نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۱۷ تا ۱۴۶

تأثیر نانوذرات و کودهای زیستی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله تحت تنش شوری

فاطمه آقائی[۱]، رئوف سیدشریفی[۲*] و سلیم فرزانه[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نانوذرات و کودهای زیستی برمؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط تنش شوری، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، شوری ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار)، کاربرد کودهای زیستی (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد آزوسپریلیوم، سودوموناس، کاربرد همزمان آزوسپریلیوم و سودوموناس) و محلول‌پاشی نانوذرات (محلول‌پاشی باآب به‌عنوان شاهد، نانواکسیدآهن، نانوسیلیکون، محلول‌پاشی توأم نانواکسیدآهن و سیلیکون) بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری، عملکرد کوانتومی (۶۴)، فلورسانس حداکثر (۶۹)، فلورسانس متغیر (۱۷۵)، شاخص کلروفیل (۴۸/۱)، میزان نیتروژن برگ (۳۵/۳)، محتوای آب نسبی برگ (۴۹/۷)، هدایت روزنه‌ای (۸۱/۴) و عملکرد دانه تک بوته (۴۴/۵) را در مقایسه با شوری ۷۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی نانوذرات افزایش دادند. بیشترین فلورسانس حداقل (۱۷۸) و هدایت الکتریکی (۱۲۶) در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد. بر اساس نتایج، به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات می‌تواند در بهبود عملکرد تریتیکاله در شرایط شوری پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلیوم، باکتری‌های محرک رشدی، محتوای نسبی آب، سیلیکون، هدایت روزنه‌ای

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

غلات یکی از از اجزای اصلی رژیم غذایی انسان بوده و نقش مهمی در شکل‌گیری تمدن‌های بشری ایفا کرده‌اند (۵۲). تریتیکاله (*Triticosecale*×) به‌عنوان نخستین غله دانه‌ریز توسط انسان از تلاقی گندم و چاودار به‌وجود آمده است تا کیفیت دانه و خصوصیات عملکردی گندم و مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های محیطی چاودار، در یک گیاه ظهور پیدا کند (۱۱).

تنش‌های محیطی از دلایل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی بوده و بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیک و فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با رشد و نمو را (۲) بسته به عواملی مانند ژنوتیپ، سن و اندازه گیاه، میزان رشد، همچنین شدت و مدت تنش، تحت تاثیر قرار می‌دهند (۳۹). شوری با ایجاد سمیت یونی و تنش اسمزی، بر تمام جنبه‌های توسعه‌ی گیاهی از جوانه‌زنی بذر تا رشد زایشی اثر گذاشته و موجب کاهش رشد گیاه و عملکرد (۳۵)، کاهش انتقال انرژی از رنگیزه‌ها به مراکز واکنشی فتوسیستم II و افزایش میزان فلورسانس کلروفیلی می‌شود. از این‌رو امروزه از این شاخص برای ارزیابی اثر تنش‌ها روی فتوسیستم II استفاده می‌شود (۶).

یکی از راه‌کارهای مناسب در بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی، استفاده از باکتری‌های محرک رشد است که به جهت تنوع و فراوانی سویه، سهولت استفاده و تأثیر نسبتا سریع بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان از اهمیت زیادی برخوردارند (۳). این باکتری‌ها با تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، آنزیم ACC دآمیناز، اسیدهای آلی و سیانید هیدروژن موجب افزایش انحلال و فراهمی عناصر غذایی مانند فسفر و روی در خاک شده و مقاومت گیاهان را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌دهد (۴۴). آقائی و همکاران (۱) دلیل افزایش عملکرد گندم در کاربرد باکتری‌های محرک رشد تحت تنش شوری را، به بهبود فلورسانس کلروفیل، هدایت الکتریکی، محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل نسبت دادند.

امروزه فناوری نانو همانند دیگر عرصه‌های علمی در بخش‌های مختلف کشاورزی در حال گسترش است (۱۷). نانوکودها در مقایسه با کودهای شیمیایی رایج، از کارایی بالاتری برخوردار بوده و می‌تواند اثر معنی‌داری را در شرایط رشدی گیاهان ایجاد کند (۳۱). آهن از عناصر ضروری در رشد و عملکرد غلات بوده و تأثیر قابل‌توجهی بر فتوسنتز، تولید کلروفیل، کربوهیدرات‌ها و فعالیت آنزیم‌ها دارد (۷). ناتران و همکاران (۳۷) اظهار داشتند که کاربرد نانو آهن سبب افزایش صفات کمی و کیفی گندم شد.

استفاده از سیلیکون به‌عنوان یک عنصر مفید برای بهبود رشد گیاهان مطرح است که با تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی، در بسیاری از فرآیندهای گیاهی از جمله فیزیولوژی روزنه، فیتوهورمون‌ها، روابط مبدا و مقصد دخیل بوده (۲) و با بهبود استحکام مکانیکی گیاه و افزایش مقاومت در برابر انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی، در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی موثر است (۵۱). این ماده از طریق تشکیل لایه ضخیم در زیر اپیدرم برگ، موجب افزایش محتوای آب برگ در گیاهان تحت تنش خشکی می‌شود (۲۸). ساجدگلجه و همکاران (۴۲) بیان کرده‌اند که محلول-پاشی نانوسیلیکون تحت شرایط محدودیت آبی ضمن کاهش نشت الکترولیت برگ موجب بهبود شاخص سبزینگی، حداکثر عملکرد کوانتومی و محتوای نسبی آب و افزایش عملکرد دانه کلزا شد. گزارش شده است که کاربرد سیلیکون با بهبود جذب آب از ریشه و افزایش محتوای آب نسبی، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و ظرفیت تثبیت دی‌اکسیدکربن و رشد بهتر گیاه شد (۲۲).

گسترش روز افزون شوری و نقش نانوذرات و کودهای زیستی در تعدیل بخشی از اثر شوری و بررسی‌های محدود انجام شده در این راستا، موجب شد تا اثر نانوذرات و کودهای زیستی بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، شوری ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار) از نمک کلرید سدیم، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد آزوسپریلیوم، سودوموناس، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و سودوموناس) و محلول‌پاشی نانو ذرات در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی نانواکسیدآهن، نانوسیلیکون، محلول‌پاشی توأم نانواکسیدآهن و سیلیکون) بود. باکتری‌های محرک رشد از موسسه تحقیقات خاک و آب، نانواکسید آهن از تجهیزات آزمایشگاهی و

جدول ۱. مشخصات نانواکسید آهن و نانوسیلیکون

نوع نانوذرات	وزن (g)	خلوص (%)	میانگین اندازه ذرات (nm)	سطح ویژه ذرات	رنگ
نانواکسید آهن	۱	۹۹	۳۰ >	m^2/g ۳۰>	پودری قرمز
نانوسیلیکون	۰/۰۵	۹۹	۲۰–۳۰	m^2/g ۳۰>	پودری سفید

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

ویژگی	اسیدیته	عصاره اشباع	شوری خاک	بافت	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	روی	فسفر	پتاسیم
		(%)	(dS/m)		(%)					(mg/kg)		
میزان	۷/۸	۴۷	۱/۸	سیلت	۱۹	۴۲	۳۸/۵	۰/۷۲	۰/۰۴	۱/۰۲	۲۷/۳	۲۵۵

شیمیایی جهان کیمیای ارومیه، نانوسیلیکون (SiO_2-Nano) محصول شرکت Nanomaterial US Research بود و از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد و مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده است.

مقدار نمک مورد نیاز برای هریک از سطوح شوری، با استفاده از نمک NaCl و نرم افزار Salt Calc به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع محاسبه 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 نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی، دوباره در آب حل و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک استفاده شده در جدول ۲ آورده شده است.

برای تلقیح بذر با باکتری، از مایه تلقیحی که هر گرم آن دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود به‌همراه محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰ درصد وزنی– حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. محلول‌پاشی نانواکسیدآهن به مقدار یک گرم در لیتر و نانوسیلیکون ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مراحل پنجه‌دهی و ساقه‌دهی به‌ترتیب معادل با کد ۲۱ و ۳۰ از مقیاس BBCH) انجام شد (۱۵). پس از تهیه خاک یکدست، حدود ۱۶ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها با قطر ۴۱ cm تا ارتفاع ۴۰ cm از خاک پر شدند. برای اعمال تراکم ۳۸۰ بذر در مترمربع (تراکم مطلوب و توصیه شده)، ۵۰ عدد بذر در هر گلدان کشت شد. از تریتیکاله رقم سناباد تهیه شده از تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی استفاده شد. این رقم متوسطرس، مقاوم به خوابیدگی و بیماری‌های رایج گندم، و برای کاشت در مناطق معتدل و معتدل سرد خراسان و مناطق مشابه آن در سطح کشور همانند اقلیم اردبیل توصیه شده است. اولین آبیاری بعد از کاشت (۱۴۰۰/۰۲/۸) و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶–۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک از ۵۲ روز پس از کاشت (از زمان بازشدن کامل برگ پرچم) شروع شد. پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ شامل F_0 (حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v (فلورساس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی) و F_v/F_m (عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی)، هر چهار روز یک بار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (Chlorophyll fluorometer; Optic Science-OS-30 USA) از هر تیمار به‌طور تصادفی هفت برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی ساعت۱۰–۸ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص‌های F_0، F_m، F_v/F_m و F_v اندازه‌گیری شدند (۲۵). هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه پرومتر (Porometer AP4, Delta-T Devices ltd., Cambridge, UK) و شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن)، در فواصل زمانی چهار روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن برگ از همان برگ‌هایی که شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شده بود بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (۴۶).

$$N=0.017332 + 0.0016322 \times SPAD \quad (۱)$$

برای بررسی روند تغییرات درصد محتوای نسبی آب، از هر گلدان چهار برگ پرچم توسعه یافته به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از رابطه پیشنهادی کوستوپولو و همکاران (۲۷) مقدار آن محاسبه شد.

$$RWC = \frac{(F_w - D_w)}{(T_w - D_w)} \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه RWC محتوای نسبی آب، Fw وزن تر، Tw وزن آماس یافته و Dw وزن خشک است.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۵**	۰/۰۱**	۰/۰۳**	۰/۱۱**	۰/۱۲**
شوری (A)	۲	۰/۰۲**	۰/۰۷**	۰/۰۴**	۰/۰۱**	۰/۰۹**	۰/۱۸**	۰/۱۷**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۰۲**	۰/۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۲**	۰/۱۰**	۰/۲۰**	۰/۱۴**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۸**	۰/۰۲**	۰/۰۵**	۰/۰۴**
A×B	۶	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۱*	۰/۰۰۹**
A×C	۶	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۹**
B×C	۹	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۷**	۰/۰۱**	۰/۰۰۸**
A×B×C	۱۸	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۶**
خطا	۹۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
CV	–	۵/۴۳	۳/۳	۳/۱۰	۴/۲۷	۶/۷۰	۹/۳۸	۷/۴۰

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

در همان شرایط مربوط به اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، هدایت الکتریکی برگ پرچم در بشرهای محتوی ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد و توسط دستگاه EC متر (مدل Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد.

در زمان رسیدگی کامل (تاریخ برداشت ۱۴۰۰/۵/۲۰) میانگین داده‌های حاصل از عملکرد شش بوته برداشت شده، به‌عنوان ارزش این صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. تجزیه داده‌ها با نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

عملکرد کوانتومی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر عملکرد کوانتومی در مراحل اول، دوم، سوم و پنجم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مراحل چهارم، ششم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقدار این شاخص با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بود (جدول ۴)، طوری‌که مقایسه میانگین‌ها نشان داد ۷۶ روز پس از کاشت (معادل با کد ۷۱ براساس مقیاس BBCH) بیشترین عملکرد کوانتومی (۰/۷۲) در ترکیب تیماری کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری و کمترین آن (۰/۴۴) در عدم کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد بخشی از بهبود کارایی فتوسنتزی در کاربرد باکتری محرک رشد و نانواکسید آهن ناشی از تأثیر این عوامل بر بهبود شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ایی باشد. نتایج مشابهی نیز توسط آقائی و همکاران (۱) گزارش شده است. نسبت F_v/F_m یک شاخص مفید برای ارزیابی اثر تنش‌های محیطی است (۸) از این رو کاهش مقادیر F_v/F_m در گیاهانی که در معرض NaCl قرار دارند، نشان‌دهنده کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و اختلال یا آسیب به دستگاه فتوسنتزی ناشی از شوری است (۲۳). کاربرد سیلیکون نیز با بهبود کارایی فتوسیستم II و کاهش فلورسانس کلروفیل، منجر به افزایش نسبت F_v/F_m شد. دراین‌راستا بررسی‌های ایوان لوپز-کوئن و همکاران (۲۱) نشان داد که با گذشت زمان، مقادیر F_v/F_m در استفاده از سیلیکون در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری، بیشتر از گیاهان بدون سیلیکون بود. مهربان جوبانی و همکاران (۳۲) اظهار داشتند که کاربرد نانوسیلیکون با بهبود محتوای نسبی برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی، موجب بهبود شاخص‌های فلورسانس و حداکثر عملکرد کوانتومی برگ برنج شد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
S0×B0×N0	۰/۸۰$^{a-k}$	۰/۷۸$^{b-n}$	۰/۷۴$^{e-n}$	۰/۷۳$^{b-i}$	۰/۶۸$^{i-o}$	۰/۶۱$^{g-p}$	۰/۵۷$^{i-q}$
S0×B1×N0	۰/۸۱$^{a-j}$	۰/۸۰$^{a-h}$	۰/۷۶$^{c-k}$	۰/۷۳$^{b-j}$	۰/۶۹$^{i-n}$	۰/۶۴$^{b-l}$	۰/۶۰$^{g-n}$
S0×B2×N0	۰/۸۱$^{a-j}$	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۷$^{c-j}$	۰/۷۱$^{e-l}$	۰/۷۰$^{h-m}$	۰/۶۲$^{f-o}$	۰/۵۹$^{f-p}$
S0×B3×N0	۰/۸۲$^{a-g}$	۰/۸۰$^{a-j}$	۰/۷۸$^{a-e}$	۰/۷۲$^{c-k}$	۰/۷۴$^{a-g}$	۰/۷۱$^{a-f}$	۰/۶۸$^{a-d}$
S0×B0×N1	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۶$^{f-q}$	۰/۷۵$^{e-m}$	۰/۷۱$^{d-l}$	۰/۶۶$^{m-r}$	۰/۵۸$^{j-r}$	۰/۵۵$^{l-t}$
S0×B1×N1	۰/۸۱$^{a-j}$	۰/۷۹$^{a-m}$	۰/۷۸$^{a-f}$	۰/۷۷$^{a-e}$	۰/۷۰$^{e-l}$	۰/۶۶$^{b-j}$	۰/۶۳$^{b-k}$
S0×B2×N1	۰/۸۰$^{a-k}$	۰/۷۷$^{d-p}$	۰/۷۵$^{e-m}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۷۰$^{g-m}$	۰/۶۸$^{a-h}$	۰/۶۴$^{b-h}$
S0×B3×N1	۰/۸۲$^{a-f}$	۰/۸۰$^{a-i}$	۰/۷۸$^{a-f}$	۰/۷۷$^{a-e}$	۰/۷۶$^{a-c}$	۰/۷۱$^{a-f}$	۰/۶۸$^{a-e}$
S0×B0×N2	۰/۸۲$^{a-i}$	۰/۸۱$^{a-g}$	۰/۷۹$^{a-d}$	۰/۷۱$^{d-l}$	۰/۶۶$^{l-r}$	۰/۶۰$^{h-r}$	۰/۵۸$^{g-p}$
S0×B1×N2	۰/۸۲$^{a-i}$	۰/۸۰$^{a-i}$	۰/۷۶$^{c-k}$	۰/۷۴$^{b-h}$	۰/۷۰$^{e-l}$	۰/۶۶$^{b-j}$	۰/۶۱$^{d-l}$
S0×B2×N2	۰/۸۳$^{a-e}$	۰/۸۲$^{a-f}$	۰/۷۹$^{a-d}$	۰/۷۷$^{a-d}$	۰/۷۲$^{b-i}$	۰/۶۶$^{b-k}$	۰/۶۱$^{c-l}$
S0×B3×N2	۰/۸۴^{ab}	۰/۸۳$^{a-c}$	۰/۸۲^{a}	۰/۷۵$^{a-f}$	۰/۷۴$^{a-h}$	۰/۷۲$^{a-d}$	۰/۶۹$^{a-c}$
S0×B0×N3	۰/۸۳$^{a-e}$	۰/۸۱$^{a-g}$	۰/۷۶$^{d-l}$	۰/۷۴$^{b-h}$	۰/۶۷$^{k-q}$	۰/۶۳$^{f-n}$	۰/۶۰$^{f-o}$
S0×B1×N3	۰/۸۴$^{a-d}$	۰/۸۳^{ab}	۰/۸۰$^{a-c}$	۰/۷۹^{ab}	۰/۷۶^{ab}	۰/۷۲$^{a-e}$	۰/۷۰^{ab}
S0×B2×N3	۰/۸۴$^{a-c}$	۰/۸۲$^{a-d}$	۰/۸۱^{ab}	۰/۷۶$^{a-e}$	۰/۷۵$^{a-e}$	۰/۷۲$^{a-c}$	۰/۶۹^{ab}
S0×B3×N3	۰/۸۵^{a}	۰/۸۴^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۸۱^{a}	۰/۷۷^{a}	۰/۷۵^{a}	۰/۷۲^{a}
S1×B0×N0	۰/۷۷$^{f-k}$	۰/۷۶$^{f-q}$	۰/۷۲$^{k-o}$	۰/۶۸$^{h-m}$	۰/۶۶$^{l-r}$	۰/۵۹$^{i-r}$	۰/۵۶$^{j-r}$
S1×B1×N0	۰/۷۸$^{c-k}$	۰/۷۴$^{k-r}$	۰/۷۳$^{j-o}$	۰/۶۹$^{f-m}$	۰/۶۴$^{n-s}$	۰/۵۸$^{j-r}$	۰/۵۶$^{j-s}$
S1×B2×N0	۰/۷۸$^{c-k}$	۰//۷۷$^{e-q}$	۰/۷۴$^{f-n}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۶۳$^{o-t}$	۰/۵۹$^{h-r}$	۰/۵۷$^{h-p}$
S1×B3×N0	۰/۷۸$^{d-k}$	۰/۷۵$^{h-r}$	۰/۷۶$^{d-l}$	۰/۷۴$^{b-h}$	۰/۶۵$^{n--r}$	۰/۶۳$^{c-n}$	۰/۶۰$^{f-o}$
S1×B0×N1	۰/۷۷$^{e-k}$	۰/۷۶$^{g-q}$	۰/۷۳$^{j-n}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۶۸$^{i-p}$	۰/۵۸$^{j-r}$	۰/۵۵$^{l-t}$
S1×B1×N1	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۶$^{f-q}$	۰/۷۴$^{g-n}$	۰/۷۱$^{e-l}$	۰/۷۰$^{f-m}$	۰/۶۷$^{a-i}$	۰/۵۴$^{m-t}$
S1×B2×N1	۰/۸۲$^{a-i}$	۰/۸۱$^{a-h}$	۰/۷۸$^{a-f}$	۰/۷۰$^{f-l}$	۰/۶۹$^{h-n}$	۰/۶۵$^{b-l}$	۰/۵۲$^{p-t}$
S1×B3×N1	۰/۸۳$^{a-d}$	۰/۸۲$^{a-e}$	۰/۷۷$^{b-i}$	۰/۷۵$^{a-g}$	۰/۷۴^{a}	۰/۷۱$^{a-f}$	۰/۶۹^{ab}
S1×B0×N2	۰/۷۷$^{f-k}$	۰/۷۶$^{f-q}$	۰/۷۳$^{h-o}$	۰/۶۸$^{h-m}$	۰/۶۲$^{r-v}$	۰/۵۱^{rs}	۰/۴۹$^{s-u}$
S1×B1×N2	۰/۸۰$^{a-k}$	۰/۷۹$^{a-l}$	۰/۷۷$^{b-h}$	۰/۷۷$^{a-e}$	۰/۶۸$^{i-o}$	۰/۶۴$^{b-m}$	۰/۶۱$^{f-n}$
S1×B2×N2	۰/۸۳$^{a-g}$	۰/۷۹$^{a-m}$	۰/۷۳$^{j-o}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۷۱$^{c-k}$	۰/۶۷$^{a-i}$	۰/۶۵$^{a-g}$
S1×B3×N2	۰/۸۲$^{a-i}$	۰/۸۱$^{a-h}$	۰/۷۸$^{a-e}$	۰/۷۵$^{a-f}$	۰/۷۴$^{a-g}$	۰/۷۱$^{a-f}$	۰/۶۸$^{a-d}$
S1×B0×N3	۰/۷۶$^{h-k}$	۰/۷۶$^{g-q}$	۰/۷۵$^{e-m}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۶۰$^{s-w}$	۰/۵۷$^{k-r}$	۰/۵۵$^{l-s}$
S1×B1×N3	۰/۸۱$^{a-j}$	۰/۷۹$^{a-m}$	۰/۷۷$^{b-h}$	۰/۷۳$^{b-j}$	۰/۷۲$^{b-j}$	۰/۶۸$^{a-h}$	۰/۵۳$^{o-t}$
S1×B2×N3	۰/۸۳$^{a-f}$	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۷$^{b-g}$	۰/۷۵$^{a-h}$	۰/۷۲$^{b-j}$	۰/۶۹$^{a-g}$	۰/۶۶$^{a-f}$
S1×B3×N3	۰/۸۳$^{a-e}$	۰/۸۲$^{a-e}$	۰/۸۰$^{a-c}$	۰/۷۷$^{a-e}$	۰/۷۵$^{a-d}$	۰/۷۱$^{a-e}$	۰/۷۰^{ab}
S2×B0×N0	۰/۷۴^{kl}	۰/۶۷^{s}	۰/۶۷^{p}	۰/۶۳^{m}	۰/۵۷^{w}	۰/۴۶^{s}	۰/۴۴^{u}
S2×B1×N0	۰/۷۸$^{c-k}$	۰/۷۳$^{m-r}$	۰/۷۰$^{n-p}$	۰/۶۷$^{i-m}$	۰/۵۹$^{u-w}$	۰/۵۳$^{o-rs}$	۰/۵۰$^{q-u}$
S2×B2×N0	۰/۶۹^{l}	۰/۷۰^{rs}	۰/۶۷^{p}	۰/۶۶$^{k-m}$	۰/۶۴$^{o-t}$	۰/۵۱$^{q-s}$	۰/۵۰$^{q-u}$

ادامه جدول ۴.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
S2×B3×N0	۰/۷۸$^{c-k}$	۰/۷۵$^{i-r}$	۰/۷۴$^{g-o}$	۰/۷۲$^{c-l}$	۰/۶۸$^{j-p}$	۰/۶۳$^{c-n}$	۰/۶۱$^{c-l}$
S2×B0×N1	۰/۷۸$^{c-k}$	۰/۷۱$^{q-s}$	۰/۷۱$^{m-o}$	۰/۶۹$^{g-m}$	۰/۵۹$^{u-w}$	۰/۵۲$^{q-s}$	۰/۴۸^{tu}
S2×B1×N1	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۸$^{d-p}$	۰/۷۲$^{l-o}$	۰/۷۱$^{e-l}$	۰/۶۷$^{j-p}$	۰/۶۰$^{h-q}$	۰/۵۵$^{l-t}$
S2×B2×N1	۰/۷۶$^{i-k}$	۰/۷۲$^{o-s}$	۰/۷۰$^{n-p}$	۰/۶۶^{lm}	۰/۶۰$^{t-w}$	۰/۵۵$^{n-s}$	۰/۵۴$^{m-t}$
S2×B3×N1	۰/۸۲$^{a-h}$	۰/۷۶$^{f-q}$	۰/۷۳$^{j-o}$	۰/۷۳$^{b-i}$	۰/۷۲$^{b-i}$	۰/۶۸$^{a-h}$	۰/۶۴$^{b-i}$
S2×B0×N2	۰/۷۷$^{g-k}$	۰/۷۲$^{p-s}$	۰/۷۰^{p}	۰/۶۷$^{j-m}$	۰/۵۹^{vw}	۰/۵۳$^{p-s}$	۰/۴۹$^{r-u}$
S2×B1×N2	۰/۸۰$^{a-k}$	۰/۷۴$^{l-r}$	۰/۷۲$^{j-o}$	۰/۷۱$^{d-l}$	۰/۶۵$^{n-s}$	۰/۵۷$^{j-r}$	۰/۵۶$^{k-s}$
S2×B2×N2	۰/۷۹$^{b-k}$	۰/۷۴$^{j-r}$	۰/۷۴$^{g-o}$	۰/۷۳$^{c-k}$	۰/۷۱$^{c-k}$	۰/۶۸$^{a-i}$	۰/۵۴$^{n-t}$
S2×B3×N2	۰/۷۹$^{a-k}$	۰/۷۸$^{b-o}$	۰/۷۵$^{e-m}$	۰/۷۴$^{b-h}$	۰/۷۰$^{e-m}$	۰/۶۵$^{b-k}$	۰/۶۱$^{e-m}$
S2×B0×N3	۰/۷۵^{jk}	۰/۷۳$^{n-s}$	۰/۷۲$^{l-o}$	۰/۶۸$^{h-m}$	۰/۶۱$^{r-w}$	۰/۵۵$^{m-r}$	۰/۵۴$^{m-t}$
S2×B1×N3	۰/۸۲$^{a-i}$	۰/۷۵$^{h-r}$	۰/۷۳$^{i-o}$	۰/۷۴$^{b-h}$	۰/۶۳$^{q-v}$	۰/۵۶$^{l-r}$	۰/۵۵$^{l-s}$
S2×B2×N3	۰/۸۴$^{a-c}$	۰/۷۸$^{d-p}$	۰/۷۷$^{b-h}$	۰/۷۶$^{a-f}$	۰/۷۱$^{d-k}$	۰/۶۶$^{b-j}$	۰/۶۳$^{b-j}$
S2×B3×N3	۰/۸۴$^{a-c}$	۰/۸۱$^{a-h}$	۰/۷۹$^{a-d}$	۰/۷۸^{abc}	۰/۷۶^{ab}	۰/۷۲^{ab}	۰/۶۶$^{a-f}$
LSD	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۷

S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

فلورسانس حداکثر

شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات بر فلورسانس حداکثر برگ پرچم در مراحل مختلف نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج نشان داد در شرایط شوری کاهش قابل‌توجهی در فلورسانس حداکثر نسبت به شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین مقدار فلورسانس حداکثر (۵۷۷) در کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط عدم اعمال شوری و کمترین آن (۳۴۱) در عدم کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات در شوری ۷۰ میلی‌مولار در ۷۶ روز پس از کاشت (معادل با کد ۷۱ بر اساس مقیاس BBCH) به‌دست آمد (جدول ۶). کارایی افت غیرشیمیایی فلورسانس نیز به عوامل بیرونی (تنش‌های محیطی) و درونی زیادی (فعالیت کمپلکس آنزیم تجزیه کننده آب و همچنین چرخه انتقال الکترون) وابسته بوده و در تغییر F_m با فلورسانس حداکثر منعکس می‌شود (۳۰). افت F_m ممکن است با کاهش فعالیت کمپلکس آنزیم تجزیه کننده آب و همچنین چرخه انتقال الکترون در درون یا اطراف فتوسیستم II مرتبط باشد (۱۳). بخشی از بهبود شاخص‌های کلروفیل (فلورسانس حداقل، فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی به‌واسطه تلقیح باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط شوری را، می‌توان به افزایش برخی شاخص‌های فیزیولوژیک از جمله شاخص کلروفیل، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه‌ای نسبت داد، که با نتایج بررسی آقائی و همکاران (۱)، مبنی بر افزایش فلورسانس حداکثر و کاهش فلورسانس حداقل به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی هم‌خوانی داشت. همچنین، به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی نانوذرات می‌تواند با بهبود شاخص کلروفیل، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه موجب افزایش فلورسانس حداکثر شود. در این راستا نریمانی و همکاران (۳۶) بیان کرده‌اند که محلول‌پاشی آهن تحت شرایط تنش از طریق کاهش هدایت الکتریکی و بهبود محتوای آب نسبی و شاخص کلروفیل، موجب افزایش فلورسانس حداکثر برگ پرچم گندم شد. نظری و همکاران (۳۸) نیز اظهار داشته‌اند که کاربرد نانوسیلیکون تحت شرایط تنش خشکی با افزایش شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم، موجب بهبود

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر فلورسانس حداکثر (F_m) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداکثر (F_m) (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۶۷۱۹۷**	۳۸۲۵۴**	۲۰۱۵۱**	۵۷۰۳**	۱۹۹۸^{ns}	۹۰۴۲**	۸۶۳۶**
شوری (A)	۲	۴۹۶۲۳**	۲۱۰۴۲۹**	۱۸۲۱۸۳**	۶۶۸۱۳**	۳۹۴۳۳**	۵۱۷۹۹**	۵۲۴۵۰**
کودهای زیستی (B)	۳	۷۳۴۲۹**	۷۶۱۱۱**	۴۲۵۸۳**	۸۵۱۴۰**	۸۴۴۱۲**	۱۲۶۴۳۳**	۱۰۷۰۹۰**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۲۶۱۹۰**	۲۷۸۳۰**	۳۹۴۸۷**	۴۴۹۹۲**	۱۲۴۱۲**	۱۴۱۱۱**	۱۷۵۲۷**
A×B	۶	۵۵۱۲**	۹۷۱۸**	۱۰۸۲^{ns}	۹۲۰۴**	۱۶۳۷^{ns}	۶۰۵^{ns}	۲۵۴۰**
A×C	۶	۳۶۷۱**	۷۶۷۵**	۱۰۶۹۹**	۶۱۶۰**	۶۶۰۶**	۵۰۹۲**	۲۷۱۰**
B×C	۹	۳۴۳۶**	۲۶۶۳^{ns}	۳۶۷۴**	۹۷۰۴**	۵۳۹۶**	۷۱۲۳**	۲۶۷۵**
A×B×C	۱۸	۳۱۳۵**	۶۰۰۳**	۳۰۳۷**	۳۴۰۷**	۴۳۴۵**	۷۱۶۴**	۴۲۷۷**
خطا	۹۴	۱۲۶۸	۱۷۳۹	۱۰۴۲	۶۳۲	۱۱۰۳	۱۰۵۶	۶۸۶
C.V	--	۴/۹۹	۶/۲۴	۵/۱۳	۴/۳۴	۶/۲۴	۷/۰۳	۵/۶۵

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

شاخص‌های فلورسانس کلروفیل برگ پرچم از جمله بهبود فلورسانس حداکثر شد.

فلورسانس متغیر

شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوذرات بر فلورسانس متغیر برگ پرچم در مراحل مختلف نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). با گذشت زمان فلورسانس متغیر در تمامی ترکیبات تیماری از روند نزولی برخوردار بود (جدول ۸). طوری‌که در ۷۶ روز پس از کاشت، بیشترین فلورسانس متغیر (۴۵۰) در کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط عدم اعمال شوری و کمترین آن (۱۶۳) در عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی نانوذرات در شوری ۷۰ mM به‌دست آمد (جدول ۸). اصولا هنگامی‌که پذیرندهٔ الکترون (کوئینون) در حالت احیا باشد مقدار فلورسانس کلروفیل زیاد است و به این علت مقدار F_v نیز در این حالت زیاد می‌شود؛ ولی زمانی‌که کوئینون در حالت اکسید است مقدار فلورسانس کلروفیل a کم می‌شود؛ درنتیجه، میزان F_v کاهش می‌یابد (۴۰). تنش‌های محیطی، مقدار فلورسانس متغیر را به‌علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم II کاهش می‌دهند. ازآنجاکه فلورسانس متغیر نشان‌دهندهٔ احیای کامل پذیرندهٔ الکترون (Q_A) است، ازاین رو به‌نظر می‌رسد تنش در انتقال الکترون به فتوسیستم I اختلال ایجاد کرده است (۴۰). افزایش F_0 و کاهش همزمان F_m تحت تنش شوری، نشان‌دهنده اختلال کمپلکس برداشت نور در فتوسیستم II است که در نهایت موجب کاهش F_v شده (۲۴) و این کاهش منجر به کاهش بازده کوانتومی فتوسیستم II می‌شود (۲۱). تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در شرایط شوری، فلورسانس متغیر گندم را افزایش داد (۱). علاوه‌براین، در محلول‌پاشی نانوسیلیکون و آهن با افزایش شاخص کلروفیل شرایط برای عملکرد مطلوب فلورسانس کلروفیل فراهم شده است، که با یافته‌های نظری و همکاران (۳۸)، نریمانی و همکاران (۳۶) مطابقت داشت.

فلورسانس حداقل

این صفت تحت تأثیر عوامل آزمایشی در مراحل مختلف نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج نشان داد که روند تغییرات فلورسانس حداقل در تمامی تیمارها از روند افزایشی برخوردار بود ضمن آنکه فلورسانس حداقل همواره در شرایط عدم اعمال شوری، کمتر از شوری ۷۰ میلی‌مولار بود. به‌نظر می‌رسد علت آن می‌تواند ناشی از افزایش شاخص کلروفیل به‌دلیل کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات باشد

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر فلورسانس حداکثر (Fm) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداکثر (F_m) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۶۸۹$^{p-s}$	۶۵۸$^{q-t}$	۵۹۹$^{w-z}$	۵۷۱$^{n-t}$	۵۱۲$^{r-w}$	۴۴۲$^{t-x}$	۴۴۱$^{q-u}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۶۹۰$^{p-s}$	۷۰۸$^{k-n}$	۶۳۶$^{q-u}$	۵۵۲$^{r-w}$	۵۲۳$^{q-u}$	۴۶۳$^{q-u}$	۴۶۵$^{n-r}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۷۲۶$^{k-n}$	۶۸۹$^{m-p}$	۶۴۳$^{p-t}$	۵۱۶$^{a-z}$	۵۳۱$^{p-s}$	۴۵۲$^{r-w}$	۴۵۲$^{n-r}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۷۸۴$^{a-f}$	۷۹۹^{ab}	۷۴۸$^{a-c}$	$^{a-d}$۶۸۰	۶۳۹^{ab}	۵۸۰$^{a-c}$	۵۶۸$^{a-c}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۶۷۹$^{q-u}$	۵۸۲$^{a-z}$	۶۱۸$^{t-w}$	۵۹۴$^{l-q}$	۴۸۶$^{a-z}$	۴۱۱$^{a-z}$	۴۲۲$^{t-w}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۷۵۹$^{f-i}$	۶۷۲$^{o-r}$	۶۸۲$^{j-m}$	۶۴۸$^{c-i}$	۵۴۰$^{n-q}$	۴۷۷$^{o-s}$	۵۱۶$^{f-i}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۶۹۲$^{o-r}$	۷۲۴$^{i-l}$	۶۶۳$^{m-p}$	۵۰۶$^{a-z}$	۵۶۸$^{i-m}$	۵۰۷$^{k-n}$	۴۷۴$^{l-o}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۷۹۶$^{a-d}$	۷۷۷$^{b-e}$	۷۳۳$^{b-f}$	۶۵۶$^{c-h}$	۶۱۸$^{b-d}$	۵۵۸$^{b-g}$	۵۵۳$^{a-d}$
$S_0\times B_0\times N_2$	۷۲۰$^{l-o}$	۷۴۷$^{f-i}$	۷۲۷$^{c-g}$	۵۳۰$^{u-z}$	۴۹۰$^{a-z}$	۴۲۹$^{w-y}$	۴۵۱$^{n-s}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۷۳۵$^{j-m}$	۷۷۹$^{b-e}$	۷۰۹$^{f-i}$	۶۰۵$^{j-o}$	۵۸۳$^{f-j}$	۵۲۶$^{h-l}$	۴۷۷$^{l-n}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۷۷۳$^{c-g}$	۷۴۳$^{f-i}$	۶۹۷$^{h-k}$	۶۳۲$^{f-l}$	۵۷۶$^{g-k}$	۴۶۸$^{q-t}$	۴۹۹$^{i-l}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۸۱۲^{a}	۷۹۸$^{a-c}$	۷۵۳^{ab}	۶۳۸$^{e-k}$	۶۴۳^{ab}	۵۸۲^{ab}	۵۷۱^{ab}
$S_0\times B_0\times N_3$	۷۸۹$^{a-e}$	۷۳۰$^{h-k}$	۶۲۵$^{s-v}$	۶۲۰$^{h-m}$	۵۰۰$^{u-y}$	۴۲۷$^{w-z}$	۴۸۵$^{j-m}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۷۸۱$^{b-f}$	۷۸۸$^{a-d}$	۷۱۹$^{d-h}$	۶۷۵$^{a-e}$	۶۱۲$^{c-e}$	۵۷۶$^{a-d}$	۵۴۵$^{b-e}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۸۰۰$^{a-c}$	۷۵۹$^{e-g}$	۷۳۷$^{a-e}$	۶۹۸^{ab}	۵۹۷$^{d-h}$	۵۳۸$^{f-j}$	۵۵۷$^{a-d}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۷۹۹$^{a-c}$	۸۰۸^{a}	۷۶۰^{a}	۷۰۷^{a}	۶۵۱^{a}	^{a}۵۸۸	۵۷۷^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۶۳۷$^{w-z}$	۶۲۳$^{u-x}$	۵۶۴$^{b-f}$	۵۴۷$^{s-x}$	۴۹۶$^{v-z}$	۴۱۹$^{a-z}$	۴۱۸$^{u-x}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۶۵۳$^{t-x}$	۵۷۱$^{a-e}$	۵۹۲$^{a-z}$	۵۲۳$^{v-z}$	۴۸۲$^{a-z}$	۳۸۰$^{c-g}$	۴۲۲$^{s-w}$
$S_1\times B_2\times N_0$	۷۰۸$^{m-p}$	۶۳۸$^{s-v}$	۶۱۱$^{u-x}$	۶۰۸$^{i-n}$	۴۶۵$^{a-e}$	۳۹۸$^{a-z}$	۴۴۸$^{o-t}$
$S_1\times B_3\times N_0$	۷۶۴/۵۷$^{e-i}$	۷۵۵$^{e-h}$	۶۹۰$^{i-l}$	۶۴۳$^{d-j}$	۴۷۴$^{a-z}$	۳۹۸$^{u-y}$	۵۲۲$^{e-i}$
$S_1\times B_0\times N_1$	۶۲۵/۵۷$^{a-z}$	۶۰۷$^{w-z}$	۵۷۶$^{a-z}$	۵۶۷$^{o-u}$	۵۰۷$^{s-x}$	۳۸۸$^{b-e}$	۴۱۸$^{t-w}$
$S_1\times B_1\times N_1$	۶۷۰$^{r-v}$	۶۱۳$^{v-y}$	۶۰۶$^{v-y}$	۴۸۱$^{a-e}$	۶۰۱$^{d-g}$	۵۴۳$^{e-i}$	۳۹۶$^{a-z}$
$S_1\times B_2\times N_1$	۷۴۲$^{h-l}$	۷۲۰$^{i-l}$	۶۶۹$^{l-o}$	۴۹۸$^{a-z}$	۵۳۶$^{o-r}$	۴۷۰$^{p-t}$	۳۸۴$^{a-z}$
$S_1\times B_3\times N_1$	۷۷۵$^{c-g}$	۷۶۶$^{d-f}$	۶۵۴$^{n-r}$	۵۸۹$^{m-r}$	۶۱۱$^{c-e}$	۵۵۲$^{c-h}$	۵۳۶$^{d-g}$
$S_1\times B_0\times N_2$	۶۱۶$^{a-z}$	۶۳۳$^{t-w}$	۵۸۱$^{a-z}$	$^{a-z}$۴۹۰	۴۵۳$^{c-g}$	۳۵۷$^{f-i}$	۳۶۶$^{b-f}$
$S_1\times B_1\times N_2$	۷۲۲$^{l-n}$	۶۸۰$^{n-q}$	۶۴۹$^{o-s}$	۶۲۱$^{h-m}$	۵۱۹$^{q-v}$	۴۴۸$^{s-x}$	۴۷۱$^{l-p}$
$S_1\times B_2\times N_2$	۷۵۲$^{g-k}$	۷۳۷$^{g-j}$	۵۵۲$^{d-h}$	۶۳۳$^{f-l}$	۵۶۲$^{j-n}$	۵۰۲$^{l-o}$	۵۱۱$^{g-j}$
$S_1\times B_3\times N_2$	۸۰۵^{ab}	۷۷۰$^{c-f}$	۶۷۸$^{j-n}$	۶۷۱$^{a-f}$	۶۰۶$^{c-f}$	۵۴۷$^{d-i}$	۵۵۰$^{a-e}$
$S_1\times B_0\times N_3$	۶۳۰$^{a-z}$	۶۲۹$^{u-w}$	۶۲۹$^{r-v}$	۵۵۷$^{q-v}$	۴۳۸$^{f-h}$	۳۶۹$^{c-i}$	۴۶۰$^{m-q}$
$S_1\times B_1\times N_3$	۷۴۰$^{i-l}$	۶۴۹$^{r-u}$	۷۱۴$^{e-i}$	۵۱۱$^{a-z}$	۵۷۸$^{g-k}$	۵۱۸$^{i-l}$	۳۹۱$^{a-z}$
$S_1\times B_2\times N_3$	۷۹۳$^{a-d}$	۷۰۳$^{k-n}$	۶۷۳$^{k-o}$	۶۶۷$^{a-g}$	۵۵۷$^{k-o}$	۴۹۸$^{l-p}$	۵۰۶$^{h-k}$

ادامه جدول ۶.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداکثر (F_m) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۸۱۰^{a}	۷۹۱$^{a-d}$	۷۴۱$^{a-d}$	۶۸۴$^{a-c}$	۶۲۸$^{a-c}$	۵۶۸$^{a-e}$	۵۵۷$^{a-d}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۵۹۸^{c}	۵۲۳^{h}	۵۰۳^{m}	۴۶۰^{e}	۴۲۱^{h}	۳۴۰^{i}	۳۴۱^{f}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۶۴۴$^{v-y}$	۵۴۶$^{e-h}$	۵۱۹$^{j-m}$	۴۸۲$^{a-e}$	۴۷۰$^{a-d}$	۳۸۲$^{b-f}$	۳۵۴$^{d-f}$
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۶۰۳^{bc}	۵۷۷$^{a-d}$	۵۳۷$^{g-k}$	۴۷۱$^{b-e}$	۴۴۲$^{e-h}$	۳۶۱$^{e-i}$	۳۸۰$^{a-z}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۷۱۹$^{l-o}$	۵۵۸$^{c-g}$	۵۹۶$^{w-z}$	۵۷۹$^{n-s}$	۵۲۸$^{p-t}$	۴۵۸$^{q-v}$	۴۶۸$^{m-q}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۶۱۲$^{a-z}$	۵۳۱^{gh}	۵۱۴$^{k-m}$	۴۶۵^{de}	۴۳۱^{gh}	۳۴۴^{hi}	۳۶۶$^{c-f}$
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۶۸۱$^{p-t}$	۶۶۶$^{p-s}$	۵۵۸$^{c-g}$	۵۳۶$^{t-y}$	۵۰۴$^{t-x}$	۴۳۲$^{v-y}$	۴۰۱$^{v-z}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۶۲۱$^{a-z}$	۵۳۷^{gh}	۵۰۸^{lm}	۴۶۸$^{c-e}$	۴۳۵$^{f-h}$	۳۵۲$^{g-i}$	۴۴۵$^{p-u}$
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۷۴۷$^{g-l}$	۵۹۹$^{a-z}$	۵۴۷$^{e-i}$	۵۹۷$^{k-q}$	۵۷۲$^{h-l}$	۵۱۲$^{j-m}$	۴۹۹$^{i-l}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۶۳۲^{axyz}	۵۳۰^{gh}	۵۳۰$^{h-l}$	۴۷۶$^{a-e}$	۴۲۸^{gh}	۳۵۰^{hi}	۳۷۱$^{a-e}$
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۷۰۰$^{n-q}$	۵۶۶$^{b-f}$	۵۴۲$^{f-j}$	۵۶۲$^{p-v}$	۴۷۸$^{a-z}$	۳۷۳$^{c-h}$	۴۴۳$^{p-u}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۶۶۳$^{s-w}$	۵۴۲$^{f-h}$	۵۱۲$^{k-m}$	۴۹۲$^{a-z}$	$^{e-i}$۵۸۹	۵۳۳$^{g-k}$	۳۴۸^{ef}
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۶۵۱$^{u-x}$	۶۹۸$^{l-o}$	۵۲۵$^{i-m}$	۶۵۴$^{c-h}$	۵۴۴$^{m-q}$	۴۸۱$^{n-r}$	۵۳۴$^{d-h}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۶۹۷$^{a-c}$	۵۵۲$^{d-g}$	۵۶۹$^{a-e}$	۵۰۲$^{a-z}$	۴۴۷$^{d-g}$	۳۶۴$^{d-i}$	۴۱۲$^{v-y}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۷۳۴$^{j-m}$	۵۹۱$^{a-z}$	۵۸۸$^{a-z}$	۶۲۸$^{g-m}$	۴۵۹$^{b-f}$	۳۹۳$^{a-d}$	۴۲۶$^{r-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۷۷۰$^{d-h}$	۶۴۴$^{r-u}$	۶۵۸$^{m-q}$	۶۰۲$^{k-p}$	۵۴۹$^{l-p}$	۴۸۶$^{m-q}$	۴۸۲$^{k-m}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۷۹۰$^{a-e}$	۷۱۲$^{j-m}$	۷۰۲$^{g-j}$	۶۶۲$^{b-g}$	bcd	۵۶۳$^{a-f}$	۵۴۲^{cdef}
LSD	۲۸/۴	۲۸/۶	۲۵	۴۰/۷	۲۵/۹	۲۹/۲	۲۸/۴

S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به‌ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۷. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر فلورسانس متغیر (F_v) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری فلورسانس متغیر (F_v) (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۴۶۰۰۱**	۱۹۰۴۱**	۴۸۱۶*	۸۵۴^{ns}	۱۵۷۱۸**	۳۹۰۳۰**	۴۰۴۷۶**
شوری (A)	۲	۹۲۲۳۸**	۳۳۹۸۲۴**	۲۷۶۹۱۹**	۹۳۱۷۱**	۹۱۶۶۵**	۱۱۱۶۲۹**	۱۰۸۵۳۲**
کودهای زیستی (B)	۳	۱۱۱۵۲۱**	۱۲۵۹۲۶**	۷۵۷۲۴**	۱۱۷۵۸۶**	۱۴۲۶۷۱**	۱۸۹۳۰۱**	۱۵۴۶۶۲**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۴۷۳۹۹**	۳۲۰۴۱**	۴۵۲۰۶**	۶۱۱۹۴**	۲۹۱۹۷**	۳۵۲۱۹**	۳۰۷۲۴**
A×B	۶	۹۰۵۷**	۱۱۰۹۰**	۱۳۹۳^{ns}	۱۲۴۳۱**	۲۸۲۸**	۳۶۲۳**	۳۲۷۲**
A×C	۶	۳۰۰۰**	۶۰۳۲**	۱۰۶۱۱**	۸۴۰۵**	۶۱۵۴**	۴۹۱۲**	۳۴۶۹**
B×C	۹	۴۱۱۰**	۳۲۲۱**	۵۹۲۴**	۱۲۶۴۵**	۸۹۰۵**	۹۸۶۵**	۳۵۴۹**
A×B×C	۱۸	۴۸۷۵**	۶۷۴۴**	۲۶۱۲**	۴۵۱۷**	۵۰۷۴**	۶۶۶۶**	۴۵۱۱**
خطا	۹۴	۱۰۲۷	۱۲۷۲	۱۲۵۰	۶۹۳	۳۴۶	۴۴۸	۴۱۹
CV	–	۵/۱۹	۶/۳۴	۶/۹۲	۵/۷۱	۴/۶۸	۶/۷۲	۶/۵۷

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر فلورسانس متغیر (Fv) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس متغیر (F_v) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۵۸۸^{pq}	۵۵۱$^{p-r}$	۴۷۸$^{v-z}$	۴۵۳$^{n-s}$	۳۷۴$^{s-x}$	۲۹۲$^{u-y}$	۲۸۶$^{q-u}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۵۸۸$^{o-q}$	۶۰۹$^{i-m}$	۵۲۰$^{p-t}$	۴۳۱$^{q-v}$	۳۸۶$^{q-v}$	۳۱۷$^{q-v}$	۳۱۵$^{m-q}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۶۳۰$^{l-n}$	۵۸۶$^{l-o}$	۵۲۷$^{o-s}$	۳۹۰$^{a-z}$	۳۹۶$^{p-t}$	۳۰۳$^{s-x}$	۳۰۰$^{o-r}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۷۰۳$^{b-g}$	۷۱۷^{ab}	۶۵۳$^{a-c}$	$^{a-d}$۵۷۹	۵۲۷$^{a-c}$	۴۵۵$^{a-c}$	۴۳۷$^{a-c}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۵۷۶$^{p-r}$	۴۶۴$^{a-z}$	۴۹۹$^{s-w}$	۴۷۹$^{k-p}$	۳۴۲$^{a-z}$	۲۶۵$^{a-z}$	۲۶۱$^{t-x}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۶۷۱$^{g-k}$	۵۶۷$^{n-q}$	۵۷۴$^{i-l}$	۵۴۱$^{d-h}$	۴۰۷$^{n-r}$	۳۳۳$^{p-s}$	۳۷۵$^{f-j}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۵۸۹$^{o-q}$	۶۲۸$^{h-k}$	۵۵۱$^{l-o}$	۳۷۸$^{a-z}$	۴۴۱$^{i-m}$	۳۶۹$^{k-o}$	۳۲۹$^{l-o}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۷۱۳$^{a-e}$	۶۹۰$^{b-d}$	۶۳۵$^{b-e}$	۵۵۰$^{c-g}$	۵۰۲$^{b-e}$	۴۲۹$^{b-g}$	۴۱۸$^{a-d}$
$S_0\times B_0\times N_2$	۶۲۴$^{l-n}$	۶۴۹$^{e-h}$	۶۲۶$^{c-f}$	۴۰۵$^{t-y}$	۳۴۷$^{a-z}$	۲۷۱$^{a-z}$	۲۹۴$^{p-s}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۶۴۴$^{j-m}$	۶۹۳$^{b-d}$	۶۰۵$^{f-h}$	۴۸۲$^{j-o}$	۴۶۰^{ghij}	۳۹۲$^{h-l}$	۳۳۰$^{k-o}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۶۸۸$^{e-i}$	۶۴۹$^{e-h}$	۵۹۱$^{g-j}$	۵۲۲$^{f-j}$	۴۴۷$^{i-l}$	۳۲۷$^{q-t}$	۳۶۰$^{i-l}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۷۳۷^{a}	۷۱۹^{ab}	۶۵۹^{ab}	۵۳۹$^{d-h}$	۵۳۱^{ab}	۴۵۸^{ab}	۴۴۱^{ab}
$S_0\times B_0\times N_3$	۷۰۳$^{b-g}$	۶۳۵$^{g-j}$	۵۰۷$^{r-v}$	۵۰۸$^{h-l}$	۳۵۹$^{a-z}$	۲۷۴$^{a-z}$	۳۳۴$^{k-n}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۶۹۹$^{c-g}$	۷۰۴$^{a-c}$	۶۱۷$^{d-g}$	۵۷۳$^{a-e}$	۴۹۹$^{c-e}$	۴۵۰$^{a-d}$	۴۰۹$^{b-e}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۷۲۲$^{a-d}$	۶۶۹$^{d-f}$	۶۴۰$^{a-e}$	۵۹۹^{ab}	۴۷۷$^{e-h}$	۴۰۵$^{f-j}$	۴۲۱$^{a-d}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۷۲۶$^{a-c}$	۷۲۷^{a}	۶۶۷^{a}	۶۱۲^{a}	۵۴۰^{a}	^{a}۴۶۸	۴۵۰^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۵۲۵$^{u-x}$	۵۱۰$^{s-v}$	۴۳۷$^{b-f}$	۴۲۵$^{r-w}$	۳۵۴$^{a-z}$	۲۶۵$^{a-z}$	۲۵۳$^{u-y}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۵۴۶$^{r-u}$	۴۵۲$^{a-z}$	۴۶۹$^{a-z}$	۳۹۷$^{u-z}$	۳۳۷$^{a-z}$	۲۱۸$^{d-h}$	۲۶۵$^{s-w}$
$S_1\times B_2\times N_0$	۶۰۸$^{n-p}$	۵۲۸$^{r-t}$	۴۹۱$^{t-x}$	۴۹۶$^{i-m}$	۳۱۶$^{d-h}$	۲۴۱$^{a-d}$	۲۹۵$^{o-r}$
$S_1\times B_3\times N_0$	۶۷۷$^{f-j}$	۶۶۳$^{d-g}$	۵۸۳$^{h-k}$	۵۳۵$^{e-i}$	۳۲۷$^{b-f}$	۲۸۷$^{v-z}$	۳۸۲$^{e-i}$
$S_1\times B_0\times N_1$	۵۱۱$^{v-z}$	۴۹۲$^{u-x}$	۴۵۰$^{a-z}$	۴۴۸$^{n-s}$	۳۶۸$^{t-y}$	۲۲۸$^{c-f}$	۲۵۶$^{t-y}$
$S_1\times B_1\times N_1$	۵۶۶$^{q-s}$	۴۹۹$^{t-w}$	۴۸۵$^{u-y}$	۳۴۷$^{b-f}$	۴۸۲$^{e-h}$	۴۱۱$^{e-i}$	۲۳۰$^{a-z}$
$S_1\times B_2\times N_1$	۶۵۲$^{j--m}$	۶۲۳$^{h-k}$	۵۵۸$^{k-n}$	۳۶۸$^{a-z}$	۴۰۲$^{o-s}$	۳۲۶$^{q-u}$	۲۱۶$^{a-z}$
$S_1\times B_3\times N_1$	۶۹۲$^{d-h}$	۶۷۷$^{c-e}$	۵۴۰$^{m-q}$	۴۷۳$^{l-q}$	۴۹۴$^{d-f}$	۴۲۲$^{c-h}$	۳۹۸$^{d-g}$
$S_1\times B_0\times N_2$	۵۰۴$^{a-z}$	۵۲۲$^{r-u}$	۴۵۶$^{a-z}$	$^{a-z}$۳۵۸	۳۰۹$^{f-j}$	۱۹۰$^{g-k}$	۱۹۵$^{c-f}$
$S_1\times B_1\times N_2$	۶۲۵$^{l-n}$	۵۷۶$^{m-p}$	۵۳۴$^{n-r}$	۵۱۰$^{h-l}$	۳۸۱$^{r-w}$	۲۹۸$^{t-y}$	۳۲۳$^{m-p}$
$S_1\times B_2\times N_2$	۶۶۳$^{h-k}$	۶۴۲$^{f-i}$	۴۲۳$^{d-h}$	۵۲۴$^{f-j}$	۴۳۴$^{j-n}$	۳۶۳$^{l-p}$	۳۶۹$^{g-j}$
$S_1\times B_3\times N_2$	۷۲۸$^{a-c}$	۶۸۲$^{c-e}$	۵۶۹$^{i-m}$	۵۶۸$^{b-e}$	۴۸۶$^{d-g}$	۴۱۶$^{d-i}$	۴۱۵$^{b-e}$
$S_1\times B_0\times N_3$	۵۱۴$^{u-z}$	۵۱۷$^{s-u}$	۵۱۲$^{q-u}$	۴۳۷$^{p-u}$	۲۸۴$^{i-l}$	۲۰۵$^{e-j}$	۳۱۰$^{no-q}$
$S_1\times B_1\times N_3$	۶۴۸$^{j-m}$	۵۴۱$^{q-s}$	۶۱۱$^{e-h}$	۳۸۴$^{a-z}$	۴۵۵$^{h-k}$	۳۸۳$^{i-m}$	۲۲۴$^{a-z}$
$S_1\times B_2\times N_3$	۷۱۳$^{a-de}$	۶۰۲$^{j-m}$	۵۶۳$^{j-n}$	۵۶۳$^{b-f}$	۴۲۸$^{k-o}$	۳۵۱$^{m-q}$	۳۶۳$^{h-k}$

ادامه جدول ۸

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس متغیر (F_v) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۷۳۴^{ab}	۷۰۸$^{a-c}$	۶۴۵$^{e-h}$	۵۸۴$^{a-c}$	۵۱۴$^{a-d}$	۴۴۱$^{a-e}$	۴۲۹$^{a-d}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۴۷۶^{a}	۳۹۲^{g}	۳۵۸^{m}	۳۱۱^{f}	۲۶۰^{l}	۱۶۸^{k}	۱۶۳^{f}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۵۳۳$^{t-w}$	۴۲۳$^{c-g}$	۳۸۲$^{j-m}$	۳۴۹$^{a-f}$	۳۲۲$^{c-g}$	۲۲۱$^{d-g}$	۱۸۱^{ef}
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۴۸۴^{az}	۴۵۸$^{a-z}$	۴۰۳$^{g-k}$	۳۳۴$^{d-f}$	۲۸۹$^{h-l}$	۲۰۲$^{e-k}$	۲۱۱$^{a-e}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۶۲۱$^{m-o}$	۴۳۷$^{a-e}$	۴۷۴$^{w-z}$	۴۶۲$^{m-r}$	۳۹۲$^{p-u}$	۳۱۰$^{r-w}$	۳۱۹$^{m-q}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۴۹۵$^{a-z}$	۴۰۵$^{e-g}$	۳۷۶$^{k-m}$	۳۲۷^{ef}	۲۷۴$^{j-l}$	۱۷۵^{jk}	۱۸۹$^{d-f}$
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۵۷۹^{pq}	۵۵۵$^{o-r}$	۴۳۰$^{c-g}$	۴۱۲$^{s-x}$	۳۶۴$^{u-z}$	۲۸۰$^{w-z}$	۲۳۶$^{a-z}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۵۰۶$^{a-z}$	۴۱۷$^{d-g}$	۳۶۷^{lm}	۳۳۱$^{d-f}$	۲۷۹$^{i-l}$	۱۸۴$^{h-k}$	۲۷۰$^{r-v}$
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۶۵۷$^{i-l}$	۴۸۳$^{v-y}$	۴۱۷$^{e-i}$	۴۸۳$^{j-o}$	۴۴۶$^{i-l}$	۳۷۶$^{j-n}$	۳۴۷$^{j-m}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۵۱۹$^{u-y}$	۴۰۳^{fg}	۳۹۵$^{h-l}$	۳۴۱$^{c-f}$	۲۷۰^{kl}	۱۸۱$^{i-k}$	۲۰۱$^{b-e}$
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۵۹۹$^{n-p}$	۴۴۶$^{a-z}$	۴۰۹$^{fg-j}$	۴۴۳$^{o-t}$	۳۳۲$^{a-f}$	۲۱۰$^{d-i}$	۲۸۹$^{q-t}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۵۵۸$^{q-t}$	۴۱۸$^{d-g}$	۳۷۲^{lm}	۳۶۱$^{a-z}$	f-i۴۶۸	۴۰۰$^{g-k}$	۱۸۲^{ef}
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۵۴۲$^{s-v}$	۵۹۶$^{k-n}$	۳۸۹$^{i-l}$	۵۴۸$^{cd-g}$	۴۱۲$^{m-q}$	۳۳۸$^{o-r}$	۳۹۶$^{d-h}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۴۸۹$^{a-z}$	۴۳۰$^{b-f}$	۴۴۳$^{a-e}$	۳۷۳$^{a-z}$	۲۹۵$^{g-k}$	۱۹۹$^{f-k}$	۲۴۹$^{v-z}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۶۴۱$^{k-m}$	۴۷۴$^{w-z}$	۴۶۴$^{a-z}$	۵۱۸$^{g-k}$	۳۰۹$^{e-i}$	۲۳۴$^{b-e}$	۲۷۰$^{r-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۶۹۰$^{d-h}$	۵۳۵$^{q-s}$	۵۴۵$^{l-p}$	۴۸۷$^{j-n}$	۴۱۸$^{l-p}$	۳۴۴$^{n-r}$	۳۳۳$^{k-n}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۷۰۹$^{a-f}$	i-l۶۱۴	۵۹۷$^{f-i}$	۵۵۵$^{c-g}$	۵۰۷$^{b-e}$	۴۳۵$^{a-f}$	۴۰۵$^{c-f}$
LSD	۳۲/۹	۳۳/۸	۲۹/۶	۴۲/۶	۳۰/۱	۳۴/۳	۳۳/۱

S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۹. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح بر فلورسانس حداقل (F_0) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداقل (F_0) (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۲۰۵۵**	۳۴۵۸**	۵۸۱۲**	۵۸۹۱**	۷۴۲۴**	۱۰۸۵۸**	۱۲۱۲۶**
شوری (A)	۲	۲۵۷۵**	۶۳۷۵**	۵۸۴۵**	۱۳۵۶**	۱۷۱۰**	۲۴۱۱**	۲۹۵۸**
کودهای زیستی (B)	۳	۳۷۴۸**	۲۵۳۴**	۱۶۲۳**	۲۷۰۶**	۴۰۹۳**	۴۶۶۵**	۳۹۴۳**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۱۳۰۸**	۶۴۸**	۱۳۰۹**	۷۵۷**	۶۱۱**	۶۹۳**	۹۰۳**
A×B	۶	۲۵۲**	۱۶۷**	۱۴۱**	۲۵۲**	۷۵/۸*	۷۸/۱^{ns}	۹۳/۸*
A×C	۶	۱۱۷**	۱۱۱**	۱۶۰**	۱۰۲**	۲۷۹**	۶۴/۸^{ns}	۷۲/۷^{ns}
B×C	۹	۱۵۸**	۳۹/۸^{ns}	۱۳۶**	۲۸۰**	۲۲۷**	۲۲۱**	۱۲۸**
A×B×C	۱۸	۹۶/۵**	۱۴۰**	۱۰۴**	۱۷۴**	۳۱۲**	۱۷۰**	۱۳۱**
خطا	۹۴	۲۵/۸	۳۲/۷	۲۹/۵	۲۳/۲	۲۹/۴	۴۰/۹	۴۰/۶
CV	–	۵/۲۴	۵/۴۳	۴/۶۱	۴/۰۷	۴/۰۲	۴/۳۵	۴/۱۸

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

که موجب کاهش میزان فلورسانس حداقل شده است (جدول ۱۰). طوری‌که ۷۶ روز پس از کاشت (معادل با کد ۷۱ براساس مقیاس BBCH)، عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شوری ۷۰ میلی‌مولار، موجب افزایش ۴۰ درصدی فلورسانس حداقل نسبت به شرایط کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری شد. پارامترهای فلورسانس شاخص خوبی برای ارزیابی آسیب ساختارهای کلروفیل تحت تنش شوری هستند. مطالعات نشان داده‌اند که تغییرات در F_0 را می‌توان به روش‌های مختلفی تفسیر کرد. بکر و روزنکویست (۹) اظهار داشته‌اند که افزایش F_0 نشانه‌ای از آسیب به مرکز واکنش PSII است. از این‌رو، ترکیب تیماری عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط ۷۰ میلی‌مولار شوری، آسیب بیشتری در فتوسیستم II خود تجربه کرده است. افزایش در میزان فلورسانس حداقل، نشان‌دهنده بسته شدن روزنه‌ها یا کاهش هدایت روزنه‌ای (جدول ۱۸)، کاهش سرعت بازسازی آنزیم روبیسکو، کاهش فراهمی دی‌اکسیدکربن از روزنه‌ها، کاهش سرعت انتقال الکترون و در نهایت کاهش فتوسنتز می‌شود (۴۹). به‌نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل دسترسی بهتر گیاه به رطوبت خاک و بهبود محتوای آب نسبی، افزایش شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ، موجب کاهش فلورسانس حداقل (جدول ۱۰) برگ شده است، که با یافته‌های آقائی و همکاران (۱) مطابقت داشت. مطالعات نشان داده است که در شرایط شوری، عرضه سیلیکون می‌تواند بازده فتوشیمیایی فتوسیستم II را با افزایش محتوای کلروفیل بهبود بخشیده و گونه‌های فعال اکسیژن در گوجه فرنگی را سم زدایی کند (۴). نریمانی و همکاران (۳۶) بیان داشته‌اند که محلول‌پاشی نانواکسید آهن با جلوگیری از افزایش فلورسانس حداقل، مقاومت گندم به تنش را افزایش داد.

شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر شاخص کلروفیل در مرحله ششم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مراحل اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۱). روند تغییرات شاخص کلروفیل در تمامی تیمارها از روند نزولی نسبتاً مشابهی برخوردار بود، ولی این تغییرات در سطوح بالای شوری و عدم محلول‌پاشی از سرعت افت بیشتری برخوردار بودند. مقدار شاخص کلروفیل در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بود، ولی با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی و پیرشدن برگ‌ها روند نزولی داشت (جدول ۱۲). البته در اثر کاربرد کودهای زیستی و نانوذرات، روند تغییرات شاخص کلروفیل نوسان کمتری نشان داد، به‌طوریکه در بین ترکیبات تیماری در آزمایش، حداکثر شاخص کلروفیل (جدول ۱۲) در کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد (جدول ۱۲)، که از افزایش ۴۸/۱ درصدی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی نانوذرات تحت شوری ۷۰ میلی‌مولار در ۷۶ روز پس از کاشت برخوردار بود (جدول ۱۲). به‌نظر می‌رسد شوری با افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کننده کلروفیل (کلروفیلاز)، القای تخریب ساختار کلروپلاست و عدم تعادل کمپلکس‌های پروتئین‌رنگیزه، کلروفیل را کاهش (۳۹) ولی تلقیح بذر با باکتری محرک رشد، موجب رشد بهتر گیاه و تحمل به شوری می‌شود (۱۵). برخی پژوهشگران اثر مفید کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر افزایش شاخص کلروفیل را، به کاهش تجزیه کلروفیل به‌دلیل نقش باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز در کاهش ساخت اتیلن، نسبت دادند (۴۸). کاستا سانتوس و همکاران (۱۴) اظهار داشته‌اند که باکتری‌های محرک رشد از طریق تنظیم تعادل هورمونی، تسهیل جذب آب و عناصر غذایی و همچنین تقویت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک، موجب کاهش نشت الکترولیت و افزایش عملکرد کوانتومی، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب و در نهایت محتوای کلروفیل گیاهان می‌شود. بخشی از افزایش شاخص کلروفیل می‌تواند ناشی از اثر سیلیکون در کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای آب نسبی باشد. در این راستا محققان اظهار داشتند که محلول‌پاشی سیلیکون از طریق بهبود کارایی فتوسیستم II، کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای نسبی آب (۴۵)، موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ می‌شود (۴). زروشان و همکاران (۵۳) اظهار داشته‌اند که نانوسیلیکون با رسوب در سلول‌های روزنه، موجب بهبود سرعت باز و بسته شدن روزنه‌ها و شاخص کلروفیل می‌شود.

میزان نیتروژن برگ پرچم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر میزان نیتروژن برگ پرچم در مرحله ششم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مراحل اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر فلورسانس حداقل (F_o) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداقل (F_o) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۱۰۱$^{j-m}$	۱۰۷$^{p-t}$	۱۲۱$^{m-q}$	۱۱۸$^{q-u}$	۱۳۸^{qrstu}	۱۵۰^{klmno}	۱۵۵$^{k-o}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۱۰۲$^{i-l}$	۹۹/۳$^{v-z}$	۱۱۶$^{r-v}$	۱۲۱$^{n-r}$	۱۳۷^{rstuv}	۱۴۶^{nopq}	۱۵۰$^{m-r}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۹۶/۳$^{m-q}$	۱۰۳$^{s-w}$	۱۱۶$^{r-v}$	۱۲۶$^{i-m}$	۱۳۵^{tuvwx}	۱۴۹^{klmnop}	۱۵۲$^{m-q}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۸۱/۳$^{a-z}$	۸۲/۳$^{j-l}$	۹۵/۳^{jk}	e-g۱۰۱	۱۱۲^{ij}	۱۲۵^{abz}	۱۳۱$^{a-z}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۱۰۳$^{i-k}$	۱۱۸$^{e-j}$	۱۱۹$^{o-s}$	۱۱۵$^{t-w}$	۱۴۴^{klmno}	۱۵۵^{ghijk}	۱۶۱$^{h-l}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۸۸/۳$^{s-w}$	۱۰۵/۳$^{q-u}$	۱۰۸$^{a-z}$	۱۰۷$^{a-z}$	۱۳۳^{vwxy}	۱۴۴^{opqrs}	۱۴۱$^{t-x}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۱۰۳/۳$^{i-k}$	۹۶/۳$^{a-z}$	۱۱۲$^{v-z}$	۱۲۸$^{g-k}$	۱۲۷^{abc}	۱۳۸^{stuvw}	۱۴۵$^{q-v}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۸۳/۵$^{a-z}$	۸۷/۳$^{f-j}$	۹۸/۳$^{h-j}$	۱۰۶$^{a-d}$	۱۱۶^{fghi}	۱۲۹^{abcdyz}	۱۳۵$^{a-z}$
$S_0\times B_0\times N_2$	۹۵/۳$^{n-r}$	۹۳/۳$^{a-e}$	۱۰۱$^{g-i}$	۱۲۵$^{j-n}$	۱۴۳^{lmnop}	۱۵۷^{fghij}	۱۵۶$^{j-n}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۹۱/۳$^{q-u}$	۸۶/۳$^{g-k}$	۱۰۴$^{d-g}$	۱۲۳$^{l-p}$	۱۲۳^{cd}	۱۳۴^{vwxyz}	۱۴۷$^{p-u}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۸۵/۳$^{v-z}$	۹۴/۳$^{a-z}$	۱۰۶$^{b-f}$	۱۰۹$^{a-z}$	۱۲۹^{abyz}	۱۴۱^{rstu}	۱۳۹$^{v-y}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۷۵/۳^{de}	۷۹/۳^{l}	۹۴/۳^{jk}	۹۸/۳^{gh}	۱۱۲^{ij}	۱۲۴^{rstu}	۱۳۰^{ab}
$S_0\times B_0\times N_3$	۸۶/$^{u-y}$	۹۵/۳$^{a--z}$	۱۱۸$^{p-t}$	۱۱۴$^{v-y}$	۱۴۱^{nopqr}	۱۵۳^{ijklm}	۱۵۱$^{m-q}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۸۲/۳$^{a-z}$	۸۴/۳$^{h-l}$	۱۰۲$^{f-h}$	۱۰۲$^{d-g}$	۱۱۳^{hij}	۱۲۶^{bcde}	۱۳۶$^{a-z}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۷۸/۳$^{a-e}$	۹۰/۳$^{c-g}$	۹۷/۳$^{i-k}$	۹۹/۳$^{f-h}$	۱۲۰^{def}	۱۳۳^{avwxyz}	۱۳۶$^{a-z}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۷۳/۳^{e}	۸۱/۳^{kl}	۹۳/۳^{k}	۹۵/۳^{h}	۱۱۱^{j}	۱۲۰^{e}	۱۲۷^{b}
$S_1\times B_0\times N_0$	۱۱۲$^{d-g}$	۱۱۳$^{j-o}$	۱۲۷$^{h-k}$	۱۲۲$^{m-q}$	۱۴۲^{mnopq}	۱۵۴^{hijkl}	۱۶۴$^{e-i}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۱۰۷$^{g-i}$	۱۱۹$^{d-i}$	۱۲۳$^{k-o}$	۱۲۶$^{i-m}$	۱۴۵^{jklmn}	۱۶۲^{cdef}	۱۵۷$^{i-m}$
$S_1\times B_2\times N_0$	۱۰۰/۳$^{j-n}$	۱۱۰$^{m-q}$	۱۲۰$^{n-r}$	۱۱۲$^{v-y}$	۱۴۹^{fghij}	۱۵۷^{fghij}	۱۵۳$^{m-p}$
$S_1\times B_3\times N_0$	۸۷/۳$^{t-x}$	۹۲/۳$^{b-f}$	۱۰۷$^{a-e}$	۱۰۸$^{a-z}$	۱۴۷^{hijkl}	۱۵۱^{jklmn}	۱۴۰$^{u-y}$
$S_1\times B_0\times N_1$	۱۱۴$^{b-f}$	۱۱۵$^{h-m}$	۱۲۶$^{h-l}$	۱۱۹$^{p-t}$	۱۳۹^{pqrst}	۱۶۰^{efgh}	۱۶۲$^{g-k}$
$S_1\times B_1\times N_1$	۱۰۴$^{h-j}$	۱۱۴$^{i-n}$	۱۲۱$^{m-q}$	۱۳۴$^{b-e}$	۱۱۹^{defg}	۱۳۲^{abwxyz}	۱۶۶$^{c-h}$
$S_1\times B_2\times N_1$	۹۰/۳$^{r-v}$	۹۷/۳$^{a-z}$	۱۱۱$^{a-z}$	۱۳۰$^{e-i}$	۱۳۴^{uvwx}	۱۴۴^{opqrs}	۱۶۸$^{b-h}$
$S_1\times B_3\times N_1$	۸۳/۳$^{a-z}$	۸۹/۳$^{d-h}$	۱۱۴$^{t-x}$	۱۱۶$^{s-v}$	۱۱۷^{efgh}	۱۳۰^{abcdxyz}	۱۳۸$^{v-z}$
$S_1\times B_0\times N_2$	۱۱۲$^{d-g}$	۱۱۱$^{l-p}$	۱۲۵$^{i-m}$	d-g۱۳۲	۱۵۱^{efgh}	۱۶۷^{abcd}	۱۷۱$^{a-e}$
$S_1\times B_1\times N_2$	۹۷/۳$^{l-p}$	۱۰۴/۳۳$^{r-v}$	۱۱۵$^{s-w}$	۱۱۱$^{w-z}$	۱۳۸$^{q-u}$	۱۵۰$^{k-o}$	۱۴۸$^{o-t}$
$S_1\times B_2\times N_2$	۸۹/۳$^{s-v}$	۹۵/۳$^{a-z}$	۱۲۹$^{g-i}$	۱۰۹$^{a-z}$	۱۲۸$^{a-z}$	۱۳۹$^{s-v}$	۱۴۲$^{s-x}$
$S_1\times B_3\times N_2$	۷۷/۳$^{b-e}$	۸۸/۳$^{e-i}$	۱۰۹$^{a-z}$	۱۰۳$^{c-f}$	۱۱۹$^{d-g}$	۱۳۱$^{a-z}$	۱۳۵$^{a-z}$
$S_1\times B_0\times N_3$	۱۱۶$^{b-e}$	۱۱۲$^{k-p}$	۱۱۷$^{q-u}$	۱۲۰$^{o-s}$	۱۵۴$^{b-e}$	۱۶۴$^{b-e}$	۱۵۰$^{m-r}$
$S_1\times B_1\times N_3$	۹۲/۳$^{p-t}$	۱۰۸$^{o-s}$	۱۰۳$^{e-g}$	۱۲۷$^{h-l}$	۱۲۲^{cd}	۱۳۵$^{u-y}$	۱۶۷$^{e-g}$
$S_1\times B_2\times N_3$	۸۰/۳$^{a-z}$	۱۰۱$^{u-y}$	۱۱۰$^{a-z}$	۱۰۴$^{b-e}$	۱۲۹$^{a-z}$	۱۴۷$^{m-r}$	۱۴۳$^{r-w}$

ادامه جدول ۱۰.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری فلورسانس حداقل (F_o) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۷۶/۳^{cde}	۸۳/۳$^{i-l}$	۹۶/۳^{jk}	۱۰۰$^{e-g}$	۱۲۲$^{h-j}$	۱۲۷$^{a-d}$	۱۳۳$^{a-z}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۱۲۲^{a}	۱۳۱^{a}	۱۴۵^{a}	۱۴۹^{a}	۱۶۱^{a}	۱۷۲^{a}	۱۷۸^{a}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۱۱۱$^{e-g}$	۱۲۳$^{b-e}$	۱۳۷$^{b-e}$	۱۳۳$^{c-f}$	۱۴۸$^{g-k}$	۱۶۱$^{d-g}$	۱۷۳$^{a-c}$
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۱۱۹^{ab}	۱۱۹$^{d-i}$	۱۳۴$^{d-f}$	۱۳۶^{bc}	۱۵۳$^{c-f}$	۱۵۹$^{ef-i}$	۱۶۹$^{b-g}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۹۸/۳$^{k-o}$	۱۲۱$^{c-g}$	۱۲۲$^{l-p}$	۱۱۷$^{r-u}$	۱۳۶$^{s-w}$	۱۴۸$^{l-q}$	۱۴۹$^{n-s}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۱۱۷$^{a-d}$	۱۲۶$^{a-c}$	۱۳۸$^{b-d}$	۱۳۷^{b}	۱۵۷$^{a-c}$	۱۶۹^{ab}	۱۷۲$^{a-d}$
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۱۰۲$^{i-l}$	۱۱۱$^{l-p}$	۱۲۸$^{h-j}$	۱۲۴$^{kl-o}$	۱۴۰$^{o-s}$	۱۵۲$^{j-n}$	۱۶۵$^{d-h}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۱۱۵$^{b-e}$	۱۲۰$^{d-h}$	۱۴۱^{ab}	۱۳۷^{bc}	۱۵۶$^{b-d}$	۱۶۸^{abc}	۱۷۵^{ab}
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۹۰/۳$^{r-v}$	۱۱۶$^{g-l}$	۱۳۰$^{f-h}$	۱۱۴$^{u-x}$	۱۲۶^{bc}	۱۳۶$^{t-x}$	۱۵۲$^{m-q}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۱۱۳$^{c-f}$	۱۲۷^{ab}	۱۳۵^{de}	۱۳۵$^{b-d}$	۱۵۸^{ab}	۱۶۹^{ab}	۱۷۰$^{b-f}$
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۱۰۱$^{j-m}$	۱۲۰$^{d-h}$	۱۳۳$^{e-g}$	۱۱۹$^{p-t}$	۱۴۶$^{i-m}$	۱۶۳$^{b-f}$	۱۵۴$^{l-p}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۱۰۵$^{h-j}$	۱۲۴$^{b-d}$	۱۴۰^{bc}	۱۳۱^{defgh}	^{de}۱۲۱	۱۳۳$^{a-z}$	۱۶۶$^{c-h}$
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۱۰۹$^{f-h}$	۱۰۲$^{t-x}$	۱۳۶$^{c-e}$	۱۰۶$^{a-d}$	۱۳۲$^{w-z}$	۱۴۳$^{p-s}$	۱۳۸$^{v-z}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۱۱۸$^{a-c}$	۱۲۲$^{b-f}$	۱۲۶$^{h-l}$	۱۲۹$^{f-j}$	۱۵۲$^{d-g}$	۱۶۵$^{b-e}$	۱۶۳$^{f-j}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۹۳/۳$^{o-s}$	۱۱۷$^{f-k}$	۱۲۴$^{j-n}$	۱۱۰$^{a-z}$	۱۵۰$^{e-i}$	۱۵۹$^{e-i}$	۱۵۵$^{kl-o}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۸۰/۱$^{a-z}$	۱۰۹$^{n-r}$	۱۱۳$^{u-y}$	۱۱۵$^{t-w}$	۱۳۱$^{a-z}$	۱۴۲$^{q-t}$	۱۴۹$^{n-s}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۸۱/۳$^{a-z}$	$^{a-z}$۹۸/۳	۱۰۵$^{c-g}$	۱۰۷$^{a-z}$	۱۱۵$^{g-j}$	۱۲۸$^{a-z}$	۱۳۷$^{a-z}$
LSD	۵/۶۶	۵/۷۹	۴/۵۲	۴/۱۰	۴/۸۰	۶/۶۶	۷/۵۴

S_0 S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۱۱. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر شاخص کلروفیل(SPAD) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری SPAD (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۱۱۱۸**	۸۵۱**	۵۸۷**	۳۴۲**	۲۲۷**	۱۷۱**	۶۸/۵**
شوری (A)	۲	۲۲۵**	۲۶۲**	۴۲۸**	۱۵۳**	۲۹۸**	۳۵۰**	۳۴۱**
کودهای زیستی (B)	۳	۴۹۶**	۵۶۷**	۶۸۴**	۲۷۴**	۱۱۹**	۳۶۹**	۲۴۲**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۲۲۶**	۲۵۸**	۳۰۷**	۷۲/۸**	۱۲۰**	۴۶/۴**	۳۷/۶**
A×B	۶	۳۹/۳**	۳۱/۱**	۳۹/۹**	۲۲/۲**	۱۸/۴**	۸/۰۶**	۵/۷۲*
A×C	۶	۲۴/۳**	۲۱/۵**	۳۳/۶**	۲۱/۹**	۵/۹۱*	۱/۷۲^{ns}	۷/۷۳**
B×C	۹	۲۱/۸**	۴۰/۳**	۴۴/۷**	۱۲/۸**	۲۹/۴**	۴/۱۷*	۱۰/۸**
A×B×C	۱۸	۱۸/۸**	۱۶/۷**	۲۹/۱**	۱۲/۵**	۱۷/۶**	۳/۳۰*	۱۰/۳**
خطا	۹۴	۴/۳۲	۲/۷۲	۳/۱۱	۳/۴۶	۲/۷۴	۱/۹۲	۲/۲۱
CV	–	۳/۷۹	۳/۱۸	۳/۶۶	۴/۲۳	۴/۰۰	۳/۴۴	۴/۱۰

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر شاخص کلروفیل(SPAD) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری SPAD (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۵۳/۶$^{m-s}$	۴۹/۹۵$^{n-q}$	۴۶/۵۵$^{k-o}$	۴۴/۵$^{g-m}$	۳۹/۷$^{n-s}$	۳۷/۷$^{r-v}$	۳۴/۱$^{l-p}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۵۰$^{t-x}$	۵۱/۱$^{l-o}$	۴۸/۵$^{i-l}$	۴۲/۹$^{k-q}$	۴۱/۲$^{k-p}$	۴۱/۸$^{h-p}$	۳۸/۵$^{e-h}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۵۲$^{p-v}$	۴۷/۹$^{q-t}$	۴۲/۶$^{q-v}$	۴۰/۹$^{o-u}$	۴۵$^{c-h}$	۴۲/۱$^{g-n}$	۳۷/۹$^{f-i}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۶۱/۵$^{a-d}$	۵۹/۳$^{a-c}$	۵۶/۷$^{a-c}$	۴۸/۳$^{a-f}$	۴۷/۶$^{a-c}$	۴۵$^{a-e}$	۴۱/۳$^{a-c}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۵۲/۹$^{n-t}$	۵۰/۱$^{n-q}$	۴۶/۳$^{k-o}$	۴۳/۲$^{j-o}$	۴۲/۹$^{h-m}$	۳۹/۹$^{n-r}$	۳۴/۸$^{j-n}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۵۶/۹$^{g-m}$	۵۴/۶$^{g-k}$	۵۲/۶$^{e-h}$	۴۷/۳$^{b-h}$	۴۳/۵$^{h-l}$	۴۴$^{b-h}$	۳۸/۱$^{f-i}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۵۴/۶$^{k-q}$	۵۰/۶$^{m-p}$	۴۵/۷$^{l-p}$	۴۱$^{o-u}$	۳۸/۵$^{q-u}$	۴۳/۸$^{c-i}$	۳۹/۷$^{b-f}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۵۹/۱$^{c-h}$	۵۵/۷$^{e-i}$	۵۴/۶$^{b-f}$	۴۷/۸$^{b-f}$	۴۴/۶$^{d-i}$	۴۵/۳$^{a-d}$	۴۱$^{a-d}$
$S_0\times B_0\times N_2$	۵۲/۷$^{o-t}$	۴۶/۷$^{r-u}$	۴۳/۷$^{o-u}$	۴۲/۴$^{m-r}$	۳۹$^{p-u}$	۳۹/۲$^{q-t}$	۳۵/۸$^{i-l}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۵۰/۳$^{s-x}$	۴۹$^{o-r}$	۴۵/۳$^{m-q}$	۴۱/۷$^{m-s}$	۴۵/۲$^{c-h}$	۴۲$^{g-o}$	۳۹/۶$^{b-g}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۵۸/۵$^{g-l}$	۵۵/۶$^{e-j}$	۵۲/۱$^{f-h}$	۴۵/۹$^{e-k}$	۴۳/۷$^{f-k}$	۴۲/۸$^{e-l}$	۳۸/۸$^{d-h}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۶۲/۸^{ab}	۶۰^{ab}	۵۷$^{a-c}$	۵۰/۲^{ab}	۴۵/۹$^{b-g}$	۴۶/۱^{ab}	۳۹/۹$^{b-f}$
$S_0\times B_0\times N_3$	۵۷/۵$^{g-k}$	۵۴/۱$^{h-k}$	۴۸/۷$^{i-k}$	۴۵/۷$^{e-k}$	۴۳/۲$^{h-l}$	۴۰/۶$^{l-q}$	۳۴/۹$^{j-n}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۶۱/۲$^{a-e}$	۵۸/۶$^{a-d}$	۵۶/۵$^{a-c}$	۴۸/۷$^{a-e}$	۴۷/۱$^{a-d}$	۴۶/۲^{ab}	۴۰/۹$^{a-e}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۶۲/۱$^{a-c}$	۶۰/۱^{ab}	۵۷/۲^{ab}	۴۶/۸$^{d-i}$	۴۴/۵$^{d-i}$	۴۲/۲$^{g-m}$	۳۹/۷$^{b-f}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۶۴/۱^{a}	۶۱/۲^{a}	۵۸/۱^{a}	۵۱/۱^{a}	۴۹/۳۵^{a}	۴۶/۳۷^{a}	۴۳^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۵۱/۷$^{q-v}$	۴۸/۱$^{p-t}$	۴۴/۷$^{n-s}$	۴۲/۱$^{m-r}$	۳۸/۷$^{p-v}$	۳۴/۷^{tu}	۳۵/۲$^{j-m}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۴۹/۷$^{t-y}$	۴۶/۱$^{s-v}$	۴۳/۹$^{o-t}$	۴۱/۲$^{n-t}$	۳۸/۳$^{q-v}$	۳۹$^{q-tu}$	۳۳/۶$^{l-q}$
$S_1\times B_2\times N_0$	۵۴/۱$^{l-r}$	۵۲/۱$^{k-n}$	۴۸/۸$^{i-k}$	۴۵/۷$^{e-k}$	۴۶/۶$^{b-e}$	۳۷/۱$^{t-w}$	۳۴/۶$^{k-o}$
$S_1\times B_3\times N_0$	۵۶/۵$^{g-m}$	۵۵/۸$^{e-h}$	۵۴/۲$^{c-f}$	۴۹/۹$^{a-c}$	۳۹/۵$^{o-t}$	۴۳/۲$^{d-j}$	۳۹/۱$^{c-h}$
$S_1\times B_0\times N_1$	۵۵/۵ $^{j-p}$	۵۰$^{n-q}$	۴۶/۸$^{k-n}$	۴۳/۳$^{j-o}$	۴۰/۹$^{l-q}$	۳۶/۲$^{v-y}$	۳۲/۱$^{p-t}$
$S_1\times B_1\times N_1$	۴۷/۸$^{x-z}$	۴۳/۸$^{v-x}$	۴۰$^{v-z}$	۳۸/۷$^{s-v}$	۳۷/۶$^{s-w}$	۴۰/۸$^{k-q}$	۳۸/۹$^{d-h}$
$S_1\times B_2\times N_1$	۴۸/۹$^{v-z}$	۴۵/۱$^{u-w}$	۴۱$^{u-y}$	۳۹/۷$^{r-v}$	۳۷/۲$^{s-x}$	۴۱/۷$^{i-p}$	۳۷/۲^{ghij}
$S_1\times B_3\times N_1$	۵۸/۶$^{d-i}$	۵۴$^{h-k}$	۴۹/۹^{hij}	۴۴/۲$^{i-n}$	۴۳/۶$^{g-k}$	۴۴/۱$^{a-g}$	۴۰/۷^{abcde}
$S_1\times B_0\times N_2$	۵۳/۸$^{m-r}$	۴۶/۹$^{r-u}$	۴۲/۱$^{s-w}$	۴۰$^{q-u}$	۳۶/۷$^{u-x}$	۳۵/۷$^{r-t}$	۳۳/۲^{mnopq}
$S_1\times B_1\times N_2$	۵۶/۲$^{h-n}$	۵۳/۵$^{h-l}$	۵۰/۲$^{g-j}$	۴۶/۸$^{d-i}$	۴۳$^{h-l}$	۳۹/۶$^{p-s}$	۳۵/۷^{ijkl}
$S_1\times B_2\times N_2$	۵۷/۷$^{f-k}$	۵۵/۳$^{f-j}$	۵۲/۱$^{f-h}$	۴۶/۹$^{d-i}$	۴۴/۱$^{e-j}$	۴۱/۸$^{h-p}$	۳۸^{fghi}
$S_1\times B_3\times N_2$	۶۲/۳$^{a-c}$	۵۸/۱$^{b-e}$	۵۵/۹$^{a-c}$	۴۸/۶$^{a-f}$	۳۶/۶$^{u-x}$	۴۴/۹$^{a-f}$	۴۰/۱^{bcdef}
$S_1\times B_0\times N_3$	۵۲/۷$^{o-t}$	۵۰/۷$^{m-p}$	۵۳$^{d-g}$	۴۲/۶$^{l-r}$	۳۹/۸$^{n-s}$	۳۵/۶$^{r-t}$	۳۲/۶^{nopqrs}
$S_1\times B_1\times N_3$	۵۱$^{r-x}$	۴۸/۹$^{o-r}$	۴۴/۱$^{n-s}$	۴۰/۱$^{p-u}$	۴۶/۸$^{a-d}$	۳۹/۸$^{o-s}$	۳۵/۹^{ijkl}
$S_1\times B_2\times N_3$	۶۱$^{a-f}$	۵۸/۸$^{a-c}$	۵۵/۳$^{a-e}$	۴۸$^{b-f}$	۴۶/۳$^{b-e}$	۴۲/۹۵$^{e-k}$	۳۸/۷۵^{defgh}

ادامه جدول ۱۲.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری SPAD (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۶۲/۹^{ab}	۵۹/۲$^{a-c}$	۵۶/۲۵$^{a-c}$	۴۹/۱$^{a-d}$	۴۸/۱^{ab}	۴۶/۰۵^{ab}	۴۲/۰۵^{ab}
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۴۵/۷^{z}	۴۲/۱^{x}	۳۷/۷^{z}	۳۶/۸^{v}	۳۴/۷^{x}	۳۴^{yz}	۲۹^{u}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۵۰/۴$^{s-x}$	۴۵/۲$^{u-w}$	۳۹/۲$^{x-z}$	۳۸/۹$^{s-v}$	۳۹/۶$^{n-r}$	۳۴/۹$^{w-y}$	۳۰/۵^{stu}
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۴۸/۲$^{w-z}$	۴۶/۲$^{s-v}$	۴۱/۱$^{t-y}$	۳۸/۸$^{s-v}$	۳۶/۲$^{v-x}$	۳۴/۱^{yz}	۳۱/۲^{qrstu}
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۵۵/۳$^{j-p}$	۵۳/۱$^{i-m}$	۴۸/۸$^{i-k}$	۴۴/۴$^{h-m}$	۴۲/۲$^{i-n}$	۴۰/۱$^{m-q}$	۳۶/۸^{hijk}
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۴۶/۶^{yz}	۴۴/۶$^{v-x}$	۴۱/۹$^{s-x}$	۳۸/۶$^{t-v}$	۳۵/۳^{wx}	۳۴/۳^{yz}	۳۰/۲^{stu}
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۵۱/۲$^{r-w}$	۴۸/۵$^{p-t}$	۴۵$^{n-r}$	۴۱/۵$^{m-t}$	۳۸/۵$^{q-v}$	۳۷/۸$^{r-v}$	۳۵/۹^{ijkl}
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۵۲/۳$^{p-u}$	۴۴/۷$^{u-x}$	۳۹/۷$^{w-z}$	۴۱/۱$^{o-t}$	۳۶/۹$^{t-x}$	۳۷/۶$^{s-v}$	۳۱/۹^{pqrst}
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۵۶/۸$^{g-m}$	۵۵/۱$^{f-j}$	۵۱$^{g-i}$	۴۵/۶$^{g-l}$	۳۹$^{p-u}$	۴۱/۲$^{j-q}$	۳۰/۷^{rstu}
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۴۶/۵^{yz}	۴۳^{wx}	۰۳۹^{yz}	۳۸^{uv}	۳۷/۸$^{r-w}$	۳۲/۶^{z}	۳۰^{tu}
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۵۴/۷$^{j-q}$	۵۲/۲$^{k-n}$	۳۸/۶^{yz}	۴۳/۱$^{k-p}$	۴۰/۳$^{m-r}$	۳۶/۸$^{u-x}$	۳۲/۵$^{n-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۴۹/۲$^{u-y}$	۴۵/۵$^{t-w}$	۴۲/۲$^{r-w}$	۴۰/۷$^{o-u}$	r-v۳۸/۱	۳۶$^{v-y}$	۳۳$^{m-r}$
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۵۸$^{e-j}$	۵۶$^{d-h}$	۵۴/۵	۴۷/۶$^{b-f}$	۳۹/۲$^{o-u}$	۴۲/۷$^{f-l}$	۳۸/۶$^{d-h}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۴۷/۹$^{w-z}$	۴۵/۷^{tuv}	۴۲/۹$^{p-u}$	۳۹/۹$^{q-u}$	۳۸/۷$^{p-v}$	۳۴^{yz}	۳۴/۷$^{k-o}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۵۵/۹$^{h-o}$	۵۳$^{j-m}$	۵۲/۲$^{f-h}$	۴۶/۲$^{d-j}$	۳۸$^{r-v}$	۳۹/۷$^{p-s}$	۳۲/۴$^{o-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۵۹/۸$^{b-g}$	۵۷$^{c-g}$	۴۸/۱$^{j-m}$	۴۳$^{k-o}$	۴۱/۷$^{j-o}$	۳۹/۱$^{q-t}$	۳۶/۹$^{h-k}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۶۱/۴$^{a-d}$	۵۷/۷$^{b-f}$	۵۵/۵$^{a-d}$	۴۷$^{c-h}$	۴۵^{gh}	۴۳/۷$^{d-i}$	۳۹/۵$^{c-g}$
LSD	۳/۳۷	۲/۶۷	۲/۸۶	۳/۰۱	۲/۶۸	۲/۲۴	۲/۴۱

S_0 S_1، و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۳). نتایج نشان داد که تغییرات محتوای نیتروژن برگ پرچم در تمامی تیمارها روند نزولی نسبتا مشابهی داشت (جدول ۱۴)، طوری‌که مقدار آن در مراحل اول نمونه‌برداری بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد به‌دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، کاهش کلروفیل و پیر شدن برگ‌ها روند نزولی داشت (جدول ۱۴). در تمامی تیمارهای مورد بررسی در ۷۶ روز پس از کاشت، کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری، موجب افزایش ۳۵/۳ درصدی میزان نیتروژن برگ پرچم نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار شد (جدول ۱۴). میزان بالای نمک‌های سدیم در خاک می‌تواند در دسترس بودن مواد مغذی، به‌ویژه جذب، انتقال یا توزیع مواد مغذی در گیاهان تأثیر بگذارد (۳۴). نیتروژن یک درشت مغذی ضروری برای گیاهان است که در سنتز پروتئین‌ها شرکت می‌کند و به عنوان یکی از اجزای سلول‌های گیاهی عمل می‌کند. شوری می‌تواند با جلوگیری از جذب نیتروژن، بر متابولیسم گیاهان تداخل داشته و منجر به کاهش رشد گیاه شود (۳۴). فلورس و همکاران (۱۹) گزارش کرده‌اند که باکتری‌های ریزوسفری، میزان فعالیت نیترات ردوکتاز گیاه میزبان را افزایش می‌دهند و این امر با افزایش سرعت انتقال نیترات از ریشه به شاخساره گیاه، می‌تواند تجمع نیتروژن در برگ‌ها را افزایش دهد. سیلیکون نیز در شرایطی که قابلیت دسترسی نیترات کم باشد، جذب آن را افزایش می‌دهد و اگر غلظت نیترات در گیاه کافی باشد، به‌منظور پیشگیری از بروز سمیت، تجمع نیترات را کاهش می‌دهد. از این‌رو، موجب افزایش سنتز نیتروژن از آمینواسیدها و دیگر ترکیبات نیتروژن‌دار می‌شود (۱۶). نریمانی و همکاران (۳۶) گزارش کردند محلول پاشی نانواکسید آهن، درصد نیتروژن برگ گندم را تحت شرایط تنش افزایش داد.

جدول ۱۳. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر میزان نیتروژن برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری میزا ن نیتروژن برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۱**
شوری (A)	۲	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۹**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۶**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**
A×B	۶	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۱*
A×C	۶	۰/۰۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۲**
B×C	۹	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۲**
A×B×C	۱۸	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۸*	۰/۰۰۰۰۲**
خطا	۹۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۵
CV	–	۳/۱۷	۳/۶۴	۳/۰۰	۳/۴۱	۳/۱۸	۲/۷۲	۳/۱۷

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر میزان نیتروژن برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری میزا ن نیتروژن برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۰/۱۰۴$^{m-s}$	۰/۰۹۸$^{n-q}$	۰/۰۹۳$^{k-o}$	۰/۰۹۰$^{g-m}$	۰/۰۸۲$^{n-s}$	۰/۰۷۸^{op}	۰/۰۷۳$^{p-l}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۰/۰۹۹$^{t-x}$	۰/۱۰۰$^{l-o}$	۰/۰۹۶$^{i-l}$	۰/۰۸۷$^{k-p}$	۰/۰۸۴$^{k-p}$	۰/۰۸۵$^{h-p}$	۰/۰۸۰$^{e-h}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۰/۱۰۲$^{p-v}$	۰/۰۹۵$^{q-t}$	۰/۰۸۶$^{q-v}$	۰/۰۸۴$^{o-u}$	۰/۰۹۰$^{c-h}$	۰/۰۸۶$^{g-n}$	۰/۰۷۹$^{f-i}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۰/۱۱۷$^{a-d}$	۰/۱۱۴$^{a-c}$	۰/۱۰۹$^{a-c}$	$^{a-f}$۰/۰۹۶	۰/۰۹۵$^{a-c}$	۰/۰۹۰$^{a-e}$	۰/۰۸۴$^{a-c}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۰/۰۹۹$^{n-q}$	۰/۱۰۳$^{l-o}$	۰/۰۹۲$^{k-o}$	۰/۰۸۷$^{j-o}$	۰/۰۸۷$^{h-m}$	۰/۰۸۲$^{n-r}$	۰/۰۷۴$^{j-o}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۰/۱۱۰$^{g-m}$	۰/۱۰۶$^{g-k}$	۰/۱۰۳$^{e-h}$	۰/۰۹۴$^{b-h}$	۰/۰۸۸$^{g-l}$	۰/۰۸۹$^{b-h}$	۰/۰۷۹$^{f-i}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۰/۱۰۶^{mn}	۰/۱۰۰$^{m-p}$	۰/۰۹۲$^{l-p}$	۰/۰۸۴$^{o-u}$	۰/۰۸۰$^{q-v}$	۰/۰۸۸$^{c-i}$	۰/۰۸۲$^{b-f}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۰/۱۱۳$^{c-h}$	۰/۱۰۸$^{e-i}$	۰/۱۰۶$^{b-f}$	۰/۰۹۵$^{b-f}$	۰/۰۹۰$^{d-i}$	۰/۰۹۱$^{a-d}$	۰/۰۸۴$^{a-d}$
$S_0\times B_0\times N_2$	۰/۱۰۳$^{o-t}$	۰/۰۹۳$^{r-u}$	۰/۰۸۸$^{o-u}$	۰/۰۸۶$^{m-r}$	۰/۰۸۱$^{p-u}$	۰/۰۸۱^{n}	۰/۰۷۵$^{i-l}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۰/۰۹۹$^{s-x}$	۰/۰۹۷$^{o-r}$	۰/۰۹۱$^{m-q}$	۰/۰۸۵$^{m-s}$	۰/۰۹۱$^{c-h}$	۰/۰۸۵$^{g-o}$	۰/۰۸۲$^{b-g}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۰/۱۱۱$^{g-l}$	۰/۱۰۸$^{e-j}$	۰/۱۰۲$^{f-h}$	۰/۰۹۲$^{e-k}$	۰/۰۸۸$^{f-k}$	۰/۰۸۷$^{e-l}$	۰/۰۸۰$^{d-h}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۰/۱۱۹^{ab}	۰/۱۱۵^{ab}	۰/۱۱۰$^{a-c}$	۰/۰۹۹^{ab}	۰/۰۹۲$^{b-g}$	۰/۰۹۲^{ab}	۰/۰۸۲$^{b-f}$
$S_0\times B_0\times N_3$	۰/۱۱۱$^{g-k}$	۰/۱۰۵$^{h-k}$	۰/۰۹۶$^{i-k}$	۰/۰۹۲$^{e-k}$	۰/۰۸۷$^{h-l}$	۰/۰۸۳$^{l-q}$	۰/۰۷۴$^{j-n}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۰/۱۱۷$^{a-e}$	۰/۱۱۳^{abcd}	۰/۱۰۹$^{a-c}$	۰/۰۹۶$^{a-e}$	۰/۰۹۴$^{a-d}$	۰/۰۹۲^{ab}	۰/۰۸۴$^{a-e}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۰/۱۱۸$^{a-c}$	۰/۱۱۵^{ab}	۰/۱۱۰^{ab}	۰/۰۹۳$^{d-i}$	۰/۰۹۰$^{d-i}$	۰/۰۸۶$^{g-m}$	۰/۰۸۲$^{b-f}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۰/۱۲۲^{a}	۰/۱۱۷^{a}	۰/۱۱۲^{a}	۰/۱۰۰^{a}	۰/۰۹۷^{a}	^{a}۰/۰۹۳	۰/۰۸۷^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۰/۱۰۱$^{q-v}$	۰/۰۹۵$^{p-t}$	۰/۰۹۰$^{n-s}$	۰/۰۸۶$^{m-r}$	۰/۰۸۰$^{p-v}$	۰/۰۷۴$^{j-m}$	۰/۰۷۴$^{o-r}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۰/۰۹۸$^{t-y}$	۰/۰۹۲$^{a-z}$	۰/۰۸۹$^{o-t}$	۰/۰۸۴$^{n-t}$	۰/۰۷۹$^{q-v}$	۰/۰۸۱$^{q-u}$	۰/۰۷۲$^{l-q}$

ادامه جدول ۱۴.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری میزا ن نیتروژن برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۲		۵۲		۵۲	
$S_1 \times B_2 \times N_0$	۰/۱۰۵$^{l-r}$	۰/۱۰۲$^{m-p}$	۰/۰۹۷$^{i-k}$	۰/۰۹۲$^{e-k}$	۰/۰۹۳$^{b-e}$	۰/۰۷۷$^{t-w}$	۰/۰۷۳$^{k-o}$
$S_1 \times B_3 \times N_0$	۰/۱۰۹$^{g-m}$	۰/۱۰۸$^{e-h}$	۰/۱۰۵$^{c-f}$	۰/۰۹۸$^{a-c}$	۰/۰۸۱$^{o-t}$	۰/۰۸۷$^{d-j}$	۰/۰۸۱$^{c-h}$
$S_1 \times B_0 \times N_1$	۰/۱۰۷$^{j-p}$	۰/۰۹۹$^{n-q}$	۰/۰۹۳$^{k-n}$	۰/۰۸۸$^{j-o}$	۰/۰۸۴$^{l-q}$	۰/۰۷۶$^{v-y}$	۰/۰۶۹$^{p-t}$
$S_1 \times B_1 \times N_1$	۰/۰۹۵$^{x-z}$	۰/۰۸۸$^{v-x}$	۰/۰۸۲$^{v-z}$	۰/۰۸۰$^{s-v}$	۰/۰۷۸$^{s-w}$	۰/۰۸۴$^{k-q}$	۰/۰۸۰$^{d-h}$
$S_1 \times B_2 \times N_1$	۰/۰۹۷$^{v-z}$	۰/۰۹۱$^{u-w}$	۰/۰۸۴$^{u-y}$	۰/۰۸۲$^{r-v}$	۰/۰۷۸$^{s-x}$	۰/۰۸۵$^{i-p}$	۰/۰۷۸$^{g-j}$
$S_1 \times B_3 \times N_1$	۰/۱۱۳$^{d-i}$	۰/۱۰۵$^{h-k}$	۰/۰۹۸$^{k-m}$	۰/۰۸۹$^{i-n}$	۰/۰۸۸$^{g-k}$	۰/۰۸۹$^{a-g}$	۰/۰۸۳$^{a-e}$
$S_1 \times B_0 \times N_2$	۰/۱۰۵$^{m-r}$	۰/۰۹۳$^{r-u}$	۰/۰۸۶$^{s-w}$	$^{q-u}$۰/۰۸۲	۰/۰۷۷$^{u-x}$	۰/۰۷۵$^{v-y}$	۰/۰۷۱$^{m-q}$
$S_1 \times B_1 \times N_2$	۰/۱۰۹$^{h-n}$	۰/۱۰۴۷$^{h-l}$	۰/۰۹۹$^{g-j}$	۰/۰۹۳$^{d-i}$	۰/۰۸۷$^{h-l}$	۰/۰۸۲$^{p-s}$	۰/۰۷۵$^{i-l}$
$S_1 \times B_2 \times N_2$	۰/۱۱۱$^{g-k}$	۰/۱۰۷$^{f-j}$	۰/۱۰۲$^{f-h}$	۰/۰۹۳$^{c-i}$	۰/۰۸۹$^{e-j}$	۰/۰۸۵$^{h-o}$	۰/۰۷۹$^{f-i}$
$S_1 \times B_3 \times N_2$	۰/۱۱۹$^{a-c}$	۰/۱۱۲$^{b-e}$	۰/۱۰۸$^{a-c}$	۰/۰۹۶$^{a-f}$	۰/۰۷۷$^{u-x}$	۰/۰۹۰$^{a-f}$	۰/۰۸۲$^{b-f}$
$S_1 \times B_0 \times N_3$	۰/۱۰۳$^{o-t}$	۰/۱۰۰$^{m-p}$	۰/۱۰۳$^{d-g}$	۰/۰۸۶$^{l-r}$	۰/۰۸۲$^{n-s}$	۰/۰۷۵$^{v-y}$	۰/۰۷۰$^{n-s}$
$S_1 \times B_1 \times N_3$	۰/۱۰۰$^{r-x}$	۰/۰۹۷$^{o-r}$	۰/۰۸۹$^{n-s}$	۰/۰۸۲$^{p-u}$	۰/۰۹۳$^{a-d}$	۰/۰۸۲$^{o-s}$	۰/۰۷۶$^{i-l}$
$S_1 \times B_2 \times N_3$	۰/۱۱۶$^{a-f}$	۰/۱۱۳$^{a-c}$	۰/۱۰۷$^{a-e}$	۰/۰۹۵$^{b-f}$	۰/۰۹۲$^{b-f}$	۰/۰۸۷$^{e-k}$	۰/۰۸۰$^{d-h}$
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۰/۱۲۰^{ab}	۰/۱۱۴$^{a-c}$	۰/۱۰۹$^{a-c}$	۰/۰۹۷$^{a-d}$	۰/۰۹۵^{ab}	۰/۰۹۲$^{a-c}$	۰/۰۸۵^{ab}
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۰/۰۹۲^{z}	۰/۰۸۶^{x}	۰/۰۷۸^{z}	۰/۰۷۷^{v}	۰/۰۷۴^{x}	۰/۰۷۲^{yz}	۰/۰۶۴^{u}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۰/۰۹۹$^{s-x}$	۰/۰۹۱$^{u-w}$	۰/۰۸۱$^{x-z}$	۰/۰۸۰$^{s-v}$	۰/۰۸۲$^{n-s}$	۰/۰۷۴$^{w-y}$	۰/۰۶۷$^{s-u}$
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۰/۰۹۶$^{w-z}$	۰/۰۹۲$^{s-v}$	۰/۰۸۴$^{t-y}$	۰/۰۸۰$^{s-v}$	۰/۰۷۶$^{v-x}$	۰/۰۷۰^{vw}	۰/۰۶۸$^{q-u}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۰/۱۰۷$^{i-p}$	۰/۱۰۴$^{i-m}$	۰/۰۹۷$^{i-k}$	۰/۰۸۹$^{h-m}$	۰/۰۸۶$^{i-n}$	۰/۰۸۲$^{m-q}$	۰/۰۷۷$^{h-k}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۰/۰۹۳^{yz}	۰/۰۹۰$^{u-x}$	۰/۰۸۵$^{s-x}$	۰/۰۸۰$^{t-v}$	۰/۰۷۵^{wx}	۰/۰۷۳^{yz}	۰/۰۶۶$^{s-u}$
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۰/۱۰۰$^{r-w}$	۰/۰۹۶$^{o-s}$	۰/۰۹۰$^{n-r}$	۰/۰۸۵$^{m-t}$	۰/۰۸۰$^{q-v}$	۰/۰۷۹$^{r-v}$	۰/۰۷۵$^{i-l}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۰/۱۰۲$^{p-u}$	۰/۰۹۰$^{u-x}$	۰/۰۸۲$^{w-z}$	۰/۰۸۴$^{o-t}$	۰/۰۷۷$^{t-x}$	۰/۰۷۸$^{s-v}$	۰/۰۶۹$^{p-t}$
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۰/۱۱۰$^{g-m}$	۰/۱۰۷$^{f-j}$	۰/۱۰۰$^{g-i}$	۰/۰۹۱$^{f-l}$	۰/۰۸۱$^{p-u}$	۰/۰۸۴$^{j-q}$	۰/۰۶۷$^{r-u}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۰/۰۹۳^{yz}	۰/۰۸۷^{wx}	۰/۰۸۱^{yz}	۰/۰۷۹^{uv}	۰/۰۷۹$^{r-w}$	۰/۰۷۰^{z}	۰/۰۶۶^{tu}
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۰/۱۰۶$^{j-q}$	۰/۱۰۲$^{k-n}$	۰/۰۸۰^{yz}	۰/۰۸۷$^{k-p}$	۰/۰۸۳$^{m-r}$	۰/۰۷۷$^{u-x}$	۰/۰۷۰$^{n-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۰/۰۹۷$^{u-y}$	۰/۰۹۱$^{t-w}$	۰/۰۸۶$^{r-w}$	۰/۰۸۳$^{o-u}$	$^{r-v}$۰/۰۷۹	۰/۰۷۶$^{v-y}$	۰/۰۷۱$^{m-r}$
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۰/۱۱۲$^{e-j}$	۰/۱۰۸$^{d-h}$	۰/۱۰۷$^{b-f}$	۰/۰۹۵$^{b-f}$	۰/۰۸۱$^{o-u}$	۰/۰۸۷$^{f-l}$	۰/۰۸۰$^{d-h}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۰/۰۹۵$^{w-z}$	۰/۰۹۲$^{t-v}$	۰/۰۸۷$^{p-u}$	۰/۰۸۲$^{q-u}$	۰/۰۸۰$^{p-v}$	۰/۰۷۲^{yz}	۰/۰۷۴$^{k-o}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۰/۱۰۸$^{h-o}$	۰/۱۰۳$^{j-m}$	۰/۱۰۲$^{f-h}$	۰/۰۹۲$^{d-j}$	۰/۰۷۹$^{r-v}$	۰/۰۸۲$^{p-s}$	۰/۰۷۰$^{o-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۰/۱۱۵$^{b-g}$	۰/۱۱۰$^{c-g}$	۰/۰۹۵$^{j-m}$	۰/۰۸۷$^{k-p}$	۰/۰۸۵$^{j-o}$	۰/۰۸۱$^{q-t}$	۰/۰۷۷$^{h-k}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۰/۱۱۷$^{a-d}$	$^{b-f}$۰/۱۱۱	۰/۱۰۸$^{a-d}$	۰/۰۹۴$^{b-g}$	۰/۰۹۰$^{c-h}$	۰/۰۸۸$^{d-i}$	۰/۰۸۱$^{c-g}$
LSD	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳

S_0 S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

محتوای آب نسبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر محتوای آب نسبی در مراحل اول، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مرحله دوم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۵). با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب نسبت به عدم اعمال شوری کاهش بیشتری را نشان داد (جدول ۱۶). کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۴۹/۷ درصدی محتوای نسبی آب برگ پرچم نسبت به عدم کاربرد محلول‌پاشی نانوذرات و کودهای زیستی در شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۱۶). به‌نظر می‌رسد علت کاهش محتوای نسبی آب با افزایش شوری ناشی از کاهش جذب آب یا محدودیت در توانایی جذب آن به‌علت وجود شوری در محیط است که موجب بهم خوردن تعادل آبی گیاه می‌شود. در چنین شرایط تنش کمبود آب موجب کاهش تورگر برگ، بسته شدن بیشتر روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ایی می‌شود که یکی از عوامل محدود کننده شرایط فتوسنتز است (۲۶). خیری‌زاده آروق و همکاران (۲۶) همچنین گزارش کرده‌اند که کاربرد باکتری محرک رشد با بهبود محتوای نسبی آب، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود. ویشنوپرادیپ و همکاران (۵۰) افزایش محتوای نسبی آب تحت شرایط کاربرد باکتری‌های محرک رشد را به اثرات این باکتری‌ها در گسترش وزن و حجم ریشه نسبت دادند که از طریق بهبود وضعیت آبی گیاه، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد. همچنین سالیم و همکاران (۴۳) اظهار داشته‌اند که باکتری‌های محرک از طریق بهبود ساختار ریشه و گسترش آن در حجم وسیعی از خاک، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ ذرت (*Zea mays* L.) شد. بابایی و همکاران (۷) گزارش کرده‌اند تنش شوری، کاهش محتوای آب نسبی را موجب شد و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی، با تعدیل بخشی از کاهش محتوای نسبی آب در شرایط تنش، موجب افزایش عملکرد دانه شد. ال-کهطانی و همکاران (۵) افزایش محتوای نسبی آب به‌واسطه کاربرد سیلیکون را، به بهبود ساختار ریشه و کمک به جذب عناصر غذایی، افزایش محتوای کلروفیل و کاهش نشت الکترولیت برگ نسبت دادند. نتایج مشابهی نیز توسط سارا و همکاران (۴۵)، قاداس و مفتح (۴۱) مبنی بر افزایش محتوای نسبی آب برگ لوبیا و باقالا به‌واسطه محلول‌پاشی با سیلیکون گزارش شده است.

هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر هدایت روزنه‌ای در مراحل اول، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مرحله دوم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۷). هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در طول دوره رشد گیاه با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بود (جدول ۱۸). طوری‌که ۷۶ روز پس از کاشت، بیشترین هدایت روزنه‌ای (۲۸/۶ mmol $H_2O/m^2.s$) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات و کمترین آن (۱۵/۸ mmol $H_2O/m^2.s$) در عدم محلول‌پاشی نانوذرات و عدم کاربرد کودهای زیستی در شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار بدست آمد (جدول ۱۸). جمیل و همکاران (۲۲) اعلام کرده‌اند که کاهش فتوسنتز با افزایش تنش شوری می‌تواند به‌دلیل هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، کاهش فرایندهای متابولیکی به‌ویژه در جذب کربن، بازدارندگی ظرفیت فتوسنتزی و یا ترکیبی از این موارد باشند و بازدارندگی ضریب خاموشی فتوشیمیایی توسط شوری ممکن است در اثر بسته شدن روزنه‌ها از طریق القاء تنش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی، ایجاد شده باشد. بخشی از بهبود هدایت روزنه‌ای برگ به‌واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد را، می‌توان به بهبود محتوای نسبی آب (جدول ۱۶) در شرایط شوری نسبت داد. در این راستا بتول و همکاران (۱۰) بیان کرده‌اند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد از طریق توسعه بهتر ریشه و افزایش پایداری غشاء، موجب افزایش محتوای نسبی آب و در نهایت افزایش هدایت روزنه‌ای (جدول ۱۸) شد. برخی محققین اظهار داشته‌اند که باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل گسترش ریشه و دسترسی بهتر گیاه به منابع آبی، ضمن بهبود محتوای نسبی آب برگ‌ها و کاهش آبسیزیک اسید، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای برگ تحت شرایط تنش شوری می‌شود (۲۵). زروشان و همکاران (۵۳) بیان کرده‌اند که نانوسیلیکون با کمک به افزایش جذب آب و بهبود محتوای نسبی آب برگ، و همچنین با رسوب در سلول‌های نگهبان روزنه، موجب افزایش سختی دیواره و باز ماندن روزنه می‌شود، که در چنین شرایطی با بهبود سرعت باز و بسته شدن روزنه‌ها، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود. حبیبی و حاجی‌بلند (۲۰) نیز اظهار داشتند که کاربرد سیلیکون با بهبود جذب آب از ریشه و افزایش محتوای نسبی آب، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و بهبود ظرفیت تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌شود.

جدول ۱۵. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر محتوای آب نسبی (RWC) برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری محتوای آب نسبی (RWC) (روز پس از کاشت)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۹۵۶**	۴۸۵**	۳۴۶**	۱۶۵**	۸۹/۷**	۸۸/۴**	۱۳۵**
شوری (A)	۲	۸۲۶**	۱۲۶۲**	۸۱۰۶۳**	۸۶۱**	۸۵۵**	۵۴۱**	۶۵۳**
کودهای زیستی (B)	۳	۱۵۵۳**	۱۳۵۱**	۱۰۸۰**	۱۲۴۹**	۷۷۲**	۵۸۶**	۶۶۲**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۱۵۳**	۱۸۵**	۱۵۱**	۱۶۸**	۱۴۵**	۶۴/۹**	۸۴/۷**
A×B	۶	۲۴/۰**	۴۸/۳**	۱۸/۵**	۲۸/۵**	۱۲/۱**	۱۰/۷**	۱۱/۶**
A×C	۶	۹/۰^{ns}	۳/۱۹^{ns}	۱۱/۴**	۷/۵۶^{ns}	۴/۴۰^{ns}	۲/۸۵^{ns}	۳/۳۴^{ns}
B×C	۹	۱۵/۳*	۳۱/۷**	۸/۸۸*	۲۳/۷**	۷/۴۹^{ns}	۹/۵۴**	۵/۰۸*
A×B×C	۱۸	۱۲/۷*	۲۹/۹**	۶/۹۹*	۱۳/۰*	۷/۰۷*	۶/۶۹*	۴/۶۰*
خطا	۹۴	۶/۹۸	۱۱/۶	۴/۱۸	۷/۰۳	۴/۲۰	۴/۰۱	۲/۵۲
CV	–	۳/۶۲	۵/۱۶	۳/۲۳	۴/۵۶	۳/۸۳	۴/۰۱	۳/۴۴

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۱۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر محتوای آب نسبی (RWC) برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری محتوای آب نسبی (RWC) (روز پس از کاشت)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۶۹/۸$^{o-q}$	۶۱/۶$^{l-q}$	۶۰/۰$^{n-q}$	۵۴/۶$^{m-r}$	۴۹/۳$^{p-w}$	۴۵/۲$^{n-t}$	۴۲/۴$^{q-t}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۷۳/۷$^{i-o}$	۶۷/۹$^{f-k}$	۶۶/۶$^{g-j}$	۵۹/۱$^{h-l}$	۵۶/۲$^{h-k}$	۵۲/۲$^{e-h}$	۴۹/۳۶$^{e-i}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۷۶/۱$^{g-l}$	۶۹/۷$^{d-h}$	۶۴/۸$^{i-l}$	۶۱/۲$^{e-i}$	۵۶/۹$^{h-j}$	۵۳$^{d-h}$	۴۸/۳$^{g-j}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۸۳/۲$^{a-c}$	۷۶/۶$^{a-c}$	۷۲/۶$^{a-c}$	۶۸/۷^{ab}	۶۱$^{a-e}$	۵۶/۶$^{a-c}$	۵۳/۳$^{a-c}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۷۱/۷$^{m-p}$	۶۵/۲$^{h-n}$	۶۰/۶$^{m-p}$	۵۶/۷$^{j-o}$	۵۰/۲$^{n-v}$	۴۷/۷$^{k-o}$	۴۳/۷$^{o-r}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۷۴/۹$^{h-n}$	۷۱/۹$^{c-g}$	۶۵/۷$^{h-k}$	۶۳/۳$^{d-h}$	۵۹/۱$^{c-h}$	۵۴/۶$^{b-f}$	۵۰/۱$^{d-g}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۷۶/۷$^{f-k}$	۷۳/۷$^{a-e}$	۶۹/۷$^{c-g}$	۵۹/۷$^{g-k}$	۶۰/۹$^{a-e}$	۵۲/۷$^{d-h}$	۵۲/۱$^{b-d}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۸۴^{ab}	۷۷/۷^{ab}	۷۱/۶$^{a-e}$	۶۷/۸$^{a-c}$	۶۲/۹^{ab}	۵۶/۶$^{a-c}$	۵۴/۱^{ab}
$S_0\times B_0\times N_2$	۷۰/۹$^{n-q}$	۶۳/۳$^{k-p}$	۶۲/۳$^{l-o}$	۵۶/۷$^{k-o}$	۵۱/۲$^{m-s}$	۴۷/۳$^{l-q}$	۴۲/۸$^{p-s}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۷۹/۱$^{c-h}$	۶۸/۹$^{e-j}$	۶۹/۰$^{f-i}$	۶۳/۹$^{c-g}$	۵۹/۷$^{b-g}$	۵۵/۳$^{b-e}$	۵۰/۱$^{d-g}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۷۷/۷$^{e-j}$	۷۱/۳$^{c-g}$	۶۷/۸$^{f-i}$	۶۴/۹$^{b-f}$	۵۷/۹$^{e-i}$	۵۶/۳$^{a-c}$	۵۱/۳$^{c-f}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۸۳/۸^{ab}	۷۸/۹^{a}	۷۳/۸^{ab}	۶۸/۸^{ab}	۶۲/۸^{ab}	۵۶/۸$^{a-c}$	۵۳/۷^{abc}
$S_0\times B_0\times N_3$	۷۲/۳$^{l-o}$	۶۵/۸$^{h-m}$	۶۳/۵$^{j-m}$	۵۵/۶$^{k-p}$	۵۲/۲$^{l-q}$	۴۸/۶$^{i-n}$	۴۴/۸$^{m-q}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۸۰/۷$^{b-f}$	۷۸/۹^{a}	۷۲/۱^{abcd}	۶۶/۶$^{a-d}$	۶۱/۷$^{a-d}$	۵۷/۷^{ab}	۵۴/۲^{ab}
$S_0\times B_2\times N_3$	۷۵/۵$^{h-m}$	۷۶/۵$^{a-d}$	۷۰/۵$^{b-f}$	۶۸$^{a-c}$	۶۲/۱$^{a-c}$	۵۴/۲$^{c-g}$	۵۲/۸$^{a-c}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۸۶/۳^{a}	۷۲/۶$^{b-f}$	۷۴/۸^{a}	۷۰/۲^{a}	۶۳/۹^{a}	۵۹/۴^{a}	۵۵/۲^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۶۴/۷$^{r-v}$	۵۵/۷$^{r-t}$	۵۵$^{u-w}$	۵۰/۸$^{r-t}$	۴۷/۶$^{u-z}$	۴۵/۲$^{o-v}$	۳۹/۷$^{v-x}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۶۷/۷$^{p-r}$	۶۱/۴$^{l-q}$	۵۸/۷$^{p-s}$	۵۱/۷$^{p-t}$	۴۸/۸$^{r-x}$	۴۷$^{m-r}$	۴۲/۵$^{q-t}$
$S_1\times B_2\times N_0$	۶۶/۸$^{q-t}$	۵۹/۸$^{n-s}$	۶۰/۱$^{n-q}$	۴۹/۸$^{s-u}$	۵۰/۶$^{n-u}$	k-p۴۷/۶	۴۴/۴$^{n-q}$

ادامه جدول ۱۶.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری محتوای آب نسبی (RWC) (روز پس از کاشت)						
	۵۲		۵۲		۵۲		۵۲
$S_1 \times B_3 \times N_0$	۸۰$^{b-g}$	۷۱/۶$^{c-g}$	۶۸/۷$^{e-h}$	۶۵/۳$^{b-e}$	۵۴/۱$^{j-m}$	۵۲/۵$^{d-h}$	۴۹/۷$^{d-h}$
$S_1 \times B_0 \times N_1$	۶۵/۱$^{r-u}$	۵۷/۹$^{p-t}$	۵۶/۸$^{q-u}$	۴۹/۹$^{s-u}$	۴۷$^{v-z}$	۴۴$^{r-v}$	۴۱/۴$^{r-v}$
$S_1 \times B_1 \times N_1$	۶۹/۶$^{o-q}$	۶۶/۹$^{g-l}$	۶۳/۷$^{j-m}$	۵۵/۲$^{l-q}$	۵۱/۹$^{l-r}$	۵۰/۶$^{h-k}$	۴۵/۵$^{k-o}$
$S_1 \times B_2 \times N_1$	۷۰/۸$^{n-q}$	۶۷/۸$^{f-k}$	۶۵/۳$^{i-l}$	۵۳/۶$^{n-s}$	۵۴/۳$^{j-m}$	۴۷/۸$^{j-o}$	۴۳/۷$^{o-r}$
$S_1 \times B_3 \times N_1$	۸۰/۱$^{b-g}$	۷۴/۸$^{a-d}$	۷۰/۷$^{b-f}$	۶۵/۳$^{b-f}$	۵۸/۷$^{d-h}$	۵۴$^{c-g}$	۵۱/۴ $^{c-e}$
$S_1 \times B_0 \times N_2$	۶۳/۲$^{s-w}$	۵۶/۸$^{q-t}$	۵۷/۹$^{p-t}$	^{tu}۴۹	۴۶$^{a-z}$	۴۴/۴$^{p-v}$	۴۰/۵$^{s-v}$
$S_1 \times B_1 \times N_2$	۶۷/۵$^{p-r}$	۶۴/۸^{op}	۵۹/۶$^{o-r}$	۵۶/۱$^{k-o}$	۵۲/۷$^{l-o}$	۴۸/۸$^{i-n}$	۴۷/۳$^{h-m}$
$S_1 \times B_2 \times N_2$	۷۵/۱$^{h-n}$	۶۹/۲$^{e-i}$	۶۵/۷$^{h-k}$	۵۶^{no}	۵۱/۸$^{l-r}$	۵۱/۷$^{f-i}$	۴۷/۲$^{k-n}$
$S_1 \times B_3 \times N_2$	۸۲/۱$^{a-c}$	۷۵$^{a-d}$	۷۰/۹$^{b-f}$	۶۱/۲$^{e-i}$	۵۸/۹$^{c-h}$	۵۵/ ۷$^{b-e}$	۵۲/۳$^{b-d}$
$S_1 \times B_0 \times N_3$	۶۷/۱$^{q-s}$	۵۶/۶$^{r-t}$	۵۵/۷$^{s-v}$	۵۱/۵$^{p-t}$	۴۷/۷$^{u-z}$	۴۵/۲$^{t-v}$	۴۱/۶$^{r-v}$
$S_1 \times B_1 \times N_3$	۷۳/۵$^{j-o}$	۶۳/۶$^{j-o}$	۶۲/۶$^{k-o}$	۶۱/۰۳$^{f-j}$	۵۴/۸$^{i-l}$	۴۸$^{j-o}$	۴۷/۶$^{g-l}$
$S_1 \times B_2 \times N_3$	۷۵/۹$^{h-m}$	۷۰/۶$^{d-h}$	۶۷/۷$^{f-i}$	۵۷/۶$^{i-n}$	۵۶/۷$^{h-j}$	۵۲/۶$^{d-h}$	۴۸/۸$^{f-i}$
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۸۲$^{b-d}$	۷۸/۱^{ab}	۷۲/۷$^{a-c}$	۶۷$^{a-d}$	۶۰/۱$^{b-f}$	۵۴/۷$^{b-f}$	۵۲/۷$^{a-c}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۵۶/۹^{x}	۵۴/۵st	۴۹/۶^{x}	۴۶^{u}	۴۱/۱^{b}	۳۸/۷^{w}	۳۶/۹^{x}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۶۲/۳$^{u-w}$	۵۳/۷^{t}	۵۲/۷$^{v-x}$	۴۸/۷^{tu}	۴۴/۸^{az}	۴۳/۲$^{t-v}$	۴۰/۸$^{s-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۶۷/۸$^{p-r}$	۵۵/۸$^{r-t}$	۵۶/۴$^{r-u}$	۵۰$^{s-u}$	۴۵/۷$^{a-z}$	۴۸/۱$^{j-o}$	۴۰/۲$^{t-w}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۷۷$^{e-k}$	۶۶/۶$^{g-l}$	۶۳/۳۰$^{k-n}$	۶۴/۲^{cdef}	۵۳/۴$^{k-n}$	۴۹/۹$^{i-n}$	۴۵/۱$^{p-r}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۵۹/۹^{x}	۵۵/۳$^{r-}$	۵۱/۷^{wx}	۴۹/۲^{tu}	۴۳/۶^{e}	۴۴/۲$^{r-v}$	۳۹/۳$^{v-x}$
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۶۷$^{q-s}$	۵۷$^{q-t}$	۵۸/۸$^{p-s}$	۵۰/۶$^{r-t}$	۴۹/۶$^{o-v}$	۴۶$^{n-u}$	۴۰/۷$^{s-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۶۷/۸$^{p-r}$	۶۸/۵$^{e-k}$	۵۶/۲$^{s-u}$	۵۸/۲$^{i-m}$	۴۸/۹$^{q-x}$	۴۳/۸$^{s-v}$	۴۲/۲$^{q-u}$
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۷۷/۸$^{d-i}$	۶۶/۸$^{g-l}$	۶۴/۱$^{j-l}$	۶۱/۷$^{e-i}$	۵۶$^{h-k}$	۵۰/۵$^{h-l}$	۴۶/۸$^{i-n}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۶۲/۶$^{t-w}$	۵۸/۳$^{o-t}$	۵۲^{wx}	۴۸/۷^{tu}	۴۷/۷$^{t-z}$	۴۲/۱^{v}	۳۷/۷^{wx}
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۶۷/۷$^{p-r}$	۵۸/۸$^{o-t}$	۵۶/۶$^{r-u}$	۵۲/۶$^{o-t}$	۴۸/۲$^{s-y}$	۴۶/۷$^{m-s}$	۴۲/۸$^{p-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۶۷/۶$^{p-r}$	۵۵/۸$^{r-t}$	۵۷/۷$^{p-t}$	۴۹/۵$^{s-u}$	۵۲/۶$^{l-p}$	۴۸/۷$^{i-n}$	۳۹/۸$^{u-w}$
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۷۹/۱$^{c-h}$	۷۰/۵$^{d-h}$	۶۶/۷$^{g-j}$	۶۴/۸$^{b-f}$	۵۴/۲$^{j-m}$	۵۲/۲$^{e-h}$	۴۷/۹$^{g-k}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۶۰/۶$^{v-x}$	۵۴/۶st	۵۳/۹$^{u-w}$	۵۱/۱$^{q-t}$	۴۵/۱$^{a-z}$	۴۲/۸^{uv}	۳۷/۹^{wx}
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۷۶/۹$^{e-k}$	۶۳/۷$^{i-o}$	۶۴/۹$^{i-l}$	۵۷/۷$^{i-n}$	۵۴/۶$^{i-l}$	۴۷/۷$^{k-o}$	۴۳/۹$^{o-r}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۷۳/۲$^{k-o}$	۶۳/۲$^{k-p}$	۶۰/۵$^{m-p}$	۵۹/۸$^{g-k}$	۵۱$^{m-t}$	۵۱$^{g-j}$	۴۶/۱^{jklmno}
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۸۱/۲$^{b-e}$	۷۳/۹$^{a-e}$	۶۹/۷$^{c-g}$	۶۶/۱$^{a-d}$	۵۸/۳$^{e-h}$	۵۴/۱$^{c-g}$	۵۲^{bcd}
LSD	۴/۲۸	۵/۵۲	۳/۳۱	۴/۳۰	۳/۳۲	۳/۲۴	۲/۵۷

S_0 S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۱۷. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تریتیکاله

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه‌برداری هدایت روزنه‌ای (روز پس از کاشت) ($mmol\ H_2O/m^2\ s$)						
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
تکرار	۲	۸۴۶**	۶۹۰**	۵۶۵**	۳۸۱**	۳۰۷**	۱۲۲**	۱۷/۸**
شوری (A)	۲	۴۶۸**	۵۷۸**	۴۲۳**	۳۰۶**	۳۲۷**	۳۰۸**	۳۲۲**
کودهای زیستی (B)	۳	۷۸۳**	۵۳۱**	۴۱۴**	۴۹۸**	۳۴۵**	۲۹۹**	۲۹۷**
محلول‌پاشی نانوذرات (C)	۳	۱۲۴**	۷۶/۱**	۴۵/۲**	۴۹/۵**	۴۲/۵**	۳۹/۰**	۴۷/۸**
A×B	۶	۱۲/۳**	۲۲/۵**	۱۲/۲**	۹/۳۰**	۲/۶۵^{ns}	۵/۵۸**	۳/۹۱**
A×C	۶	۱/۵۸^{ns}	۴/۱۲^{ns}	۴/۱۹**	۲/۰۵^{ns}	۱/۵۵^{ns}	۱/۷۸*	۱/۸۰^{ns}
B×C	۹	۱۱/۲**	۴/۰۵^{ns}	۴/۷۰**	۸/۳۸**	۷/۶۵**	۴/۲۷**	۱/۷۲^{ns}
A×B×C	۱۸	۵/۹۸*	۵/۴۶**	۲/۵۵*	۳/۳۹*	۳/۶۸*	۱/۱۶*	۱/۶۹*
خطا	۹۴	۳/۱۵	۲/۴۲	۱/۵۱	۱/۹۹	۲/۱۳	۰/۶۹	۰/۹۲
CV	–	۴/۴۵	۴/۱۱	۳/۴۱	۴/۲۸	۴/۶۲	۱۳/۱۰	۴/۳۹

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۱۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری هدایت روزنه‌ای (روز پس از کاشت) ($mmol\ H_2O/m^2\ s$)						
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶
$S_0\times B_0\times N_0$	۳۷/۳$^{q-u}$	۳۴/۹$^{o-t}$	۳۴$^{r-v}$	۳۱/۲$^{o-s}$	۲۹$^{s-w}$	۲۴$^{r-u}$	۱۹/۳$^{q-t}$
$S_0\times B_1\times N_0$	۴۲$^{n-m}$	۳۸/۹$^{i-l}$	۳۸/۴$^{f-j}$	۳۳/۱$^{k-p}$	۳۳/۳$^{g-n}$	۲۸/۱$^{i-k}$	۲۴$^{f-j}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۴۰/۴$^{l-p}$	۴۱/۵$^{e-h}$	۳۷/۱$^{i-m}$	۳۴/۴$^{h-m}$	۳۴/۱$^{f-l}$	۲۹/۲$^{g-i}$	۲۳/۱$^{h-l}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۴۵/۶$^{c-g}$	۴۳/۸$^{a-e}$	۴۲$^{a-c}$	۳۹/۳^{ab}	۳۶/۴$^{a-f}$	۳۱/۳$^{b-d}$	۲۶/۴$^{b-d}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۳۹$^{o-t}$	۳۷/۲$^{k-o}$	۳۴/۲$^{q-v}$	۳۲/۳$^{l-r}$	۳۰/۱$^{p-t}$	۲۵/۲$^{o-r}$	۲۰/۴$^{o-q}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۴۰/۲$^{l-q}$	۴۲$^{d-g}$	۴۰/۳$^{c-f}$	۳۵/۵$^{f-j}$	۳۵/۱$^{c-h}$	۳۰/۲$^{d-g}$	۲۴/۳$^{f-i}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۴۳$^{h-l}$	۴۲/۸$^{b-f}$	۳۷/۵$^{h-l}$	۳۳/۶$^{j-n}$	۳۵/۳$^{b-g}$	۲۹/۷$^{f-h}$	۲۶/۱$^{b-e}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۴۸/۳$^{a-c}$	۴۴/۶$^{a-c}$	۴۱/۳$^{a-d}$	۳۹/۱$^{a-c}$	۳۷/۵^{ab}	۳۲/۱$^{a-c}$	۲۷/۴^{ab}
$S_0\times B_0\times N_2$	۳۹/۶$^{n-s}$	۳۵/۷$^{n-q}$	۳۵/۲$^{m-s}$	۳۲/۱$^{m-r}$	۲۹/۶$^{r-v}$	۲۴/۶^{qrst}	۱۹/۶$^{p-s}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۴۳/۹$^{f-j}$	۴۱/۸$^{d-h}$	۳۹/۴$^{d-h}$	۳۶$^{e-i}$	۳۵/۳$^{b-h}$	۳۰$^{d-g}$	۲۵/۲$^{b-e}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۴۱/۸$^{j-o}$	۴۱/۷$^{e-h}$	۳۹/۱$^{e-i}$	۳۷$^{c-g}$	۳۴/۴$^{e-k}$	۳۱/۲$^{b-e}$	۲۴/۶$^{e-h}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۴۸/۵^{ab}	۴۲/۸$^{b-f}$	۴۲/۶^{ab}	۳۸/۷$^{a-c}$	۳۶/۵$^{a-e}$	۳۱/۹^{abc}	۲۷^{b}
$S_0\times B_0\times N_3$	۳۹/۲$^{r-u}$	۳۸/۵$^{j-m}$	۳۶$^{l-q}$	۳۲$^{n-r}$	۳۱$^{n-s}$	۲۶$^{m-p}$	۲۱$^{n-p}$
$S_0\times B_1\times N_3$	۴۷/۱$^{a-de}$	۴۵^{ab}	۴۲/۵^{ab}	۳۷/۷$^{b-f}$	۳۷/۲$^{a-d}$	۳۲/۴^{ab}	۲۶$^{b-e}$
$S_0\times B_2\times N_3$	۴۷/۴$^{a-d}$	۴۳/۸$^{a-e}$	۴۱/۳$^{a-d}$	۳۷/۴$^{b-g}$	۳۶/۷$^{a-d}$	۳۲/۵^{ab}	۲۶/۷^{bc}
$S_0\times B_3\times N_3$	۴۹/۵^{a}	۴۵/۷^{a}	۴۲/۷^{a}	۴۰/۵^{a}	۳۸/۷^{a}	۳۲/۹^{a}	۲۸/۶^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۳۳/۷$^{v-y}$	۳۱/۵$^{v-y}$	۳۰/۳$^{a-z}$	۲۸/۷$^{a-z}$	۲۷/۷$^{t-v}$	۲۳/۲$^{u-w}$	۱۷/۳$^{u-w}$

ادامه جدول ۱۸.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری هدایت روزنه‌ای (روز پس از کاشت) ($mmol\ H_2O/m^2\ s$)						
	۵۲	۵۲		۵۲		۵۲	
$S_1 \times B_1 \times N_0$	۳۴/۷$^{u-x}$	۳۵/۲$^{o-s}$	۳۳/۵$^{s-v}$	۳۰/۱$^{r-w}$	۲۸/۴$^{t-y}$	۲۴/۲$^{r-u}$	۲۰/۱$^{o-r}$
$S_1 \times B_2 \times N_0$	۳۵/۵$^{u-w}$	۳۴/۱$^{p-u}$	۳۳$^{t-x}$	۲۸/۱$^{w-y}$	۲۹/۹$^{q-v}$	۲۵$^{p-s}$	۲۰/۹$^{n-q}$
$S_1 \times B_3 \times N_0$	۴۵/۲$^{d-i}$	۴۲/۵$^{c-f}$	۴۰$^{c-g}$	۳۷/۱$^{b-g}$	۳۴/۳$^{e-k}$	۲۹$^{g-i}$	۲۴/۳$^{f-i}$
$S_1 \times B_0 \times N_1$	۳۳/۵$^{v-y}$	۳۳/۱$^{r-w}$	۳۲/۲$^{v-z}$	۲۹/۳$^{s-x}$	۲۶/۵$^{a-z}$	۲۲/۱$^{w-y}$	۱۸/۴$^{s-v}$
$S_1 \times B_1 \times N_1$	۳۶/۴$^{t-v}$	۳۸/۶$^{i-m}$	۳۶/۲$^{l-p}$	۳۳/۴$^{j-o}$	۳۰/۶$^{o-t}$	۲۷/۲$^{k-m}$	۲۲/۲$^{k-n}$
$S_1 \times B_2 \times N_1$	۳۸/۵$^{p-t}$	۳۹/۴$^{h-k}$	۳۷$^{j-m}$	۳۰/۵$^{q-u}$	۳۲/۱$^{k-q}$	۲۵/۶$^{n-q}$	۲۱/۳$^{m-o}$
$S_1 \times B_3 \times N_1$	۴۶/۵$^{b-f}$	۴۳/۵$^{a-f}$	۴۰/۷$^{b-e}$	۳۷/۱$^{c-g}$	۳۴/۹$^{f-i}$	۲۹/۹$^{e-g}$	۲۵$^{d-g}$
$S_1 \times B_0 \times N_2$	۳۳$^{w-z}$	۳۲/۵$^{t-x}$	۳۲/۶$^{u-y}$	۲۷/۲$^{w-y}$	۲۶/۲$^{a-z}$	۲۲/۵$^{v-y}$	۱۸/۱$^{s-v}$
$S_1 \times B_1 \times N_2$	۳۷/۴$^{q-u}$	۳۵/۲$^{o-s}$	۳۴/۵$^{o-u}$	۳۳/۱$^{k-p}$	۳۱/۵$^{m-r}$	۲۶/۳$^{l-p}$	۲۱/۷$^{l-o}$
$S_1 \times B_2 \times N_2$	۴۰/۷$^{k-p}$	۳۹/۹$^{h-k}$	۳۶/۴$^{k-o}$	۳۰/۸$^{p-u}$	۳۱/۹$^{l-r}$	۲۷/۹$^{i-k}$	۲۲/۶$^{j-m}$
$S_1 \times B_3 \times N_2$	۴۵/۳$^{d-i}$	۴۲/۴$^{c-g}$	۴۱$^{a-e}$	۳۸/۵$^{a-d}$	۳۲/۷$^{i-o}$	۳۱$^{c-f}$	۲۶/۲$^{b-d}$
$S_1 \times B_0 \times N_3$	۳۷$^{s-u}$	۳۱/۹$^{u-y}$	۳۱/۴$^{a-z}$	۲۹$^{s-x}$	۲۷/۷$^{a-z}$	۲۳/۱$^{u-x}$	۱۹/۶$^{p-s}$
$S_1 \times B_1 \times N_3$	۴۰$^{m-r}$	۳۶/۲$^{n-q}$	۳۳/۶$^{r-v}$	۳۴/۴$^{h-l}$	۳۳/۶$^{g-l}$	۲۷$^{k-n}$	۲۳/۵$^{g-k}$
$S_1 \times B_2 \times N_3$	۴۲/۲$^{j-n}$	۴۱/۷$^{e-h}$	۳۹$^{e-i}$	۳۳$^{k-p}$	۳۱/۹$^{l-r}$	۲۸/۶$^{h-j}$	۲۲/۹$^{i-l}$
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۴۶/۹$^{a-e}$	۴۴/۲$^{a-d}$	۴۱/۹$^{a-c}$	۳۸/۵$^{a-d}$	۳۶$^{a-f}$	۳۰/۳$^{d-g}$	۲۶/۴$^{b-d}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۳۰/۳^{z}	۲۸/۸^{z}	۲۹/۴$^{b-d}$	۲۵/۴^{z}	۲۴/۶^{b}	۲۰/۴^{z}	۱۵/۸^{w}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۳۲/۴^{az}	۳۰$^{x-z}$	۳۰/۷$^{a-z}$	۲۷/۴$^{x-z}$	۲۶$^{a-z}$	۲۳/۶$^{t-v}$	۱۷/۱^{vw}
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۳۴/۵$^{u-x}$	۳۱/۸$^{u-y}$	۳۱/۱$^{a-z}$	۲۸/۹$^{t-x}$	۲۸/۶$^{t-x}$	۲۲/۹$^{u-x}$	۱۷/۳$^{a-c}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۴۲/۷$^{i-m}$	۳۸/۱$^{j-n}$	۳۵/۵$^{m-r}$	۳۶$^{e-i}$	۳۱/۷$^{m-r}$	۲۶/۵$^{l-o}$	۲۰/۵$^{o-q}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۳۱/۱^{yz}	۳۲/۵$^{t-x}$	۲۹/۱^{cd}	۲۶/۱^{yz}	۲۵^{b}	۲۱/۲^{yz}	۱۶/۲^{w}
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۳۵/۶$^{u-w}$	۳۲/۴$^{t-y}$	۳۳/۱$^{t-w}$	۲۸/۵$^{v-x}$	۳۰/۱$^{q-v}$	۲۳/۷$^{s-v}$	۱۸/۲$^{s-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۳۳/۱$^{w-z}$	۳۳/۹$^{q-v}$	۳۰/۹$^{a-z}$	۳۰/۱$^{r-w}$	۲۷$^{a-z}$	۲۲/۱$^{w-y}$	۱۸/۸$^{r-u}$
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۴۳/۶$^{g-k}$	۳۸/۶$^{j-m}$	۳۶/۵$^{j-n}$	۳۵/۱$^{g-k}$	۳۳/۳$^{g-n}$	۲۷/۲$^{k-m}$	۲۲/۳$^{k-n}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۳۲/۶$^{x-z}$	۲۹/۹^{yz}	۲۸/۷^{d}	۲۷/۱$^{x-z}$	۲۵^{b}	۲۱/۳^{yz}	۱۶/۲^{w}
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۳۷$^{s-u}$	۳۴/۲$^{p-u}$	۳۴/۱$^{q-v}$	۳۱$^{p-t}$	۲۸/۳$^{t-z}$	۲۴/۲$^{r-u}$	۱۸/۵$^{s-v}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۳۵/۱$^{u-x}$	۳۲/۷$^{s-w}$	۳۲/۲$^{v-z}$	۲۷/۲$^{x-z}$	h-o۳۲/۹	۲۵/۳$^{o-r}$	۱۸$^{t-v}$
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۴۴/۳$^{e-j}$	۴۱$^{h-j}$	۳۸/۳$^{g-k}$	۳۶/۴$^{d-h}$	۳۲/۱$^{k-q}$	۲۸/۱$^{i-k}$	۲۳/۱$^{h-l}$
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۳۲/۹$^{w-z}$	۳۱/۱$^{w-z}$	۳۰$^{a-d}$	۲۶/۲^{yz}	۲۵/۷^{ab}	۲۱/۹^{xy}	۱۶/۳^{w}
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۳۹/۴$^{n-s}$	l-p۳۶/۵	۳۴/۲$^{p-v}$	۳۲/۷$^{l-q}$	۳۲/۵$^{j-p}$	۲۵/۱$^{o-r}$	۲۰/۶$^{o-q}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۴۱/۶$^{j-o}$	۳۵/۵$^{o-r}$	۳۴/۷$^{n-s}$	۳۴$^{i-n}$	۳۰/۱$^{q-u}$	۲۷/۴$^{j-l}$	۲۳$^{i-l}$
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۴۶/۱$^{b-g}$	۴۲/۷$^{b-f}$	۴۰/۲$^{c-g}$	۳۸$^{b-e}$	۳۴/۸$^{e-j}$	۲۹/۷$^{f-h}$	۲۵/۲$^{c-f}$
LSD	۲/۸۷	۲/۵۲	۱/۹۹	۲/۲۸	۲/۳۶	۱/۳۵	۱/۵۶

S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن، محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول پاشی توام نانواکسید آهن و سیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

هدایت الکتریکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در مراحل اول، چهارم، پنجم و هفتم نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد و مراحل دوم، سوم و ششم نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۹). در ۷۶ روز پس از کاشت، عدم کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار، موجب افزایش ۴۵/۸ درصدی هدایت الکتریکی نسبت به شرایط کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی در عدم اعمال شوری شد (جدول ۲۰). دلیل افزایش هدایت الکتریکی در شرایط تنش، می‌تواند ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو باشد. گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تغییر در نفوذپذیری غشا (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌شوند که در نتیجه‌ی آن غشای سلولی پاره شده و موجب افزایش نشت یونی به بیرون از سلول می‌شود (۳۳). داداش‌زاده و همکاران (۱۱۵) گزارش کرده‌اند که کاربرد باکتری محرک رشد و نانواکسید آهن در نتیجه گسترش سیستم ریشه، افزایش جذب مواد مغذی و بهبود وضعیت آبی گیاهان موجب بهبود پایداری غشای سلولی در گیاه جو می‌شود. نتایج حاصل از بررسی عملکرد کوانتومی (جدول ۴) و محتوای نسبی آب (جدول ۱۶) با کاربرد باکتری های محرک رشد در این آزمایش نیز، گویای این امر است. بتول و همکاران (۱۰) اظهار داشته‌اند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد با بهبود محتوای نسبی آب و افزایش سرعت فتوسنتز از طریق افزایش هدایت روزنه‌ای، موجب افزایش پایداری غشاء و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و هدایت الکتریکی می‌شود. نشت الکترولیت از غشای برگ در گیاهان چغندرقند تحت تنش با اعمال سیلیکون در محلول کاهش یافت (۵). به‌نظر می‌رسد علت این امر ناشی از تأثیر سیلیکون بر توانایی حفظ سلول‌ها با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود اسمولیت‌های سازگار، مرتبط باشد که دسترسی به سلول را با پاداکسنده بهبود می‌بخشد (۵).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که سطوح شوری، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات (نانوسیلیکون و نانواکسید آهن) بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط عدم شوری موجب افزایش ۴۴/۵ درصدی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی نانوذرات تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار شد (جدول ۲۰). به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با محلول‌پاشی نانوذرات و تلقیح باکتری‌های محرک رشد، از افزایش عملکرد کوانتومی (جدول ۴)، شاخص کلروفیل (جدول ۱۲)، محتوای نسبی آب (جدول ۱۶) و هدایت روزنه‌ای (جدول ۱۸) و کاهش هدایت الکتریکی (جدول ۲۰) ناشی می‌شود. تنش شوری می‌تواند تولید گونه‌های فعال اکسیژن را افزایش داده و بر فرآیندهای مختلف مانند هدایت روزنه، فتوسنتز، تعرق و رشد تأثیر منفی بگذارد (۴۷). آقائی و همکاران (۱) اظهار داشته‌اند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد با بهبود فلورسانس کلروفیل، هدایت الکتریکی، محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل موجب افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط شوری شد. بابایی و همکاران (۷) گزارش داده‌اند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه گندم را کاهش داد. یکی از روش‌های افزایش رشد و عملکرد گیاه به وسیله PGPR توانایی تولید سیدروفور و افزایش سطح آهن در گیاه است (۱۲). بخشی از افزایش عملکرد دانه در محلول پاشی نانوسیلیکون تحت شرایط شوری می‌تواند ناشی از اثر این عنصر بر بهبود حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (جدول ۴)، شاخص سبزینگی (جدول ۱۲) و محتوای نسبی آب برگ (جدول ۱۶) باشد. نتایج مشابهی نیز توسط ساجد گلجه و همکاران (۴۲) گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که نانوسیلیکون تحت شرایط تنش خشکی با بهبود شاخص سبزینگی، عملکرد کوانتومی و محتوای نسبی آب و کاهش نشت الکترولیت برگ، موجب افزایش عملکرد دانه کلزا شد.

نتیجه‌گیری

کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نانوذرات (نانواکسید آهن و نانوسیلیکون) در شرایط عدم اعمال شوری با بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، افزایش شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ در طول دوره‌ی رشد، عملکرد دانه تریتیکاله را در شرایط شوری افزایش داد. همچنین عدم محلول‌پاشی نانوذرات و عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل برگ

جدول ۱۹. تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر هدایت الکتریکی برگ پرچم و عملکرد دانه

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی (EC) (روز پس از کاشت)(µS/cm)							عملکرد دانه (g/ plant)
		۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶	
تکرار	۲	۶۹۰**	۹۶۰**	۱۸۴۴**	۲۰۹۳**	۲۶۲۶**	۳۵۰۸**	۵۰۰۷**	۵/۹۹**
شوری (A)	۲	۵۰۵۵**	۴۱۹۲**	۴۱۵۰**	۳۷۳۳**	۳۶۲۳**	۳۷۷۵**	۳۵۰۰**	۱/۰۴**
کودهای زیستی (B)	۳	۲۴۵۷**	۱۸۳۲**	۱۷۲۰**	۱۶۶۵**	۱۶۱۰**	۱۴۵۶**	۱۴۹۹**	۰/۲۰**
نانوذرات (C)	۳	۷۱۰**	۶۲۷**	۵۲۶**	۶۳۷**	۶۵۵**	۶۴۴**	۴۶۷**	۰/۰۶**
A×B	۶	۶۴/۷**	۴۷/۸**	۶۲/۸**	۲۸/۳**	۴۳/۶**	۷۵/۹**	۲۷/۳^{ns}	۰/۰۲**
A×C	۶	۶۲/۷**	۵۶**	۱۹/۶^{ns}	۲۲/۲*	۶/۸۱^{ns}	۱۶/۱^{ns}	۱۰/۲^{ns}	۰/۰۴**
B×C	۹	۳۱**	۳۵**	۲۸/۸*	۴۱/۸**	۴۱/۱**	۴۱/۳*	۴۹/۸*	۰/۰۱*
A×B×C	۱۸	۱۵/۳*	۱۹/۸**	۳۳/۱**	۱۶/۴*	۱۸/۱*	۳۷/۱**	۴۰/۱*	۰/۰۱**
خطا	۹۴	۹/۱۹	۸/۳۸	۱۲	۸/۹۳	۱۰/۸	۱۸/۸	۲۳/۶	۰/۰۰۷
CV	–	۴/۱۵	۳/۷۸	۴/۰۷	۳/۴۳	۳/۶۱	۴/۴۸	۴/۶۲	۴/۷۵

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول۲۰. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه کودهای زیستی، نانوذرات و سطوح شوری بر عملکرد دانه و هدایت الکتریکی برگ پرچم تریتیکاله

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی (EC) (روز پس از کاشت) (µS/cm)							عملکرد دانه (g/plant)
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶	
$S_0\times B_0\times N_0$	۷۷/۳$^{i-l}$	۸۰/۵$^{k-o}$	۸۷/۵$^{i-l}$	۹۰/۴$^{i-l}$	۹۴/۳$^{h-m}$	۱۰۱/۵$^{g-l}$	۱۰۷/۶$^{-l}$	۱/۸۷^{lm}
$S_0\times B_1\times N_0$	۶۶/۵$^{r-v}$	۶۸/۶$^{t-x}$	۸۰/۶$^{n-r}$	۸۰/۸$^{o-t}$	۸۶/۳$^{o-s}$	۹۱/۴$^{o-s}$	۱۰۰/۶$^{l-s}$	۱/۹۱$^{i-l}$
$S_0\times B_2\times N_0$	۶۴/۳$^{t-w}$	۷۰/۳$^{s-u}$	۷۷/۸$^{p-t}$	۸۲/۸$^{n-r}$	۸۵$^{q-t}$	۹۶/۱$^{k-p}$	۹۶/۲$^{q-v}$	۱/۸۸$^{k-m}$
$S_0\times B_3\times N_0$	۵۷/۴$^{a-z}$	۶۳/۹$^{x-z}$	۷۴/۷$^{s-v}$	۷۳/۳$^{a-z}$	۸۶/۴$^{o-s}$	۸۲/۹$^{u-w}$	۱۰۱/۷$^{k-r}$	۱/۹۷$^{d-h}$
$S_0\times B_0\times N_1$	۷۵/۳$^{j-n}$	۷۸/۸$^{m-p}$	۸۶/۳$^{j-m}$	۸۵/۵$^{m-o}$	۸۹/۵$^{m-q}$	۹۹/۸$^{h-m}$	۱۰۴^{ip}	۱/۹۰$^{j-l}$
$S_0\times B_1\times N_1$	۶۲/۱$^{v-y}$	۶۵/۴$^{v-y}$	۷۶/۴$^{q-u}$	۷۸/۱$^{r-v}$	۸۰/۴$^{t-x}$	۸۶/۴$^{r-v}$	۹۹/۳$^{m-t}$	۲$^{b-f}$
$S_0\times B_2\times N_1$	۵۸/۸$^{a-z}$	۶۲/۴^{yz}	۷۳/۴$^{s-w}$	۷۳/۲$^{a-z}$	۷۷/۴$^{v-z}$	۸۴$^{t-w}$	۹۳/۷$^{s-w}$	۱/۹۶$^{e-i}$
$S_0\times B_3\times N_1$	۵۵/۵$^{a-c}$	۶۲$^{a-z}$	۶۷/۶^{xy}	۷۱/۵$^{a-z}$	۷۵/۷^{xyz}	۸۰/۶^{vw}	۹۱/۵$^{t-w}$	۲/۰۳^{bc}
$S_0\times B_0\times N_2$	۷۳/۹$^{k-o}$	۷۶/۳$^{o-r}$	۸۴/۷$^{l-n}$	۸۸/۵$^{j-m}$	۹۲/۵$^{j-n}$	۹۷/۴$^{i-p}$	۱۰۶$^{g-m}$	۱/۸۷$^{k-m}$
$S_0\times B_1\times N_2$	۵۶/۹$^{a-z}$	۶۱/۲$^{a-z}$	۷۱/۴$^{u-y}$	۷۶/۴$^{t-x}$	۸۲/۱$^{s-v}$	۸۱/۶^{vw}	۸۹/۸$^{u-w}$	۲/۰۱$^{b-e}$
$S_0\times B_2\times N_2$	۶۰/۴$^{w-z}$	۶۴/۹$^{w-y}$	۷۴/۸$^{s-v}$	۷۵/۳$^{u-z}$	۷۹/۳$^{u-y}$	۸۵/۵$^{s-w}$	۹۷/۴$^{p-u}$	۱/۹۵$^{f-j}$
$S_0\times B_3\times N_2$	۵۴/۳^{bc}	۵۹/۶^{az}	۶۷/۶^{xy}	۷۵/۵$^{u-y}$	۷۴/۵^{yz}	۷۹/۴^{vw}	۸۸/۵^{vw}	۱/۹۳$^{g-j}$
$S_0\times B_0\times N_3$	۶۷/۷$^{q-u}$	۷۱/۵$^{s-u}$	۸۳/۵$^{l-p}$	۸۳/۷$^{m-q}$	۸۷/۶$^{n-r}$	۹۲/۷$^{n-r}$	۱۰۳$^{j-q}$	۲/۰۵^{b}
$S_0\times B_1\times N_3$	۵۷$^{a-z}$	۵۹/۵^{az}	۷۰/۶$^{v-y}$	۷۲/۷$^{a-z}$	۷۶/۲$^{w-z}$	۸۲/۸^{vw}	۸۸/۴^{vw}	۲/۱۱^{a}
$S_0\times B_2\times N_3$	۵۹/۲$^{a-z}$	۶۵/۱$^{w-y}$	۶۸/۵$^{w-y}$	۷۰/۶^{az}	۷۴/۶^{yz}	۷۹/۴^{vw}	۹۰/۴$^{u-w}$	۲/۰۲$^{b-d}$
$S_0\times B_3\times N_3$	۵۲/۵^{c}	۵۸/۵^{a}	۶۵/۹^{y}	۶۸/۶^{a}	۷۳/۸^{z}	۷۸/۶^{w}	۸۶/۴^{w}	۲/۱۴^{a}
$S_1\times B_0\times N_0$	۸۶/۹$^{c-e}$	۸۸/۶$^{c-g}$	۹۸/۵$^{a-f}$	۱۰۰$^{b-e}$	۱۰۴$^{a-d}$	۱۰۹$^{a-f}$	۱۱۷$^{b-e}$	۱/۶۰$^{r-u}$
$S_1\times B_1\times N_0$	۸۱/۴$^{f-i}$	۸۵/۸$^{f-j}$	۹۲/۷$^{g-i}$	۹۴/۷$^{f-i}$	۱۰۱$^{e-f}$	۱۰۴$^{d-i}$	۱۱۰/۹۵$^{e-j}$	۱/۷۶^{op}
$S_1\times B_2\times N_0$	۷۹/۸$^{g-j}$	۸۱/۸$^{j-n}$	۸۴$^{l-o}$	۹۲/۷$^{g-j}$	۹۶/۶$^{f-j}$	۱۰۲$^{e-k}$	۱۰۸$^{f-l}$	۱/۷۸^{op}

ادامه جدول ۲۰.

ترکیب تیماری	مراحل نمونه‌برداری هدایت الکتریکی (EC) (روز پس از کاشت) (µS/cm)							عملکرد دانه (g/plant)
	۵۲	۵۶	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶	
$S_1 \times B_3 \times N_0$	۶۷/۵$^{q-u}$	۷۱/۵$^{s-u}$	۸۱/۲$^{m-q}$	۸۵/۵$^{m-o}$	۸۴/۷$^{q-t}$	۹۲/۷$^{n-r}$	۹۹/۲$^{m-t}$	۱/۸۷$^{n-p}$
$S_1 \times B_0 \times N_1$	۸۳/۳$^{e-g}$	۸۷/۴$^{d-h}$	۹۶/۸$^{a-g}$	۹۷/۶$^{c-g}$	۹۸/۷$^{e-i}$	۹۹/۸$^{h-n}$	۱۰۶$^{g-m}$	۱/۷۸^{op}
$S_1 \times B_1 \times N_1$	۷۸/۳$^{h-k}$	۸۰/۵$^{k-o}$	۸۴/۸$^{l-n}$	۸۷/۳$^{k-n}$	۹۱/۴$^{k-o}$	۱۰۱$^{g-l}$	۱۰۵$^{h-o}$	۱/۷۴^{p}
$S_1 \times B_2 \times N_1$	۶۸/۴$^{p-u}$	۷۷/۵$^{n-q}$	۸۷/۵$^{i-l}$	۸۲/۸$^{n-r}$	۸۵/۵$^{p-t}$	۹۳/۹$^{m-q}$	۱۰۰$^{l-s}$	۱/۷۹$^{n-p}$
$S_1 \times B_3 \times N_1$	۶۳/۸$^{u-x}$	۶۵/۵^{vwxy}	۷۶/۵$^{q-u}$	۸۱/۴$^{o-s}$	۸۶/۳$^{o-s}$	۹۷/۲$^{j-p}$	۱۰۴$^{j-p}$	۱/۹۰$^{j-l}$
$S_1 \times B_0 \times N_2$	۸۵/۳$^{d-f}$	۸۶/۸$^{e-i}$	۹۷/۱$^{a-g}$	۹۸/۶$^{c-f}$	۱۰۳$^{b-e}$	۱۰۷$^{b-g}$	۱۱۵$^{b-f}$	۱/۶۵^{qr}
$S_1 \times B_1 \times N_2$	۷۳/۶^{klmno}	۶۹/۹$^{s-v}$	۹۰/۵$^{h-k}$	۹۰/۵$^{i-l}$	۹۳/۸$^{i-m}$	۹۸/۴$^{i-o}$	۱۰۳$^{j-q}$	۱/۸۴^{mn}
$S_1 \times B_2 \times N_2$	۷۱/۴$^{n-r}$	۷۴/۴$^{p-s}$	۸۴/۲$^{l-n}$	۸۶/۸$^{l-n}$	۹۰/۸$^{l-p}$	۹۵/۵$^{l-q}$	۱۰۶$^{g-m}$	۱/۸۷^{lm}
$S_1 \times B_3 \times N_2$	۵۸/۸$^{a-z}$	۶۷/۳$^{u-x}$	۷۳/۴$^{s-w}$	۷۷/۷$^{s-w}$	۸۱/۵$^{s-w}$	۸۵/۵^{uv}	۹۴/۴$^{r-v}$	۱/۹۲$^{h-k}$
$S_1 \times B_0 \times N_3$	۸۳$^{e-h}$	۸۳/۶$^{h-l}$	۹۳/۶$^{e-h}$	۹۶/۹$^{d-g}$	۹۹/۳$^{d-h}$	۱۰۵$^{c-h}$	۱۱۴$^{c-g}$	۱/۶۸^{op}
$S_1 \times B_1 \times N_3$	۷۱/۶$^{m-q}$	۶۹/۵$^{t-w}$	۷۸/۵$^{o-s}$	۷۶/۴$^{t-x}$	۸۳/۸$^{r-u}$	۹۵/۵$^{l-q}$	۱۰۲$^{k-q}$	۱/۸۱^{no}
$S_1 \times B_2 \times N_3$	۶۵/۳$^{s-v}$	۷۴/۴^{pqrs}	۷۲/۳$^{t-x}$	۷۹/۴$^{p-u}$	۸۰/۴$^{t-x}$	۹۰/۴$^{p-t}$	۹۸/۴$^{n-t}$	۱/۹۱$^{i-l}$
$S_1 \times B_3 \times N_3$	۵۹/۲$^{a-z}$	۶۷/۴$^{u-x}$	۷۰/۷$^{v-y}$	۷۴/۹$^{u-z}$	۷۸/۸$^{u-z}$	۸۴/۲$^{t-w}$	۹۱/۵$^{t-w}$	۱/۹۹$^{c-g}$
$S_2 \times B_0 \times N_0$	۹۵/۷^{a}	۹۸/۸^{a}	۱۰۲/۳^{a}	۱۰۵/۵^{a}	۱۰۹^{a}	۱۱۵^{a}	۱۲۶^{a}	۱/۴۸^{w}
$S_2 \times B_1 \times N_0$	۹۲/۷^{ab}	۹۱/۷$^{b-d}$	۹۳/۹$^{d-h}$	۱۰۳/۷^{ab}	۱۰۴$^{a-d}$	۱۱۳^{ab}	۱۲۰$^{a-d}$	۱/۵۵^{uv}
$S_2 \times B_2 \times N_0$	۹۰/۷^{bc}	۹۴/۵^{ab}	۱۰۰/۳^{ab}	۱۰۰$^{b-e}$	۱۰۷^{ab}	۱۱۱^{ab}	۱۱۸$^{b-e}$	۱/۶۰$^{r-u}$
$S_2 \times B_3 \times N_0$	۸۰/۶$^{f-i}$	۸۲/۴$^{i-m}$	۹۵/۶$^{b-g}$	۹۳/۴$^{g-i}$	۹۷/۳$^{f-j}$	۱۰۳$^{d-j}$	۱۱۲$^{d-i}$	۱/۶۳$^{q-s}$
$S_2 \times B_0 \times N_1$	۹۲/۵^{ab}	۹۲/۳^{bc}	۹۹/۴$^{a-d}$	۱۰۲$^{a-c}$	۱۰۶$^{a-c}$	۱۱۳^{ab}	۱۲۲^{ab}	۱/۵۴^{v}
$S_2 \times B_1 \times N_1$	۸۸/۳$^{b-d}$	۹۰/۲$^{b-f}$	۹۹/۹$^{a-c}$	۹۸/۸$^{c-f}$	۹۵/۹$^{g-l}$	۱۱۰$^{a-d}$	۱۰۸$^{f-k}$	۱/۶۴$^{q-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_1$	۸۱/۴$^{f-i}$	۹۰/۶$^{b-e}$	۹۴/۴$^{c-h}$	۹۷/۵$^{c-g}$	۹۹/۹$^{d-g}$	۱۰۴$^{d-j}$	۱۱۵$^{b-f}$	۱/۵۳^{vw}
$S_2 \times B_3 \times N_1$	۷۳/۲$^{l-p}$	۷۳/۲$^{q-t}$	۹۳/۴$^{f-h}$	۹۱/۷$^{h-k}$	۹۵/۷$^{g-l}$	۹۸/۵$^{i-n}$	۱۰۹$^{f-k}$	۱/۶۴$^{q-s}$
$S_2 \times B_0 \times N_2$	۹۱/۳$^{a-c}$	۹۴/۶^{ab}	۹۹/۳$^{a-d}$	۱۰۳^{ab}	۱۰۷^{ab}	۱۰۲$^{f-l}$	۱۲۱$^{a-c}$	۱/۵۷$^{t-v}$
$S_2 \times B_1 \times N_2$	۸۷/۲$^{c-e}$	۸۹/۶$^{c-f}$	۹۶/۸$^{a-g}$	۹۶/۵$^{e-h}$	۱۰۲$^{b-e}$	۱۰۹$^{a-e}$	۱۱۵$^{b-f}$	۱/۶۲$^{q-t}$
$S_2 \times B_2 \times N_2$	۸۹/۵$^{b-d}$	۸۴/۱$^{g-k}$	۹۱/۸$^{g-j}$	۹۴/۶$^{f-i}$	۹۸/۷$^{e-i}$	۱۱۰$^{a-d}$	۱۰۷$^{f-l}$	۱/۶۴^{qr}
$S_2 \times B_3 \times N_2$	۶۹/۳$^{o-s}$	۷۷/۶$^{n-q}$	۸۵/۹$^{k-n}$	۸۴/۲$^{m-p}$	۸۸/۲$^{n-r}$	۹۴/۳$^{m-q}$	۱۰۲$^{k-r}$	۱/۶۷^{q}
$S_2 \times B_0 \times N_3$	۸۴/۶$^{d-g}$	۸۷/۳$^{d-h}$	۹۹$^{a-e}$	۱۰۱$^{a-d}$	۱۰۵$^{a-c}$	۱۰۷$^{b-g}$	۱۱۹$^{a-d}$	۱/۵۸$^{s-v}$
$S_2 \times B_1 \times N_3$	۷۶/۶$^{i-m}$	۷۲/۷$^{r-t}$	۹۰/۵$^{h-k}$	۸۴/۲$^{m-q}$	۹۷/۳$^{f-j}$	۱۰۰$^{h-m}$	۱۱۳$^{d-h}$	۱/۶۴$^{q-s}$
$S_2 \times B_2 \times N_3$	۶۹/۳$^{o-t}$	۷۹/۲$^{l-o}$	۹۱/۱$^{h-k}$	۹۱/۶$^{i-l}$	۹۲/۵$^{j-n}$	k-p۹۶/۸	۱۰۹$^{f-k}$	۱/۶۶^{q}
$S_2 \times B_3 \times N_3$	۶۴/۴$^{t-w}$	۶۸/۶$^{t-x}$	۷۵/۳$^{r-v}$	۷۹/۴$^{q-u}$	۸۳/۸$^{r-u}$	۸۹/۳$^{q-u}$	۹۷/۷$^{o-u}$	۱/۶۷^{q}
LSD	۴/۹۱	۴/۶۹	۵/۶۲	۴/۸۴	۵/۳۴	۷/۰۳	۷/۸۹	۵/۰۵

S_0، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم شوری، شوری به ترتیب ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار. B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد سودوموناس، کاربرد آزوسپریلیوم و کاربرد توأم سودوموناس و آزوسپریلیوم. N_0، N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی ، محلول‌پاشی نانواکسید آهن و محلول‌پاشی نانوسیلیکون. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

پرچم را نسبت به شرایط محلول‌پاشی نانوذرات و تلقیح کودهای زیستی تحت شرایط عدم شوری افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری کاربرد توأم کودهای زیستی و محلول‌پاشی نانوذرات در شرایط عدم اعمال شوری تعلق داشت؛ بر اساس نتایج این بررسی به‌نظر می‌رسد استفاده از کودهای زیستی و نانوذرات به‌دلیل بهبود صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می‌تواند عملکرد تریتیکاله را حتی در شرایط شوری افزایش دهد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از بخشی از پایان نامه دکتری نویسنده اول مقاله می‌باشد که نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از یکایک همکاران ارجمند در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

1. Aghaei, F., R. Seyed Sharifi and H. Narimani. 2022. Effects of Uniconazole and biofertilizers on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of wheat under salinity soil conditions. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*) 35: 112-124. (In Farsi).
2. Ahire, M. L., P. S. Mundada, T. D. Nikam, V. A. Bapat and S. Penna. 2021. Multifaceted roles of silicon in mitigating environmental stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 169: 291-310.
3. Aktas, H., K. Abak, L. Oztark and I. Cakmak. 2016. The effect of PGPRs on growth and shoot concentrations of phosphor and potassium in wheat and barley cultivars under drought stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 407-411.
4. Al-Aghabary, K., Z. Zhu and Q. Shi. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and anti-oxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 27: 2101-2115.
5. Al-Kahtani, M. D. F., Y. M. Hafez, K. Attia, E. Rashwan, L. Al-Husnain, H. I. M. Al-Gwaiz and K. A. A. Abdelaal. 2021. Evaluation of silicon and proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. *Antioxidants* 10: 398.
6. Azizpour, K., M. R. Shakiba, N. A. Khosh Kholgh Sima, H. Alyari, M. Moghaddam, E. Esfandiari and M. Pessarakli. 2010. Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. *Journal of Plant Nutrition* 33: 859-873.
7. Babaei, Kh., R. Seyed Sharifi, A. Pirzad and R. Khalilzadeh. 2017. Effects of bio-fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat under salinity stress. *Journal of Plant Interactions* 12: 381-389.
8. Baker, N. R. 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology* 59: 89-113.
9. Baker, N. R. and E. Rosenqvist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental* 55: 1607-1621.
10. Batool, T., S. Ali, M. F. Seleiman, N. H. Naveed, A. Ali, K. Ahmed, M. Abid, M. Rizwan, M. R. Shahid, M. Alotaibi, I. Al-Ashkar and M. Mubushar. 2020. Plant growth promoting rhizobacteria alleviates drought stress in potato in response to suppressive oxidative stress and antioxidant enzymes activities. *Scientific Reports* 10: 16975.
11. Bezabih, A., G. Girmay and A. Lakewu. 2019. Performance of triticale varieties for the marginal highlands of Wag-Lasta, Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture* 5: 1-11.
12. Bhattacharyya, P. and D. Jha. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiolgy and Biotechnology* 28: 1327-1350.
13. Chaves, M., J. Flaxes and C. Pinheiro. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress regulation mechanism from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551-556
14. Costa-Santos, M., N. Mariz-Ponre, M. C. Dias, L. Moura, G. Marques and C. Santos. 2021. Effect of *Bacillus* spp. and *Brevibacillus* sp. on the photosynthesis and redox status of *Solanum lycopersicum*. *Horticulturae* 7: 24.
15. Dadashzadeh, S., R. Seyed Sharifi and S. Farzaneh. 2018. Physiological and biochemical responses of barley to application of bio-fertilizers and nano iron oxide under salinity stress in greenhouse. *Bangaladesh Journal of Botany* 47: 863-875.
16. Dakora, F. D. 2005. Silicon nutrition and N_2 fixation in symbiotic legumes lll. In: Proceeding of Silicon in Agriculture Conference, 22- 26 October, Uberlandia, Brazil.
17. Das, R., P. J. Kiley, M. Segal, J. Norville, A. A. Yu, L. Wang and N. Lebedev. 2004. Integration of photosynthetic protein molecular complexes in solid-state electronic devices. *Nano Letters* 4: 1079-1083.
18. Fernandez, R. T., R. L. Perry and J. A. Flore. 1997. Drought response of young three apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 841-848.
19. Flores, E., J. M. Frias and A. Herrero. 2005. Photosynthetic nitrate assimilation in cyanobacteria. *Photosynthesis Research* 83: 117-133.

20. Habibi, G. and R. Hajiboland. 2013. Alleviation of drought stress by silicon supplementation in pistachio (*Pistacia vera* L.) plants. *Folia Horticulturae* 25: 21-29.
21. Iván López-Cuén, P., D. González-Mendoza, M. I. Escobosa-García, V. C. Salazar, F. Núñez-Ramírez, R. Soto-Ortíz and C. Ruiz-Alvarado. 2020. Diurnal physiological response of tomato cultivation to the application of silicon under salinity conditions. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 11: 339-352.
22. Jamil, M., K. Rehman, J. Jae lee, H. S. Man Kim, H. Kim and E. S. Rha. 2007. Salinity reduced growth ps2 Photochemistry and chlorophyll content in Radish. *Science Agriculre* 64: 111-118.
23. Jiménez-Suancha, S. C., S. O. H. Alvarado and H. E. Balaguera-López. 2015. Fluorescencia comoindicador de estrés en *Helianthus annuus* L. Una revision. *Revista Colombiana de Ciencias Hortíc* 9: 149-160.
24. Khayyat, M., A. Tehranifar, G. H. Davarynejad and M. H. Sayyari-Zahan. 2014. Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-e-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress. *Photosynthetica* 52 : 301-312.
25. Kheirizadeh Arough, Y., R. Seyed Sharifi and R. Khalilzadeh. 2019. Alleviation of salt stress effects in triticale (×*Triticosecale*) by bio fertilizers and zinc application. *Journal of Plant Research* 31: 801-821.
26. Kheirizadeh Arough, Y., R. Seyed Sharifi, M. Sedghi and M. Barmaki. 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.
27. Kostopoulou, P., N. Barbayiannis and N. Basile. 2010. Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil* 330: 65-71.
28. Luyckx, M., J. F. Hausman, S. Lutt and G. Guerriero. 2017. Silicon and plants: Current knowledge and technological perspectives. *Frontiers in Plant Sciences* 8: 411.
29. Ma, Y., M. C. Dias and H. Freitas. 2020. Drought and Salinity Stress Responses and Microbe-Induced Tolerance in Plants. *Frontiers in Plant Science* 11: 1-18.
30. Maxwell, K. and G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence ea practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51: 659-668
31. Mazaherinia, S., A. R. Astaraei, A. Monshi and A. Fotovat. 2012. Comparison of iron oxides (ordinary and nano) and urban solid waste compost effect on nutrition of wheat plant. *Agronomy Journal* (*Pajouhesh and Sazandegi*). 96: 103-110. (In Farsi).
32. Mehraban Joubani, P., A. Barzegar, B. Barzagar Golchini, A. Ramezani Sayyad and A. Abdolzadeh. 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: 17-32. (In Farsi).
33. Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2007. Effect of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science* 10: 3835-3840.
34. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 51-81.
35. Naeem, M., A. A. Ansari and S. S. Gill. 2017. Essential Plant Nutrients: Uptake, Use Efficiency, and Management. Springer International Publishing, Germany.
36. Narimani, H., R. Seyed Sharifi, R. Khalilzadeh and G. Aminzadeh. 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 Farsi).
37. Natran, M., H. Khalaj, M. Labbafi Hossinabadi, M. Shams Abadi and A. Razlazi. 2004. The effect of foliar application of nano-iron chelate on the quantity and quality of wheat. 15-16 Mhr, conference hall and Seed Improvement Institute, Abstract Second National Conference on Application of Nanotechnology in Agriculture. (In Farsi).
38. Nazari, Zh., R. Seyed Sharifi and H. Narimani. 2021. Effect of Mycorrhiza, vermicompost and nanosilicon on current photosynthesis, dry matter remobilization and their contribution in grain yield of triticale under water limitation conditions. *Crop Physiology Journal* 13: 5-24. (In Farsi).
39. Noreen, Z. and M. Ashraf. 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.
40. Paknejad, F., E. Majidi Heravan, Q. Noor Mohammadi, A. Siyadat and S. Vazan. 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.
41. Qados, A. and A. E. Moftah. 2015. Influence of silicon and nano-silicon on germination, Growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress conditions. *American Journal of Experimental Agriculture* 5: 509-524.
42. Sajed Gollojeh, K., S. Khomari, P. Shekhzadeh, N. Sabaghnia and M. Mohebodini. 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: 137-156.
43. Saleem, M., F. Nawaz, M. B. Hussain and R. M. Ikram. 2021. Comparative effects of individual and consortia plant

growth promoting bacteria on physiological and enzymatic mechanisms to confer drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21: 3461-3476.
44. Saleem, M., M. Arshad, S. Hussain and A. S. Bhatti. 2007. Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 34: 635-648.
45. Sarah, M. S., R. D. M. Prado, J. P. D. S. Júnior, G. C. M. Texeira, J. C. D. S. Duarte and R. L. S. D. Medeiros. 2021. Silicon supplied via foliar application and root to attenuate potassium deficiency in common bean plants. *Scientific Reports* 11: 190-196.
46. Scharf, P. C., S. M. Brouder and R. G. Hoeft. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Agronomy Journal* 98: 655- 665.
47. Seleiman, M. F., W. M. Semida, M. M. Rady, G. F. Mohamed, K. A. Hemida, B. A. Alhammad, M. M. Hassan and A. Shami. 2020. Sequential Application of Antioxidants Rectifies Ion Imbalance and Strengthens Antioxidant Systems in Salt-Stressed Cucumber. *Plants* 9: 1783.
48. Seyed Sharifi, R. and A. Namvar. 2016. Bio Fertilizers in Agronomy. University of Mohaghrgh Ardabili press, Ardabil.
49. Shahsavan Markade, M. and A. Chamani. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* 'Hanza'). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 5: 157-170.
50. Vishnupradeep, R., L. B. Bruno, Z. Taj, C. Karthik, D. Challabathula, A. Tripti, Kumar, H. Freitas and M. Rajkumar. 2022. Plant growth promoting bacteria improve growth and phytostabilization potential of *Zea mays* under chromium and drought stress by altering photosynthetic and antioxidant responses. *Environmental Technology and Innovation* 25: 102154.
51. Yan, G., M. Nikolic, M. Ye, Z. Xiao and Y. Liang. 2018. Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. *Journal of Integrative Agriculture* 17: 2138-2150.
52. Yang, S. Y. 2018. Trends of world cereals and pulses following the human populations. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research* 11: 8509-8512.
53. Zarooshan, M., A. Abdilzadeh, H. R. Sadeghipour and P. Mehrabanjoubani. 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.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Nanoparticles and Biofertilizers on Chlorophyll Fluorescence Indices and Some Physiological Traits of Triticale (*Triticosecale Wittmack*) under Salinity Stress

F. Aghaei[1], R. Seyed Sharifi[2*] and S. Farzaneh[3]

(Received: November 23-2022; Accepted: December 19-2022)

Abstract

In order to study the effects of nanoparticles and biofertilizers on chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of triticale (*Triticosecale* Wittmack) under salinity stress, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the research greenhouse of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardebili in 2021. Experimental factors included salinity (non-saline control, 35, and 70 mM NaCl), application of biofertilizers (PGPR) (biofertilizers-free control, application of Azospirilum, Pseudomonas, combined application Azospirilum and Pseudomonas) and nanoparticles foliar application (foliar application with water as control, nano iron oxide foliar application, nano silicon, combined foliar application of nano iron-silicon oxide). The results showed that both application of PGPR and foliar application of nanoparticles under non-saline condition increased quantum yield (64%), maximum fluorescence (69%), variable fluorescence (175%), chlorophyll index (48.1%), leaf nitrogen content (35.3%), leaf relative water content (49.7%) and stomatal conductance (81.4%) and grain yield per plant (44.5%) in comparison with biofertilizers-free and nanoparticles foliar application under 70 mM salt condition. Maximum of minimum fluorescence (178) and electrical conductivity (126) were obtained at the highest salinity level, i.e. 70 mM NaCl. Based on the results of this study, it seems that application of bio fertilizers and nanoparticles foliar application may improve the grain yield of triticale under salinity stress.

Keywords: Azospirilum, plant growth promoting rhizobacteria, relative water content, silicon, stomatal conductance

1, 2 and 3. PhD student of Crop Physiology, Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*: Corresponding Author, Email: raouf_ssharifi@yahoo.com