.5^{fgh}	235.6^{ced}	236^{cde}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	177.5^{ef}	202^{ed}	229.5^{b}	223^{bc}	223^{fg}	234.5^{def}	236^{cde}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	158^{jk}	143^{l}	202.5^{kl}	173.5^{k}	188.5^{l}	218.2^{k}	22^{1i}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	186^{d}	203^{de}	212.5^{j}	215^{de}	223.5^{efg}	236.8^{bcd}	236^{cde}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	181^{e}	176.5^{ij}	229^{bc}	204^{g}	230^{cde}	231.5^{fghi}	235^{def}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	171^{gh}	148^{l}	205.5^{k}	189^{j}	217^{ghi}	225j	230^{g}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	155.5^{k}	206^{d}	199.6^{l}	195^{hi}	183.5^{lm}	219.5^{k}	219^{i}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	18^{6d}	197^{degf}	218^{hi}	226^{b}	233^{bc}	238^{abc}	242^{a}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	191^{bc}	205.5^{efg}	225^{bcde}	226^{b}	231^{bcd}	240.8^{a}	238^{bc}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	195^{ab}	223.5^{d}	224.5^{cdef}	238^{a}	230^{cde}	238.9^{ab}	237^{cd}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	169^{h}	185^{h}	200.5^{l}	215^{de}	181^{m}	228.9^{hi}	240^{ab}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	191^{bc}	214^{bc}	225^{bcde}	227^{b}	237.5^{ab}	238.6^{abc}	241^{a}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	191^{bc}	202^{bc}	227^{bcd}	220^{cd}	224.5^{def}	236.5^{bcd}	237^{cd}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	196^{a}	200.5^{def}	220^{fgh}	217^{d}	214^{hij}	236^{bcde}	233^{f}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	161^{ij}	142^{l}	183.5^{m}	190^{ij}	154^{n}	217.5^{kl}	227^{h}
LSD	4.7623	7.5109	4.5147	5.1245	6.8333	3.1063	2.7638

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد فلاوباکتریوم و کاربرد توأم ورمی کمپوست و فلاوباکتریم. H_1 و H_2 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر هیومیک اسید.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 ara no salinity, salinity 50 and 100 mM respectively. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of bio fertilizers, application of vermicompost, Flabacterium and both application vermicompost, Flabacterium. H_1 and H_2 are no foliar application and foliar application 2 $g.L^{-1}$ humic acid respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

تنش می‌تواند با استفاده بهتر از رطوبت خاک و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم، با بهبود فعالیت فتوسنتزی موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی برگ پرچم تریتیکاله شود. باغبانی آرانی و همکاران (Baghbani-Arani et al., 2019) نیز اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست به دلیل نقش مؤثر در جذب و نگهداری و افزایش ظرفیت تبادلات یونی، با افزایش محتوای کلروفیل موجب کاهش فلورسانس حداقل، افزایش فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر و درنهایت Fv/Fm برگ شد. افتاده فدافن و همکاران (Oftadeh Fadafen et al., 2018) اظهار داشتند که کاربرد ورمی-کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و کمک به جذب بیشتر عناصر غذایی، ضمن افزایش محتوای کلروفیل، در کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی تأثیر داشت. گلدانی و کمالی (Ghldani and Kamali, 2016) بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست با بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک و کمک به افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، منجر به افزایش پایداری غشاء و محتوای نسبی آب و در نتیجه عملکرد

کوانتومی فتوسیستم II شد. افشاری و همکاران (Afshari et al., 2015) بیان کردند هیومیک اسید با بهبود سطح برگ، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای، موجب افزایش عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) شد. در این بررسی نیز کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید با بهبود شاخص کلروفیل (جدول ۴)، محتوای نسبی آب و هدایت الکتریکی برگ پرچم (جدول ۱۳) موجب بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل (جدول ۷ و ۱۰) شد.

جدول ۸. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر فلورسانس حداکثر تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 8. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on maximum fluorescence of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت) 57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	598409.4**	473990.8**	417471.4**	3333609**	257296.9**	184959.4**	150733.5**
Salinity (S)	شوری	2	4682.8**	39933.9**	11101.8**	7779.4**	32600.2**	245.1**	8055.3**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	6704.6**	44539**	10042.7**	9290.9**	26032.6**	246.3**	8703.1**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	6188.2**	10082**	5921.4**	1830.1**	12474.1**	94.5**	2738**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	140.6**	1175.2**	358.2**	283.7**	1685.2**	12.8**	306.5**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	324.4**	525.2*	159.9**	25.5^{ns}	727.6**	0.12^{ns}	42.8*
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	197.6**	756.3**	192.08**	123.2**	378.2**	12.2**	54*
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	140.3**	1073**	83.1*	87.7**	500.1**	9.20**	90.3**
Error	خطا	46	22.3	139.3	35.8	27.7	99.4	0.86	27.5
C.V%	ضریب تغییرات	-	*9.12*	*9.8*	*10.1*	*8.42*	*9.02*	*7.65*	*8.55*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

جدول ۹. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر عملکرد کوانتومی تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 9. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on quantum yield of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت) 57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	0.57**	0.5**	0.43**	0.39**	0.32**	0.21**	0.16**
Salinity (S)	شوری	2	0.005**	0.01**	0.003**	0.01**	0.01**	0.005**	0.03**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	0.007**	0.01**	0.01**	0.01**	0.07**	0.01**	0,04**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	0.0001*	0.009**	0.0007**	0.006**	0.007**	0.002**	0.01**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	0.0002**	0.002**	0.0001**	0.0005**	0.002**	0.0003**	0.0002*
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	0.0003**	0.0005**	0.0008**	0.0002**	0.001**	0.00003^{ns}	0.0002^{ns}
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	0.00006*	0.003**	0.0004**	0.0008**	0.0004*	0.0001**	0.0006**
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	0.0001**	0.002**	0.0003**	0.0008**	0.0009**	0.0002**	0.0003*
Error	خطا	46	0.000021	0.000074	0.000032	0.000060	0.00016	0.000027	0.00012
C.V%	ضریب تغییرات	-	*8.65*	*7.3*	*7.85*	*8.31*	*9.8*	*10.2*	*6.35*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

عملکرد کوانتومی (Fv/Fm)

روند تغییرات این شاخص در هر دو شرایط شوری و عدم شوری، از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمامی تیمارها تبعیت کرد (جدول ۱۰). با این تفاوت که در ۸۱ روز پس از کاشت، بیش‌ترین عملکرد کوانتومی در کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید و کم‌ترین آن در عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید تحت شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به دست آمد (جدول ۱۰). درواقع نسبت Fv/Fm نشان‌دهنده‌ی بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II و معیاری از نحوه عملکرد فتوسنتز گیاهی است، به‌طوری‌که مقدار این شاخص برای بیشتر گونه‌های گیاهی در شرایط محیطی عادی ۰/۸۳ است. زمانی که گیاه با تنش مواجه می‌شود، این مقدار کاهش پیدا می‌کند (Fracheboud, 2006). در شرایط شوری، بالا بودن یون سدیم ناشی از غلظت بالای نمک، با تأثیر بر چرخه انتقال الکترون، سیستم فتوسنتزی را به سمت افزایش فلورسانس حداکثر (جدول ۱۰) و کاهش فلورسانس متغیر (جدول ۷) هدایت کرده، در نتیجه نسبت Fv/Fm را کاهش می‌دهد (Rizza et al., 2001).

هدایت الکتریکی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد برهم‌کنش توأم تنش شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱۱). هدایت الکتریکی برگ پرچم در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید نسبت به شاهد از روند کاهشی برخوردار بود (جدول ۱۳). کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری موجب کاهش ۷۴/۱۷ درصدی هدایت الکتریکی نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید تحت

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی تریتیکاله.

Table 10. Means comparison of interaction of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on maximum fluorescence and quantum yield of triticale

تیمار Treatments	Maximum Fluorescence				فلورسانس حداکثر		
	Day after planting				روز پس از کاشت		
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	768^{mno}	664^{ijk}	635^{lmn}	570^{klm}	472^{m}	435.6^{ijkl}	382^{jk}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	777^{kl}	703^{fgh}	658^{hi}	596^{fg}	515^{i}	438.5^{efg}	405^{fg}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	800^{fg}	768^{c}	684^{de}	621^{bc}	554.5^{ef}	445.3^{bcd}	419^{cde}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	818.5^{cd}	825^{a}	698^{bc}	631^{a}	604^{ab}	446.5^{ab}	431^{ab}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	786^{ij}	688^{hi}	663^{gh}	586^{hi}	515^{i}	437.5^{fgh}	401^{fg}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	824^{bc}	753^{cd}	696.55^{bc}	616.5^{cd}	576.4^{cd}	444.7^{cd}	417^{de}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	828^{ab}	768^{c}	703^{ab}	621^{bc}	588^{bc}	445.4^{bcd}	424^{bcd}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	832^{a}	813^{ab}	708^{a}	635^{a}	620^{a}	447^{a}	435^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	758^{pq}	638^{lmn}	617^{pq}	558^{op}	464^{m}	434.2^{lmn}	366^{lm}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	775^{klm}	647^{klm}	641^{kl}	560^{nop}	477.5^{lm}	434.6^{klm}	381^{jk}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	781.5^{kj}	695^{ghi}	663^{gh}	591^{gh}	507^{ij}	438^{efhg}	391^{i}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	813^{ed}	720^{ef}	691^{cd}	603.5^{ef}	566.5^{de}	439.2^{e}	426^{bc}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	771^{lmn}	660^{k}	627^{no}	567^{lmn}	468.5^{m}	435.3^{jklm}	377^{jk}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	790^{hi}	679.5^{ij}	668^{fg}	576^{jk}	523^{hi}	436.5^{hij}	393^{hi}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	797^{gh}	695^{ghi}	676^{ef}	591^{gh}	541^{fg}	438^{efgh}	411^{ef}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	818.5^{cd}	801^{b}	696.6^{bc}	627^{ab}	576.5^{cd}	446^{abc}	430^{ab}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	755^{q}	624^{n}	612^{q}	554^{p}	462^{m}	433^{n}	355^{n}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	762^{opq}	629.5^{mn}	622^{op}	556^{op}	466^{m}	433.8^{mn}	356^{n}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	765^{nop}	664.5^{jk}	631^{mno}	573^{jkl}	470^{m}	435.9^{ijk}	362^{mn}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	790^{hi}	712^{fg}	652.5^{ij}	600^{f}	496^{jk}	438.9^{ef}	407^{fg}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	765^{nop}	647^{klm}	627^{no}	560^{nop}	468.5^{m}	434.6^{klm}	359^{mn}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	773^{lm}	651^{kl}	638^{klm}	563^{mno}	474.5^{lm}	435^{jklm}	374^{kl}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	794^{gh}	681.5^{ij}	647^{jk}	581^{ij}	487^{kl}	437^{ghi}	385^{ij}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	807^{ef}	737^{de}	672^{fg}	611^{de}	532^{gh}	444^{d}	423^{bcd}
LSD	*7.7741*	*19.401*	*9.8371*	*8.6617*	*16.386*	*1.5291*	*8.6323*

Table 10. Continued **جدول ۱۰. ادامه**

تیمار Treatments	Quantum Yield عملکرد کوانتومی						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	0.772^{i}	0.709^{g}	0.665^{fg}	0.631^{hijk}	0.559^{gf}	0.486defg	0.457^{ijk}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	0.79^{fg}	0.729^{ef}	0.675^{de}	0.639^{ghi}	0.586^{e}	0.513d	0.47^{fgh}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	0.797^{ef}	0.73^{e}	0.676^{de}	0.671^{f}	0.623^{c}	0.556c	0.486^{e}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	0.818^{a}	0.757^{c}	0.733^{a}	0.698^{bc}	0.672^{b}	0.63a	0.525^{ab}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	0.781^{h}	0.745^{cd}	0.670^{ef}	0.641^{gh}	0.586^{e}	0.51de	0.472^{fgh}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	0.765^{ij}	0.713^{g}	0.656^{gh}	0.673^{ef}	0.577^{ef}	0.556c	0.475^{fg}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	0.791^{fg}	0.795^{ab}	0.681^{d}	0.684^{de}	0.613^{cd}	0.61ab	0.518^{bc}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	0.813^{ab}	0.785^{b}	0.712^{b}	0.702^{ab}	0.675^{b}	0.64a	0.532^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	0.751^{lmn}	0.691^{i}	0.658^{gh}	0.607^{m}	0.517^{hik}	0.44hi	0.453^{jk}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	0.76^{jk}	0.715^{gf}	0.652^{hi}	0.633^{ghij}	0.538^{gh}	0.48efg	0.457^{ijk}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	0.772^{i}	0.709^{g}	0.653^{h}	0.622^{jk}	0.56^{f}	0.5def	0.464^{ih}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	0.805^{cd}	0.801^{a}	0.706^{b}	0.712^{a}	0.667^{b}	0.61ab	0.503^{d}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	0.758^{jkl}	0.692^{hi}	0.661^{gh}	0.62^{kl}	0.522^{hik}	0.476fg	0.456^{ijk}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	0.77^{i}	0.74^{de}	0.657^{gh}	0.645^{g}	0.56^{f}	0.51de	0.469^{gh}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	0.785^{gh}	0.787^{b}	0.696^{c}	0.68^{def}	0.598^{de}	0.556c	0.486^{e}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	0.81^{bc}	0.742^{de}	0.713^{b}	0.688^{dc}	0.681^{b}	0.62a	0.507^{d}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	0.753^{klm}	0.684^{ij}	0.643^{ij}	0.592^{n}	0.495^{j}	0.403j	0.45^{kl}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	0.749^{mn}	0.673^{jk}	0.638^{j}	0.593^{n}	0.504^{kj}	0.42ji	0.444^{l}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	0.745^{n}	0.663^{k}	0.644^{ij}	0.584^{n}	0.51^{ijk}	0.436hi	0.451^{jkl}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	0.786^{gh}	0.74^{ed}	0.692^{c}	0.641^{gh}	0.635^{c}	0.516d	0.478^{ef}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	0.75^{mn}	0.669^{k}	0.641^{j}	0.594^{n}	0.493^{j}	0.41ji	0.45^{kl}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	0.752^{klm}	0.689^{i}	0.644^{ij}	0.609^{lm}	0.526^{hi}	0.463gh	0.456^{ijk}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	0.753^{lkm}	0.705^{gh}	0.659^{gh}	0.626^{hij}	0.56^{f}	0.496def	0.459^{ij}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	0.8^{de}	0.807^{a}	0.726^{a}	0.689^{cd}	0.71^{a}	0.583bc	0.51^{cd}
LSD	*0.0076*	*0.0142*	*0.0093*	*0.0128*	*0.0214*	*0.301*	*0.0086*

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد فلاوباکتریوم و کاربرد توأم ورمی کمپوست و فلاوباکتریم. H_1 و H_2 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر هیومیک اسید. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 ara no salinity, salinity 50 and 100 mM respectively. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of bio fertilizers, application of vermicompost, Flabacterium and both application vermicompost, Flabacterium. H_1 and H_2 are no foliar application and foliar application 2 $g.L^{-1}$ humic acid respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test

شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار شد (جدول ۱۳). انواع رادیکال‌های تولیدشده در شرایط تنش می‌توانند با حمله به لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها ویژگی‌هایی مانند سیالیت غشاء، انتقال یونی، فعالیت آنزیمی و سنتز پروتئین‌ها را کاهش داده و موجب افزایش نشت یونی (Jouyban, 2012)، کاهش پایداری غشاء و خروج بیشتر الکترولیت‌ها از غشاء (Zahedi et al., 2019) و درنهایت افزایش هدایت الکتریکی شود. خیری‌زاده آروق و سیدشریفی (Kherizadeh Arough et al., 2018) اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ پرچم تریتیکاله شده و فشار درون سلول برای رشد و درنهایت اتساع دیواره سلول افزایش می‌یابد و همین مسئله موجب کاهش صدمه به غشای سلولی و کاهش نشت یونی می‌گردد (Poormosavi et al., 2007). خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) نیز بیان کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط تنش شوری، موجب کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم گندم شد. شادکام و مهاجری (Shadkam and Mohajeri, 2019) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی (مالون‌دی‌آلدهید) منجر به کاهش نشت یونی و هدایت الکتریکی برگ به‌لیمو شد. برخی معتقدند

ورمی‌کمپوست به دلیل دارا بودن هورمون‌های گیاهی ازجمله جیبرلین و مواد مغذی مانند کلسیم می‌تواند موجب بهبود افزایش پایداری غشاء سلولی برگ و کاهش هدایت الکتریکی در شرایط شوری شود (Beykkhormizi et al., 2016). اسرینگو و همکاران (Esringü et al., 2016) گزارش کردند که استفاده از هیومیک اسید در گیاه تحت تنش شوری با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب کاهش آسیب به غشاء سلولی در شرایط تنش می‌شود.

جدول ۱۱. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر هدایت الکتریکی تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 11. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on electrical conductivity of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت) 57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	2647.3**	4331.7**	5102.7**	8137.7**	11563.8**	15079.6**	21910.7**
Salinity (S)	شوری	2	276.8**	62.6**	89**	2322.4**	2856.3**	2443.6**	10201.2**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	522.2**	95.3**	228**	3070.3**	3715.4**	1682.4**	11472.5**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	442.9**	18.6**	91.8**	515.6**	3024.4**	1489.2**	4748.2**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	22.4**	6.43**	9.96**	124.7**	131.1**	41.9**	545**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	1.37^{ns}	1.76**	0.33^{ns}	12.1^{ns}	94.9**	131.5**	231.4**
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	21.3**	3.38**	8.31**	27*	196.4**	33.7**	475.2**
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	18.9**	1.32**	1.50*	40.8**	77.5**	35.5**	206.2**
Error	خطا	46	1.66	0.28	0.60	8.96	12.70	7.10	38.24
C.V%	ضریب تغییرات	-	*10.2*	*5.64*	*6.9*	*9.2*	*8.75*	*9.8*	*7.03*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

جدول ۱۲. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر محتوای نسبی آب تریتیکاله در روزهای مختلف پس از کاشت

Table 12. Analysis of variance of the effect of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on relative water content of triticale in different days after planting (DAP)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S (DAP) میانگین مربعات (در روزهای پس از کاشت) 57	61	65	69	73	77	81
Replicatin	تکرار	2	5905.4**	5185.3**	4136.6**	3436.3**	3179.9**	2906.6**	2469.9**
Salinity (S)	شوری	2	106.8**	450.4**	503.4**	793.1**	803.7**	704.8**	507.3**
Biofertilizers (B)	کودهای زیستی	3	269.4**	377.4**	666.1**	410.3**	378**	633.2**	326.7**
Humic acid (H)	اسید هیومیک	1	109.7**	285.6**	668.3**	170.8**	234.3**	215.5**	279.7**
S×B	شوری × کودهای زیستی	6	2.15**	10.6**	18.1**	31.1**	8.75**	22.5**	6.22**
S×H	شوری × اسید هیومیک	2	3.09**	6.81**	39.3**	4.27^{ns}	42.3**	2.43^{ns}	19.7**
B×H	کودهای زیستی×اسید هیومیک	3	1.12^{ns}	10.4**	35.8**	8.42**	6.33*	13.6**	3.78*
S×B×H	شوری×کودهای زیستی×اسید هیومیک	6	3.49**	8.75**	17.6**	11.2**	6.76**	9.51**	3.71*
Error	خطا	46	0.68	1.43	2.36	1.89	1.84	2.18	1.38
C.V%	ضریب تغییرات	-	*7.42*	*8.03*	*10.1*	*9.56*	*6.23*	*7.64*	*7.29*

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

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

کاهش نشت مواد سیتوپلاسمی در کاربرد باکتری محرک رشد و هیومیک اسید احتمالاً نشان‌دهنده این است که باکتری‌های محرک رشد و هیومیک اسید، گیاه را در شرایط مناسب‌تری قرار داده و موجب افزایش قطر دیواره سلولی گیاه و در نتیجه افزایش پایداری غشاء سلولی شده است (Parvazi Shandi et al., 2013).

محتوای نسبی آب

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید و برهم‌کنش توأم این سه عامل بر محتوای نسبی آب در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱۲). با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به عدم اعمال شوری کاهش بیشتری را نشان داد (جدول ۱۳). در ۸۱ روز پس از کاشت، بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ پرچم (۶۷/۳ درصد) در ترکیب تیماری کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و محلول هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری بود (جدول ۱۳) که این ترکیب تیماری موجب افزایش ۵۰/۴۸ درصدی محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی هیومیک اسید تحت شرایط شوری ۱۰۰ میلی-مولار خاک شد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳. مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر هدایت الکتریکی و محتوای نسبی تریتیکاله.

Table 13. Means comparison of interaction of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on electrical conductivity and relative water content triticale.

تیمار Treatments	Electrical Conductivity (µS m^{-1}) شاخص هدایت الکتریکی						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	58.26^{de}	68.48^{d}	76.1^{ef}	104.75^{bc}	125.35^{ef}	132.5^{fg}	166.45^{de}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	53.81^{gh}	65.93^{gh}	73^{gh}	86.25^{h}	112.61^{ij}	121.5^{jk}	134.5^{ij}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	47.35^{mno}	64.51^{j}	70.32^{klm}	75.1^{kl}	92.41^{no}	112^{n}	119.4^{klm}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	45.84^{op}	64.26^{j}	68.57^{no}	71.35^{l}	90.3^{o}	109^{n}	113.75^{m}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	51.57^{ij}	66.78^{efg}	71.29^{ijk}	91.23^{fg}	101.16^{lm}	122^{ijk}	152.75^{fg}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	45.35^{op}	64.71^{ij}	69.57^{lmno}	76.6^{jk}	90.91^{o}	110^{n}	117.5^{lm}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	45.1^{p}	64.51^{j}	69.07^{mno}	73.6^{kl}	90.3^{o}	109.2^{n}	115^{lm}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	44.85^{p}	64.25^{j}	68.45^{o}	70.6^{l}	90.22^{o}	108.7^{n}	112.5^{m}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	66.99^{a}	71.33^{a}	78.87^{bc}	111^{a}	136.8^{bc}	144^{bc}	194.1^{a}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	54.56^{gh}	70.63^{ab}	77.4^{d}	110.5^{a}	115.81^{hi}	135^{ef}	180.5^{bc}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	52.56^{hi}	66.28^{gh}	71.79^{hij}	88.25^{gh}	109.41^{jk}	128.5^{gh}	159.95^{ef}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	46.35^{nop}	64.93^{ij}	69.32^{nmo}	81^{ij}	93.66^{no}	120^{jkl}	122^{klm}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	57.06^{ef}	69.38^{c}	76.8^{de}	107.99^{ab}	122.15^{fg}	130^{gh}	191^{a}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	50.07^{jkl}	66.68^{fg}	74^{g}	98.5^{de}	106.41^{kl}	116.5^{lm}	141.5^{hi}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	48.35^{lmn}	66.28^{gh}	69.82^{lmn}	88.25^{gh}	98.16^{mn}	113^{mn}	129.5^{jk}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	45.85^{op}	64.26^{j}	68.82^{no}	72.1^{kl}	90.8^{o}	110^{n}	117^{lm}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	62.45^{b}	71.42^{a}	80.33^{a}	112.6^{a}	147.8^{a}	150.55^{a}	195.95^{a}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	61.71^{bc}	71.4^{a}	79.62^{ab}	111.4^{a}	139^{b}	141.5^{cd}	195^{a}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	59.46^{d}	67.58^{e}	72.29^{hi}	100.75^{cd}	128.25^{de}	140^{cd}	186^{ab}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	50.58^{ijk}	65.43^{hi}	70.82^{jkl}	84^{hi}	103.41^{lm}	124^{ij}	142.75^{ghi}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	60.21^{cd}	71.23^{a}	77.77^{cd}	110.5^{a}	131.55^{cd}	148^{ab}	193^{a}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	55.81^{fg}	70.28^{b}	75.5^{f}	108.1^{ab}	119.03^{gh}	137.5^{de}	173.45^{cd}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	49.32^{klm}	67.28^{ef}	71.17^{ijk}	94.25^{ef}	103.41^{lm}	126^{hi}	147.75^{gh}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	46.85^{nop}	64.33^{j}	69.07^{mno}	81^{ij}	95.16^{no}	118.5^{kl}	124.5^{jkl}
LSD	*2.123*	*0.876*	*1.281*	*4.922*	*5.858*	*4.38*	*10.163*

Table 13. Continued **جدول ۱۳. ادامه**

تیمار Treatments	Relative Water Content (%) محتوای نسبی آب						
	Day after planting روز پس از کاشت						
	57	61	65	69	73	77	81
$S_1 \times B_1 \times H_1$	80.81hi	75.35^{j}	68.2^{hij}	58.65^{ij}	56.5^{g}	56.25^{hi}	49.99^{hi}
$S_1 \times B_2 \times H_1$	84.35fg	76.85^{hi}	71.7^{g}	61.15^{hi}	61.25^{de}	58.75^{fg}	56.14^{de}
$S_1 \times B_3 \times H_1$	85.37ef	79.6^{ef}	79.3^{c}	68.12^{de}	68.3^{ab}	64.5^{cd}	65.22^{ab}
$S_1 \times B_4 \times H_1$	91.1ab	84.95^{a}	82.8^{ab}	75.7^{4b}	69.33^{ab}	67.85^{ab}	66.3^{a}
$S_1 \times B_1 \times H_2$	85.1f	79.35^{ef}	74.2^{ef}	$65f^{g}$	63^{de}	60.5^{ef}	54.42^{ef}
$S_1 \times B_2 \times H_2$	87.14de	81.25^{d}	81.29^{b}	77.24^{ab}	68.33^{ab}	65.9^{bc}	63.47^{b}
$S_1 \times B_3 \times H_2$	89.49bc	83.45^{bc}	83.3^{a}	79.25^{a}	69.83^{ab}	67.35^{ab}	65.55^{ab}
$S_1 \times B_4 \times H_2$	91.64a	85.45^{a}	83.8^{a}	78.25^{ab}	70.33^{a}	68.35^{a}	67.3^{a}
$S_2 \times B_1 \times H_1$	78.4kj	73.1^{lm}	66.41^{jk}	55.91^{k}	51.86^{hi}	49.25^{m}	45.85^{kl}
$S_2 \times B_2 \times H_1$	79.2jki	73.85^{kl}	69.7^{h}	60.4^{i}	52.6^{hi}	50.5^{lm}	47.1^{jk}
$S_2 \times B_3 \times H_1$	84.03fg	78.35^{fg}	72.45^{fg}	63.25^{gh}	61^{ef}	55^{ij}	55.41^{def}
$S_2 \times B_4 \times H_1$	88.42dc	82.45^{cd}	77.12^{d}	72.73^{c}	65.8^{c}	60^{f}	57.17^{cd}
$S_2 \times B_1 \times H_2$	80jhi	74.6^{jk}	68.95^{hi}	59.9^{ij}	53.45^{hi}	52.5^{kl}	49.6^{hi}
$S_2 \times B_2 \times H_2$	81.34h	75.85^{ij}	73.2^{efg}	66.11^{ef}	58.75^{fg}	58.75^{fg}	51.98^{gh}
$S_2 \times B_3 \times H_2$	85.63ef	79.85^{e}	74.45^{e}	67.63^{e}	62.5^{de}	62.5^{de}	55.42^{def}
$S_2 \times B_4 \times H_2$	90.57ab	84.45^{ab}	81.3^{b}	75.74^{b}	67.8^{bc}	65.9^{bc}	65.22^{ab}
$S_3 \times B_1 \times H_1$	77.8k	72.56^{lm}	64.12^{l}	55.7^{k}	51.46^{i}	48.4^{m}	44.8^{kl}
$S_3 \times B_2 \times H_1$	77.59k	72.35^{m}	65.1^{kl}	56.02^{k}	51.52^{i}	49^{m}	44.63^{l}
$S_3 \times B_3 \times H_1$	83.22g	77.6^{gh}	67.43^{ij}	57.39^{jk}	52.1^{hi}	52^{kl}	50.23^{hi}
$S_3 \times B_4 \times H_1$	85.1f	79.35^{ef}	73.7^{ef}	66.1^{ef}	57.75^{g}	57.5^{gh}	56.67^{de}
$S_3 \times B_1 \times H_2$	79.19kji	73.84^{kl}	67.42^{ij}	57.39^{jk}	52^{hi}	48.8^{m}	47.1^{jk}
$S_3 \times B_2 \times H_2$	81.08h	75.6^{ij}	69.45^{h}	60.1^{i}	53.05^{hi}	49.25^{m}	48.32^{ij}
$S_3 \times B_3 \times H_2$	84.56fg	78.85^{efg}	73.7^{ef}	67.14^{ef}	53.9^{h}	53^{jk}	53.22^{fg}
$S_3 \times B_4 \times H_2$	89.49bc	83.45^{bc}	74.77^{e}	70.53^{cd}	63.5^{d}	59.5^{fg}	59.47^{c}
LSD	*1.796*	*1.356*	*1.97*	*2.525*	*2.265*	*2.229*	*2.427*

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد فلاوباکتریوم و کاربرد توأم ورمی کمپوست و فلاوباکتریم. H_1 و H_2 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر هیومیک اسید. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 ara no salinity, salinity 50 and 100 mM respectively. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of bio fertilizers,
application of vermicompost, Flabacterium and both application vermicompost, Flabacterium. H_1 and H_2 are no foliar application and foliar application 2 $g.L^{-1}$ humic acid respectively.
Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test

به نظر می‌رسد یکی از دلایل بهبود محتوای نسبی آب برگ در کاربرد هیومیک اسید آن است که این ماده رشد اندام هوایی و ریشه را تحریک می‌کند، ولی اثر آن بر روی ریشه بیشتر بوده و با افزایش حجم ریشه، موجب گسترش سیستم ریشه‌ای (Sabzevari et al., 2009) و ایجاد شرایط بهینه برای افزایش جذب آب توسط گیاه فراهم می‌شود. باکتری‌های محرک رشد با تولید متابولیت‌ها و ترکیباتی که برای جذب آب در گیاه مفید هستند موجب بهبود محتوای نسبی آب در شرایط تنش شوری می‌شوند (Zeinali bafghi et al., 2020). بیک خورمیزی و همکاران (Beykkhormizi et al., 2016) اظهار داشتند ورمی‌کمپوست به دلیل ساختار متخلخل و ظرفیت نگهداری آب بالا می‌تواند در افزایش محتوای نسبی آب گیاه تحت شرایط شوری مؤثر واقع شود. هیومیک اسید نیز به دلیل پیوند با مولکول‌های آب تا حدود زیادی تبخیر آب را کاهش داده (Bronick and Lai, 2005) و با کمک به گسترش ریشه در خاک و افزایش توانایی جذب آب، محتوای نسبی برگ را در شرایط تنش افزایش می‌دهد (Aggag et al., 2015).

عملکرد تک بوته

بیش‌ترین عملکرد تک بوته (۳/۱۲ گرم در بوته) در کاربرد ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید تحت شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد که از افزایش ۶۹/۵۶ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و هیومیک اسید تحت شرایط شوری ۱۰۰ میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۱۴). به نظر می‌رسد کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید تحت شرایط شوری با بهبود شاخص کلروفیل (جدول ۴)، عملکرد کوانتومی (جدول ۱۰)، افزایش محتوای نسبی آب و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم (جدول ۱۳)، موجب افزایش عملکرد دانه (جدول ۱۴) شد. در این راستا خیری‌زاده آروق و سیدشریفی (Kherizadeh Arough et al., 2018) اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش با بهبود محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم و همچنین بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله شد. خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) بیان کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد با افزایش شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، عملکرد کوانتومی و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم موجب افزایش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش شوری شد. افکاری و فرجپور (Afkari and Farajpour, 2019) اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط شوری از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و تأمین عناصر غذایی مانند نیتروژن، موجب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود که به دنبال آن توانایی جذب نور، تولید مواد فتوسنتزی و درنهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد.

حیدرپور و همکاران (Heidarpour et al., 2020) اظهار داشتند کاربرد ورمی‌کمپوست تحت شرایط تنش با افزایش محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل، فلورسانس کلروفیل و کاهش نشت یونی برگ می‌تواند در افزایش عملکرد مؤثر باشد. داودی فرد و همکاران (Davodi Fard et al., 2012) گزارش کردند کاربرد هیومیک اسید در گندم تحت تنش شوری، با تأثیر بر برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند محتوای کلروفیل، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود. جاسمی‌منش و همکاران (Jasemi Manesh et al., 2020) اظهار داشتند کاربرد هیومیک اسید در شرایط شوری با بهبود محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل و کاهش نشت یونی برگ، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد.

جدول ۱۴. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کاربرد کودهای زیستی، محلول‌پاشی هیومیک اسید و تنش شوری بر عملکرد دانه

Table 14. Means comparison of effects of bio fertilizers, foliar application of humic acid and salinity stress on grain yield

تیمار Treatments		عملکرد دانه Grain Yield (g per plant)			
		Biofertilizers Levels سطوح کودهای زیستی			
		B1	B2	B3	B4
S1	H1	2.2^{hi}	2.35^{fg}	2.51^{de}	3.1^{a}
	H2	2.42^{efg}	2.6^{cd}	2.9^{b}	3.12^{a}
S2	H1	1.9^{jkl}	2^{j}	2.39^{efg}	2.7^{c}
	H2	2.17^{i}	2.31^{gh}	2.47^{ef}	2.97^{b}
S3	H1	1.84^{l}	1.99^{jk}	2.3^{gh}	2.45^{ef}
	H2	1.87^{kl}	2^{j}	2.42^{efg}	2.5^{de}
LSD		0.1224			

S1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار.

B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد فلاوباکتریوم و کاربرد توأم ورمی کمپوست و فلاوباکتریوم. H_1 و H_2 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر هیومیک اسید.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, salinity 50 and 100 mM respectively. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of bio fertilizers, application of vermicompost, Flabacterium and both application vermicompost, Flabacterium.

H_1 and H_2 are no foliar application and foliar application 2 $g.L^{-1}$ humic acid respectively.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test

نتیجه‌گیری نهایی

کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریوم و هیومیک اسید با بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، افزایش شاخص کلروفیل و محتوای آب نسبی برگ در طول فصل رشد، موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله در شرایط شوری شد. بیش‌ترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری کاربرد توأم ورمی‌کمپوست، فلاوباکتریم و هیومیک اسید در شرایط عدم اعمال شوری تعلق داشت. به نظر می‌رسد به‌منظور بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش شوری، استفاده از کودهای زیستی و هیومیک اسید عاملی مناسب باشد.

منابع

Afkari, A., Farajpour, P., 2019. Evaluation of the effect of vermicompost and salinity stress on the pigments content and some biochemical characteristics of Borage (*Borago Officinalis* L.). Journal of Plant Environmental Physiology. 14, 90-103. [In Persian with English Summary].

Afshari, H., Pourali, M., Sajedi, M., Hokm Abadi, H., 2015. Evaluation of the effect of humic acids on quantitative and qualitative characteristics of Abbas Ali cultivar. Journal of Plant Environmental Physiology. 10, 72-83. [In Persian with English Summary]

Aggag, A.M., Alzoheiry, A.M., Abdallah, A.E., 2015. Effect of kaolin and fulvic acid anti-transpirants on tomato plants grown under different water regimes. Alexandria Sciene Exchange Journal. 36, 2-15.

Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting Rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University-Science. 26, 1-20.

Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavi, S.A.M., Mashhadi Akbar Boojar, M., Adavi, Z., Dehghanzade-Jezi, H., 2019. The effect of water deficit stress on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, trigoneline and grain yield in fenugreek in response to zeolite and nitrogen. Nova Biologica Reperta. 6, 229-240. [In Persian with English Summary].

Beykkhormizi, A., Abrishamchi, P., Ganjeali, A., Parsa, M., 2016. Effect of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 39, 883-893.

Bronick, E.J., Lai, R., 2005. Soil structure and management. A review. Geoderma. 124, 3-22.

Cantale, C., Petrazzuolo, F., Correnti, A., Farneti, A., Felici, F., Latini, A. and Galeffi, P., 2016. Triticale for Bioenergy Production. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 8, 609-616.

Davodi Fard, M., Habibi, D., Davodi Fard, D., 2012. Effects of salinity stress on membrane stability, chlorophyll content and yield components of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. Agronomy and Plant Breeding. 23, 1-16. [In Persian with English Summary].

Deka, S., Deka, H., 2012. Vermicompost assisted phytoremediation for abatement of crude oil contaminated soil. In: Proceedings of International Conference on Anthropogenic Impact on Environment and Conservation Strategy (ICAIECS - 2012). November 02 - 04, 2012, Ranchi, India

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25, 183-191.

Esringü, A., Kaynar, D., Turan, M., Ercisli, S., 2016. Ameliorative effect of humic acid and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on hungarian vetch plants under salinity stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 47, 602-618.

Ferrara, G., Brunetti, G., 2010. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. Spanish Journal of Agricultural Research. 8, 817-822.

Flores, E., Frias, J.M., Herrero, A., 2005. Photosynthetic nitrate assimilation in cyanobacteria. Photosynthesis Research. 83, 117-133.

Fracheboud, Y., 2006. Using chlorophyll fluorescence to study photosynthesis. Institute of Plant Sciences ETH, Universitat strass.

Garcia-Sanchez, F., Syvertsen, J.P., 2009. Substrate type and salinity affect growth

allocation, tissue ion concentration, and physiological responses of *Carrizo citrange* seedlings. HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science. 44, 1432-1437.

Ghldani, M., Kamali, M., 2016. Evaluation of Culture Media Including Vermicompost, Compost and Manure under Drought Stress in Iranian Petunia (*Petunia hybrida*). Journal of Plant Productions. 39, 91-100. [In Persian with English Summary].

Gupta, B., Huang, B., 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical and molecular characterization. International Journal of Genomics. 1-18.

Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., Da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A., Correa, B., 2008. Influence of macro and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Food Control. 19, 36-43.

Heidarpour, O., Esmaielpour, B., Soltani Toolarood, A., Khorramdel, S., 2020. Effect of Vermicompost on Morphophysiological, Biochemical and Yield Characteristics of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) under Different Irrigation Regimes. Journal of Agroecology. 12, 507-522. [In Persian with English Summary].

Hewedy, A.M., 1999. Influence of single and multi-bacterial fertilizer on the growth and fruit yield of tomato. Egypt Journal of Applied Science. 14, 508-523.

Islam, M.R., Rahman, S.M.E., Rahman, M.M., Oh, D.H., Ra, C.S., 2010. The effects of biogas slurry on the production and quality of maize fodder. Turkish Journal of Agricultural and Forestry. 34, 91-99.

Jabeen, N., Ahmad, R., 2011. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and nitrate reductase activity in sunflower and safflower leaves under salinity. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 39, 172-178.

Jabeen, N., Ahmad, R., 2016. Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 40, 104-114.

Jasemi Manesh, M., Sharifi Asl, R., Mirzaei Haydari, M., 2020. The effect of humic acid on growth, yield, and some physiological parameters of wheat under salinity stress. Journal of Plant Environmental Physiology. 15, 10-22. [In Persian with English Summary].

Jouyban, Z., 2012. The effect of salt stress on plant growth. Technical Journal of Engineering and Applied Science. 2, 7-10.

Kavino, M., Harish, S., Kumar, N., Saravanakumar, D., Samiyappan, R., 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa* spp.) under field conditions. Applied Soil Ecology. 45, 71-77.

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

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Barmaki, M., 2016. Effect of Zinc and Bio Fertilizers on Antioxidant Enzymes Activity, Chlorophyll Content, Soluble Sugars and Proline in Triticale under Salinity Condition. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 44, 116-124.

Kherizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., 2018. Efects of bio fertilizers and zinc on yield, variations of quantum yield, stomatal conductance and some physiological traits of triticale (Triticosecale) under withholding conditions. Journal of Plant Process and Function. 7, 57-74. [In Persian with English Summary].

Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., Basile, N., 2010. Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil. 330, 65-71.

Li, M., Liu, R., Christie, P., 2005. Influence of three Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and nutrient status of Taro. Communication in Soil Science and Plant analysis. 36, 2383-2396.

Maxwell, K., Johnson, G.N., 2000. Chlorophyll fluorescence ea practical guide. Journal of Experimental Botany. 51, 659-668.

Mohd, T., Osumanu, H.A., Nik, M., 2009. Effect of mixing urea with humic acid and acid sulphate soil on ammonia loss, exchangeable ammonium and available nitrate. American Journal of Environmental Sciences. 5, 588-591.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic

substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34, 1527-1536.

Noreen, Z., Ashraf, M., 2009. Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). Environmental and Experimental Botany. 67, 395-402.

Oftadeh Fadafen, A., Aminifard, M.H., Behdani, M.A., Moradinezhad, F., 2018. Evaluation of nitroxin and vermicompost on quantitative characteristics and photosynthetic pigments of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research. 5, 163-179. [In Persian with English Summary].

Paknejad, F., Majidi heravan, E., Noor mohammadi, Q., Siyadat, A., Vazan, S., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 5, 162-169.

Parvazi Shandi, S., Pazoki, A., Asgharzadeh, A., Azadi, A., Paknejad, F., 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat in. Crop Physiology Journal. 5, 19-33. [In Persian with English Summary].

Poormosavi, S.M., Golwi, M., Daneshiyan, J., Ghanbari, A., Basirani, N., 2007. Study of stress drought and manure fertilizer effect on moisture content, electrolyte leakage and leaf chlorophyll content of soybean. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 14, 65-77.

Prakash, M., Ramachandran, K., 2000. Effects of moisture stress and anti transpirantsion leaf chlorophyll, soluble protein and photosynthetic rate in brinjal plants. Journal of Agronomy. 184, 153-156.

Rizza, F., Pagani, D., Stance, A.M., Cattivelli, L., 2001. Use of chlorophyll fluorescence to evaluate the cold acclimation and freezing tolerance of winter and spring oats. Plant Breeding. 120, 389-396.

Sabzevari, S., Khazaie, H., Kafi, M., 2009. Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum*. L). Journal of Water and Soil. 23, 87-94.

Scharf, P.C., Brouder, S.M., Hoeft, R.G., 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. Agronomy Journal, 98, 655-665.

Shadkam, Z., Mohajeri, F., 2019. The interaction between irrigation interval with manure and vermicompost on vegetative characteristics and yield of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* L.). Bi-Quarterly Journal of Plant Production. 9, 67-82. [In Persian with English Summary].

Talaat, N.B., Shawky, B.T., 2012. 24-Epibrassinolide ameliorates the saline stress and improves the productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal Environmental and Experimental Botany. 82, 80-88.

Volkmar, K.M., Hu, Y., Steppuhn, H., 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science. 78, 19-27.

Zahedi, S.M., Sadat Asgarian, Z., Gholami, R., Karami, F., 2019. Effect of 24-Epibrassinolide foliar application on the "Camarosa" strawberry plant growth and fruit yield under salinity stress condition in soilless culture. Journal of Plant Production and Research. 26, 169-183.

Zeinali bafghi, M., Gholamnezhad, J., Esmaeilzadeh-Hosseini, S.A., Shirmardi, M., Jafari, A., 2020. Influence of gowth promoting bacteria on gowth and physiological characters of pistachio in saline soils. Horticultural Plants Nutriton. 2, 107-129. [In Persian with English Summary].