



<https://ijpb.ui.ac.ir/?lang=en>

IRANIAN JOURNAL OF PLANT BIOLOGY

E-ISSN: 2322-2204

Vol. 14, Issue, No. 3, Autumn 2022

Document Type: Research Paper

Received: 27/04/2023

Accepted: 27/06/2023

The Effect of Some Nanoparticles and Biofertilizers on Chlorophyll Fluorescence Components and Some Physiological Traits of Triticale (*Triticosecale* Wittmack) at Different Irrigation Levels

Fatemeh Aghaei¹, Raouf Seyed Sharifi^{1*} , Salim Farzaneh¹

¹ Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

In order to investigate the effects of nanoparticles (nano Fe-Si oxide) and biofertilizers (*Azospirillum lipoferum* and *Pseudomonas putida*) on chlorophyll fluorescence components and some physiological traits of triticale at different levels of irrigation, an experimental as the factorial study was conducted based on randomized complete block design with three replications. The studied factors included three levels of irrigation (full irrigation as control, irrigation withholding at 50% of booting and heading stages as severe, and moderate water limitation, respectively), application of biofertilizers (*Azospirillum lipoferum* and *Pseudomonas putida*) in four levels, and nanoparticles foliar application (nano iron oxide and nano silicon oxide) at four levels. Both applications of plant growth-promoting rhizobacteria and nanoparticle foliar application under full irrigation increased chlorophyll index (50.23%), relative water content (43.97%), stomatal conductance (36.78%), quantum yield (47.38%), maximum fluorescence (34.84%), variable fluorescence (98.49%), and grain yield (43.28%) in comparison to no application of biofertilizers and nanoparticles under irrigation withholding at booting stage. Both applications of plant growth-promoting rhizobacteria and nanoparticles increased the chlorophyll index, relative water content, stomatal conductance, quantum yield, maximum fluorescence, variable fluorescence and grain yield in both levels of full irrigation and severe water limitation, but decreased electrolyte leakage and minimum fluorescence. In addition, severe water limitation or irrigation withholding at the booting stage increased chlorophyll index (7.74%), relative water content (10.99%), stomatal conductance (22.46%), quantum yield (15.2%), maximum fluorescence (26.54%), variable fluorescence (75.61%) and grain yield (28.59%) in comparison to no application of biofertilizers and nanoparticles at the same irrigation level. Generally, the application of biofertilizers and nanoparticles showed a better performance at different irrigation levels due to the improvement of physiological traits.

* Corresponding Author: raouf_ssharifi@yahoo.com



2322- 2204/ © University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

DOI: 10.22108/IJPB.2023.137496.1320

Introduction

Triticale is a human-made crop, being a hybrid by cross-fertilization of wheat (*Triticum* spp.) and rye (*Secale* spp.). In general, *triticale* combines the high yield potential of wheat with the biotic and abiotic stress tolerance of rye, making it more suitable for production in marginal areas (acidic, saline, or soils with heavy metal toxicity) (Cantale et al. 2016). In arid and semi-arid regions, drought stress as the main factor and salinity stress as a secondary factor decrease plant growth and yield. Water limitation can damage pigments and plastids, and reduce chlorophyll index, stomatal conductance, quantum yield, and relative water content. Several strategies have been developed in order to decrease the toxic effects caused by environmental stresses on plant growth. Among them, the use of bio-fertilizers such as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and also nanoparticles such as nano iron-silicon oxide plays 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 resistance of plants by various mechanisms, including synthesis of phytohormones such as auxins, cytokinin and gibberellins, solubilization of minerals like phosphorus, production of siderophores and increase in nutrient uptake. There is little information on the effects of nanoparticles and biofertilizers on chlorophyll fluorescence components and some physiological traits of triticale at different irrigation levels. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effect of nanoparticles (nano Fe-Si oxide) and biofertilizers (*Azospirillum lipoferum* and *Pseudomonas putida*) on chlorophyll fluorescence components and some physiological traits of triticale at different levels of irrigation.

Materials and Methods

An experiment as factorial was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the research farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2021. The experimental factors included irrigation in three levels (full irrigation as control, irrigation withholding at 50% of booting and heading stages as severe, and moderate water limitation, respectively (BBCH 43 and 55 respectively), the application of biofertilizers in four levels (no application as control, application of *Azospirillum*, *Pseudomonas*, both application *Azospirillum* + *Pseudomonas*) and nanoparticles foliar application at four levels (foliar application with water as control, nano iron oxide foliar application (1 g.L^{-1}), nano silicon oxide (50 mg.L^{-1}), both application nano iron-silicon oxide). *Pseudomonas* and *Azospirillum* were isolated from the rhizospheres of wheat by the Research Institute of Soil and Water, Tehran, Iran. 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 1×10^8 colony forming units (CFU). In each plot, there were 5 rows with 2 m long. In each experimental plot, two beside rows and 0.5 m from the beginning and end of planting lines were removed as margin, and measurements were done on 0.2 m^2 for grain yield. The used nano silicon-iron oxide had an average particle size of less than 30 nm and the special surface of particles was more than $30 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. They were the product of Nanomaterial US Research which was provided by Pishgaman Nanomaterials Company of Iran. Nano silicon oxide and nano silicon oxide powder were added to deionized water and placed on ultrasonic equipment (100 W and 40 kHz) on a shaker for better solution. Foliar application of nano silicon and nano iron oxide was done in two stages of period growth BBCH 21 and 30. Chlorophyll Index was calculated by a chlorophyll meter (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan). RWC and EL were measured according to the method of Kostopoulou et al. (2010) and

Farooq and Azam (2006), respectively. Quantum yield was measured on flag leaves by the uppermost fully expanded leaf using a fluorometer (chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 U.S.A.). Analysis of variance and mean comparisons were performed using software package SAS v_{9.12}. The main effects and interactions were compared by LSD (least significant difference) test at the 0.05 probability level, using the SAS version 9.1.

Results and Discussion


The results showed that both applications of plant growth-promoting rhizobacteria and nanoparticle foliar application under full irrigation increased chlorophyll index (50.23%), relative water content (43.97%), stomatal conductance (36.78%), quantum yield (47.38%), maximum fluorescence (34.84%), variable fluorescence (98.49%), and grain yield (43.28%) in comparison to no application of biofertilizers and nanoparticles under irrigation withholding at booting stage. Both applications of plant growth-promoting rhizobacteria and nanoparticles increased chlorophyll index, relative water content, stomatal conductance, quantum yield, maximum fluorescence, variable fluorescence, and grain yield at both levels of full irrigation and severe water limitation, but decreased electrolyte leakage and minimum fluorescence. In addition, severe water limitation or irrigation withholding at the booting stage increased chlorophyll index (7.74%), relative water content (10.99%), stomatal conductance (22.46%), quantum yield (15.2%), maximum fluorescence (26.54%), variable fluorescence (75.61%), and grain yield (28.59%) in comparison to no application of biofertilizers and nanoparticles at the same level from irrigation levels.

Conclusion

Based on the results of the study, the application of biofertilizers and nanoparticles showed a better performance at different irrigation levels due to the improvement of physiological traits. In other words, the effects of the simultaneous application of PGPR and nanoparticle inoculation are more positive than the single application of PGPR and nanoparticles. Therefore, one of the suitable methods to improve plants' resistance to environmental stress is the application of PGPR and nanoparticles, which play a very important role in yield and growth improvement.

Keywords: *Pseudomonas*, Quantum Yield, Relative Water Content, Nano Silicon, Electrolyte Leakage

اثر برخی نانوذرات و کودهای بیولوژیک بر اجزای فلورسانس کلروفیل و برخی صفات‌های فیزیولوژیک تریتیکاله (*Triticosecale Wittmack* x) در سطوح مختلف آبیاری

فاطمه آقائی^۱، رنوف سید شریفی^{۱*} , سلیم فرزانه^۱

^۱ گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نانوذرات (نانواکسید آهن و سیلیکون) و کودهای بیولوژیک (آزوسپریلیوم لیوفروم و سودوموناس پوتیدا) بر اجزای فلورسانس کلروفیل و برخی صفات‌های فیزیولوژیک تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری، آزمایشی به شکل فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای بررسی شده، سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به عنوان شاهد، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مراحل چکمه‌ای شدن (آبستنی) و سنبله‌دهی به ترتیب به عنوان محدودیت شدید و ملایم آبی)، کاربرد کودهای زیستی (آزوسپریلیوم لیوفروم و سودوموناس پوتیدا) در چهار سطح و محلول‌پاشی نانوذرات (نانواکسید آهن و سیلیکون) در چهار سطح بودند. کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط آبیاری کامل، شاخص کلروفیل (۵۰/۲۳ درصد)، محتوای نسبی آب (۴۳/۹۷ درصد)، هدایت روزنه‌ای (۳۶/۷۸ درصد)، عملکرد کوانتومی (۴۷/۳۸ درصد)، فلورسانس حداکثر (۳۴/۸۴ درصد)، فلورسانس متغیر (۹۸/۴۹ درصد) و عملکرد دانه (۴۳/۲۸ درصد) را در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله آبستنی و به کارنبردن کودهای بیولوژیک و نانوذرات افزایش داد. کاربرد توأم نانوذرات و باکتری‌های محرک رشد، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، عملکرد کوانتومی، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد دانه در هر دو سطح آبیاری کامل و محدودیت شدید آبی را افزایش داد، ولی نشت الکترولیت و فلورسانس حداقل را کاهش بخشید؛ همچنین در شرایط محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله آبستنی، کاربرد توأم نانوذرات و باکتری‌های محرک رشد شاخص کلروفیل (۷/۷۴ درصد)، محتوای نسبی آب (۱۰/۹۹ درصد)، هدایت روزنه‌ای (۲۲/۴۶ درصد)، عملکرد کوانتومی (۱۵/۲ درصد)، فلورسانس حداکثر (۲۶/۵۴ درصد)، فلورسانس متغیر (۷۵/۶۱ درصد) و عملکرد دانه (۲۸/۵۹ درصد) را نسبت به شرایط به کارنبردن نانوذرات و کودهای بیولوژیک در همین سطح از سطوح آبیاری افزایش داد. به طور کلی، کاربرد توأم کودهای بیولوژیک و نانوذرات به واسطه بهبود صفات‌های فیزیولوژیک گیاه، عملکرد دانه بهتری را در سطوح مختلف آبیاری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سودوموناس، عملکرد کوانتومی، محتوای نسبی آب، نانوسیلیکون، نشت الکترولیت

* نگارنده مسؤل: نشانی پست الکترونیک: raouf_ssharifi@yahoo.com شماره تماس: ۰۹۱۴۳۵۵۶۵۸۵



مقدمه

تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack) (x)، ترکیبی از گندم و چاودار و دارای ویژگی‌های مثبت گندم (عملکرد و کیفیت مناسب دانه) و چاودار (مقاومت در برابر بیماری‌ها و تنش‌های محیطی) است (Wojcik-Gront & Studnicki, 2021). در مقایسه با گندم، این گیاه سازگاری بهتری نسبت به انواع خاک و شرایط محیطی دارد و می‌تواند عملکرد دانه بهتری داشته باشد (Usevičiute et al., 2022).

تنش کم‌آبی یکی از شایع‌ترین عوامل غیرزیستی است که رشد و بهره‌وری گیاهان زراعی را در مقیاس جهانی محدود کرده است (Bouremani et al., 2023) و می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیکی مهم نظیر فتوسنتز، تنفس و آسمیلایون مواد غذایی تأثیر گذارد (Si et al., 2020).

نخستین فرایندی که در شرایط کم‌آبی رخ می‌دهد، بسته شدن روزنه‌ها به منظور ممانعت از اتلاف آب است و به دنبال آن، کاهش تثبیت کربن دی‌اکسید، افزایش دمای کانوپی، کاهش محتوای آب نسبی برگ‌ها و افزایش میزان نشت الکترولیت‌های غشای سلولی مشاهده می‌شود (Ghalandari et al., 2019). گزارش شده است محدودیت آبی با برهم‌زدن وضعیت آبی گیاه، تخریب ساختار غشا و کاهش محتوای کلروفیل سبب افزایش هدایت الکتریکی، کاهش شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم می‌شود (Narimani et al., 2018).

امروزه، یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود

رشد و مقاومت گیاه در شرایط تنش آبی، استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه یا PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) است (Bouremani et al., 2023). PGPRs از طریق تغییر در مورفولوژی سیستم ریشه‌ای، افزایش تولید هورمون‌هایی مانند ایندول استیک اسید، افزایش رشد ریشه و تشکیل ریشه‌های جانبی، تولید پلی ساکاریدهای خارج سلولی و ACC دآمیناز (آمینوسیکلوپروپان-۱ کربوکسیلات)، تجمع اسمولیت‌ها و تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی (Bouremani et al., 2023)، ضمن کمک به افزایش جذب آب و کاهش تعرق برگ، بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت‌های متابولیکی را کنترل می‌کنند (De Araújo et al., 2020). مطالعه‌های متعدد نشان داده‌اند گیاهان تلقیح شده با PGPR دارای محتوای نسبی آب بیشتری نسبت به گیاهان غیرتلقیح شده هستند و همین امر، یکی از دلایل بهبود مقاومت گیاهان به خشکی است (De Araújo et al., 2020). Rahimi et al. (2023) اظهار داشته‌اند کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط خشکی سبب افزایش محتوای نسبی آب و عملکرد کوانتومی گندم می‌شود.

تنش آبی ضمن برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه سبب محدودیت در فراهمی مواد غذایی به دلیل کاهش در رشد ریشه می‌شود؛ با وجود این، به منظور غلبه بر این مشکل می‌توان وضعیت رشد گیاه در شرایط تنش را با تکمیل عناصر غذایی از طریق محلول‌پاشی نانوذرات بهبود بخشید. نانوسیلیکون، اکسید فلزی مهمی است که دارای ویژگی واکنش‌پذیری سطح به حجم زیاد است و از طریق

درصد آب نسبی سبب تحریک بیشتر رشد گیاهان می‌شود؛ درحالی‌که زیاده آهن (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با کاهش عملکرد کوانتومی، کاهش موازنه آب و افزایش ترکیبات دیواره‌ای در مناطق جوان تر ریشه، مقدار رشد گیاهان را کاهش می‌دهد.

آهن (Fe)، یکی دیگر از عناصر ریزمغذی ضروری برای گیاهان است که نقش کلیدی در تنظیم رشد و نمو گیاهان، بیوسنتز کلروفیل، فتوسنتز، توسعه کلروپلاست و تنفس تاریکی (Feng et al., 2022)، بهبود عملکرد فتوسیستم‌ها، رونویسی DNA، سنتز RNA و فعالیت اکسین ایفا می‌کند (Sheykhbaglou et al., 2018). آهن بر فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلف تأثیر می‌گذارد و از نظر ارزش، چهارمین عنصر فراوان محسوب می‌شود؛ هرچند در بیشتر مواقع، مقدار آن برای گیاه کافی نیست (Askary et al., 2017). با توجه به حالیت ضعیف مواد معدنی حاوی آهن، استفاده از نانوذرات برای رفع کمبود آهن و بهبود تحمل گیاه نسبت به تنش‌های غیرزیستی ضروری است (Askary et al., 2017). گزارش کرده‌اند محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن در شرایط خشکی سبب افزایش شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب و کاهش هدایت الکتریکی و در نتیجه، افزایش عملکرد گندم می‌شود. (Heidari et al., 2016) اظهار داشته‌اند محلول‌پاشی نانو اکسید آهن در شرایط تنش خشکی سبب بهبود محتوای کلروفیل و افزایش هدایت روزنه‌ای و در نهایت، افزایش عملکرد کنگد می‌شود.

روزنه یا کرک‌ها در سطح برگ وارد گیاه می‌شود و از طریق جریان شیره سلولی به اندام‌های مختلف انتقال می‌یابد (Nair et al., 2010) و ضمن استحکام فیزیکی اندام‌ها، بهبود فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی، تبادلات گازی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی را سبب می‌شود که نتیجه آن، افزایش کارایی گیاه در رویارویی با انواع تنش‌های محیطی است (Etesami & Jeong, 2018). سیلیکون آثار ناشی از محدودیت آبی را با تعدیل مواد جذب شده فتوسنتز و تولید املاح سازگار بهبود می‌بخشد (Seyed Hajizadeh et al., 2023). (Sajed Gollojeh et al., 2020) بیان کرده‌اند محلول‌پاشی نانو سیلیکون در شرایط محدودیت آبی، ضمن بهبود شاخص کلروفیل، حداکثر عملکرد کوانتومی و محتوای نسبی آب و کاهش نشت الکتروولت برگ، افزایش عملکرد دانه کلزا را در پی دارد. (Hafez et al., 2021) گزارش کرده‌اند کاربرد توأم PGPR و محلول‌پاشی نانو سیلیکون با افزایش در دسترس بودن مواد مغذی گیاه سبب افزایش سرعت فتوسنتز، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای و کاهش نشت الکتروولت در شرایط تنش خشکی و شوری می‌شود. تأثیر مفید PGPR و نانو سیلیکون در کاهش محتوای الکتروولت را می‌توان به عملکرد آنها در حفظ پایداری غشای پلاسمایی و افزایش محتوای نسبی آب همراه با کاهش تنش اکسیداتیو و در نهایت، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی نسبت داد. (Mehraban Joubani et al., 2019) بیان کرده‌اند محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون با افزایش ظرفیت فتوسنتزی و بهبود عملکرد کوانتومی و

آبیاری ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۴۰۰ به شکل فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا با اقلیم نیمه خشک و سرد اجرا شد. نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

اهمیت تریپتیکاله به عنوان یکی از غلات دومنظوره و رویارویی بخشی از دوران رشدی این گیاه با آثار ناشی از محدودیت آبی و پژوهش‌های محدود انجام شده در زمینه کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات (نانواکسید آهن و نانوسیلیکون) بر عملکرد این گیاه سبب شد تا در مطالعه حاضر، اثر عوامل یادشده به طور انفرادی و ترکیبی بر برخی صفات‌های فیزیولوژیک همچون اجزای فلورسانس کلروفیل (فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و فلورسانس حداقل)، محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در سطوح مختلف

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1- Soil physicochemical properties

ویژگی	روى	پتاسیم	فسفر	نیترژن	کربن آلی	شن	سیلت	رس	آهک	بافت	اسیدپته
مقادیر	۱/۸	۲۱۲	۸/۲۹	۰/۰۶	۰/۶۲	۳۵	۴۲	۲۳	۱۴/۴	لومی	۷/۸

به عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو اکسید آهن (Babaei et al., 2017; Pakbaz et al., 2022; Ghorbannia Delavar et al., 2023) محلول‌پاشی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانو سیلیکون، محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون). سوئیۀ خالص باکتری‌های محرک رشد از مؤسسه خاک و آب تهران، نانو اکسید آهن از مؤسسه تجهیزات آزمایشگاهی و شیمیایی جهان کیمیا ارومیه و نانو سیلیکون (SiO₂-Nano) محصول شرکت Nanomaterial US Research از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد و ویژگی‌های آنها در جدول ۲ آورده شده است.

فاکتورهای بررسی شده عبارتند از: آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل در طول دوره رشدی به عنوان شاهد، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مراحل چکمه‌ای شدن (آبستنی) و سنبله‌دهی به ترتیب به عنوان محدودیت شدید و ملایم آبی بر اساس کد ۴۳ و ۵۵ مقیاس BBCH)، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح [بدون کود به عنوان شاهد، کاربرد آزوسپریلیوم لیپوفروم سوئیۀ (*Azospirillum* OF) آزوسپریلیوم پوتیدا سوئیۀ (*lipoferum* strain OF)، سودوموناس پوتیدا سوئیۀ (*Pseudomonas putida* strain 4) کاربرد توأم آزوسپریلیوم و سودوموناس] و محلول‌پاشی نانوذرات در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب

جدول ۲- ویژگی های نانواکسید آهن و نانوسیلیکون

Table 2- nano iron-silicon oxide properties

نانوذرات	وزن (گرم)	خلوص (درصد)	میانگین اندازه ذرات (نانومتر)	سطح ویژه ذرات	رنگ
نانواکسید آهن	۲۵	۹۹	<۳۰	>۳۰ m ² .g ⁻¹	پودری قرمز
نانوسیلیکون	۵۰	۹۹	۲۰-۳۰	>۳۰ m ² .g ⁻¹	پودری سفید

به منظور تلقیح بذر با باکتری های آروسپریلیوم و سودوموناس، مایه تلقیحی که هر گرم آن دارای ۱۰^۸ عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد؛ این مخلوط به مدت دو ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. محلول پاشی نانواکسید آهن و سیلیکون در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مراحل پنجه دهی و ساقه دهی به ترتیب معادل با کد ۲۱ و ۳۰ از مقیاس BBCH) انجام شد.

کاشت در ۱۵ اردیبهشت و برداشت در تاریخ ۳۱ مرداد ۱۴۰۰ انجام شد. نخستین آبیاری پس از کاشت و آبیاری های بعدی بسته به شرایط محیطی، نیاز گیاه زراعی و سطوح تیمار کم آبیاری انجام شدند. هر واحد آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به طول ۲ متر با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی متر و تراکم ۳۸۰ بذر در مترمربع (تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم) بود. جدول ۳ شرایط جوی در طول دوره رشدی را نشان می دهد.

جدول ۳- شرایط جوی در طول دوره رشدی تریتیکاله

Table 3- Atmospheric characteristics during triticale growth

مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	شاخص
۳/۵	۳/۵	۶/۳	۱۶/۸	۵/۵	بارندگی (میلی متر)
۲۱/۳	۲۱/۳	۱۹/۲	۱۵/۰	۱۰/۶	میانگین دما (درجه سانتی گراد)
۵۸	۵۸	۶۳	۷۲	۶۳	متوسط رطوبت نسبی (درصد)
۳۰۹	۳۰۹	۳۱۶/۱	۲۴۸/۲	۲۲۶/۷	مجموع ساعات آفتابی

اندازه گیری روند تغییرات صفت های فیزیولوژیک (شاخص های فلورسانس کلروفیل، محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه ای و نشت الکترولیت) از ۶۵ روز پس از کاشت (در مرحله سنبله دهی معادل ۵۶ BBCH) آغاز و تا ۸۹ روز پس از کاشت (مرحله پر شدن دانه معادل با ۷۳ BBCH) ادامه داشت. شاخص های فلورسانس کلروفیل برگ شامل F₀ (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)،

F_v (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی) و F_v/F_m (عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در شرایط سازگار شده با تاریکی) هر چهار روز یک بار با دستگاه فلورسانس کلروفیل (Chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 USA) اندازه گیری شدند؛ به این ترتیب که ۷ برگ پرچم توسعه یافته از هر تیمار در خطوط اصلی هر واحد آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و پس از ۲۰ دقیقه تاریکی، اندازه گیری شاخص های F₀، F_m، F_v/F_m و F_v با کلیپس های مخصوص انجام شد

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند سطوح آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات آهن و سیلیکون بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در تمام مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار است (جدول ۴).

بررسی روند تغییرات شاخص کلروفیل در سطوح مختلف آبیاری (شکل ۱) نشان داد این شاخص در تمام تیمارها روند نزولی نسبتاً مشابهی دارد؛ به طوری که مقدار آن در مراحل اولیه نمونه‌برداری زیاد است و با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی و پیرشدن برگ‌ها، روند نزولی دارد (شکل ۱)؛ البته در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد و نانو اکسید آهن و سیلیکون، روند تغییرات شاخص کلروفیل نوسان کمتری نشان می‌دهد. حداکثر شاخص کلروفیل (شکل ۱) در کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد که افزایش ۵۰/۲۳ درصدی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و انجام نشدن محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط قطع آبیاری طی مرحله آبستنی در ۸۹ روز پس از کاشت (BBCH ۷۳) داشت (شکل ۱).

علت کاهش شاخص کلروفیل در شرایط محدودیت آبی از افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اتیلن ناشی می‌شود که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیلاز است و سبب می‌شود کلروفیل بر اثر این آنزیم تجزیه شود (Yaseen et al., 2020)؛ با وجود این، به نظر می‌رسد ساخت اتیلن در حضور باکتری‌های محرک رشد به طور معناداری کاهش

هدایت (Kheirizadeh Arough et al., 2019). روزانه‌ای برگ پرچم با دستگاه پرومتر (Porometer AP4, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتا ژاپن) در فواصل زمانی چهار روز انجام شد. به منظور اندازه‌گیری روند تغییرات درصد محتوای نسبی آب (RWC) برگ پرچم، ۴ برگ پرچم توسعه یافته از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و پس از قرار گرفتن در فویل‌های آلومینیومی، درون کیسه‌های پلاستیکی و روی یخ قرار داده شدند و بسیار سریع به آزمایشگاه انتقال یافتند و مقدار محتوای نسبی آب از رابطه پیشنهادی (Kostopoulou et al. (2010) محاسبه شد.

(رابطه ۱) $RWC = (F_w - D_w) / (T_w - D_w) \times 100$

در این رابطه، RWC: محتوای نسبی آب، F_w : وزن تر، T_w : وزن آماس یافته و D_w : وزن خشک است.

درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول نیز براساس

رابطه ۲ محاسبه شد (Farooq & Azam, 2006):

(رابطه ۲)

$100 \times (EC_1 / EC_2) =$ درصد نشت الکترولیت‌ها از غشای سلول در این رابطه، EC_1 : نشت اولیه از سلول و EC_2 : نشت ثانویه است.

عملکرد دانه از سطحی معادل ۰/۲ مترمربع از خطوط اصلی هر کرت و پس از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها با نرم‌افزارهای SAS_{9.1} و Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

می یابد و همین امر، شاخص کلروفیل برگ پرچم را افزایش می دهد (Yaseen et al., 2020).

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر شاخص کلروفیل (SPAD) برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 4- Variance analysis of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on chlorophyll index (SPAD) flag leaf of triticale under different levels of irrigation

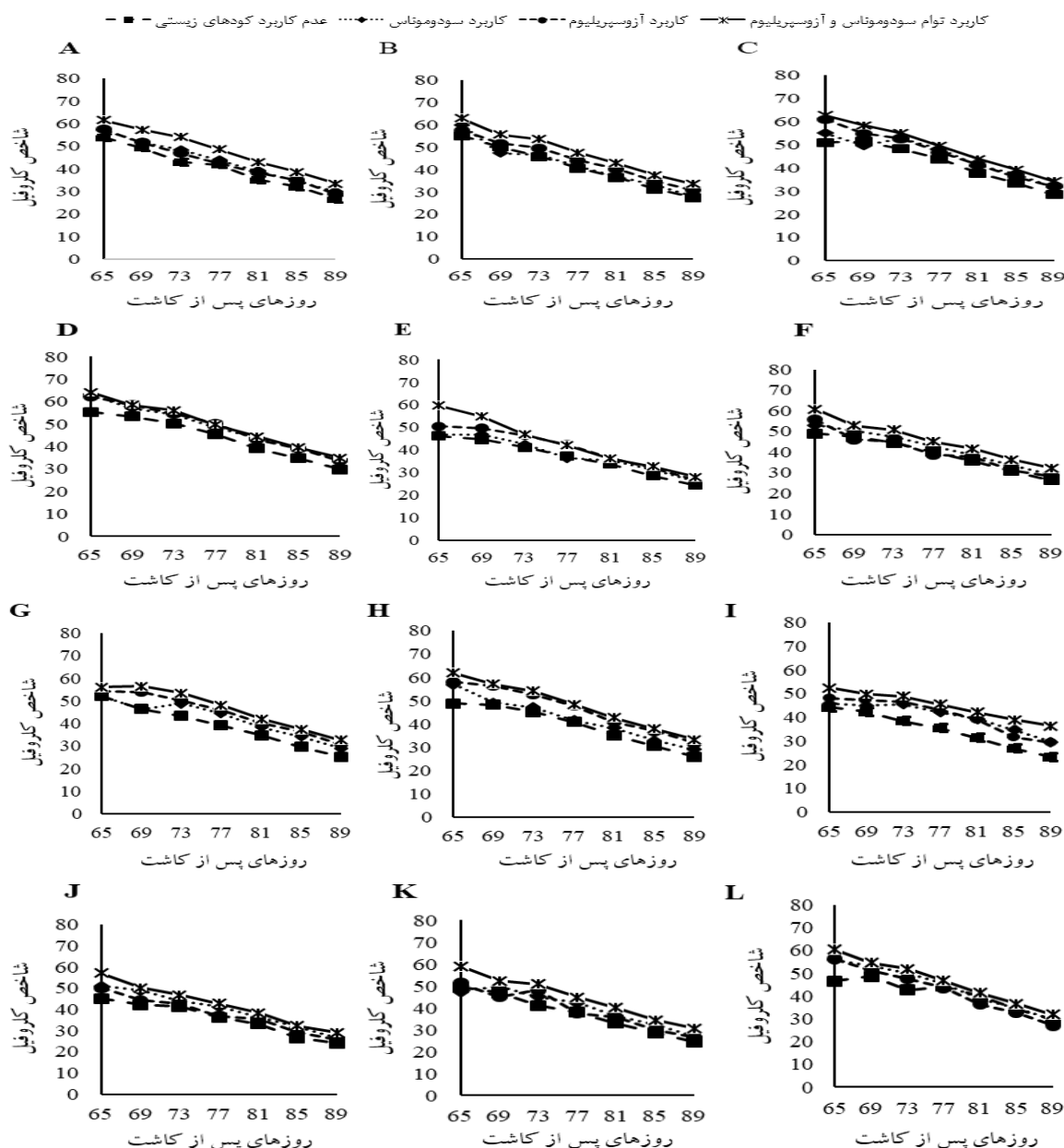
میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری شاخص کلروفیل (SPAD) (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۲۲۹/۲۱**	۳۱۲/۳۶**	۱۱۰۵/۴۶**	۵۲۴/۵۶**	۱۰۷۹/۶۸**	۵۶۴/۴۶**	۱۱۲۲/۴۵**	۲	تکرار
۱۶۲/۹۳**	۲۵۶/۳۲**	۱۶۰/۱۸**	۲۵۵/۹۷**	۳۲۰/۲۹**	۲۵۹/۵۷**	۷۲۶/۹۱**	۲	آبیاری (I)
۱۵۹/۸۵**	۱۷۶/۹**	۱۶۶/۵۸**	۱۸۴/۶**	۳۲۴/۲**	۲۴۴/۸۲**	۶۰۲/۲۵**	۳	کودهای زیستی (B)
۶۹/۴۱**	۱۰۲/۲۸**	۷۶/۶۴**	۱۹۷/۴۸**	۱۶۷/۷۹**	۲۱۳/۴۲**	۱۹۹/۲۳**	۳	نانوذرات (N)
۵/۱۱ ^{ns}	۱۲/۸۷**	۴/۶۳ ^{ns}	۱۶/۴**	۱۷/۸۲*	۲۷/۶۶**	۶/۴۴ ^{ns}	۶	I×B
۸/۳۲*	۸/۳۷*	۱۰/۱۸**	۲۱/۲۶**	۱۲/۰۱ ^{ns}	۸/۲۵ ^{ns}	۱۷/۴۴*	۶	I×N
۳/۶۸ ^{ns}	۴/۱۹ ^{ns}	۴/۹۱ ^{ns}	۹/۳۸*	۸/۱۴ ^{ns}	۱۷/۰۴**	۲۲/۱۵**	۹	B×N
۸/۹۸**	۶/۸۹*	۱۲/۲**	۱۶/۳۷**	۱۵/۰۱**	۲۰/۸**	۱۳/۸۵*	۱۸	I×B×N
۳/۳۱	۳/۵۴	۳/۵۵	۴/۷۲	۷/۰۳	۴/۵۶	۸/۱۹	۹۴	خطا
۶/۲۴	۵/۶	۴/۹	۵/۰۳	۵/۵۱	۴/۱۹	۵/۲۴		ضریب تغییرات (درصد)

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

ns , * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

تأثیر سیلیکون در کاهش نشت الکترولیت، افزایش محتوای نسبی آب و هدایت روزنه ای مرتبط باشد؛ در این راستا، پژوهشگران اظهار داشته اند محلول پاشی سیلیکون از طریق بهبود هدایت روزنه ای، کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای نسبی آب سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ می شود (Hafez et al., 2021). در بررسی حاضر نیز به نظر می رسد کاربرد توأم باکتری های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات از طریق بهبود محتوای نسبی آب (شکل ۲)، هدایت روزنه ای (شکل ۳)، عملکرد کوانتومی (شکل ۴) و کاهش نشت الکترولیت (جدول ۸) سبب بهبود شاخص کلروفیل شده است (شکل ۱).

Hafez et al. (2021) اظهار داشته اند باکتری های محرک رشد در شرایط تنش شوری و خشکی از طریق تنظیم تعادل هورمونی، تسهیل جذب آب و عناصر غذایی و همچنین تقویت ویژگی های فیزیولوژیکی خاک سبب کاهش نشت الکترولیت و هدایت روزنه ای، محتوای نسبی آب و در نهایت، محتوای کلروفیل گیاهان می شوند. کاربرد نانو اکسید آهن به بهبود محتوای کلروفیل حتی در شرایط محدودیت شدید آبی منجر شد (شکل ۱). در پژوهش های Narimani et al. (2018) مشاهده شده است آثار سوء تنش در گندم با محلول پاشی آهن کاهش می یابد و با مقادیر زیاد آهن، بیشترین مقدار کلروفیل به دست می آید. به نظر می رسد بخشی از افزایش شاخص کلروفیل با



شکل ۱- تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی نانوذرات بر روند تغییرات شاخص کلروفیل (SPAD) برگ پرچم در سطوح مختلف آبیاری. A) عدم محلول‌پاشی در شرایط آبیاری کامل، B) محلول‌پاشی نانو اکسید آهن در شرایط آبیاری کامل، C) محلول‌پاشی نانو سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، D) محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، E) عدم محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، F) محلول‌پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، G) محلول‌پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، H) محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، I) عدم محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتنی، J) محلول‌پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتنی، K) محلول‌پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتنی، L) محلول‌پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتنی

Figure 1- The effects of bio fertilizers and nanoparticles on variation of chlorophyll index (SPAD) flag leaf of triticale under different levels of irrigation. A) No foliar application + full irrigation, B) Full irrigation + nano iron oxide foliar application, C) Full irrigation + nano silicon foliar application, D) Full irrigation + nano iron-silicon foliar application, E) irrigation withholding at 50% heading + no foliar application, F) irrigation withholding at 50% heading + nano silicon foliar application, G) irrigation withholding at 50% heading + nano iron oxide foliar application, H) irrigation withholding at 50% heading + nano iron-silicon foliar application, I) irrigation withholding at 50% booting + no foliar application, J) irrigation withholding at 50% booting + nano iron oxide foliar application, K) irrigation withholding at 50% booting + nano silicon foliar application, L) irrigation withholding at 50% booting +

nano iron-silicon foliar application.

محلول پاشی نانوذرات بر محتوای نسبی آب در تمام مراحل نمونه برداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار است (جدول ۵).

محتوای نسبی آب برگ پرچم

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند برهم کنش سطوح آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر محتوای آب نسبی برگ پرچم تربتیکیاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 5- Variance analysis of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on relative water content (RWC) flag leaf triticale under different levels of irrigation

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری محتوای نسبی آب (RWC) (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۴۲۰/۸۱**	۲۵۰/۲**	۵۲۹/۴**	۱۵۱/۸۷**	۳۸/۴۴**	۲۰۹/۶۱**	۲۵۴/۶۲**	۲	تکرار
۴۰۹/۱۵**	۵۱۹/۴۶**	۵۵۴/۲۸**	۲۹۵/۸**	۴۰۸/۴۵**	۴۹۶/۰۱**	۲۴۳/۷۴**	۲	آبیاری (I)
۶۱۸/۳۹**	۷۳۳/۶۹**	۶۶۸/۹۴**	۷۷۰/۵۴**	۵۷۷/۷**	۶۲۲/۵**	۶۸۲/۱۵**	۳	کودهای زیستی (B)
۱۴۳/۹۲**	۱۳۵/۸۸**	۱۴۴/۱۶**	۱۰۴/۱۲**	۱۲۸/۳۵**	۱۴۷/۷۴**	۱۷۹/۱۶**	۳	نانوذرات (N)
۹ ^{ns}	۲۶/۶۲**	۵/۳۲ ^{ns}	۷۷/۲۱**	۳۹/۷۶**	۳۹/۸۴**	۶۱/۸۹**	۶	I×B
۵/۹۲ ^{ns}	۳۷/۳۳**	۲/۵۶ ^{ns}	۱۸/۲۳**	۴۶/۷۱**	۳۸/۵۶**	۱۱/۳۸ ^{ns}	۶	I×N
۷ ^{ns}	۱۱/۴۶ ^{ns}	۳۲/۳۳**	۲۰/۷۸**	۲۳/۹۲**	۲۸/۹۷**	۱۸/۸۷*	۹	B×N
۲۳/۱**	۲۳/۲۶**	۲۱/۹۳**	۲۲/۱۱**	۳۳/۸**	۳۰/۴۷**	۱۸/۹۳**	۱۸	I×B×N
۴/۸۱	۹/۸۱	۵/۷۷	۶/۷۳	۷/۹۳	۱۰/۵۵	۸/۶۳	۹۴	خطا
۴/۱۴	۵/۵۷	۴/۰۶	۴/۱۴	۴/۲۶	۴/۶۹	۴/۰۸		ضریب تغییرات (درصد)

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

(شکل ۳) و ورود کربن دی‌اکسید می‌شود که در نهایت، کاهش بازده فتوسنتزی را در پی خواهد داشت (Saydi et al., 2022). مقایسه میزان محتوای نسبی آب برگ در سطوح مختلف تنش نشان داد با افزایش شدت تنش، محتوای نسبی آب برگ کاسته می‌شود (شکل ۲)، اما تلقیح با باکتری‌های محرک رشد موجب تعدیل آثار تنش و بهبود محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش می‌شود که این امر با یافته‌های Kazemi Oskuei et al. (2021) مطابقت دارد. برخی پژوهشگران علت بهبود محتوای نسبی آب در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد را به ترغیب تولید متابولیت‌های ثانویه سازگار و همچنین

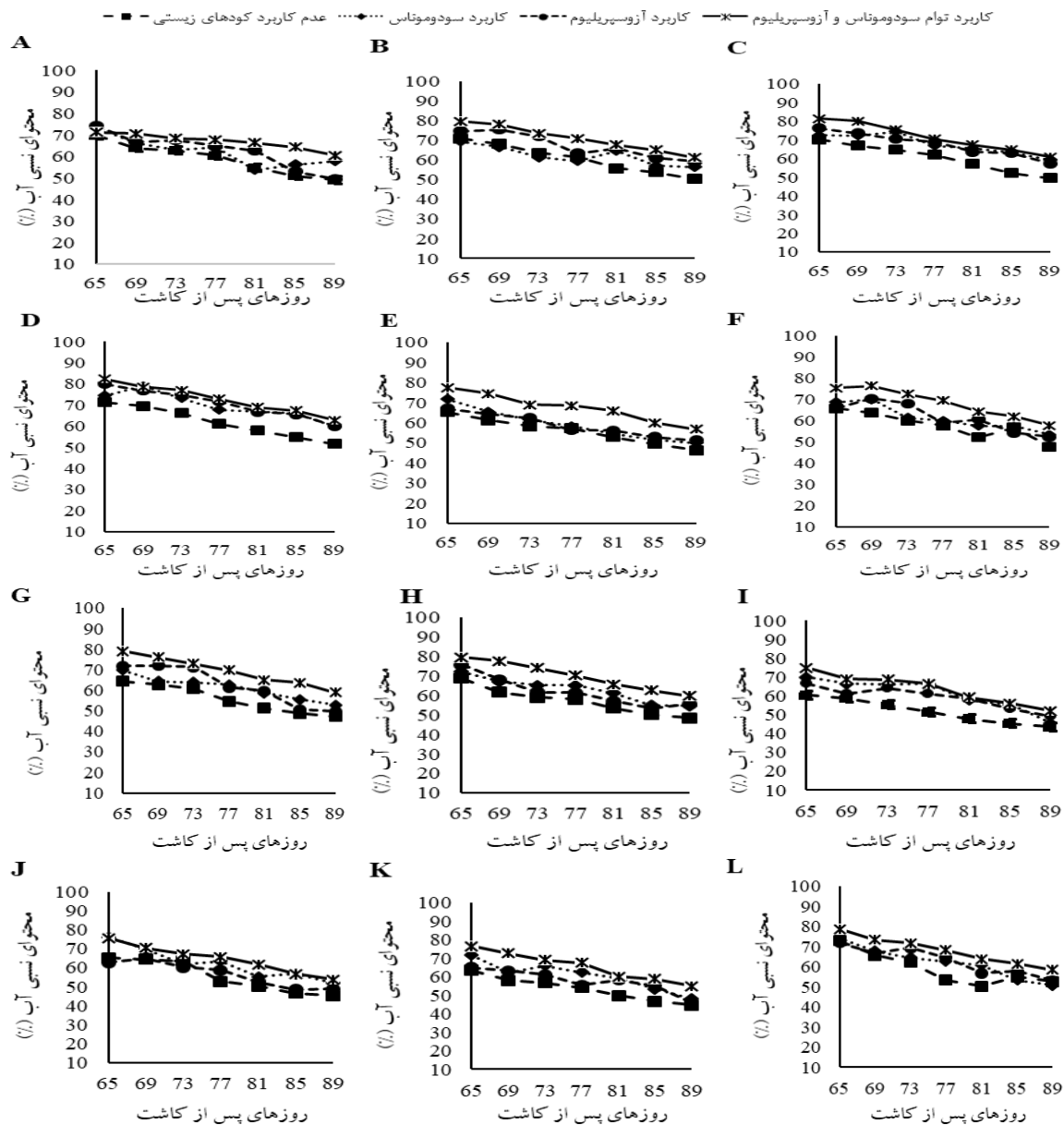
افزایش شدت تنش آبی، کاهش بیشتر محتوای نسبی آب را در پی داشت (شکل ۲)، اما کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات در شرایط آبیاری کامل به افزایش ۴۳/۹۷ درصدی محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به شرایط عدم کاربرد نانوذرات و باکتری‌های محرک رشد در شرایط قطع آبیاری طی مرحله آبستنی منجر شد (شکل ۲). در دوران تنش آبی، میزان تعرق گیاه از جذب آب بیشتر است و سبب برهم خوردن تعادل آبی گیاه و در نهایت، کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود؛ در این شرایط، گیاه با بستن روزنه‌ها به عنوان راهکار دفاعی سبب کاهش هدایت روزنه‌ای

گسترش ریشه‌ها نسبت داده‌اند که با افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاهان می‌شود (Kazemi Oskuei et al., 2021). به نظر می‌رسد بخشی از افزایش محتوای نسبی آب در شرایط تنش از اثر سیلیکون ناشی می‌شود؛ به این ترتیب که از طریق رسوب در اپیدرم سلول‌ها و بخش بالایی کوتیکول برگ سبب کاهش خروج آب از برگ‌ها، افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها و مقاومت بهتر گیاه به شرایط تنش می‌شود (Raza et al., 2023). (Al-Kahtani et al., 2021). افزایش محتوای نسبی آب در اثر کاربرد سیلیکون را به بهبود ساختار ریشه و کمک به جذب عناصر غذایی، افزایش محتوای کلروفیل و کاهش نشت الکترولیت برگ نسبت داده‌اند. (Dola et al., 2022). کاهش محتوای نسبی آب در سویا طی شرایط تنش خشکی را گزارش کرده‌اند و اظهار داشته‌اند استفاده از نانوذرات آهن (200 PPM) با حفظ سنتز اسمولیت‌ها، وضعیت آبی گیاهان در تنش خشکی را بهبود می‌بخشد و سبب افزایش محتوای نسبی آب می‌شود؛ در این راستا، (Narimani et al., 2018). گزارش کرده‌اند تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب می‌شود، ولی محلول‌پاشی با نانو اکسید آهن با تعدیل بخشی از کاهش محتوای آب نسبی در شرایط تنش، افزایش عملکرد دانه را در پی دارد.

هدایت روزنه‌ای

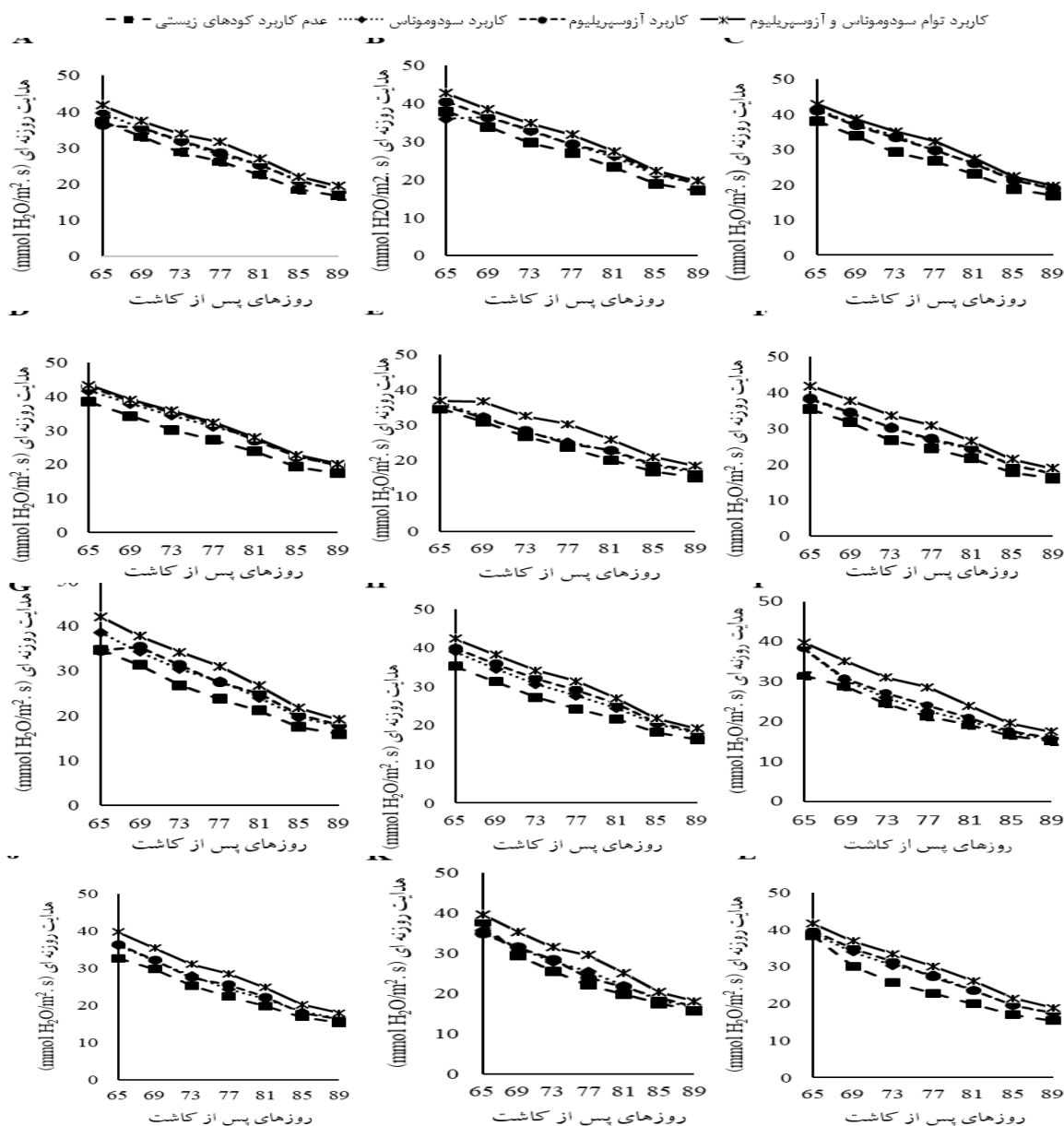
برهم‌کنش سطوح آبیاری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در تمام مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار بود (جدول ۶). هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در طول دوره رشد

گیاه با گذشت زمان روند کاهشی داشت (شکل ۳)، ولی کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات آهن و سیلیکون در شرایط آبیاری کامل به افزایش ۳۶/۷۸ درصدی هدایت روزنه‌ای نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتستی طی ۸۹ روز پس از کاشت (BBCH ۷۳) منجر شد (شکل ۳). به‌طور کلی در شرایط محدودیت آبی، گیاه با بستن روزنه‌ها از تلفات بیشتر آب جلوگیری می‌کند و با کم‌شدن هدایت روزنه‌ای، تبادلات گازی و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی را کنترل و تنظیم می‌کند تا نیاز خود را به آب کاهش دهد (Wang et al., 2021). پژوهشگران معتقدند بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای نخستین خط دفاعی گیاهان در برابر محدودیت آبی است (Zahid et al., 2021)؛ با وجود این، کاربرد کودهای بیولوژیک در زمان تنش آبی سبب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (شکل ۳) و به نظر می‌رسد در این شرایط، بهبود هدایت روزنه‌ای با کاربرد باکتری‌های محرک رشد از گسترش ریشه و تأثیر آن بر افزایش جذب آب و دسترسی بهتر به منابع عناصر غذایی ناشی می‌شود که با کاهش آبسزیک‌اسید سبب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Yaseen et al., 2020). سیلیکون نیز از طریق جذب بیشتر آب نقش مؤثری در حفظ تعادل آب در بافت‌های گیاهی ایفا می‌کند و سبب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Raza et al., 2023; Maghsoudi et al., 2019). در این زمینه، Zarooshan et al. (2020) گزارش کرده‌اند نانو سیلیکون با رسوب در سلول‌های نگهبان روزنه و کمک به افزایش جذب آب و بهبود محتوای نسبی آب برگ سبب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود.



شکل ۲- تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول پاشی نانوذرات بر روند تغییرات محتوای نسبی آب (RWC) برگ پرچم در سطوح مختلف آبیاری. A) عدم محلول پاشی در شرایط آبیاری کامل، B) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط آبیاری کامل، C) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، D) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، E) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، F) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، G) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، H) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، I) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتستی، J) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتستی، K) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتستی، L) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبتستی

Figure 2- The effects of bio fertilizers and nanoparticles on variation of chlorophyll index (SPAD) flag leaf of triticale under different levels of irrigation. A) No foliar application + full irrigation, B) Full irrigation + nano iron oxide foliar application, C) Full irrigation + nano silicon foliar application, D) Full irrigation + nano iron-silicon foliar application, E) irrigation withholding at 50% heading + no foliar application, F) irrigation withholding at 50% heading + nano iron oxide foliar application, G) irrigation withholding at 50% heading + nano silicon foliar application, H) irrigation withholding at 50% heading + nano iron-silicon foliar application, I) irrigation withholding at 50% booting + no foliar application, J) irrigation withholding at 50% booting + nano iron oxide foliar application, K) irrigation withholding at 50% booting + nano silicon foliar application, L) irrigation withholding at 50% booting + nano iron-silicon foliar application.



شکل ۳- تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول پاشی نانوذرات بر روند تغییرات هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در سطوح مختلف آبیاری. A) عدم محلول پاشی در شرایط آبیاری کامل، B) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط آبیاری کامل، C) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، D) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، E) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، F) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، G) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، H) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، I) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، J) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، K) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، L) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی

Figure 3- The effects of bio fertilizers and nanoparticles on variation of chlorophyll index (SPAD) flag leaf of triticale under different levels of irrigation. A) No foliar application+ full irrigation, B) Full irrigation+ nano iron oxide foliar application, C) Full irrigation + nano silicon foliar application, D) Full irrigation+ nano iron-silicon foliar application, E) irrigation withholding at 50% heading + no foliar application, F) irrigation withholding at 50% heading + nano iron oxide foliar application, G) irrigation withholding at 50% heading + nano silicon foliar application, H) irrigation withholding at 50% heading+ nano iron-silicon foliar application, I) irrigation withholding at 50% booting+ no foliar application, J) irrigation withholding at 50% booting+ nano iron oxide foliar application, K) irrigation withholding at 50% booting + nano silicon foliar application, L) irrigation withholding at 50% booting + nano iron-silicon foliar application.

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری
 Table 6- Variance analysis of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on stomatal conductance flag leaf triticale under different levels of irrigation

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری هدایت روزنه‌ای (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۱۹۶/۲۶**	۱۴۲/۴۴**	۲۰۱/۶۲**	۲۷۲/۴۷**	۳۸۷/۵۹**	۱۰۹/۴۳**	۶۶/۳۹**	۲	تکرار
۱۹/۶۳**	۵۳/۷۷**	۸۱/۷۸**	۹۲/۵۵**	۱۷۰/۳۵**	۱۰۰/۹۹**	۱۰۷/۰۷**	۲	آبیاری (I)
۳۴/۵۶**	۵۸/۴۱**	۱۲۸/۹۱**	۲۲۳/۷۳**	۱۷۶/۸۸**	۱۴۴/۸۴**	۱۵۹/۷۶**	۳	کودهای زیستی (B)
۱۳/۹۳**	۲۱/۹۴**	۳۲/۲۲**	۴۶/۵۱**	۶۳/۲۵**	۴۶/۱۸**	۵۶/۷۱**	۳	نانوذرات (N)
۱/۲۶ ^{ns}	۲/۳۷ ^{ns}	۱/۶۳ ^{ns}	۳/۱۲ ^{ns}	۲/۱۸ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۱/۲۴ ^{ns}	۶	I×B
۱/۴۱*	۱/۸۸*	۳/۱۹ ^{ns}	۸/۵۸*	۸/۲۴**	۱۲/۶۴**	۸/۶۸**	۶	I×N
۰/۳۲ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۳/۵۷*	۴/۲۶*	۲/۸۹ ^{ns}	۴/۴۹*	۸/۱۴**	۹	B×N
۱/۷۸**	۲/۰۴**	۴/۳۶**	۵/۳۵**	۵/۴۱**	۶/۰۳**	۹/۶۸**	۱۸	I×B×N
۰/۶۱	۰/۷۵	۱/۸۶	۲/۰۱	۲/۶۵	۲/۲۹	۳/۰۲	۹۴	خطا
۴/۴۳	۴/۴	۵/۶۸	۵/۱۹	۵/۳۴	۴/۴	۴/۵۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

در ۸۹ روز پس از کاشت (معادل ۷۳ BBCH)،

عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی نانوذرات در شرایط قطع آبیاری طی مرحله آبستنی سبب افزایش ۵۰/۴۶ درصدی نشت الکترولیت نسبت به کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات در شرایط آبیاری کامل شد (جدول ۸).

نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند اثر سطوح آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات بر نشت الکترولیت برگ پرچم در تمام مراحل نمونه برداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار است (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول پاشی نانوذرات بر نشت الکترولیت برگ پرچم تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی

Table 6- Variance analysis of the effects of biological fertilizers and nanoparticles on electrolyte leakage flag leaf triticale under different levels of irrigation

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری نشت الکترولیت (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۴۹۷۳/۵۹**	۳۶۰۷/۳۲**	۲۳۵۵/۳۷**	۱۵۳۷/۱۸**	۱۵۱۹/۶۱**	۱۰۶۷/۸۵**	۱۵۲۶/۰۲**	۲	تکرار
۹۷۳/۷۸**	۹۰۶/۶۱**	۹۱۲/۶۷**	۹۲۶/۳۸**	۵۸۲/۷۶**	۹۳۰/۳۴**	۸۳۲/۲۸**	۲	آبیاری (I)
۶۲۰/۰۱**	۴۹۰/۷۶**	۵۶۴/۰۵**	۴۶۹/۳۷**	۴۲۸/۴۴**	۴۸۶/۷۶**	۵۰۰/۷۲**	۳	کودهای زیستی (B)
۱۷۸/۸۲**	۲۳۴/۸**	۱۷۸/۳۱**	۱۵۵/۶**	۲۳۸/۷۸**	۱۹۷/۴**	۱۹۳/۷۲**	۳	نانوذرات (N)
۹/۴۹ ^{ns}	۲/۲ ^{ns}	۴/۵۶ ^{ns}	۵/۳ ^{ns}	۲۰/۸۵ ^{ns}	۱۸/۵۹*	۱۰/۸۴ ^{ns}	۶	I×B
۳۴/۳۱*	۳۵/۸۱*	۳۱/۶۱**	۷/۴۲ ^{ns}	۱۵/۵ ^{ns}	۱۳/۱۹*	۱۰/۰۷ ^{ns}	۶	I×N
۵/۳۹ ^{ns}	۲۳/۵۲ ^{ns}	۵/۶۲ ^{ns}	۵/۵۱ ^{ns}	۲/۹۸ ^{ns}	۷/۹۷ ^{ns}	۵/۸۵ ^{ns}	۹	B×N
۲۵/۴**	۲۹/۲۵**	۱۶/۹۱*	۱۱/۵۶*	۲۰/۱۹*	۱۵/۷۱**	۱۵/۸۵**	۱۸	I×B×N
۱۲/۹۷	۱۴/۲۲	۹/۰۸	۶/۵۶	۱۱/۳۳	۵/۹۳	۷/۰۶	۹۴	خطا
۵/۸	۶/۴۵	۵/۶۱	۵/۳۶	۷/۵۷	۶/۲	۷/۷		ضریب تغییرات

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر نشت الکترولیت برگ پرچم تربیتکاله در سطوح مختلف آبیاری
Table 8- Means comparison of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on electrolyte leakage flag leaf triticale under different levels of irrigation

مراحل نمونه‌برداری نشت الکترولیت (درصد) (روز پس از کاشت)							ترکیب تیماری
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵	
۶۳/۹۹ ^{d-k}	۶۰/۶۴ ^{d-j}	۵۶/۰۳ ^{f-m}	۴۹/۴۱ ^{f-l}	۴۶/۲۸ ^{c-j}	۴۱/۲۱ ^{e-j}	۳۶/۱۲ ^{f-k}	I ₀ ×B ₀ ×N ₀
۶۸/۱۳ ^{b-e}	۵۴/۹۷ ^{i-p}	۵۷/۸۴ ^{b-j}	۴۵/۱۵ ^{m-s}	۴۸/۷۵ ^{b-g}	۴۳/۶ ^{d-f}	۳۳/۶۵ ^{i-o}	I ₀ ×B ₁ ×N ₀
۶۵/۰۹ ^{d-i}	۶۲/۰۵ ^{c-i}	۵۷/۱۳ ^{d-k}	۵۱/۸۸ ^{c-h}	۴۷/۰۲ ^{c-i}	۳۶/۸۱ ^{k-o}	۴۰/۶۹ ^{a-c}	I ₀ ×B ₂ ×N ₀
۵۴/۳۶ ^{f-u}	۵۰/۶۵ ^{o-q}	۴۶/۰۴ ^{s-w}	۴۰/۳۹ ^{t-w}	۳۶/۹۸ ^{q-t}	۳۲/۴۲ ^{q-t}	۲۷/۱۳ ^{u-w}	I ₀ ×B ₃ ×N ₀
۶۱/۳۳ ^{b-p}	۵۸/۲ ^{g-m}	۵۲/۲۷ ^{k-q}	۴۶/۳۵ ^{j-q}	۴۳/۳۶ ^{g-o}	۳۹/۹۸ ^{f-k}	۳۴/۱ ^{b-n}	I ₀ ×B ₀ ×N ₁
۵۴/۷۲ ^{q-u}	۶۱/۶۹ ^{c-i}	۴۷/۹۵ ^{q-v}	۴۳/۱۴ ^{p-v}	۴۷/۳۴ ^{c-h}	۳۲/۷۳ ^{p-t}	۲۸/۲۵ ^{s-w}	I ₀ ×B ₁ ×N ₁
۵۵/۵۹ ^{p-u}	۵۱/۰۱ ^{o-q}	۴۶/۴۸ ^{s-w}	۴۱/۲۵ ^{r-w}	۳۸/۶۱ ^{o-t}	۳۲/۷۷ ^{p-t}	۲۸/۸۹ ^{r-v}	I ₀ ×B ₂ ×N ₁
۵۳/۰۷ ^{c-u}	۴۹/۴۴ ^q	۴۵/۴۳ ^{u-w}	۳۹/۶ ^{u-w}	۳۵/۹ st	۳۰/۹ ^{r-t}	۲۶/۰۳ ^{vw}	I ₀ ×B ₃ ×N ₁
۶۱/۷۸ ^{g-o}	۵۹/۵۷ ^{f-m}	۵۴/۳۲ ^{h-o}	۴۷/۹۱ ^{h-n}	۴۳/۶۵ ^{f-o}	۳۸/۸۳ ^{g-l}	۳۳/۳۶ ^{j-q}	I ₀ ×B ₀ ×N ₂
۵۶/۲۷ ^{n-u}	۵۰/۳۲ ^{o-q}	۴۷/۶۳ ^{q-w}	۴۲/۴۷ ^{q-v}	۳۹/۶۸ ^{m-t}	۳۲/۹۷ ^{o-s}	۲۹/۹۵ ^{n-v}	I ₀ ×B ₁ ×N ₂
۵۷/۱۴ ^{m-t}	۵۲/۵۵ ^{m-q}	۴۶/۶۵ ^{r-w}	۴۰/۹۳ ^{t-w}	۳۸/۷۶ ^{o-t}	۳۴/۱۵ ^{n-s}	۲۹/۷۶ ^{o-v}	I ₀ ×B ₂ ×N ₂
۵۲/۱۱ ^{tu}	۴۷/۹۶ ^q	۴۴/۴۷ ^w	۳۹/۱۸ ^{vw}	۳۵/۴۳ st	۳۰/۳۵ st	۲۵/۷۶ ^{vw}	I ₀ ×B ₃ ×N ₂
۵۹/۲۷ ^{j-r}	۵۶/۱۶ ^{i-o}	۵۱/۳۸ ^{m-r}	۴۵/۳۷ ^{l-r}	۴۱/۵۹ ^{i-q}	۳۶/۶۶ ^{k-p}	۳۱/۸۲ ^{k-t}	I ₀ ×B ₀ ×N ₃
۵۳/۶۲ ^{f-u}	۴۹/۴۴ ^q	۴۵/۳۲ ^{u-w}	۴۰/۲۴ ^{t-w}	۳۷/۴۸ ^{q-t}	۳۱/۱۱ ^{f-t}	۲۵/۷۸ ^{vw}	I ₀ ×B ₁ ×N ₃
۵۳/۲۶ ^{s-u}	۴۹/۰۹ ^{p-q}	۴۵/۷۹ ^{t-w}	۴۰/۵۳ ^{t-w}	۳۶/۰۹ ^{f-t}	۳۱/۷۶ ^{f-t}	۲۶/۵۹ ^{vw}	I ₀ ×B ₂ ×N ₃
۵۰/۹۱ ^u	۴۷/۶۸ ^q	۴۲/۸۱ ^w	۳۷/۸۸ ^w	۳۴/۴۸ ^t	۲۹/۴۹ ^t	۲۴/۵۱ ^w	I ₀ ×B ₃ ×N ₃
۶۵/۲۴ ^{d-i}	۶۶/۲۳ ^d	۶۱ ^{a-e}	۵۴/۱۶ ^{b-d}	۵۱/۳۷ ^{a-c}	۴۵/۸ ^{a-d}	۴۱/۰۵ ^{a-c}	I ₁ ×B ₀ ×N ₀
۶۵/۸۵ ^{c-i}	۶۲/۶۴ ^{b-h}	۵۸/۵ ^{b-i}	۵۱/۹۹ ^{c-h}	۴۸/۳۶ ^{b-h}	۴۳/۷۱ ^{d-f}	۳۸/۵۸ ^{b-g}	I ₁ ×B ₁ ×N ₀
۶۳/۵۷ ^{d-l}	۶۰/۹۲ ^{d-j}	۵۶/۱۲ ^{e-m}	۴۹/۸۸ ^{f-k}	۴۷/۶۹ ^{c-h}	۴۲/۸۹ ^{d-f}	۳۸ ^{c-h}	I ₁ ×B ₂ ×N ₀
۵۸/۱ ^{l-s}	۶۲/۶۳ ^{b-h}	۵۲/۱۸ ^{l-q}	۴۶/۴۲ ^{j-q}	۴۱/۷۸ ^{i-q}	۳۶/۱ ^{k-q}	۳۱/۳۲ ^{m-u}	I ₁ ×B ₃ ×N ₀
۶۸/۶۹ ^{b-d}	۶۳/۷۳ ^{b-h}	۵۸/۸۹ ^{b-h}	۵۲/۴۸ ^{b-g}	۵۰/۲۹ ^{a-d}	۴۵/۴ ^{a-d}	۴۰/۲۳ ^{a-e}	I ₁ ×B ₀ ×N ₁
۶۷/۱۸ ^{b-g}	۵۹/۷۳ ^{e-l}	۵۳/۹۲ ^{i-p}	۴۷/۶۲ ^{i-o}	۴۵/۳۹ ^{d-k}	۴۱/۹۷ ^{d-i}	۳۶/۳۴ ^{d-j}	I ₁ ×B ₁ ×N ₁
۶۳/۰۴ ^{d-l}	۵۹/۲۷ ^{f-l}	۵۰/۸۶ ^{n-s}	۴۵/۸۱ ^{k-q}	۴۴/۴۵ ^{e-m}	۳۹/۹۴ ^{f-k}	۳۵/۴۶ ^{f-m}	I ₁ ×B ₂ ×N ₁
۵۵/۹۶ ^{o-u}	۵۲/۶۸ ^{m-q}	۴۸/۵۵ ^{q-u}	۴۳/۷۳ ^{o-u}	۴۰/۰۶ ^{k-s}	۳۳/۲۱ ^{o-t}	۲۹/۱۳ ^{q-v}	I ₁ ×B ₃ ×N ₁
۶۶/۷۱ ^{c-h}	۶۱/۹۴ ^{c-i}	۶۰/۳۱ ^{b-f}	۵۳/۷۶ ^{b-e}	۵۰/۹۲ ^{a-c}	۴۴/۵۴ ^{b-e}	۴۰/۴۵ ^{a-d}	I ₁ ×B ₀ ×N ₂
۶۲/۰۵ ^{f-n}	۵۸/۶۱ ^{g-m}	۵۴/۸۲ ^{h-n}	۴۹/۲۳ ^{g-m}	۵۰/۱۹ ^{a-d}	۳۷/۸۳ ^{j-n}	۳۵/۶۸ ^{f-l}	I ₁ ×B ₁ ×N ₂
۶۳/۲۹ ^{d-l}	۵۸/۳۶ ^{g-m}	۵۳/۶۱ ^{j-p}	۴۷/۲۵ ^{i-p}	۴۴/۳۸ ^{e-n}	۳۵/۹۶ ^{l-q}	۳۳/۹ ^{h-o}	I ₁ ×B ₂ ×N ₂
۵۵/۵۹ ^{p-u}	۵۲/۰۶ ^{n-q}	۴۸/۱ ^{q-v}	۴۲/۷۱ ^{q-v}	۳۹/۱۴ ^{n-t}	۳۴/۱۶ ^{n-s}	۲۹/۲۳ ^{q-v}	I ₁ ×B ₃ ×N ₂
۶۶/۰۲ ^{c-i}	۶۳/۵ ^{b-h}	۵۸/۵۴ ^{b-i}	۵۱/۸۳ ^{c-h}	۴۸/۰۷ ^{b-h}	۴۲/۶۷ ^d	۳۷/۸۷ ^{c-i}	I ₁ ×B ₀ ×N ₃
۶۰/۹۸ ^{h-p}	۵۴/۲ ^{i-o}	۴۹/۴۵ ^{o-u}	۴۳/۴۸ ^{o-u}	۴۱/۴۴ ^{j-r}	۳۶/۱۳ ^{k-q}	۳۲/۳۸ ^{m-s}	I ₁ ×B ₁ ×N ₃
۵۸/۷ ^{k-s}	۵۴/۴۷ ^{k-p}	۵۰/۳۹ ^{n-t}	۴۴/۰۸ ^{n-t}	۳۹/۷۴ ^{l-t}	۳۸/۰۳ ⁱ⁻ⁿ	۳۱/۴۷ ^{l-r}	I ₁ ×B ₂ ×N ₃
۵۴/۴۹ ^{f-u}	۵۰/۸۶ ^{o-q}	۴۶/۵۵ ^{f-w}	۴۱/۱۸ ^{s-w}	۳۷/۷ ^{p-t}	۳۲/۶۵ ^{q-t}	۲۷/۶۸ ^{t-w}	I ₁ ×B ₃ ×N ₃
۷۶/۶ ^a	۷۱/۴۶ ^a	۶۵/۴۷ ^a	۵۸/۹۷ ^a	۵۴/۲۹ ^a	۴۸/۸ ^a	۴۴/۲۴ ^a	I ₂ ×B ₀ ×N ₀
۶۴/۷۲ ^{d-j}	۵۷/۶۶ ^{b-l}	۵۵/۱۱ ^{g-n}	۵۵/۴۶ ^{a-c}	۴۵/۹۸ ^{c-i}	۴۲/۱ ^{d-h}	۴۱/۶۷ ^{a-c}	I ₂ ×B ₁ ×N ₀
۶۴/۶۱ ^{d-j}	۵۹/۴۵ ^{f-l}	۵۶/۱۸ ^{e-m}	۴۹/۸۲ ^{e-j}	۴۸/۱۹ ^{b-h}	۴۹/۰۴ ^a	۳۵/۹۸ ^{e-k}	I ₂ ×B ₂ ×N ₀
۶۶/۶۱ ^{c-h}	۶۲/۳۶ ^{b-h}	۵۷/۳۶ ^{e-j}	۵۱/۰۲ ^{d-i}	۴۹/۴۲ ^{a-e}	۴۳/۳ ^{d-f}	۳۹/۴۷ ^{b-f}	I ₂ ×B ₃ ×N ₀
۷۲/۶۸ ^{ab}	۶۷/۷۳ ^{a-c}	۶۲/۱ ^{a-c}	۵۵/۴۱ ^{a-c}	۵۳/۳۵ ^{ab}	۴۷/۹۱ ^{a-c}	۴۲/۸۸ ^{ab}	I ₂ ×B ₀ ×N ₁

۶۸/۸۲ ^{b-d}	۶۶/۳۱ ^{a-d}	۵۹/۷۶ ^{b-g}	۵۳/۴۷ ^{b-f}	۵۱/۳۵ ^{a-c}	۴۵/۷۵ ^{a-d}	۴۱/۶۷ ^{a-c}	I ₂ ×B ₁ ×N ₁
۶۶/۶۶ ^{c-h}	۶۵/۱۳ ^{b-f}	۶۰/۳۶ ^{b-f}	۵۳/۶۵ ^{b-e}	۴۸/۸۵ ^{a-f}	۴۵/۷۴ ^{a-d}	۳۸/۹۷ ^{b-f}	I ₂ ×B ₂ ×N ₁
۶۱/۲۹ ^{b-p}	۶۰/۵ ^{d-k}	۵۵/۹۸ ^{f-m}	۴۹/۴ ^{f-l}	۴۴/۶ ^{f-l}	۳۷/۱۸ ^{k-n}	۳۳/۰۵ ^{j-r}	I ₂ ×B ₃ ×N ₁
۷۱/۲ ^{a-c}	۶۸/۳ ^{ab}	۶۲/۵۵ ^{ab}	۵۶/۴۹ ^{ab}	۴۸/۵۶ ^{b-g}	۴۴/۴۱ ^{c-e}	۴۱/۷۵ ^{a-c}	I ₂ ×B ₀ ×N ₂
۶۷/۹۴ ^{b-e}	۶۵/۷ ^{a-e}	۵۸/۷۸ ^{b-i}	۵۱/۷۹ ^{c-h}	۴۸/۹۷ ^{a-f}	۴۵/۱۷ ^{a-d}	۳۹/۷۱ ^{b-f}	I ₂ ×B ₁ ×N ₂
۶۸/۶۵ ^{b-d}	۶۳/۸۳ ^{b-g}	۵۷/۵۱ ^{c-j}	۵۱/۱۳ ^{d-i}	۴۹/۳۸ ^{a-b}	۴۸/۳۶ ^{ab}	۴۰/۷ ^{a-c}	I ₂ ×B ₂ ×N ₂
۶۰/۵۴ ^{i-q}	۵۸/۲۹ ^{g-l}	۵۲/۱۲ ^{i-q}	۴۶/۵۷ ^{i-q}	۴۳ ^{h-p}	۳۹/۸۳ ^{g-l}	۳۳/۵۶ ^{i-p}	I ₂ ×B ₃ ×N ₂
۶۷/۳۹ ^{b-g}	۵۹/۴۸ ^{f-l}	۶۱/۶۲ ^{a-d}	۵۵/۳۱ ^{a-c}	۴۶ ^{o-o}	۴۵/۷۲ ^{a-d}	۴۱/۷۳ ^{a-c}	I ₂ ×B ₀ ×N ₃
۶۲/۴۴ ^{e-m}	۶۰/۰۴ ^{e-k}	۵۶/۷۶ ^{d-l}	۴۹/۷۴ ^{e-k}	۴۵/۱۴ ^{d-l}	۳۸/۵۴ ^{h-m}	۳۴/۲۷ ^{g-m}	I ₂ ×B ₁ ×N ₃
۶۷/۸۲ ^{b-f}	۵۹/۷۱ ^{e-l}	۵۶/۲۴ ^{e-m}	۵۰/۳۶ ^{d-j}	۴۶/۹۶ ^{c-i}	۴۰/۰۲ ^{f-k}	۳۶/۰۳ ^{e-k}	I ₂ ×B ₂ ×N ₃
۵۶/۷۶ ^{m-t}	۵۳/۶۶ ^{i-q}	۴۹/۰۷ ^{p-v}	۴۳/۶۳ ^{o-u}	۳۹/۵۸ ^{m-t}	۳۴/۶ ^{m-r}	۲۹/۵۳ ^{p-v}	I ₂ ×B ₃ ×N ₃
۵/۸۴	۶/۱۱	۴/۸۸	۴/۱۵	۵/۴۵	۳/۹۴	۴/۳۱	LSD

I₀, I₁ و I₂ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی و آبستنی. B₀, B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N₀, N₁ و N₂ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی نانو اکسید آهن و محلول پاشی نانو سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

I₀, I₁ and I₂: full irrigation, irrigation withholding at heading and booting stages respectively. B₀, B₁, B₂ and B₃ are no application of biofertilizers, application of *pseudomonas*, *Azospirillum*, application *Azospirillum* + *pseudomonas*. N₀, N₁ and N₂ are no foliar application, nano iron oxide foliar application, nano silicon, nano iron-silicon foliar application. Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

پایداری سلول‌ها، کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها در گیاه را سبب می‌شود (Seyed Hajizadeh et al., 2023). Narimani et al. (2018) گزارش کرده‌اند محلول پاشی نانو اکسید آهن با افزایش تولید آنزیم‌های حذف کننده رادیکال‌های آزاد، مقاومت گیاه در برابر تنش رطوبتی را افزایش می‌دهد و سبب می‌شود گیاه دیرتر با تنش روبه‌رو شود و درصد نشت آن کاهش یابد.

شاخص‌های فلورسانس کلروفیل برگ

برهم کنش سطوح آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات بر فلورسانس حداکثر (F_m)، فلورسانس متغیر (F_v)، عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) و فلورسانس حداقل (F₀) برگ پرچم در تمام مراحل نمونه برداری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار بود (جدول‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

حفظ ثبات غشای سلولی در شرایط خشکی یکی از اجزای اصلی مقاومت گیاهان در شرایط تنش است. در تنش خشکی، آسیب وارد شده بر غشای سلولی سبب افزایش نفوذپذیری غشا می‌شود و توانایی سلول در کنترل ورود و خروج مواد از غشا کاهش می‌یابد (Eliaşpour et al., 2020)؛ همچنین محدودیت آب با ایجاد تنش اکسیداتیو در سطح سلول و افزایش پراکسیداسیون لیپیدی سبب کاهش ثبات غشا و افزایش نشت الکترولیت از سلول‌ها می‌شود (El-hady et al., 2018)، اما کودهای زیستی اثر تعدیل کننده دارند و به حفظ نفوذپذیری غشای سلول در شرایط تنش کمک می‌کنند (Eliaşpour et al., 2020). (Yaseen et al (2020) گزارش کرده‌اند کاربرد باکتری محرک رشد در شرایط تنش خشکی سبب کاهش نشت الکترولیت گیاه گندم می‌شود. سیلیکون نیز به محض تجمع درون سلول به ژل پلیمریزه تبدیل و ضمن استحکام و

جدول ۹- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر فلورسانس برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 9- Variance analysis of the effects of biofertilizers and nanoparticles on maximum fluorescence (F_m) flag leaf triticale under different levels of irrigation

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری فلورسانس حداکثر (F_m) (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۶۱۲۹/۲۵**	۴۸۰۶/۳۴**	۴۵۴۷/۵۴**	۶۵۳۹/۰۱**	۲۰۲۳۵/۰۶**	۱۶۴۰۰/۳۴**	۵۳۹۰/۳۹*	۲	تکرار
۲۳۰۴۳/۸۹**	۲۰۷۵۵/۶۷**	۱۴۵۱۹/۴۴**	۱۰۴۲۷/۲۷**	۵۸۷۰۰/۶۸**	۶۵۶۶۰/۴۶**	۱۲۸۸۶۸/۰۸**	۲	آبیاری (I)
۱۷۹۵۸/۵۲**	۲۴۳۴۶/۱۳**	۲۵۶۸۳/۵۶**	۱۶۴۶۷/۷۴**	۲۴۳۶۸/۱۱**	۴۶۴۷۷/۲۸**	۵۹۴۳۱/۱۱**	۳	کودهای زیستی (B)
۹۵۱۷/۳۷**	۱۲۳۰۶/۱۵**	۱۰۲۸۴/۷۱**	۲۱۱۰۳/۳۵**	۲۰۹۹۰/۴۵**	۱۴۱۴۱/۳۷**	۴۶۱۳۰/۳۴**	۳	نانوذرات (N)
۱۴۹۵/۸۶*	۱۲۶۵/۵۸*	۵۳۹/۴۲ ^{ns}	۳۰۵۷/۸۷**	۶۰۲۴/۷۷**	۷۱۴۰/۸۶**	۱۱۷۰۵/۳۸**	۶	I×B
۹۶۶/۱۶ ^{ns}	۱۷۷۷/۱۸**	۱۱۰۹/۳۵ ^{ns}	۲۴۰۳/۲۸**	۳۶۳۲/۲۷**	۲۵۱۷/۸۱*	۷۷۲۸/۸۳**	۶	I×N
۹۹۷/۴۳ ^{ns}	۷۶۱/۴۶ ^{ns}	۱۷۴۴/۷۶**	۴۲۹۶/۴۳**	۵۱۴۶/۱۶**	۱۹۵۰/۳۹*	۵۱۲۰/۴۴**	۹	B×N
۳۴۲۷/۰۶**	۲۸۲۳/۵۱**	۴۳۹۰/۲۹**	۲۹۷۷/۳۹**	۲۸۸۱/۶۶**	۶۸۷۴/۲۶**	۴۰۸۰/۹۶**	۱۸	I×B×N
۵۹۹/۰۱	۵۵۸/۷۵	۶۶۲/۳۷	۵۳۸/۸۲	۷۰۳/۳	۹۶۳/۷۱	۱۷۸۸/۰۸	۹۴	خطا
۴/۴۲	۴/۱۹	۴/۴۷	۴	۴/۳۴	۴/۸۹	۶/۴۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

جدول ۱۰- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر فلورسانس متغیر برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 10- Variance analysis of the effects of bi fertilizers and nanoparticles on variable fluorescence (F_v) flag leaf triticale under different levels of irrigation

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
مراحل نمونه برداری فلورسانس متغیر (F_v) (روز پس از کاشت)								
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵		
۳۰۶۴/۹۲ ^{ns}	۲۶۶۲/۹۲ ^{ns}	۹۹۴/۹۲ ^{ns}	۲۹۵/۳۶ ^{ns}	۲۷۳۳۰/۰۹**	۱۸۱۸۶/۷۷**	۴۴۵۱/۶۷ ^{ns}	۲	تکرار
۵۱۱۷۰/۴۶**	۴۷۳۱۸/۰۰**	۳۲۶۷۶/۰۹**	۲۵۲۹۳/۱۷**	۱۱۱۷۲۳/۹۶**	۱۱۱۴۶۴/۲۵**	۱۸۹۰۰۵/۹۲**	۲	آبیاری (I)
۴۰۷۷۱/۶۶**	۵۵۴۹۰/۶۱**	۵۵۰۳۷/۲۱**	۳۸۲۵۸/۱۱**	۴۲۸۴۳/۵۶**	۷۶۴۰۲/۳۷**	۸۷۵۶۸/۲۴**	۳	کودهای زیستی (B)
۲۱۵۰۷/۹۴**	۲۷۵۱۹/۵۰**	۲۱۷۵۵/۷۸**	۴۵۶۵۹/۴۶**	۳۹۰۱۱/۵**	۲۳۵۴۱/۲۶**	۶۸۰۹۰/۷۹**	۳	محلول پاشی نانوذرات (N)
۳۳۷۳/۷۴*	۲۷۱۸/۶۱*	۱۰۷۳/۰۷ ^{ns}	۶۰۶۶/۶۱**	۹۶۲۳/۵۲**	۱۱۳۰۱/۹**	۱۷۵۲۰/۵۵**	۶	I×B
۲۲۲۰/۳۸ ^{ns}	۳۹۴۷/۱۱**	۲۲۶۹/۹۵ ^{ns}	۴۴۸۰/۶۳**	۶۰۲۶/۷۴**	۴۰۵۹/۳۷**	۱۱۸۹۲/۴۱**	۶	I×N
۲۲۹۵/۱۰ ^{ns}	۱۶۵۲/۵۵ ^{ns}	۳۴۲۶/۲۹**	۷۰۷۴/۷۳**	۹۱۵۹/۱۴**	۳۱۱۴/۳۵*	۷۹۱۳/۱۱**	۹	B×N
۷۹۴۰/۵۹**	۶۲۸۹/۴۳**	۸۸۱۴/۵**	۴۷۰۵/۵۸**	۴۸۸۷/۳۴**	۱۱۰۱۸/۶۶**	۶۱۷۱/۲۶**	۱۸	I×B×N
۱۳۲۹	۱۲۷۵/۷۸	۱۳۸۷/۸۸	۹۷۰/۶	۱۲۶۰/۹	۱۵۰۲/۸۷	۲۴۸۸/۶۴	۹۴	خطا
۹/۹۸	۹/۳۶	۹/۴۱	۷/۷۱	۸/۰۵	۸/۲۷	۱۰/۰۶		ضریب تغییرات

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

جدول ۱۱- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم تریتیکاله تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 11- Variance analysis of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on quantum yield flag leaf triticale under different levels of irrigation

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه برداری عملکرد کوانتومی (F_0/F_m) (روز پس از کاشت)						
		۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵
تکرار	۲	۰/۰۰۴۹*	۰/۰۱۰۸**	۰/۰۱۳۷**	۰/۰۱۶۴**	۰/۰۱۶۲**	۰/۰۰۷۵**	۰/۰۰۵۶**
آبیاری (I)	۲	۰/۰۵۲۸**	۰/۰۴۳۴**	۰/۰۲۸**	۰/۰۲۲۲**	۰/۰۷۲۴**	۰/۰۵۵۸**	۰/۰۶۴۴**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۰۴**	۰/۰۵۲۶**	۰/۰۴۵۵**	۰/۰۳۱۵**	۰/۰۲۲۵**	۰/۰۳۲۹**	۰/۰۲۹۱**
محلول پاشی نانوذرات (N)	۳	۰/۰۲۲۸**	۰/۰۲۶۶**	۰/۰۱۷۸**	۰/۰۳۷۵**	۰/۰۲۳۲**	۰/۰۱۱۴**	۰/۰۲۶۸**
I×B	۶	۰/۰۰۳۵*	۰/۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۴۵**	۰/۰۰۴۷**	۰/۰۰۰۷**
I×N	۶	۰/۰۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۳۷**	۰/۰۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۳۶**	۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۱۶*	۰/۰۰۵۵**
B×N	۹	۰/۰۰۲۸*	۰/۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۳۱**	۰/۰۰۵۱**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۳۲**
I×B×N	۱۸	۰/۰۰۸۹**	۰/۰۰۶۶**	۰/۰۰۸۲**	۰/۰۰۳۲**	۰/۰۰۲۹**	۰/۰۰۵۳**	۰/۰۰۲۱**
خطا	۹۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹
ضریب تغییرات	-	۵/۷۴	۵/۵۵	۵/۲۹	۴/۲۶	۴/۲۲	۳/۵۵	۴/۱۱

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

جدول ۱۲- تجزیه واریانس تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول پاشی نانوذرات بر فلورسانس حداقل برگ پرچم و عملکرد دانه تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 12- Variance analysis of the effects of biofertilizers and nanoparticles on minimum fluorescence (F_0) flag leaf and grain yield triticale under different levels of irrigation

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		مراحل نمونه برداری فلورسانس حداقل (F_0) (روز پس از کاشت)							
عملکرد دانه		۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵	
تکرار	۲	۹۲۹۴/۹**	۲۹۶۸/۹۶**	۵۶۲۷/۸۹**	۶۹۶۱/۷۹**	۹۵۱۵/۰۹**	۳۵۸۶/۱۹**	۲۶۲۱/۰۹**	۲۷۵۹/۵۰**
آبیاری (I)	۲	۵۲۳۰/۸/۴۷**	۵۵۳۹/۵۲**	۵۳۹۶/۸۹**	۳۶۳۲/۷۵**	۳۲۷۹/۴۷**	۸۴۶۷/۳۸**	۶۰۲۸/۶۹**	۵۷۴۰/۵۰**
کودهای زیستی (B)	۳	۵۵۵۸/۴**	۴۶۱۴/۳۷**	۶۳۲۵/۳۵**	۵۵۴۳/۶۹**	۴۷۵۶/۳۵**	۲۵۸۹/۶۴**	۳۷۰۱/۶۹**	۲۷۳۲/۳۴**
نانوذرات (N)	۳	۸۳۵۸/۰۲**	۲۴۱۳/۴۳**	۳۰۲۰/۵**	۲۱۲۵/۲۲**	۴۷۲۶/۶۶**	۲۷۷۷/۰۷**	۱۱۹۳/۵۹**	۲۱۴۴/۰۸**
I×B	۶	۲۳۲۴/۶۷**	۳۸۰/۸۷*	۲۷۷/۴۹ ^{ns}	۹۵/۱ ^{ns}	۷۳۹/۹۶**	۴۶۰/۰۸**	۴۸۰/۰۱**	۵۹۱/۸۹**
I×N	۶	۱۶۱۰/۹*	۲۶۰/۲۱ ^{ns}	۴۲۷/۶۴**	۲۰۷/۹۷ ^{ns}	۳۷۷/۳۴**	۳۴۳/۵۹**	۱۸۵/۳۴*	۴۵۸/۹۱**
B×N	۹	۲۴۹۵/۹۹**	۲۶۹/۴۱ ^{ns}	۱۷۲/۵۳ ^{ns}	۲۸۶/۱۹*	۴۶۷/۵۸**	۵۹۶/۱۷**	۱۳۶/۶۱ ^{ns}	۳۰۵/۴۵۷**
I×B×N	۱۸	۲۳۸۳/۸۹**	۹۳۸/۵۲**	۶۸۵/۷۱**	۷۸۸/۹۸**	۳۴۶/۷۵**	۲۸۴/۵۲**	۴۸۸/۵۵**	۲۲۰/۶۹**
خطا	۹۴	۷۶۴	۱۵۰/۵۸	۱۴۸/۲۱	۱۴۳/۹۲	۱۱۱/۳۵	۱۱۰/۳۲	۷۴/۸	۷۴/۶۶
ضریب تغییرات	-	۵/۱۵	۶/۵۱	۶/۶۵	۶/۷	۶	۶/۱۸	۵/۲۳	۵/۳۳

ns, * and ** show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively

نانوذرات سبب افزایش ۴۷/۳۸، ۳۴/۸۴ و ۹۸/۴۹ درصدی به ترتیب عملکرد کوانتومی، فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر و کاهش ۷۷/۱۶ درصدی فلورسانس حداقل نسبت به عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات در شرایط آبیاری کامل شد؛ به نظر می‌رسد کاربرد توأم کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی به بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه منجر می‌شود. فتوسیستم II به تنش‌های محیطی بسیار حساس است و تنش خشکی سبب آسیب به این مرکز می‌شود؛ به عبارتی، کاهش مقادیر F_v/F_m آسیب جدی به PSII و تغییرات احتمالی در فتوستنز گیاهان در معرض تنش را نشان می‌دهد (Seyed Hajizadeh et al., 2022).

محدودیت آبی سبب کاهش عملکرد کوانتومی، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و افزایش فلورسانس حداقل شد؛ در حالی که کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات به بهبود شاخص‌های فلورسانس در شرایط تنش خشکی منجر شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد ۸۹ روز پس از کاشت (معادل ۷۳ BBCH)، بیشترین عملکرد کوانتومی (۰/۷۶۲)، فلورسانس حداکثر (۶۳۳/۳۳) و فلورسانس متغیر (۴۸۳) و همچنین کمترین میزان فلورسانس حداقل (۱۵۰/۳۳) از کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات در شرایط آبیاری کامل حاصل شد (جدول‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و شکل ۴). کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی

جدول ۱۳- مقایسه میانگین تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی نانوذرات بر فلورسانس حداکثر برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف آبیاری

Table 13- Means comparison of the effects of biological fertilizers and nanoparticles on maximum fluorescence (F_m) flag leaf triticale under different levels of irrigation

مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداکثر (F_m) (روز پس از کاشت)							ترکیب تیماری
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵	
۵۳۹ ^{m-t}	۵۴۳ ^{k-s}	۵۵۶/۶۷ ^{n-w}	۵۶۵ ^{j-p}	۵۹۵/۶۷ ^{m-v}	۶۲۸/۳۳ ^{j-r}	۶۲۸/۳۳ ^{j-r}	$I_0 \times B_0 \times N_0$
۵۱۳/۳۳ ^{t-s}	۵۲۰/۶۷ ^{p-u}	۵۴۲/۳۳ ^{p-y}	۵۵۹/۳۳ ^{k-q}	۵۵۴/۳۳ ^{v-z}	۶۵۹/۶۷ ^{f-m}	۶۰۴/۶۷ ^{m-u}	$I_0 \times B_1 \times N_0$
۵۴۰/۶۷ ^{l-t}	۵۲۶/۳۳ ^{m-t}	۵۴۲/۶۷ ^{p-y}	۵۴۷ ^{m-r}	۶۲۱/۳۳ ^{i-o}	۵۹۸/۶۷ ^{q-v}	۶۶۵/۳۳ ^{g-n}	$I_0 \times B_2 \times N_0$
۶۱۸/۳۳ ^{ab}	۶۲۵/۳۳ ^{a-c}	۶۴۱/۶۷ ^{a-c}	۶۴۴/۳۳ ^{a-c}	۶۹۸/۳۳ ^{a-c}	۷۳۲ ^{ab}	۷۴۷/۶۷ ^{a-e}	$I_0 \times B_3 \times N_0$
۵۴۸/۶۷ ^{j-s}	۵۵۵ ^{i-p}	۵۶۶/۳۳ ^{k-u}	۵۸۶/۶۷ ^{g-l}	۶۰۷ ^{l-s}	۵۷۷ ^{s-z}	۷۰۷ ^{d-i}	$I_0 \times B_0 \times N_1$
۵۴۵/۶۷ ^{k-t}	۵۳۶ ^{l-s}	۵۴۸ ^{o-w}	۵۵۱/۳۳ ^{l-q}	۶۵۲/۶۷ ^{d-k}	۶۰۱/۳۳ ^{o-v}	۶۵۱/۶۷ ^{i-p}	$I_0 \times B_1 \times N_1$
۶۰۲/۳۳ ^{a-f}	۶۰۵/۶۷ ^{a-f}	۵۸۵/۳۳ ^{f-o}	۵۴۰/۳۳ ^{o-r}	۶۱۳/۶۷ ^{k-q}	۶۷۱/۶۷ ^{d-j}	۶۹۰/۶۷ ^{e-j}	$I_0 \times B_2 \times N_1$
۶۱۰ ^{a-c}	۶۲۶ ^{a-c}	۶۲۹/۶۷ ^{a-e}	۶۲۷/۶۷ ^{a-e}	۶۸۶/۳۳ ^{a-f}	۷۱۱/۳۳ ^{a-e}	۷۶۴/۶۷ ^{a-d}	$I_0 \times B_3 \times N_1$
۵۴۲ ^{l-s}	۵۵۸/۳۳ ^{h-p}	۵۷۹/۶۷ ^{h-q}	۵۵۲/۶۷ ^{l-q}	۶۸۱/۶۷ ^{a-f}	۶۹۰ ^{b-i}	۶۵۹/۳۳ ^{i-o}	$I_0 \times B_0 \times N_2$
۵۶۶/۶۷ ^{e-p}	۶۰۳/۳۳ ^{a-f}	۶۱۱/۶۷ ^{b-i}	۵۲۹/۶۷ ^{p-s}	۵۹۷/۳۳ ^{m-u}	۵۹۴ ^{q-w}	۷۷۹/۳۳ ^{a-c}	$I_0 \times B_1 \times N_2$
۵۹۲/۶۷ ^{b-g}	۶۰۶ ^{a-f}	۵۳۹/۶۷ ^{q-x}	۶۱۳/۶۷ ^h	۶۶۱ ^{b-i}	۶۷۶/۳۳ ^k	۷۲۴ ^{b-h}	$I_0 \times B_2 \times N_2$
۵۸۷ ^{b-j}	۶۳۷ ^{ab}	۶۴۵ ^{ab}	۶۶۴/۳۳ ^a	۷۰۲ ^{ab}	۷۴۷ ^a	۷۸۶/۶۷ ^{ab}	$I_0 \times B_3 \times N_2$
۵۷۳ ^{d-n}	۵۷۲/۶۷ ^{f.l}	۶۰۲/۶۷ ^{c-l}	۶۰۰/۳۳ ^{e-j}	۶۱۰/۶۷ ^{k-r}	۶۷۶/۶۷ ^{c-j}	۷۱۸/۶۷ ^{b-i}	$I_0 \times B_0 \times N_3$
۶۰۵ ^{a-e}	۶۳۰ ^{a-c}	۶۳۸/۳۳ ^{a-d}	۶۴۱ ^{a-d}	۶۷۸ ^{a-f}	۷۱۹/۶۷ ^{a-d}	۶۶۹/۳۳ ^{f-m}	$I_0 \times B_1 \times N_3$
۶۱۲/۶۷ ^{a-d}	۶۱۵ ^{a-d}	۶۱۷/۶۷ ^{a-h}	۶۵۰/۶۷ ^{a-c}	۶۹۰/۳۳ ^{a-e}	۶۹۸ ^{a-h}	۷۷۰ ^{a-d}	$I_0 \times B_2 \times N_3$
۶۳۳/۳۳ ^a	۶۳۹/۶۷ ^a	۶۵۶ ^a	۶۵۴ ^{ab}	۷۱۱/۶۷ ^a	۷۳۶/۶۷ ^{ab}	۸۰۱ ^a	$I_0 \times B_3 \times N_3$

۵۵۱ ^{j-p}	۵۴۴ ^{k-s}	۵۸۱/۶۷ ^{g-p}	۵۴۹/۳۳ ^{l-q}	۵۶۵/۳۳ ^{s-w}	۶۰۰/۳۳ ^{p-v}	۵۵۵ ^{t-v}	I ₁ ×B ₀ ×N ₀
۵۳۲/۳۳ ^{o-u}	۵۲۹/۶۷ ^{m-t}	۵۴۱/۶۷ ^{p-y}	۵۳۷ ^{o-r}	۵۸۶/۶۷ ^{n-w}	۵۶۸ ^{u-z}	۵۹۴ ^{o-u}	I ₁ ×B ₁ ×N ₀
۵۴۵/۳۳ ^{k-s}	۵۳۵/۳۳ ^{l-s}	۵۲۶/۳۳ ^{u-z}	۵۳۸ ^{o-r}	۶۲۷/۳۳ ^{h-n}	۶۱۵/۶۷ ^{m-u}	۷۱۷ ^{d-i}	I ₁ ×B ₂ ×N ₀
۵۳۲/۶۷ ^{o-v}	۵۰۶ ^{s-u}	۵۳۴/۳۳ ^{s-y}	۶۱۷ ^{b-h}	۶۵۶/۶۷ ^{c-j}	۶۹۴ ^{b-h}	۷۱۲/۶۷ ^{c-i}	I ₁ ×B ₃ ×N ₀
۵۵۸ ^{h-p}	۵۲۲ ^{o-t}	۵۶۲/۶۷ ^{l-v}	۵۷۴/۳۳ ^{i-o}	۵۷۴ ^{p-x}	۶۲۶/۳۳ ^{k-s}	۵۹۹ ^{n-u}	I ₁ ×B ₀ ×N ₁
۵۱۲/۳۳ ^{r-w}	۵۵۲/۶۷ ^{j-r}	۵۱۵/۶۷ ^{w-z}	۵۶۵/۳۳ ^{j-p}	۵۹۹/۶۷ ^{m-t}	۵۹۵/۶۷ ^{q-v}	۵۵۰/۳۳ ^{t-v}	I ₁ ×B ₁ ×N ₁
۵۰۶/۳۳ ^{d-x}	۵۷۴/۳۳ ^{f-k}	۵۸۲/۶۷ ^{g-p}	۵۳۰/۳۳ ^{p-s}	۵۸۳/۳۳ ^{o-w}	۶۴۰ ^{i-q}	۶۸۹/۶۷ ^{e-j}	I ₁ ×B ₂ ×N ₁
۵۶۳/۶۷ ^{f-p}	۶۱۱/۳۳ ^{a-e}	۶۲۶/۳۳ ^{a-f}	۵۲۹ ^{p-s}	۶۲۸/۶۷ ^{h-n}	۷۰۲/۶۷ ^{a-g}	۷۳۶/۳۳ ^{a-f}	I ₁ ×B ₃ ×N ₁
۴۹۷ ^{u-x}	۵۰۸/۶۷ ^{s-u}	۵۷۵ ^{j-s}	۶۳۱ ^{a-e}	۵۵۶/۳۳ ^{u-z}	۵۷۵/۶۷ ^{t-z}	۵۶۸ ^{q-u}	I ₁ ×B ₀ ×N ₂
۵۴۵/۳۳ ^{k-t}	۵۵۲/۳۳ ^{j-r}	۵۷۰/۳۳ ^{j-t}	۶۰۳/۶۷ ^{d-i}	۵۶۰/۳۳ ^{t-z}	۶۴۲/۳۳ ^{i-q}	۵۷۴ ^{q-u}	I ₁ ×B ₁ ×N ₂
۵۸۲/۶۷ ^{b-k}	۵۷۸/۶۷ ^{d-k}	۵۲۷ ^{u-z}	۵۵۷/۳۳ ^{k-q}	۵۵۵/۳۳ ^{u-z}	۵۸۱/۶۷ ^{r-y}	۶۰۳/۶۷ ^{m-u}	I ₁ ×B ₂ ×N ₂
۵۹۹/۳۳ ^{a-f}	۵۹۳/۳۳ ^{c-h}	۶۲۳/۳۳ ^{a-g}	۶۳۷/۶۷ ^{a-e}	۶۴۸/۳۳ ^l	۷۰۷/۳۳ ^{a-f}	۷۴۲ ^{a-e}	I ₁ ×B ₃ ×N ₂
۵۵۴/۳۳ ^{i-q}	۵۱۶/۶۷ ^{q-u}	۵۰۸/۳۳ ^{x-z}	۵۳۰/۶۷ ^{p-s}	۵۵۸/۳۳ ^{t-z}	۶۰۵/۳۳ ^{n-v}	۷۱۷ ^{d-i}	I ₁ ×B ₀ ×N ₃
۵۰۶/۶۷ ^{s-w}	۵۷۵/۳۳ ^{e-k}	۶۰۸/۶۷ ^{b-j}	۵۴۳/۳۳ ^{n-r}	۶۷۴ ^{a-g}	۶۲۳/۶۷ ^{t-t}	۶۸۴/۶۷ ^{e-k}	I ₁ ×B ₁ ×N ₃
۵۷۹ ^{b-l}	۵۹۳ ^{c-i}	۵۹۷/۳۳ ^{d-n}	۶۳۴/۳۳ ^{a-e}	۶۴۴/۳۳ ^{f-l}	۶۵۵/۶۷ ^{g-m}	۶۸۴/۶۷ ^{e-k}	I ₁ ×B ₂ ×N ₃
۶۱۵ ^{a-c}	۶۲۲/۳۳ ^{a-c}	۶۳۵/۳۳ ^{a-d}	۶۴۷/۳۳ ^{a-c}	۶۹۴/۳۳ ^{a-d}	۷۲۳/۳۳ ^{a-c}	۷۵۳ ^{a-e}	I ₁ ×B ₃ ×N ₃
۴۶۹/۶۷ ^x	۴۸۳/۶۷ ^u	۴۸۸/۳۳ ^z	۴۹۴/۶۷ ^s	۵۰۳ ^a	۵۱۱/۳۳ ^a	۴۹۹ ^v	I ₂ ×B ₀ ×N ₀
۵۳۴ ^{n-u}	۵۶۲/۳۳ ^{g-n}	۵۶۲/۳۳ ^{l-v}	۵۷۱/۶۷ ^{i-o}	۶۱۲/۳۳ ^{k-q}	۶۴۹/۶۷ ^{h-p}	۵۶۶/۳۳ ^{r-v}	I ₂ ×B ₁ ×N ₀
۵۷۰ ^{e-o}	۵۶۰ ^{h-o}	۵۸۹/۶۷ ^{e-o}	۵۷۱/۳۳ ^{i-o}	۵۷۳ ^{q-x}	۶۵۵ ^{g-n}	۶۰۳/۶۷ ^{m-u}	I ₂ ×B ₂ ×N ₀
۵۲۷/۳۳ ^{p-v}	۵۶۳/۳۳ ^{g-m}	۵۷۶/۶۷ ^{h-r}	۵۸۰ ^{h-n}	۵۹۱/۳۳ ^{m-w}	۵۵۹ ^{v-z}	۵۳۹/۳۳ ^{u-v}	I ₂ ×B ₃ ×N ₀
۴۹۳/۳۳ ^{v-x}	۴۹۳ ^{tu}	۵۳۱/۶۷ ^{t-y}	۵۶۹/۶۷ ^{i-o}	۵۶۱ ^{t-y}	۵۳۴/۳۳ ^{y-a}	۵۸۲/۳۳ ^{q-u}	I ₂ ×B ₀ ×N ₁
۵۱۵/۳۳ ^{q-w}	۵۳۳ ^{m-s}	۵۵۹/۶۷ ^{m-v}	۵۵۶ ^{k-q}	۶۱۶/۶۷ ^{j-o}	۶۶۰ ^{f-m}	۶۲۰/۶۷ ^{k-s}	I ₂ ×B ₁ ×N ₁
۴۸۳/۳۳ ^{w-x}	۵۱۵/۶۷ ^{r-u}	۵۰۵ ^{yz}	۵۰۹/۶۷ ^{rs}	۵۱۷/۶۷ ^{z-a}	۵۳۹/۶۷ ^{x-a}	۶۵۸/۳۳ ^{h-o}	I ₂ ×B ₂ ×N ₁
۵۷۶ ^{d-m}	۵۸۲/۳۳ ^{d-h}	۶۰۵/۳۳ ^{b-k}	۵۲۳/۶۷ ^{q-s}	۵۵۱/۳۳ ^{w-z}	۵۸۷/۳۳ ^{r-x}	۶۰۴ ^{m-u}	I ₂ ×B ₃ ×N ₁
۵۵۶/۶۷ ^{h-p}	۵۶۴/۳۳ ^{g-m}	۵۷۰ ^{j-t}	۵۷۰ ^{i-o}	۵۹۳ ^{m-w}	۵۲۸ ^{z-a}	۵۶۲ ^{r-v}	I ₂ ×B ₀ ×N ₂
۵۴۲ ^{l-t}	۵۲۴/۶۷ ^{n-t}	۵۳۷ ^{f-y}	۵۷۱/۳۳ ^{i-o}	۵۶۹ ^{r-x}	۵۹۹ ^{q-v}	۶۳۵/۳۳ ^{j-q}	I ₂ ×B ₁ ×N ₂
۴۸۶/۳۳ ^{w-x}	۵۴۲/۳۳ ^{k-s}	۵۴۹/۳۳ ^{o-x}	۵۵۲/۶۷ ^{l-q}	۵۲۲ ^{z-a}	۵۴۵ ^{w-a}	۵۸۱/۳۳ ^{q-u}	I ₂ ×B ₂ ×N ₂
۵۶۰/۳۳ ^{g-o}	۵۷۶/۶۷ ^{e-k}	۵۸۸ ^{e-o}	۵۹۰/۳۳ ^{f-k}	۵۳۴ ^{z-a}	۶۵۱ ^{h-o}	۵۸۸ ^{p-u}	I ₂ ×B ₃ ×N ₂
۵۶۱/۶۷ ^{g-p}	۵۷۲/۶۷ ^{f-l}	۶۰۰ ^{c-l}	۵۹۰/۳۳ ^{f-k}	۶۲۲/۶۷ ^{h-o}	۶۵۰/۳۳ ^{h-p}	۶۱۵/۳۳ ^{l-t}	I ₂ ×B ₀ ×N ₃
۵۳۰/۶۷ ^{o-v}	۵۵۴/۳۳ ^{j-q}	۵۲۳ ^{v-z}	۶۰۶/۶۷ ^{d-h}	۵۸۲/۶۷ ^{o-w}	۵۸۲ ^{r-y}	۶۷۳/۳۳ ^{f-l}	I ₂ ×B ₁ ×N ₃
۵۳۷/۶۷ ^{m-t}	۵۳۴/۳۳ ^{m-s}	۵۶۳ ^{l-v}	۵۸۱/۶۷ ^{h-m}	۶۳۳/۳۳ ^{g-m}	۶۱۹/۶۷ ^{m-t}	۶۵۲/۳۳ ^{i-p}	I ₂ ×B ₂ ×N ₃
۵۹۴/۳۳ ^{a-h}	۵۹۹ ^{b-g}	۶۱۴/۳۳ ^{a-i}	۶۲۳/۶۷ ^{b-g}	۶۶۵ ^{b-h}	۶۶۴ ^{e-m}	۷۳۰/۳۳ ^{b-g}	I ₂ ×B ₃ ×N ₃
۳۹/۶۷	۳۸/۳۲	۴۱/۷۲	۳۷/۶۳	۴۲/۹۹	۵۰/۳۲	۶۸/۵۵	LSD

I₀ و I₁ و I₂ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی و آبستنی. B₀، B₁، B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپیریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپیریلیوم. N₀، N₁، N₂ و N₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی نانواکسید آهن و محلول پاشی نانوسیلیکون. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

I₀, I₁ and I₂: full irrigation, irrigation withholding at heading and booting stages respectively. B₀, B₁, B₂ and B₃ are no application of biofertilizers, application of *pseudomonas*, *Azospirillum*, application *Azospirillum* + *pseudomonas*. N₀, N₁ and N₂ are no foliar application, nano iron oxide foliar application, nano silicon, nano iron-silicon foliar application. Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

جدول ۱۴- مقایسه میانگین تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر فلورسانس متغیر برگ پرچم تربتی‌کاله در سطوح مختلف آبیاری
 Table 14- Means comparison of the effects of bio fertilizers and nanoparticles on variable fluorescence (F_v) flag leaf triticale under different levels of irrigation

مراحل نمونه‌برداری فلورسانس متغیر (F _v) (روز پس از کاشت)							ترکیب تیماری
۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵	
۳۴۳/۳۳ ^{n-w}	۳۴۹/۳۳ ^{j-r}	۳۶۸/۶۷ ^{n-x}	۳۸۲/۶۷ ^{o-u}	۴۱۹/۶۷ ^{l-u}	۴۶۲ ^{m-r}	۴۵۹ ^{l-s}	I ₀ ×B ₀ ×N ₀
۳۰۴/۶۷ ^{l-y}	۳۱۷ ^{p-t}	۳۴۹/۶۷ ^{q-z}	۳۸۲/۶۷ ^{o-u}	۳۷۸ ^{s-w}	۵۰۲/۶۷ ^{f-m}	۴۲۹/۳۳ ^{o-v}	I ₀ ×B ₁ ×N ₀
۳۴۳/۶۷ ^{n-w}	۳۲۴/۶۷ ^{n-s}	۳۵۳/۶۷ ^{p-z}	۳۵۶ ^{r-v}	۴۵۵/۶۷ ^{h-o}	۴۲۶/۶۷ ^{o-v}	۵۰۴/۶۷ ^{h-o}	I ₀ ×B ₂ ×N ₀
۴۶۴ ^{ab}	۴۷۳/۳۳ ^{a-c}	۴۹۴/۳۳ ^{a-c}	۴۹۷/۳۳ ^{a-d}	۵۵۹ ^{ab}	۵۹۴/۳۳ ^{ab}	۶۰۵/۶۷ ^{a-f}	I ₀ ×B ₃ ×N ₀
۳۵۷/۶۷ ^{m-u}	۳۶۸/۳۳ ^{h-p}	۳۸۲/۶۷ ^{k-v}	۴۱۵ ^{i-o}	۴۳۵/۶۷ ^{j-q}	۳۹۵/۶۷ ^{e-x}	۵۵۶/۶۷ ^{d-k}	I ₀ ×B ₀ ×N ₁
۳۵۰/۶۷ ^{l-w}	۳۴۰ ^{k-r}	۳۶۲ ^{o-x}	۳۶۶/۳۳ ^{p-v}	۴۹۸ ^{c-i}	۴۲۸ ^{o-v}	۴۸۷/۳۳ ^{k-q}	I ₀ ×B ₁ ×N ₁
۴۳۹ ^{a-g}	۴۴۴/۳۳ ^{a-f}	۴۱۰ ^{f-q}	۳۴۶/۳۳ ^{s-w}	۴۵۳/۳۳ ^{i-o}	۵۱۸ ^{d-l}	۵۳۶/۳۳ ^{e-l}	I ₀ ×B ₂ ×N ₁
۴۵۱/۶۷ ^{a-e}	۴۷۴/۳۳ ^{a-c}	۴۷۷ ^{a-d}	۴۷۳/۶۷ ^{a-g}	۵۴۲/۶۷ ^{e-e}	۵۶۸/۶۷ ^{e-e}	۶۲۵/۶۷ ^{a-d}	I ₀ ×B ₃ ×N ₁
۳۴۷/۳۳ ^{m-w}	۳۷۳/۳۳ ^{h-p}	۴۰۲ ^{h-r}	۳۶۴/۶۷ ^{p-v}	۵۲۷ ^{a-e}	۵۴۱/۳۳ ^{b-j}	۴۹۸/۳۳ ^{i-p}	I ₀ ×B ₀ ×N ₂
۳۸۵/۳۳ ^{f-q}	۴۴۰/۶۷ ^{a-f}	۴۴۹/۶۷ ^{b-i}	۳۴۴/۶۷ ^{l-w}	۴۲۵/۶۷ ^{l-s}	۴۲۱/۳۳ ^{q-v}	۶۴۳/۶۷ ^{a-c}	I ₀ ×B ₁ ×N ₂
۴۲۳/۶۷ ^{b-j}	۴۴۳/۶۷ ^{a-f}	۳۴۷/۶۷ ^{r-z}	۴۵۳/۶۷ ^{d-j}	۵۰۹ ^{b-h}	۵۲۲/۶۷ ^{c-k}	۵۷۷ ^{b-i}	I ₀ ×B ₂ ×N ₂
۴۱۸/۶۷ ^{b-k}	۴۸۹ ^{ab}	۴۹۸/۶۷ ^{ab}	۵۲۳/۳۳ ^a	۵۵۳ ^{a-c}	۶۱۲/۶۷ ^a	۶۵۲/۳۳ ^{ab}	I ₀ ×B ₃ ×N ₂
۳۹۵/۳۳ ^{e-o}	۳۹۵ ^{f-l}	۴۳۶ ^{c-l}	۴۳۴/۶۷ ^{g-n}	۴۴۰/۳۳ ^{j-q}	۵۲۴/۳۳ ^{c-k}	۵۷۰/۶۷ ^{c-i}	I ₀ ×B ₀ ×N ₃
۴۴۴ ^{a-f}	۴۷۹/۶۷ ^{a-c}	۴۹۰ ^{a-c}	۴۹۲/۶۷ ^{a-e}	۵۳۱/۶۷ ^{a-e}	۵۷۹/۳۳ ^{a-d}	۵۰۶/۶۷ ^{h-o}	I ₀ ×B ₁ ×N ₃
۴۵۵/۳۳ ^{a-d}	۴۵۸/۶۷ ^{a-d}	۴۵۹/۳۳ ^{a-g}	۵۰۶/۶۷ ^{a-c}	۵۴۸ ^{a-d}	۵۵۱/۶۷ ^{a-h}	۶۳۲ ^{a-d}	I ₀ ×B ₂ ×N ₃
۴۸۳ ^a	۴۹۳ ^a	۵۱۲ ^a	۵۱۱ ^{ab}	۵۷۵/۳۳ ^a	۶۰۰ ^{ab}	۶۶۸/۶۷ ^a	I ₀ ×B ₃ ×N ₃
۳۶۲/۶۷ ^{k-l}	۳۵۱ ^{j-r}	۴۰۳ ^{g-t}	۳۵۹/۶۷ ^{l-v}	۳۷۹/۳۳ ^w	۴۲۵/۶۷ ^{l-v}	۳۷۰ ^{l-w}	I ₁ ×B ₀ ×N ₀
۳۳۴/۶۷ ^{p-x}	۳۲۸/۶۷ ^{n-s}	۳۴۷ ^{r-z}	۳۴۳/۶۷ ^{l-w}	۴۰۷/۶۷ ^{o-v}	۳۸۳/۶۷ ^{u-x}	۴۱۶/۶۷ ^{q-v}	I ₁ ×B ₁ ×N ₀
۳۵۳ ^{l-w}	۳۳۸ ^{l-r}	۳۲۵/۳۳ ^{v-a}	۳۴۶/۳۳ ^{s-w}	۴۵۴/۳۳ ^{j-o}	۴۴۵/۳۳ ^{m-u}	۵۶۹/۳۳ ^j	I ₁ ×B ₂ ×N ₀
۳۳۱/۶۷ ^{q-y}	۲۹۶/۶۷ ^{r-t}	۳۳۷ ^{t-y}	۴۵۸/۶۷ ^{c-i}	۵۰۳/۶۷ ^{b-i}	۵۴۶/۳۳ ^{b-i}	۵۶۳/۶۷ ^{c-k}	I ₁ ×B ₃ ×N ₀
۳۷۰ ^{i-r}	۳۱۶/۶۷ ^{p-t}	۳۷۷/۶۷ ^{l-w}	۳۹۶/۶۷ ^{k-s}	۳۹۱ ^{q-w}	۴۵۸ ^{l-s}	۴۲۳ ^{p-v}	I ₁ ×B ₀ ×N ₁
۳۰۳/۳۳ ^{u-z}	۳۶۵ ^{i-q}	۳۱۱ ^{x-a}	۳۶۱/۶۷ ^{q-v}	۴۲۵ ^{l-t}	۴۱۹/۶۷ ^{q-v}	۳۶۴/۳۳ ^{u-w}	I ₁ ×B ₁ ×N ₁
۲۹۴ ^{w-a}	۳۹۶/۳۳ ^{e-k}	۴۰۶/۳۳ ^{g-r}	۳۳۳ ^{u-w}	۴۰۶/۳۳ ^{n-v}	۴۷۸ ^{k-q}	۵۳۵/۳۳ ^{e-l}	I ₁ ×B ₂ ×N ₁
۳۸۰/۶۷ ^{g-r}	۴۵۹ ^{a-e}	۴۷۲/۳۳ ^{a-e}	۳۵۶ ^{r-v}	۴۶۵/۶۷ ^{g-m}	۵۵۷/۳۳ ^{a-g}	۵۹۱/۶۷ ^{a-g}	I ₁ ×B ₃ ×N ₁
۲۷۹/۶۷ ^{x-a}	۲۹۷ ^{f-t}	۳۹۷ ^{i-r}	۴۴۶/۶۷ ^{e-k}	۳۷۴/۶۷ ^{l-x}	۳۹۵ ^{t-y}	۳۸۵/۶۷ ^{e-w}	I ₁ ×B ₀ ×N ₂
۳۵۳/۶۷ ^{l-v}	۳۶۳/۳۳ ^{i-q}	۳۸۸ ^{j-u}	۴۳۹/۳۳ ^{f-m}	۳۷۵/۳۳ ^{l-x}	۴۷۹/۶۷ ^q	۳۹۳/۳۳ ^{r-v}	I ₁ ×B ₁ ×N ₂
۴۰۹/۳۳ ^{b-l}	۴۰۳/۳۳ ^{d-j}	۳۳۰/۶۷ ^{u-a}	۳۹۶ ^{l-s}	۳۶۶ ^{u-y}	۴۰۵/۳۳ ^{r-w}	۴۲۸/۳۳ ^{o-v}	I ₁ ×B ₂ ×N ₂
۴۳۴ ^{a-h}	۴۲۵/۶۷ ^{c-f}	۴۶۸ ^{a-f}	۴۸۸ ^{a-f}	۴۹۲/۳۳ ^{d-j}	۵۶۳/۶۷ ^{a-f}	۵۹۸/۶۷ ^{a-f}	I ₁ ×B ₃ ×N ₂
۳۶۶/۳۳ ^{j-s}	۳۱۰ ^{q-t}	۲۹۹/۶۷ ^{y-a}	۳۴۶/۶۷ ^{s-w}	۳۷۲/۶۷ ^{l-w}	۴۳۲/۶۷ ^{n-v}	۵۶۹/۶۷ ^{c-j}	I ₁ ×B ₀ ×N ₃
۲۹۸/۳۳ ^{v-a}	۳۹۸ ^{e-j}	۴۴۵ ^{b-j}	۳۵۱ ^{s-w}	۵۲۶ ^{a-f}	۴۵۶ ^{l-t}	۵۲۸/۶۷ ^{f-m}	I ₁ ×B ₁ ×N ₃
۴۰۴ ^{c-m}	۴۲۵ ^{c-h}	۴۲۷/۶۷ ^{d-n}	۴۸۳/۳۳ ^{a-g}	۴۸۶/۶۷ ^{e-k}	۴۹۷ ^{g-l}	۵۲۹/۳۳ ^{f-m}	I ₁ ×B ₂ ×N ₃
۴۵۹/۶۷ ^{a-c}	۴۶۸/۶۷ ^{a-c}	۴۸۵/۳۳ ^{a-d}	۵۰۲ ^{ab}	۵۵۳/۳۳ ^{a-c}	۵۸۴/۶۷ ^{a-c}	۶۱۲ ^{a-e}	I ₁ ×B ₃ ×N ₃
۲۴۳/۳۳ ^a	۲۶۱ ^t	۲۷۲/۶۷ ^a	۲۸۱ ^x	۲۹۵/۳۳ ^z	۳۱۲/۶۷ ^z	۳۰۶ ^w	I ₂ ×B ₀ ×N ₀
۳۳۶/۶۷ ^{o-x}	۳۷۷/۳۳ ^{g-n}	۳۷۵ ^{m-w}	۴۰۱/۶۷ ^{k-r}	۴۳۳/۳۳ ^{l-s}	۴۸۵/۳۳ ^{i-o}	۴۸۴ ^{s-w}	I ₂ ×B ₁ ×N ₀
۳۹۳/۳۳ ^{e-o}	۳۷۳/۶۷ ^{h-p}	۴۱۴/۳۳ ^{e-o}	۳۸۹ ^{m-t}	۳۸۹ ^{q-w}	۴۹۳ ^{h-n} +۹۹/۷	۴۳۰/۶۷ ^{o-v}	I ₂ ×B ₂ ×N ₀
۳۲۵/۳۳ ^{r-y}	۳۸۰/۶۷ ^{f-n}	۳۹۷/۶۷ ^{h-r}	۴۰۵/۳۳ ^{j-r}	۴۱۴ ^{m-v}	۳۷۱/۶۷ ^{v-z}	۳۵۲/۳۳ ^w	I ₂ ×B ₃ ×N ₀
۲۷۴/۶۷ ^{v-a}	۲۷۳/۳۳ st	۳۳۲ ^{l-a}	۳۵۹/۳۳ ^{q-v}	۳۷۲ ^{l-x}	۳۴۰/۶۷ ^{x-z}	۴۱۲/۳۳ ^{q-v}	I ₂ ×B ₀ ×N ₁

Wittmack) در سطوح مختلف آبیاری رثوف سید شریفی و همکاران

۳۰۷/۳۳ ^{s-z}	۳۳۶/۶۷ ^{m-r}	۳۷۳/۳۳ ^{m-w}	۳۶۹ ^{p-v}	۴۴۷ ^{i-p}	۴۹۹/۳۳ ^{g-m}	۴۵۰/۳۳ ^{m-t}	I ₂ ×B ₁ ×N ₁
۲۶۰/۳۳ ^{z-a}	۳۰۷/۶۷ ^{t-l}	۲۹۴/۶۷ ^{z-a}	۳۰۱ ^{wx}	۳۱۳/۳۳ ^z	۳۴۷/۳۳ ^{w-z}	۴۹۸/۶۷ ^{i-p}	I ₂ ×B ₂ ×N ₁
۳۹۹/۳۳ ^{d-n}	۴۰۹ ^{d-i}	۴۴۰/۳۳ ^{b-k}	۳۲۳/۳۳ ^{v-x}	۳۶۱ ^{v-y}	۴۰۸/۶۷ ^{r-w}	۴۲۹/۳۳ ^{o-v}	I ₂ ×B ₃ ×N ₁
۳۷۲/۳۳ ^{i-r}	۳۸۰/۶۷ ^{g-n}	۳۸۵/۳۳ ^{k-v}	۳۸۷/۳۳ ^{m-t}	۴۱۴/۳۳ ^{l-v}	۳۳۲/۶۷ ^z	۳۷۸ ^{t-w}	I ₂ ×B ₀ ×N ₂
۳۴۸ ^{m-w}	۳۲۱/۳۳ ^{o-s}	۳۴۱ ^{s-z}	۳۹۲/۳۳ ^{m-t}	۳۷۷/۶۷ ^{r-w}	۴۲۲/۳۳ ^{q-v}	۴۶۷ ^{l-r}	I ₂ ×B ₁ ×N ₂
۲۶۵ ^{z-a}	۳۴۸/۶۷ ^{j-r}	۳۵۸/۶۷ ^{o-y}	۳۶۳/۳۳ ^{q-v}	۳۱۹/۶۷ ^{x-z}	۳۵۴/۳۳ ^{w-z}	۳۹۷/۶۷ ^{r-v}	I ₂ ×B ₂ ×N ₂
۳۷۵/۳۳ ^{h-r}	۴۰۱ ^{d-j}	۴۱۳/۶۷ ^{e-p}	۴۲۰/۳۳ ^{h-o}	۳۳۷/۳۳ ^{w-z}	۴۹۱ ^{h-n}	۴۰۹/۶۷ ^{q-v}	I ₂ ×B ₃ ×N ₂
۳۷۹/۳۳ ^{h-r}	۳۹۴ ^{f-l}	۴۲۹/۳۳ ^{d-m}	۴۰۷/۳۳ ^q	۴۶۰/۶۷ ^{g-n}	۴۸۸/۶۷ ^{i-o}	۴۴۳/۳۳ ^u	I ₂ ×B ₀ ×N ₃
۳۳۰/۳۳ ^{q-y}	۳۶۵ ^{i-q}	۳۲۰/۶۷ ^{w-a}	۴۴۳/۶۷ ^l	۴۰۲/۶۷ ^{o-v}	۴۰۲ ^{r-x}	۵۱۵ ^{g-n}	I ₂ ×B ₁ ×N ₃
۳۳۹/۳۳ ^{o-w}	۳۳۷/۶۷ ^{m-r}	۳۷۹/۶۷ ^{l-w}	۴۰۹/۶۷ ^q	۴۷۱/۶۷ ^{f-l}	۴۵۰/۶۷ ^{m-t}	۴۸۹ ^{j-q}	I ₂ ×B ₂ ×N ₃
۴۲۷/۳۳ ^{a-i}	۴۳۴ ^{b-g}	۴۵۴ ^{b-h}	۴۶۸/۶۷ ^{b-g}	۵۱۴/۶۷ ^{b-f}	۵۰۸ ^{f-m}	۵۸۴/۳۳ ^{b-h}	I ₂ ×B ₃ ×N ₃
۵۹/۱	۵۷/۹	۶۰/۳۹	۵۰/۵	۵۷/۵۶	۶۲/۸۴	۸۰/۸۷	LSD

I₀, I₁ و I₂ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی و آبستنی، B₀, B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپیریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپیریلیوم، N₀, N₁ و N₂ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی نانو اکسید آهن و محلول پاشی نانو سیلیکون. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

I₀, I₁ and I₂: full irrigation, irrigation withholding at heading and booting stages respectively. B₀, B₁, B₂ and B₃ are no application of biofertilizers, application of *pseudomonas*, *Azospirillum*, application *Azospirillum* + *pseudomonas*. N₀, N₁ and N₂ are no foliar application, nano iron oxide foliar application, nano silicon, nano iron-silicon foliar application. Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

جدول ۱۵- مقایسه میانگین تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر فلورسانس حداقل برگ پرچم و عملکرد دانه تربیتکاله در سطوح مختلف آبیاری

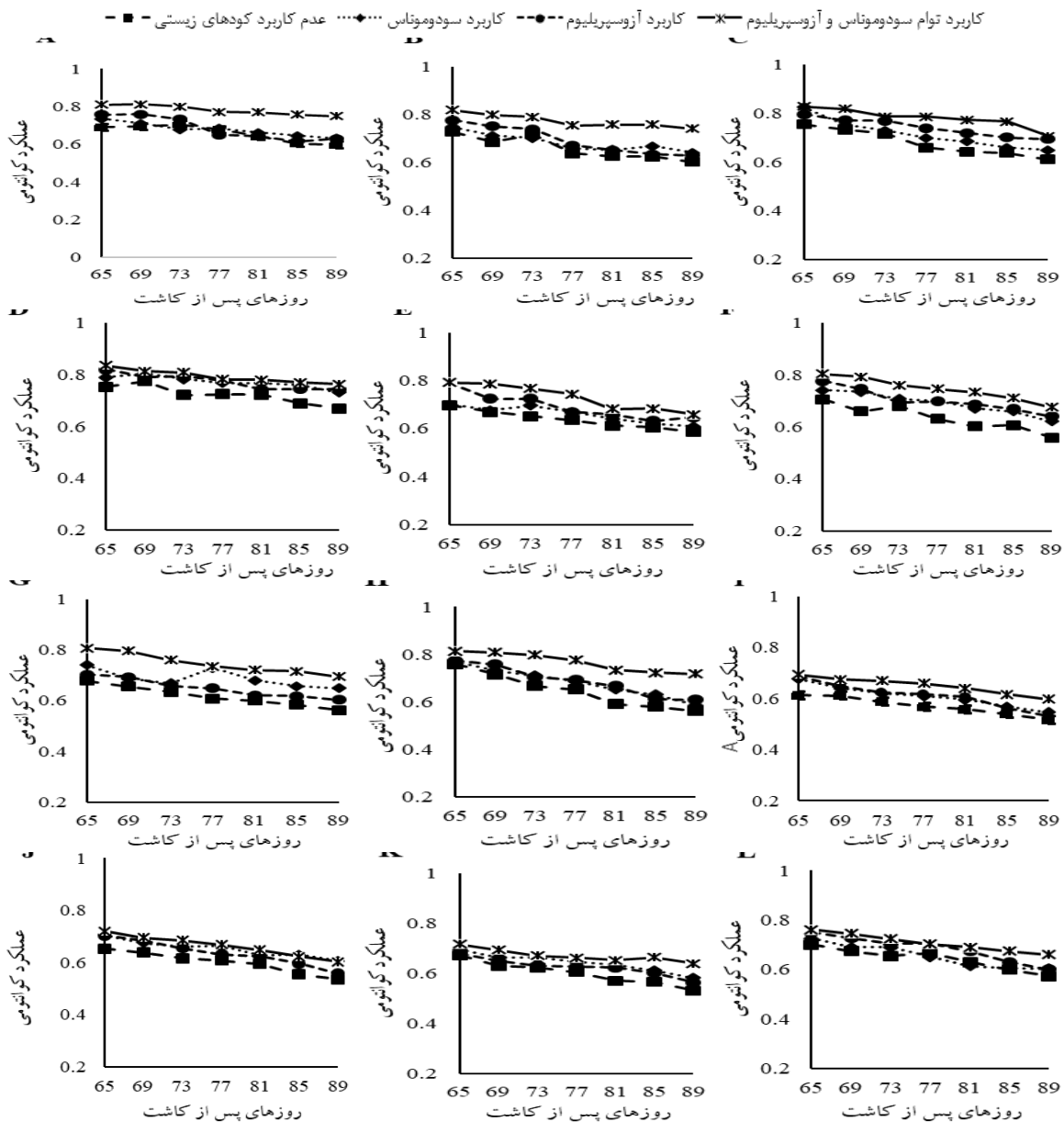
Table 15- Means comparison of the effects of biofertilizers and nanoparticles on minimum fluorescence (F₀) flag leaf and grain yield triticale under different levels of irrigation

عملکرد دانه	مراحل نمونه برداری فلورسانس حداقل (F ₀) (روز پس از کاشت)							ترکیب تیماری
	۸۹	۸۵	۸۱	۷۷	۷۳	۶۹	۶۵	
۵۲۸/۸ ^{m-r}	۱۹۵/۶۷ ^{e-l}	۱۹۳/۶۶ ^{c-j}	۱۸۸ ^{d-k}	۱۸۲/۳۳ ^{j-m}	۱۷۶ ^{e-l}	۱۶۶/۳۳ ^r	۱۶۹/۳۳ ^{f-m}	I ₀ ×B ₀ ×N ₀
۵۶۴/۵۸ ^{g-i}	۲۰۸/۶۷ ^{a-g}	۲۰۳/۶۶ ^{a-g}	۱۹۹/۶۶ ^{b-j}	۱۷۶/۶۶ ^{i-p}	۱۷۶/۳۳ ^{e-l}	۱۵۷ ^{o-w}	۱۷۵/۳۳ ^{b-h}	I ₀ ×B ₁ ×N ₀
۵۳۹/۳۵ ^{k-o}	۱۹۷ ^{e-j}	۲۰۱/۶۶ ^{b-i}	۱۸۹ ^{d-k}	۱۹۱ ^{d-i}	۱۶۵/۶۶ ^{h-q}	۱۷۲ ^{h-n}	۱۶۰/۶۶ ^{i-q}	I ₀ ×B ₂ ×N ₀
۵۷۰/۱ ^{e-h}	۱۵۴/۳۳ ^{wx}	۱۵۲ ^{u-w}	۱۴۷/۳۳ ^{s-u}	۱۴۷ ^{v-y}	۱۳۹/۳۳ ^{vw}	۱۳۷/۶۶ ^{ab}	۱۴۲ ^{t-y}	I ₀ ×B ₃ ×N ₀
۵۵۰/۲۵ ^{i-l}	۱۹۱ ^{g-l}	۱۸۶/۶۶ ^{f-m}	۱۸۳/۶۶ ^{e-m}	۱۷۱/۶۶ ^{k-r}	۱۷۱/۳۳ ^{g-o}	۱۸۰/۳۳ ^{b-h}	۱۵۰/۳۳ ^{o-v}	I ₀ ×B ₀ ×N ₁
۵۸۶ ^{b-e}	۱۹۵ ^{e-l}	۱۹۶ ^{c-j}	۱۸۶ ^{d-l}	۱۸۵ ^{e-k}	۱۵۴/۶۶ ^{o-t}	۱۷۳/۳۳ ^{f-m}	۱۶۴/۳۳ ^{e-o}	I ₀ ×B ₁ ×N ₁
۵۷۸/۵۵ ^{c-g}	۱۶۳/۳۳ ^x	۱۶۱/۳۳ ^{q-w}	۱۷۵/۳۳ ^{i-o}	۱۹۴ ^{b-f}	۱۶۰/۳۳ ^{l-t}	۱۵۳/۶۶ ^{q-y}	۱۵۴/۳۳ ^{n-u}	I ₀ ×B ₂ ×N ₁
۵۸۸/۸۱ ^{a-d}	۱۵۸/۳۳ ^x	۱۵۱/۶۶ ^{u-w}	۱۵۲/۶۶ ^{r-u}	۱۵۴ ^{s-y}	۱۴۳/۶۶ ^{t-w}	۱۴۲/۶۶ ^{x-b}	۱۳۹ ^{v-y}	I ₀ ×B ₃ ×N ₁
۵۶۲/۵۶ ^{g-j}	۱۹۴/۶۷ ^m	۱۸۵ ^{g-o}	۱۷۷/۶۶ ^{h-p}	۱۸۸ ^{d-k}	۱۴۴/۶۶ ^{s-w}	۱۴۸/۶۶ ^{t-a}	۱۶۱ ^{i-q}	I ₀ ×B ₀ ×N ₂
۵۶۶/۷۶ ^{f-i}	۱۸۱/۳۳ ^{j-s}	۱۶۲/۶۶ ^{q-w}	۱۶۲ ^{o-u}	۱۸۵ ^{e-k}	۱۷۱/۶۶ ^{g-o}	۱۷۲/۶۶ ^{g-n}	۱۳۵/۶۶ ^{w-y}	I ₀ ×B ₁ ×N ₂
۵۸۳/۱۵ ^{b-f}	۱۶۹ ^{o-x}	۱۶۲/۳۳ ^{q-w}	۱۹۲ ^{b-j}	۱۶۰ ^{p-x}	۱۵۲ ^{q-w}	۱۵۳/۶۶ ^{q-y}	۱۴۷ ^{q-x}	I ₀ ×B ₂ ×N ₂
۵۹۳/۷۶ ^{a-c}	۱۶۸/۳۳ ^{p-x}	۱۴۸ ^{v-w}	۱۴۶/۳۳ ^{tu}	۱۴۱ ^y	۱۴۹ ^{q-w}	۱۳۴/۳۳ ^{ab}	۱۳۴/۳۳ ^{xy}	I ₀ ×B ₃ ×N ₂
۵۷۳/۳ ^{d-g}	۱۷۷/۶۷ ^{k-t}	۱۷۷/۶۶ ^r	۱۶۶/۶۶ ^{l-r}	۱۶۵/۶۶ ^{m-t}	۱۷۰/۳۳ ^{g-o}	۱۵۲/۳۳ ^{r-z}	۱۴۸ ^{q-x}	I ₀ ×B ₀ ×N ₃
۵۹۶/۹۶ ^{ab}	۱۶۲ ^{s-x}	۱۵۰/۳۳ ^{tu-w}	۱۴۸/۳۳ ^{s-u}	۱۴۸/۳۳ ^{tu-y}	۱۴۶/۳۳ ^{r-w}	۱۴۰/۳۳ ^{y-b}	۱۶۲/۶۶ ^{b-p}	I ₀ ×B ₁ ×N ₃
۵۹۰/۴۳ ^{a-d}	۱۵۷/۳۳ ^{tu-x}	۱۵۶/۳۳ ^{s-w}	۱۵۸/۳۳ ^{p-u}	۱۴۴ ^{xy}	۱۴۲/۳۳ ^{tu-w}	۱۴۶/۳۳ ^{tu-b}	۱۳۴/۳۳ ^{v-y}	I ₀ ×B ₂ ×N ₃
۶۰۴/۷۳ ^a	۱۵۰/۳۳ ^x	۱۴۶/۶۶ ^w	۱۴۴ ^u	۱۴۳ ^{xy}	۱۳۶/۳۳ ^w	۱۳۶/۶۶ ^b	۱۳۲/۳۳ ^y	I ₀ ×B ₃ ×N ₃

۴۷۰/۳۳ ^{a-c}	۱۸۸/۳۳ ^{h-o}	۱۹۳ ^{c-m}	۱۷۹/۶۶ ^{g-o}	۱۸۹/۶۶ ^{d-j}	۱۸۶ ^{c-g}	۱۷۴/۶۶ ^{f-k}	۱۸۵ ^{u-c}	$I_1 \times B_0 \times N_0$
۴۹۱/۴ ^{w-z}	۱۹۸/۶۷ ^{d-j}	۲۰۱ ^{b-i}	۱۹۴/۶۶ ^{h-i}	۱۹۳/۳۳ ^{b-h}	۱۷۹ ^{e-j}	۱۸۴/۳۳ ^{b-g}	۱۷۷/۳۳ ^{b-g}	$I_1 \times B_1 \times N_0$
۵۰۱/۳ ^{u-x}	۱۹۲/۳۳ ^{f-n}	۱۹۷/۳۳ ^{c-j}	۲۰۱ ^{a-f}	۱۹۱/۶۶ ^{d-i}	۱۷۳ ^{f-n}	۱۷۰/۳۳ ^{h-o}	۱۴۷/۶۶ ^{q-x}	$I_1 \times B_2 \times N_0$
۵۰۷/۸ ^{s-w}	۲۰۱ ^{c-j}	۲۰۹/۳۳ ^{a-c}	۱۹۷/۳۳ ^{a-g}	۱۵۸/۳۳ ^{q-x}	۱۵۳ ^{p-w}	۱۴۷/۶۶ ^{t-b}	۱۴۹ ^{q-w}	$I_1 \times B_3 \times N_0$
۴۸۸/۳ ^{x-a}	۱۸۸ ^{i-p}	۲۰۳/۳۳ ^{a-f}	۱۸۵ ^{g-l}	۱۷۷/۶۶ ^{g-o}	۱۸۳ ^{d-g}	۱۶۸/۳۳ ^{h-p}	۱۷۶ ^{b-g}	$I_1 \times B_0 \times N_1$
۵۲۶/۶۸ ^{n-r}	۲۰۹ ^{a-g}	۱۸۷/۶۶ ^{e-n}	۲۰۴/۶۶ ^{a-d}	۲۰۳/۶۶ ^{a-d}	۱۷۴/۶۶ ^{e-m}	۱۷۶ ^{f-k}	۱۸۶ ^{a-c}	$I_1 \times B_1 \times N_1$
۵۲۰/۰۱ ^{p-t}	۲۱۲/۳۳ ^{a-e}	۱۷۸ ^{j-r}	۱۷۶/۳۳ ^{i-p}	۱۹۷/۳۳ ^{a-f}	۱۷۷ ^{e-l}	۱۶۲ ^{k-s}	۱۵۴/۳۳ ^{n-t}	$I_1 \times B_2 \times N_1$
۵۵۴/۸۵ ^{h-k}	۱۸۳ ^{i-r}	۱۵۸/۳۳ ^{a-w}	۱۵۴ ^{r-u}	۱۷۲ ^{j-q}	۱۶۳ ^{k-r}	۱۴۵/۳۳ ^{a-b}	۱۴۴/۶۶ ^{s-y}	$I_1 \times B_3 \times N_1$
۴۹۶/۱۶ ^{v-y}	۲۱۷/۳۳ ^{a-d}	۲۱۱/۶۶ ^{a-c}	۱۸۳ ^{e-n}	۱۸۴/۳۳ ^{e-j}	۱۸۱/۶۶ ^{d-h}	۱۸۰/۶۶ ^{c-h}	۱۸۲/۳۳ ^{a-e}	$I_1 \times B_0 \times N_2$
۵۲۳/۴۸ ^{o-s}	۱۹۱/۶۷ ^{f-n}	۱۸۹ ^{d-m}	۱۸۲/۳۳ ^{f-n}	۱۶۴/۳۳ ^{n-t}	۱۸۵ ^{d-g}	۱۶۲/۶۶ ^{i-s}	۱۸۰/۶۶ ^{a-e}	$I_1 \times B_1 \times N_2$
۵۳۲/۹۶ ^{l-q}	۱۷۳/۳۳ ^{a-w}	۱۷۵/۳۳ ^{i-s}	۱۹۶/۳۳ ^{a-h}	۱۶۱/۳۳ ^{o-w}	۱۸۹/۳۳ ^{b-f}	۱۷۶/۳۳ ^{f-j}	۱۷۵/۳۳ ^{b-h}	$I_1 \times B_2 \times N_2$
۵۴۶/۳ ^{j-m}	۱۶۵/۳۳ ^{q-x}	۱۶۷/۶۶ ^{o-v}	۱۵۵/۳۳ ^{q-u}	۱۴۹/۶۶ ^{t-y}	۱۵۶ ^{n-v}	۱۴۳/۶۶ ^{w-b}	۱۴۳/۳۳ ^{t-y}	$I_1 \times B_3 \times N_2$
۵۱۵/۰۸ ^{q-u}	۱۸۸ ^{i-p}	۲۰۶/۶۶ ^{a-e}	۲۰۸/۶۶ ^{a-c}	۱۸۴ ^{e-l}	۱۸۵/۶۶ ^{c-g}	۱۷۲/۶۶ ^{j-n}	۱۴۷/۳۳ ^{q-x}	$I_1 \times B_0 \times N_3$
۵۶۳/۱۱ ^{g-j}	۲۱۱/۳۳ ^{a-f}	۱۷۷/۳۳ ^{k-r}	۱۶۳/۶۶ ^{n-t}	۱۹۲/۳۳ ^{c-h}	۱۴۸ ^{r-w}	۱۶۷/۶۶ ^{h-q}	۱۵۶ ^{m-t}	$I_1 \times B_1 \times N_3$
۵۳۵/۷۶ ^{l-p}	۱۷۵ ^{m-v}	۱۶۸ ^{u-u}	۱۶۹/۶۶ ^{k-q}	۱۵۱ ^{t-y}	۱۵۷/۶۶ ^{k-r}	۱۵۸/۶۶ ^{n-t}	۱۵۵/۳۳ ^{m-t}	$I_1 \times B_2 \times N_3$
۵۷۵/۹۸ ^{c-g}	۱۵۵/۳۳ ^{v-x}	۱۵۳/۶۶ ^{t-w}	۱۵۰ ^{s-u}	۱۴۵/۳۳ ^{w-y}	۱۴۱ ^{u-w}	۱۳۸/۶۶ ^{z-b}	۱۴۱ ^{u-y}	$I_1 \times B_3 \times N_3$
۴۲۲/۰۵ ⁱ	۲۲۶/۳۳ ^a	۲۲۲/۶۶ ^a	۲۱۵/۶۶ ^a	۲۱۳/۶۶ ^a	۲۰۷/۶۶ ^a	۱۹۸/۶۶ ^a	۱۹۳ ^a	$I_2 \times B_0 \times N_0$
۴۵۰/۷۱ ^{e-h}	۱۹۷/۳۳ ^{d-j}	۱۸۵ ^{g-o}	۱۸۷/۳۳ ^{d-j}	۱۷۰ ^{l-s}	۱۷۹ ^{f-j}	۱۶۴/۳۳ ^{i-r}	۱۸۲/۳۳ ^{a-e}	$I_2 \times B_1 \times N_0$
۴۳۵/۸۶ ^{h-i}	۱۷۶/۶۷ ^{l-u}	۱۸۶/۳۳ ^{f-o}	۱۷۵/۳۳ ^{i-p}	۱۸۲/۳۳ ^{f-m}	۱۸۴ ^{d-g}	۱۶۲ ^{k-s}	۱۷۳ ^{b-j}	$I_2 \times B_2 \times N_0$
۴۵۴/۷۸ ^{d-g}	۲۰۲ ^{b-i}	۱۸۲/۶۶ ^{i-p}	۱۷۹ ^{g-o}	۱۷۴/۶۶ ^{i-q}	۱۷۷/۳۳ ^{e-l}	۱۸۷/۳۳ ^{a-f}	۱۸۷ ^{ab}	$I_2 \times B_3 \times N_0$
۴۳۹/۴۱ ^{g-i}	۲۱۸/۶۷ ^{a-c}	۲۱۹/۶۶ ^{ab}	۱۹۹/۶۶ ^{a-f}	۲۱۰/۳۳ ^{ab}	۱۸۹ ^{b-f}	۱۹۳/۶۶ ^{a-c}	۱۷۰ ^{d-l}	$I_2 \times B_0 \times N_1$
۴۸۰/۱ ^{y-b}	۲۰۸ ^{a-h}	۱۹۷/۳۳ ^{c-j}	۱۸۶/۳۳ ^{d-j}	۱۸۷ ^{d-l}	۱۶۹/۶۶ ^{g-p}	۱۶۰/۶۶ ^{i-t}	۱۷۰/۳۳ ^{d-k}	$I_2 \times B_1 \times N_1$
۴۶۳/۰۶ ^{b-e}	۲۲۳ ^a	۲۰۸ ^{a-d}	۲۱۰/۳۳ ^{ab}	۲۰۸/۶۶ ^{a-c}	۲۰۴/۳۳ ^{ab}	۱۹۲/۳۳ ^{a-d}	۱۵۹/۶۶ ^{j-r}	$I_2 \times B_2 \times N_1$
۴۹۳/۳۳ ^{v-z}	۱۷۶/۶۷ ^{l-u}	۱۷۳/۳۳ ^{n-t}	۱۶۵ ^{m-t}	۲۰۰/۳۳ ^{a-e}	۱۹۰/۳۳ ^{b-e}	۱۷۸/۶۶ ^{d-i}	۱۷۴/۶۶ ^{b-i}	$I_2 \times B_3 \times N_1$
۴۴۴/۶۸ ^{f-h}	۱۸۴/۳۳ ^{i-q}	۱۸۳/۶۶ ^{i-p}	۱۸۴/۶۶ ^{e-l}	۱۸۲/۶۶ ^{f-m}	۱۷۸/۶۶ ^{e-k}	۱۹۵/۳۳ ^{ab}	۱۸۴ ^{a-d}	$I_2 \times B_0 \times N_2$
۴۶۶/۲۸ ^{b-e}	۱۹۴ ^{e-m}	۲۰۳/۳۳ ^{a-h}	۱۹۶ ^{b-h}	۱۷۹ ^{g-n}	۱۹۱/۳۳ ^{a-e}	۱۷۶/۶۶ ^{e-j}	۱۶۸/۳۳ ^{e-n}	$I_2 \times B_1 \times N_2$
۴۷۵/۳۸ ^{z-c}	۲۲۱/۳۳ ^{ab}	۱۹۳/۶۶ ^{c-j}	۱۹۰/۶۶ ^{d-j}	۱۸۹/۳۳ ^{d-j}	۲۰۲/۳۳ ^{a-c}	۱۹۰/۶۶ ^{a-e}	۱۸۳/۶۶ ^{a-d}	$I_2 \times B_2 \times N_2$
۵۱۱/۳۸ ^{r-v}	۱۸۵ ^{i-q}	۱۷۵/۶۶ ^{l-s}	۱۷۴/۳۳ ^{j-p}	۱۷۰ ^{l-s}	۱۹۶/۶۶ ^{a-d}	۱۶۰ ^{n-u}	۱۷۸/۳۳ ^{b-f}	$I_2 \times B_3 \times N_2$
۴۵۸/۲۶ ^{c-f}	۱۸۲/۳۳ ^{i-r}	۱۷۹/۶۶ ^{i-p}	۱۷۰/۶۶ ^{i-r}	۱۸۳ ^{f-l}	۱۶۲ ^{j-r}	۱۶۱/۶۶ ^{n-t}	۱۷۲ ^{c-k}	$I_2 \times B_0 \times N_3$
۴۸۹/۵۵ ^{x-z}	۲۰۰/۳۳ ^{c-j}	۱۸۹/۳۳ ^{d-m}	۲۰۲/۳۳ ^{a-e}	۱۶۳ ^{n-v}	۱۸۰ ^{d-i}	۱۸۰ ^{c-i}	۱۵۸/۳۳ ^{k-s}	$I_2 \times B_1 \times N_3$
۵۰۴/۵۱ ^{t-x}	۱۹۸/۳۳ ^{d-j}	۱۹۶/۶۶ ^{c-j}	۱۸۳/۳۳ ^{e-m}	۱۷۲ ^{k-r}	۱۶۱/۶۶ ^{n-r}	۱۶۹ ^{b-p}	۱۶۳/۳۳ ^{g-o}	$I_2 \times B_2 \times N_3$
۵۴۲/۷۱ ^{k-n}	۱۶۷ ^{q-x}	۱۶۵ ^{p-w}	۱۶۰/۳۳ ^{o-u}	۱۵۵ ^{r-y}	۱۵۰/۳۳ ^{q-w}	۱۵۶ ^{p-w}	۱۴۶ ^{r-y}	$I_2 \times B_3 \times N_3$
۱۸/۱۵	۱۹/۸۹	۱۹/۷۳	۱۹/۴۴	۱۷/۱	۱۷/۰۸	۱۴/۰۲	۱۴	LSD

I_0 و I_1 و I_2 به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی و آبستنی. B_0 ، B_1 ، B_2 و B_3 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپیریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپیریلیوم. N_0 ، N_1 ، N_2 و N_3 به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی نانواکسید آهن و محلول پاشی نانو سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

I_0 , I_1 and I_2 , full irrigation, irrigation withholding at heading and booting stages respectively. B_0 , B_1 , B_2 and B_3 are no application of biofertilizers, application of *pseudomonas*, *Azospirillum*, application *Azospirillum* + *pseudomonas*. N_0 , N_1 and N_2 are no foliar application, nano iron oxide foliar application, nano silicon, nano iron-silicon foliar application. Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.



شکل ۴- تأثیر کودهای بیولوژیک و نانوذرات بر روند تغییرات عملکرد کوانتومی برگ پرچم در سطوح مختلف آبیاری. A) عدم محلول پاشی در شرایط آبیاری کامل، B) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط آبیاری کامل، C) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، D) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط آبیاری کامل، E) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، F) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، G) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، H) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله دهی، I) عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، J) محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، K) محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی، L) محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و سیلیکون در شرایط قطع آبیاری در مرحله آبستنی

Figure 4- The effects of bio fertilizers and nanoparticles on variation of chlorophyll index (SPAD) flag leaf of triticale under different levels of irrigation. A) No foliar application + full irrigation, B) Full irrigation + nano iron oxide foliar application, C) Full irrigation + nano silicon foliar application, D) Full irrigation + nano iron-silicon foliar application, E) irrigation withholding at 50% heading + no foliar application, F) irrigation withholding at 50% heading + nano iron oxide foliar application, G) irrigation withholding at 50% heading + nano silicon foliar application, H) irrigation withholding at 50% heading + nano iron-silicon foliar application, I) irrigation withholding at 50% booting + no foliar application, J) irrigation withholding at 50% booting + nano iron oxide foliar application, K) irrigation withholding at 50% booting + nano silicon foliar application, L) irrigation withholding at 50% booting +

nano iron-silicon foliar application.

باکتری‌های محرک رشد از توانایی این باکتری‌ها در بهبود رشد گیاه و نقش آنها در افزایش مقاومت به تنش آبی، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب ناشی می‌شود که با نتایج Rahimi et al. (2023) مطابقت دارد؛ همچنین محلول پاشی نانو اکسید آهن با بهبود شاخص کلروفیل، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه سبب افزایش شاخص‌های فلورسانس می‌شود. Narimani et al. (2020) افزایش شاخص‌های فلورسانس گندم با محلول پاشی آهن در شرایط تنش خشکی را به کاهش هدایت الکتریکی و بهبود محتوای آب نسبی و شاخص کلروفیل نسبت داده‌اند. Izadi et al. (2021) گزارش کرده‌اند تنش خشکی شاخص‌های فلورسانس را به طور معناداری کاهش می‌دهد، ولی محلول پاشی با نانو اکسید آهن سبب بهبود شاخص‌های فلورسانس می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند برهم کنش توأم هر سه عامل آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۱۲).

آبیاری کامل و کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوذرات افزایش ۴۳/۲۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد نانوذرات و باکتری‌های محرک رشد در شرایط قطع آبیاری طی مرحله آبتنی را در پی داشت (جدول ۱۵). بخشی از کاهش عملکرد در شرایط قطع آبیاری طی مرحله آبتنی از کاهش محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای و افزایش نشت

فلورسانس اولیه نشان‌دهنده سطحی از فلورسانس است که پذیرنده کوئینون آ (QA) در بالاترین شرایط اکسیداسیونی قرار دارد (مرکز فتوسیستم II باز است)؛ در حقیقت، هرچه مقدار F_0 کمتر باشد، مطلوبیت جریان فعالیت فتوستتزی را نشان می‌دهد و در این شرایط، تثبیت کربن یا انتقال الکترون با سرعت بیشتری در جریان است؛ در حالی که مقدار F_0 بیشتر نشان‌دهنده آسیب وارد شده به زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II بر اثر کاهش ظرفیت QA و عدم اکسیداسیون کامل آن به دلیل جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II است. Sadeghi-Shoae et al., (2014). اگرچه تنش خشکی به کاهش مقادیر F_v و F_m ، F_v/F_m منجر شد، محلول پاشی با نانو سیلیکون سبب بهبود شاخص‌های فلورسانس شد. محلول پاشی نانو سیلیکون با بهبود ساختار غشا و وضعیت آبی گیاه سبب کاهش فلورسانس حداقل (جدول ۱۵) و افزایش فلورسانس متغیر (جدول ۱۴)، فلورسانس حداکثر (جدول ۱۳) و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (شکل ۴) شد. Sattar et al. (2020) گزارش کرده‌اند گیاهان تیمار شده با سیلیکون در شرایط تنش خشکی قادرند اجزای فلورسانس و محتوای کلروفیل بیشتری را حفظ کنند. Sajed Gollojeh et al. (2020) گزارش کرده‌اند محلول پاشی نانو سیلیکون در شرایط محدودیت آبی با بهبود شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب و کاهش نشت الکتروولیت برگ سبب حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II برگ کلزا می‌شود. به نظر می‌رسد بخشی از بهبود شاخص‌های فلورسانس (F_0 و F_v ، F_m ، F_v/F_m) در کاربرد

و به افزایش عملکرد دانه کمک می کند؛ به طوری که در شرایط محدودیت شدید آبی، کاربرد توأم نانوذرات و باکتری های محرک رشد شاخص کلروفیل (۷/۷۴ درصد)، محتوای نسبی آب (۱۰/۹۹)، هدایت روزنه ای (۲۲/۴۶ درصد)، عملکرد کوانتومی (۱۵/۲ درصد)، فلورسانس حداکثر (۲۶/۵۴ درصد)، فلورسانس متغیر (۷۵/۶۱ درصد) و عملکرد دانه (۲۸/۵۹ درصد) را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی نانوذرات و کودهای بیولوژیک در همین سطح از سطوح آبیاری افزایش داد. با استناد به یافته های یاد شده می توان از محلول پاشی نانوذرات آهن و سیلیکون و کاربرد باکتری های محرک برای تعدیل کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی در گیاه تربیتکاله استفاده کرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه دکتری نویسنده اول است و نویسندگان از همکاران ارجمند در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی سپاسگزاری می کنند.

References

- Al-Kahtani, M. D. F., Hafez, Y. M., Attia, K., Rashwan, E., Al-Husnain, L., Al-Gwaiz, H. I. M. & Abdelaal, K. A. A. (2021) Evaluation of silicon & proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. *Antioxidants*, 10 (3), 1-19.
- Askary, M., Talebi, S. M., Amini, F. & Bagan, A. D. (2017) Effects of iron nanoparticles on *Mentha piperita* L. under salinity stress. *Biologija*, 63(1), 65-75.

الکترولیت ها در اثر محدودیت شدید آبی ناشی می شود که سبب آسیب به بافت های گیاه و کاهش فتوسنتز و در نتیجه، کاهش عملکرد دانه می شود؛ با وجود این، به نظر می رسد تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد به دلیل رشد بهتر ریشه و کمک به افزایش جذب آب و مواد مغذی، افزایش عملکرد دانه را در پی دارد (Yaseen et al., 2020)؛ ضمن آنکه افزایش شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای برگ و عملکرد کوانتومی (شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴) و کاهش میزان نشن الکترولیت (جدول ۸) و فلورسانس حداقل (جدول ۱۵) از دیگر دلایل افزایش عملکرد دانه تربیتکاله در گیاهان تیمار شده با کودهای زیستی و محلول پاشی نانوذرات در شرایط محدودیت آبی به شمار می آیند. پژوهش های دیگر نیز بهبود عملکرد دانه با کاربرد باکتری های محرک رشد و نانوذرات در شرایط محدودیت آبی را گزارش کرده اند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد (Narimani et al., 2018; Rahimi et al., 2023; Raza et al., 2023).

نتیجه گیری

در مقایسه با گیاهانی که محدودیت آبی ندارند، تنش خشکی بر تمام شاخص های فیزیولوژیکی و عملکرد تربیتکاله به شدت تأثیر گذار است و کاربرد توأم نانوذرات و باکتری های محرک رشد از طریق بهبود اجزای فلورسانس کلروفیل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه ای، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (عملکرد کوانتومی) و کاهش نشن الکترولیت، آثار منفی ناشی از کمبود آب را تعدیل

- Babaei, Kh., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A. & Khalilzadeh, R. (2017) Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 381-389.
- Bouremani, N., Cherif-Silini, H., Silini, A., Bouket, A. C., Luptakova, L., Alenezi, F. N., Baranov, O. & Belbahri, L. (2023) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Rampart against the adverse effects of drought stress. *Water*, 15, 1-35.
- De Araújo, V. L. V. P., Junior, M. A. L., de Souza Júnior, V. S., de Araújo Filho, J. C., Fracetto, F. J. C., Andreote, F. D., Pereira, A. P. A., Junior, J. P. M., Barros, F. M. R. & Fracetto, G. G. M. (2020) Bacteria from tropical semiarid temporary ponds promote maize growth under hydric stress. *Microbiology Research*, 240, 126564.
- Dola, D. B., Mannan, M. A., Sarker, U., Mamun, M. A. A., Islam, T., Ercisli, S., Saleem, M. H., Ali, B., Pop, O. L. & Marc, R. A. (2022) Nano-iron oxide accelerates growth, yield, and quality of Glycine max seed in water deficits. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-12.
- El-hady, A., Fergani, M. A., El-temsah, M. E. & Abdelkader, M. A. (2018) Physiological response of some wheat cultivars to antitranspirant under different irrigation treatments. *Middle East Journal*, 7(1), 100-109.
- Eliaspour, S., Seyed Sharifi, R., Shirkhani, A. & Farzaneh, S. (2020) Effects of biofertilizers and oxide iron nano on maize yield and physiological properties under optimal irrigation and drought stress conditions. *Food Science and Nutrition*, 8(11), 5985-5998
- Etesami, H. & Jeong, B. R. (2018) Silicon (Si): Review & future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 881-896.
- Farooq, S. & Azam, F. (2006) The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology*, 163(6), 629-637.
- Feng, Y., Kreslavski, V. D., Shmarev, A. N., Ivanov, A. A., Zharmukhamedov, S. K., Kosobryukhov, A., Yu, M., Allakhverdiev, S. I. & Shabala, S. (2022) Effects of iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4) on growth, photosynthesis, antioxidant activity and distribution of mineral elements in wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Plants*, 11, 1-15.
- Ghalandari, S., Kafi, M., Goldanii, M. & Bagheri, A. (2019) The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(1), 114-125.
- Ghorbannia Delavar, E., Faramarzi, A., Ajalli, J., Nazari, N. & Abdi, M. (2023) Investigating Iron oxide nanoparticles and piriformospora indica roles in mitigating the harmful effects of drought stress in soybean: antioxidant enzymes and oil content. *Romanian Agricultural Research*, 40, 1-11.
- Hafez, E. M., Osman, H. S., Gowayed, S. M., Okasha, S. A., Omara, A. E. D., Sami, R., Abd El-Monem, A. M. & Abd El-Razek, U. A. (2021) Minimizing the adversely impacts of water deficit and soil salinity on maize growth and productivity in response to the application of plant growth-promoting rhizobacteria and silica nanoparticles. *Agronomy*, 11, 1-23.
- Heidari, M., Goleg, M., Ghorbani, H. & Baradarn Firozabad, M. (2016) Effect of drought stress and foliar application of iron oxide nanoparticles on grain yield, ion content and photosynthetic pigments in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*,

- 46(4), 619-628 [in Persian].
- Izadi, Y., Modares Sanavey, S. A. M. & Tahmasebi Sarvestani, Z. (2021) The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition. *Applied Research in Field Crops*, 33(4), 19-39 [in Persian].
- Kazemi Oskuei, B., Bandehagh, A., Sarikhani, M. R. & Ghasemzadeh, T. (2021) Effect of enterobacter sp. S16-3 as plant growth-promoting rhizobacteria on drought stress reduction in canola (*Brassica napus*) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4):, 49-65 [in Persian].
- Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R. & Khalilzadeh, R. (2019) Alleviation of salt stress effects in triticale (x*Triticosecale*) by bio fertilizers and zinc application. *Journal of Plant Research*, 31, 801-821.
- 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.
- Maghsoudi, K., Emam, Y., Ashraf, M. & Arvin, M. J. (2019) Alleviation of field water stress in wheat cultivars by using silicon and salicylic acid applied separately or in combination. *Crop and Pasture Science*, 70(1), 36-43.
- MehrabanJoubani, P., Barzegar, A., BarzegarGolchini, B., Ramezani Sayyad, A. & Abdolzadeh, A. (2019) Comparison of effects of iron excess and application of silicon on fluorescence of chlorophyll in shoot and developmental changes in root of rice seedlings. *Iranian Journal of Plant Biology*, 11(3), 17-32 [in Persian].
- Nair, S. H., Varghese, B. G., Nair, T., Maekawa, Y., Yoshida, D. & Kumar, S. (2010) Nano particulate material delivery to plants. *Plant Science*, 179, 154-163.
- Narimani, H., Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R. & Aminzadeh, G. (2018) Effects of nano iron oxide on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain fed and supplementary irrigation conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*, 10, 21-40 [in Persian].
- Pakbaz, N., Omidi, H., Naghdi Badi, A. & Bostani, A. (2022) Foliar application of Iron and Zinc on quinoa under drought stress affects its seed germination and biochemical properties. *Iranian Journal of Plant Physiology* 12(2): 4153- 4167.
- Rahimi, R., Paknejad, F., Sadeghi-Shoae, M., Nabi Ilkaee, M. & Rezaee, M. (2023) Changes in chlorophyll content and fluorescence indices and some physiological traits of wheat under the influence of paclobutrazol and growth - promoting bacteria at different levels of irrigation. *Plant Process and Function*, 47(11), 1-19 [in Persian].
- Raza, M. A. S., Zulfqar, B., Iqbal, R., Muzamil, M. N., Aslam, M. U., Muhammad, F., Amin, J., Aslam, H. M. U., Ibrahim, M. A., Uzair, M. & Habib-ur-Rahman, M. (2023) Morpho-physiological and biochemical response of wheat to various treatments of silicon nano-particles under drought stress conditions. *Scientific Reports*, 13, 1-13.
- Sadeghi-Shoae, M., Paknejad, F., Shahbazpanahi, B. & Tookaloo, M. R. (2014) Florescence parameters, chlorophyll content and relative water content (RWC) of wheat varieties as affected by different regimes of irrigation. *International Journal of Biosciences*, 4(5), 135.
- Sajed Gollojeh, K., Khomari, S., Shekhzadeh, P., Sabaghnia, N. & Mohebodini, M. (2020) The effect of foliar spray of nano silicone and salicylic acid on physiological traits and seed yield of spring rapeseed at water

- limitation conditions. *Journal of Crop Production*, 12(4), 137-156 [in Persian].
- Sattar, A., Cheema, M. A., Sher, A., Ijaz, M., Wasaya, A., Yasir, T. A., Abbas, T. & Hussain, M. (2020) Foliar applied silicon improves water relations, stay green and enzymatic antioxidants activity in late sown wheat. *Silicon*, 12, 223-230.
- Saydi, Z., Abbasi, N., Zarea, M. J. & Zarei, B. (2022) Effects of nitroxin biofertilizer on morpho-physiological characteristics of blackseed (*Nigella sativa* L.) ecotypes under drought stress. *Journal of Agroecology*, 14(3), 485-507 [in Persian].
- Seyed Hajizadeh, H., Azizi, S., Rasouli, F. & Okatan, V. (2022) Modulation of physiological and biochemical traits of two genotypes of *Rosa damascena* Mill. by SiO₂-NPs under in vitro drought stress. *BMC Plant Biology*, 22, 1-16.
- Seyed Hajizadeh, H., Azizi, S., Rasouli, F., & Kaya, O. (2023) Evaluation of nano-silicon efficiency on compatible solutes and nutrient status of Damask rose affected by in vitro simulated drought stress. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10, 1-19.
- Sheykhbaglou, R., Sedghi, M. & Fathi-Achachlouie, B. (2018) The Effect of ferrous nano-oxide particles on physiological traits and nutritional compounds of soybean (*Glycine max* L.) Seed. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(1), 485-494
- Si, Zh., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. & Duan, A. (2020) Effect of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water - nitrogen use efficiency of drip -irrigated winter wheat in the North China Plain. *Journal of Agricultural Water Management*, 231, 106002.
- Usevičiute, L., Baltrenait, E., Gedien, E. & Feizien, E. D. (2022) The combined effect of biochar & mineral fertilizer on Triticale yield, soil properties under different tillage systems. *Plants*, 11, 1-22.
- Wang, N., Chen, H. & Wang, L. (2021) Physiological acclimation of *dicranostigma henanensis* to soil drought stress and rewatering. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 90, 1-12.
- Wojcik-Gront, E. & Studnicki, M. (2021) Long-term yield variability of triticale (x *Triticosecale* Wittmack) tested using a CART model. *Agriculture*, 11, 1-12.
- Yaseen, R., Aziz, O., Saleem, M. H., Riaz, M., Zafar-ul-Hye, M., Rehman, M., Ali, S., Rizwan, M., Alyemeni, M. N., El-Serehy, H. A., Al-Misned, F. A. & Ahmad, P. (2020) Ameliorating the drought stress for wheat growth through application of ACC-Deaminase containing rhizobacteria along with biogas slurry. *Sustainability*, 12, 1-19.
- Zahid, Z., Khan, M. K. R., Hameed, A., Akhtar, M., Ditta, A., Hassan, H. M. & Farid, G. (2021) dissection of drought tolerance in upland cotton through morpho-physiological and biochemical traits at seedling stage. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1-20.
- Zarooshan, M., Abdilzadeh, A., Sadeghipour, H. R. & Mehrabanjoubani, P. (2020) Comparison of the effect of silicon and nano-silicon on some biochemical and photosynthetic traits of *Zea mays* L. under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15, 23-38.