

تأثیر میکوریزا، ورمی کمپوست و پوترسین بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی تریتیکاله (*Triticosecale Wittmack*) تحت تنش شوری

حامد نریمانی، رئوف سیدشریفی* و محمد صدقی

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر میکوریزا، ورمی کمپوست و پوترسین بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی تریتیکاله تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به عنوان شاهد، شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار با نمک کلرید سدیم)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی به عنوان شاهد، کاربرد ورمی کمپوست، میکوریزا، کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا) و محلول پاشی پوترسین در سه سطح (محلول پاشی با آب به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین) بودند. نتایج نشان داد کمترین میزان هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل برگ در کاربرد میکوریزا با ورمی کمپوست و محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد. همچنین این ترکیب تیماری شاخص کلروفیل (۴۰/۷۵ درصد)، محتوای نسبی آب (۳۷/۷ درصد)، هدایت روزنه‌ای (۴۳/۸۵ درصد)، فلورسانس متغیر (۱۲۰/۲۱ درصد)، فلورسانس حداکثر (۴۵/۴۶ درصد) و عملکرد کوانتومی برگ (۵۱/۳۷ درصد) و عملکرد دانه (۳۸/۷ درصد) را نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی مولار) افزایش داد. براساس نتایج کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و پوترسین، می‌تواند عملکرد دانه تریتیکاله را تحت شرایط شوری به واسطه بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و سایر صفات فیزیولوژیک افزایش دهد.

کلمات کلیدی: ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، عملکرد کوانتومی، هدایت الکتریکی، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. تنش اکسیداتیو ناشی از شوری و جذب یون Na^+ منجر به آسیب سلولی و کاهش رشد شده و اثر مضر بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان دارد (Hoque et al., 2022). تنش شوری از طریق افزایش هدایت الکتریکی، کاهش محتوای نسبی آب گیاه و تخریب کلروفیل، موجب تغییر در شاخص‌های فلورسانس

تریتیکاله حاصل تلاقی گندم و چاودار است. این گیاه در مقایسه با گندم از تحمل بیشتری نسبت به تنش‌های غیرزیستی برخوردار بوده و برای کشت در خاک‌های سبک سازگار است (Niedziela et al., 2022).

شوری از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی در کاهش

مغذی است که ضمن افزایش نیتروژن، بهبود نسبت C/N و محتوای عناصر غذایی خاک (Hadis *et al.*, 2018)، با بهبود فعالیت میکروبی و باکتری‌های محرک رشد، و کمک به زهکشی خاک، به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیکی بسیاری از بیماری‌های گیاهی ناشی از پاتوژن‌ها و آفات گیاهی است (Thakur *et al.*, 2021). Hafez و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط شوری از طریق افزایش دسترسی به آب در خاک، جذب بیشتر عناصر غذایی، بهبود محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل، هدایت روزه‌ای برگ، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شد. محمدی کله‌سر لو و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست ضمن کاهش هدایت الکتریکی، به بهبود محتوای نسبی آب و عملکرد کوانتومی برگ کمک کرده و موجب افزایش عملکرد دانه تریتی‌کاله در شرایط تنش شوری شد.

از دیگر راه‌کارهای بهبود بهره‌وری گیاهان در شرایط تنش، استفاده از پلی‌آمین‌هایی نظیر پوترسین است. این ترکیبات به عنوان محرک زیستی شناخته شده و با تأثیر بر ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی را افزایش می‌دهند (Tyagi *et al.*, 2022). محلول‌پاشی پوترسین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن از طریق بهبود سیستم دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی، موجب افزایش سنتز کلروفیل، کاهش نشت الکترولیت از سلول‌ها، افزایش عملکرد کوانتومی و هدایت روزه‌ای و در نهایت بهبود فتوسنتز می‌شود (Jahan *et al.*, 2022). Trojak و Skowron (۲۰۲۱) گزارش کردند کاربرد پوترسین موجب افزایش محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل، عملکرد کوانتومی و هدایت روزه‌ای برگ جو شد. همچنین گزارش شده است که کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری با کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای کلروفیل، موجب افزایش طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه جو شد (Seleem *et al.*, 2021).

با توجه به گسترش روزافزون اراضی شور و نقشی که

کلروفیل، کاهش کارایی فتوسیستم II و کاهش عملکرد دانه می‌شود (آقایی و همکاران، ۱۴۰۱).

از راه‌کارهای مناسب برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش شوری، استفاده از کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست است. میکوریزا از مهم‌ترین کودهای زیستی است که از طریق بهبود فعالیت دستگاه فتوسنتزی، کاهش تنش اسمزی و اکسیداتیو و تنظیم بیان ژن، تحمل به شوری را افزایش و رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌بخشد (Hoque *et al.*, 2022). این قارچ‌ها از طریق افزایش جذب نمک‌های معدنی به‌دلیل فعالسازی پروتئین‌های انتقال‌دهنده گیاهی و قارچی موجود در اپیدرم ریشه و هیف‌های قارچ، تنظیم هورمون‌های گیاهی، افزایش سنتز آنتی‌اکسیدان‌ها (گلوتاتیون و کاروتنوئید)، تنظیم اسمزی با تولید قندها و کمک به افزایش جذب آب، منجر به تغییرات فیزیولوژیکی مختلفی در گیاه از جمله بهبود وضعیت آب، افزایش عملکرد فتوسیستم، هدایت روزه‌ای، جذب یونی و تثبیت نیتروژن می‌شود (Dhiman *et al.*, 2022). گزارش شده است که کاربرد قارچ میکوریزا با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، موجب کاهش نشت الکترولیت برگ و افزایش محتوای کلروفیل، هدایت روزه‌ای و سرعت فتوسنتز گندم شد (Rehman *et al.*, 2022). قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود تولید محتوای اسمولیت‌های سازگار و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، با حذف گونه‌های فعال اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، موجب کاهش نشت الکترولیت از سلول‌های برگ می‌شود (Joudmand *et al.*, 2021). Wang و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که قارچ میکوریزا به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی، منجر به کاهش آسیب وارده بر غشا و نشت الکترولیت شده و به تبع از آن کاهش هدایت الکتریکی در گیاهان تیمار شده با میکوریزا مشاهده شد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (Fattahi *et al.*, 2021).

ورمی‌کمپوست نیز به‌عنوان یک کود آلی، سرشار از مواد

از مقیاس BBCH) اعمال شد. قارچ میکوریزا استفاده شده از گونه *Glomus intraradices* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به میزان ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) براساس توصیه شرکت مذکور سه تا چهار روز قبل از کاشت با بخش سطحی خاک به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi و همکاران (۲۰۰۱) مخلوط شد. تعداد اسپور زنده در هر گرم قارچ مورد استفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. مقدار ورمی کمپوست مصرفی در این آزمایش شش تن در هکتار در نظر گرفته شد که سه تا چهار روز قبل از کاشت با بخش سطحی خاک مخلوط شد. ورمی کمپوست از شرکت گیلدا خریداری و مشخصات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۲ آورده شده است.

به هر گلدان ۲۰ کیلوگرم خاک اضافه شده و تمامی گلدان‌ها با قطر ۴۲ سانتی‌متر، تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند. از تریپتیکاله رقم سناباد تهیه شده از شرکت تعاونی روستایی جمیل نیشابور، با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع (معادل ۵۵ عدد بذر در هر گلدان) که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است (محمدی کله‌سرلو و همکاران، ۱۴۰۰) استفاده شد. کاشت در ۲ دی ۱۳۹۹ انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی 65 ± 7 درصد نگهداری شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی به میزان مساوی در هر نوبت آبیاری (حدود یک و نیم لیتر در هر گلدان) در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری روند تغییرات برخی صفات مانند هدایت الکتریکی، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، فلورسانس کلروفیل برگ پرچم از ۸۷ روز بعد از کاشت (در مرحله ظهور کامل برگ پرچم یا BBCH ۳۹) شروع و تا ۱۱۱ روز بعد از کاشت یا اوایل مرحله شیرینی شدن دانه (BBCH ۷۳) ادامه یافت.

پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ پرچم شامل F_0

کودهای زیستی و آلی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و محلول‌پاشی پوترسین در تعدیل یا کاهش بخشی از اثرات ناشی از تنش شوری دارد و از طرفی بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم این عوامل، موجب شد تا اثر آن‌ها بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای نسبی آب و عملکرد دانه تریپتیکاله در شرایط شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

تیمارهای مورد بررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار (Singh et al., 2022) از منبع نمک کلرید سدیم، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی کمپوست، میکوریزا، کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین (Hussein et al., 2023) بودند. به استناد هدایت الکتریکی و درصد عصاره اشباع خاک، به کمک نرم‌افزار Salt Calc مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان در هر یک از سطوح شوری محاسبه و همراه آب آبیاری اعمال شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان، زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی دوباره در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. خاک مورد استفاده قبل از اعمال شوری و کشت، استریل شد. محلول‌پاشی پوترسین به‌وسیله سم‌پاش دستی دو لیتری در مراحل پنجه‌دهی و ساقه‌دهی (به‌ترتیب معادل با کد ۲۱ و ۳۰

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایشی

مشخصه	pH	بافت	عصاره اشباع	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن	روی	فسفر	پتاسیم
					%					mg/kg	
مقادیر	۷/۸	سیلت	۴۷	۱۹/۵	۴۲	۳۸/۵	۰/۷۲	۰/۰۴	۱/۰۲	۲۷/۳	۲۵۵

جدول ۲- نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست

مشخصه	Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	EC	pH
	mg/kg						dS.m ⁻¹	
مقادیر	۱	۱۹	۱۱۰	۲۰	۲۷۵	۵۰۰۰	۱/۱۲	
مشخصه	Mg	Ca	K	P	N	OC	OM	pH
	%							
مقادیر	۰/۹۵	۲/۷۳	۰/۴	۰/۴	۱/۵۵	۳۲/۹	۵۶/۸	۷/۶۴

شرایط مربوط به اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب، در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار نمونه‌های برگ پرچم در بشرهای محتوای ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر (دارای EC مشخص) به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر (Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ پرچم، سعی شد نمونه‌های برگ از ابعاد یکسانی برخوردار باشد. هدایت روزانه‌ای برگ، توسط دستگاه پرومتر (Porometer AP4, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) از هر تیمار به‌طور تصادفی چهار برگ توسعه یافته انتخاب و اندازه‌گیری شد.

در زمان رسیدگی (۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۰) شش بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه که به‌طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود برداشت شد، سپس صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد تک‌بوته اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در نظر گرفته شد. بدون نرمال‌سازی، داده‌های برداشتی هر یک از صفات مورد نظر برای تجزیه و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و Excel (نسخه ۲۰۱۳) استفاده شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

(حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v/F_m (عملکرد کوآنتمومی) بود که هر چهار روز یکبار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (OS-30p) از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی سه برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی ساعت ۱۰-۸ صبح) (Nowak, 2004) انتخاب و بعد از ۲۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص‌های فلورسانس اندازه‌گیری شد (Moludi et al., 2014). شاخص کلروفیل برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-۵۰۲) مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ پرچم بین ساعت ۱۲-۱۰ روز (Chaimala et al., 2021)، از هر گلدان دو برگ پرچم توسعه یافته به‌طور تصادفی انتخاب و بعد از قرار دادن در فویل‌های آلومینیومی خیلی سریع به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از رابطه پیشنهادی (رابطه ۱) Kostopoulou و همکاران (۲۰۱۰) مقدار آن محاسبه شد.

رابطه ۱

$$RWC = (Fw - Dw) / (Tw - Dw) \times 100$$

که در این رابطه RWC: محتوای نسبی آب، Fw: وزن تر،

Tw: وزن آماس یافته و Dw: وزن خشک است.

به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ پرچم در همان

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت الکتریکی برگ پرچم تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
هدایت الکتریکی برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۴۷۶۹/۲**	۲۰۶۲/۵**	۷۶۱۹/۴**	۱۰۶۷۰/۹**	۸۹۰/۷**	۲۲۹۶/۴**	۱۵۰۴/۵**	۲	تکرار
۲۱۱۹/۴**	۶۰۵۵/۴**	۴۸۰۳**	۳۲۸۵**	۱۲۵۳/۹**	۸۱۳/۱**	۶۸۴/۵**	۲	تنش شوری (S)
۲۶۳۰/۵**	۲۸۱۷/۳**	۲۱۵۳/۴**	۱۷۳۵/۸**	۱۲۸۵/۴**	۶۱۷**	۶۹۹/۷**	۳	کودهای زیستی (B)
۲۰۱۶**	۳۲۹۹/۷**	۱۹۰۰/۹**	۲۵۴۵/۵**	۲۰۵۱/۶**	۹۷۰/۵**	۸۲۷/۲**	۲	پوترسین (P)
۱۱۵/۶*	۲۲۳/۴**	۱۰۲/۲*	۱۱۶/۳**	۷۳/۶**	۲۶/۵ ^{ns}	۳۳/۹**	۶	S×B
۱۱۳/۶ ^{ns}	۱۳۵/۳ ^{ns}	۶۱/۶ ^{ns}	۵۹/۸ ^{ns}	۱۷۵/۵**	۱۵۳/۷**	۶۲/۴**	۴	S×P
۱۳۴**	۸۶/۳ ^{ns}	۱۰۶/۶*	۱۸۶/۳**	۹۱*	۵۱/۸**	۴۷/۲**	۶	B×P
۱۹۰/۵**	۱۶۹/۸**	۱۲۹/۳**	۱۰۹/۶**	۱۳۵/۶**	۶۳/۸**	۲۰/۹*	۱۲	S×B×P
۵۵۸/۵۷**	۴۶۷/۵۵**	۴۳۰/۵۳**	۳۹۳/۴۳**	۴۰۲/۴۲**	۱۶۴/۹۴**	۱۶۳/۲۵**	۱۱	S1 در B×P
۳۰۹/۱۴**	۸۰۰/۵۲**	۴۹۱/۵۴**	۴۸۹/۸۸**	۳۹۳/۴۱**	۲۰۷/۸**	۱۴۱/۱۳**	۱۱	S2 در B×P
۶۰۱/۶۴**	۵۰۳/۸۱**	۲۸۸/۳۸**	۳۵۹/۴۷**	۲۲۹/۶۳**	۱۴۰/۲۵**	۱۲۶/۷۳**	۱۱	S3 در B×P
۵۱/۹	۵۶/۴	۴۵/۶	۳۶/۸	۳۴/۶	۱۶/۹	۹/۵	۷۰	خطا
۴/۵۱	۵/۰۵	۵/۲۷	۵/۲۱	۵/۸۵	۵/۱۳	۴/۵۷		ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت الکتریکی برگ پرچم تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

هدایت الکتریکی برگ پرچم (میکروزیمنس بر متر)							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۱۶۶/۷ ^{fi} (a)	۱۵۱/۹ ^{fk} (ab)	۱۳۲/۵ ^{fj} (ab)	۱۲۱/۳ ^{ej} (a)	۱۱۰/۲ ^{b-g} (a)	۸۶/۴ ^{b-h} (a)	۷۴/۹ ^{b-f} (a)	B ₁ ×P ₁
۱۷۲/۲ ^{b-g} (a)	۱۴۵ ^{i-o} (bc)	۱۲۹/۷ ^{e-l} (b)	۱۲۴/۵ ^{fi} (a)	۱۰۷/۹ ^{d-i} (ab)	۷۸/۲ ^{i-o} (bcd)	۶۸/۳ ^{h-l} (bc)	B ₂ ×P ₁
۱۵۲/۸ ^{k-o} (b)	۱۵۷/۳ ^{e-i} (a)	۱۲۲/۳ ^{j-o} (c)	۱۱۰/۲ ^{k-p} (bc)	۱۰۸/۸ ^{c-h} (ab)	۸۳/۹ ^{d-j} (ab)	۶۳/۶ ^{l-q} (cd)	B ₃ ×P ₁
۱۴۰/۴ ^{p-s} (cd)	۱۳۰/۲ ^{p-s} (ef)	۱۱۹/۲ ^{i-p} (cd)	۹۶/۷ ^{r-u} (de)	۸۴/۴ ^{s-v} (ef)	۸۲ ^{h-k} (ab)	۷۱/۵ ^{d-i} (ab)	B ₄ ×P ₁
۱۷۱/۷ ^{c-g} (a)	۱۴۱/۲ ^{i-p} (cd)	۱۳۸/۴ ^{e-g} (a)	۱۱۵/۳ ^{i-m} (ab)	۱۰۱/۱ ^{e-o} (bc)	۷۹/۸ ^{h-m} (bc)	۷۲ ^{c-h} (ab)	B ₁ ×P ₂
۱۴۶/۳ ^{m-s} (bc)	۱۲۷/۳ ^{q-s} (efg)	۱۱۱/۴ ^{o-t} (ef)	۱۱۷/۱ ^{h-l} (ab)	۹۹/۴ ^{h-o} (cd)	۷۳/۵ ^{m-s} (def)	۵۹ ^{q-v} (def)	B ₂ ×P ₂
۱۶۳/۷ ^{f-k} (a)	۱۲۶/۲ ^{q-s} (fg)	۱۰۷/۴ ^{q-t} (fgh)	۹۸/۷ ^{q-u} (de)	۹۳/۲ ^{m-s} (d)	۶۶/۱ ^{t-u} (gh)	۵۷/۸ ^{s-w} (def)	B ₃ ×P ₂
۱۴۳/۳ ^{n-s} (bcd)	۱۲۳/۲ ^r (fg)	۱۰۲/۴ ^t (h)	۹۴/۵ ^{t-u} (e)	۸۳/۵ ^{t-v} (f)	۶۷/۵ ^{s-u} (fg)	۵۳/۹ ^w (f)	B ₄ ×P ₂
۱۵۱/۷ ^{i-p} (b)	۱۳۵/۲ ^{n-r} (de)	۱۱۴/۳ ^{n-s} (de)	۱۰۵/۲ ^{n-s} (cd)	۹۱/۷ ^{o-t} (de)	۷۴/۸ ^{t-q} (cde)	۶۰/۸ ^{p-u} (de)	B ₁ ×P ₃
۱۳۹/۲ ^{q-s} (cd)	۱۲۱/۷ ^s (fg)	۱۰۸/۷ ^{p-t} (efg)	۹۵/۶ ^{s-u} (e)	۸۲/۵ ^{t-v} (f)	۶۸/۱ ^{r-u} (fgh)	۵۶/۶ ^{t-w} (ef)	B ₂ ×P ₃
۱۳۸ ^{r-s} (cd)	۱۲۵ ^{r-s} (fg)	۱۰۴/۸ ^{s-t} (gh)	۹۷/۹ ^{q-u} (de)	۷۹/۲ ^v (f)	۷۱/۹ ^{o-t} (efg)	۵۶/۱ ^{u-w} (ef)	B ₃ ×P ₃
۱۳۴/۸ ^s (d)	۱۱۹/۵ ^s (g)	۱۰۵/۸ ^{r-t} (fgh)	۹۲ ^u (e)	۸۱/۳ ^{u-v} (f)	۶۴/۱ ^h (h)	۵۵/۴ ^{v-w} (ef)	B ₄ ×P ₃
۱۱/۷۴	۱۲/۲۳۲	۱۱/۰۰۷	۹/۸۹۱۵	۹/۵۸۳	۶/۷۱۰۸	۵/۰۲۱۵	LSD

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۴-

هدایت الکتریکی برگ پرچم (میکروزیمنس بر متر)							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۱۷۸/۸ ^{a-e} (a)	۱۸۱/۷ ^a (a)	۱۵۶/۲ ^a (a)	۱۳۹/۶ ^{a-b} (a)	۱۲۱/۳ ^a (a)	۹۲/۳ ^{a-b} (a)	۷۸/۳ ^{a-b} (a)	B ₁ ×P ₁
۱۶۳/۶ ^{f-i} (bcd)	۱۷۰/۷ ^{a-d} (bc)	۱۳۳/۱ ^{e-j} (bcd)	۱۲۵/۸ ^e (bcd)	۱۱۳/۵ ^{a-e} (ab)	۸۸/۹ ^{a-f} (ab)	۷۵/۳ ^{a-e} (bc)	B ₂ ×P ₁
۱۶۵/۷ ^{f-j} (abc)	۱۶۳ ^{c-f} (cd)	۱۲۷/۲ ^{h-m} (bcde)	۱۲۲/۳ ^{g-i} (cde)	۹۲ ^{n-t} (de)	۹۰/۶ ^{a-c} (a)	۷۳/۸ ^{b-g} (c)	B ₃ ×P ₁
۱۵۰ ^{m-q} (ef)	۱۴۹/۹ ^{g-m} (ef)	۱۲۱/۲ ^{k-o} (def)	۱۲۴/۷ ^{f-i} (bcd)	۱۰۱/۵ ^{g-n} (cd)	۸۲/۵ ^{f-k} (cd)	۷۰/۴ ^{e-j} (d)	B ₄ ×P ₁
۱۶۲/۴ ^{g-l} (bcde)	۱۷۶/۶ ^{a-b} (ab)	۱۴۰/۱ ^{e-g} (b)	۱۳۵ ^{a-e} (ab)	۱۱۴/۸ ^{a-d} (ab)	۹۰/۱ ^{a-d} (ab)	۷۶/۹ ^{a-c} (ab)	B ₁ ×P ₂
۱۶۴ ^{f-k} (bcd)	۱۵۳/۶ ^{f-k} (de)	۱۱۵/۱ ^{n-s} (ef)	۱۱۸/۱ ^{h-k} (def)	۱۰۸ ^{d-l} (bc)	۷۹/۲ ^{i-m} (d)	۶۹/۲ ^{g-k} (d)	B ₂ ×P ₂
۱۶۶ ^{f-j} (abc)	۱۵۲/۸ ^{f-l} (def)	۱۳۶/۸ ^{e-h} (bc)	۱۳۲/۵ ^{b-f} (abc)	۱۰۹/۳ ^{b-g} (bc)	۸۹/۵ ^{a-e} (ab)	۶۵/۱ ^{k-p} (e)	B ₃ ×P ₂
۱۵۳/۳ ^{k-o} (cdef)	۱۴۲/۹ ^{k-o} (fg)	۱۲۳/۳ ⁱ⁻ⁿ (cdef)	۱۰۳/۳ ^{o-t} (gh)	۱۰۹/۲ ^{b-g} (bc)	۷۰/۸ ^{q-u} (e)	۶۰ ^{q-v} (fg)	B ₄ ×P ₂
۱۷۰/۱ ^{d-g} (ab)	۱۶۶/۶ ^{b-e} (bc)	۱۳۶/۵ ^{e-h} (bc)	۱۰۸/۹ ^{k-p} (fgh)	۱۰۶/۴ ^{d-j} (bc)	۸۴/۸ ^{c-i} (bc)	۷۰/۲ ^{f-j} (d)	B ₁ ×P ₃
۱۵۴/۷ ^{l-m} (cdef)	۱۴۸/۴ ^{g-m} (ef)	۱۱۹/۶ ^{l-p} (def)	۱۰۷/۷ ^{l-q} (fgh)	۸۶/۹ ^{q-v} (e)	۷۸/۷ ⁱ⁻ⁿ (d)	۶۲/۸ ^{m-s} (ef)	B ₂ ×P ₃
۱۵۰/۷ ^{l-q} (def)	۱۳۴/۱ ^{r-t} (gh)	۱۱۶/۵ ^{m-r} (ef)	۱۱۳/۱ ^{j-o} (efg)	۹۴/۴ ^{l-r} (de)	۷۲/۵ ^{n-t} (e)	۶۱/۷ ^{o-t} (fg)	B ₃ ×P ₃
۱۴۲/۲ ^{o-s} (f)	۱۲۹/۴ ^{p-s} (h)	۱۱۲/۲ ^{o-t} (f)	۱۰۰/۸ ^{p-u} (h)	۸۵/۹ ^{t-v} (e)	۶۹/۲ ^{q-u} (e)	۵۸/۵ ^{t-w} (g)	B ₄ ×P ₃
۱۸۶ ^a (a)	۱۷۸/۹ ^a (a)	۱۵۳/۵ ^{a-b} (a)	۱۴۳ ^a (a)	۱۱۷/۶ ^{a-c} (a)	۹۴/۹ ^a (a)	۸۰ ^a (a)	B ₁ ×P ₁
۱۸۳/۵ ^{a-b} (ab)	۱۷۲/۷ ^{a-c} (abc)	۱۵۱/۷ ^{a-c} (ab)	۱۳۵/۹ ^{a-d} (ab)	۱۱۲/۵ ^{a-f} (ab)	۸۰/۸ ^{b-l} (bcd)	۷۸/۷ ^{a-b} (a)	B ₂ ×P ₁
۱۶۵/۴ ^{f-j} (cd)	۱۴۴/۲ ^{j-o} (de)	۱۳۴/۸ ^{e-h} (de)	۱۱۷/۲ ^{h-l} (de)	۱۰۲/۳ ^{g-m} (bc)	۷۸/۷ ⁱ⁻ⁿ (cd)	۶۳/۱ ^{m-r} (d)	B ₃ ×P ₁
۱۶۸/۹ ^{e-h} (c)	۱۵۵/۷ ^{e-j} (d)	۱۳۷/۹ ^{e-h} (de)	۱۲۰/۲ ^{g-i} (cde)	۱۰۴/۲ ^{e-k} (bc)	۸۲/۸ ^{e-k} (bc)	۷۰/۶ ^{e-j} (bc)	B ₄ ×P ₁
۱۸۲/۲ ^{a-c} (ab)	۱۷۴/۴ ^{a-c} (ab)	۱۵۰/۱ ^{a-d} (abc)	۱۳۸/۱ ^{a-c} (ab)	۱۱۸/۶ ^{a-b} (a)	۹۱/۶ ^{a-b} (a)	۷۸ ^{a-b} (a)	B ₁ ×P ₂
۱۷۴/۷ ^{a-f} (bc)	۱۵۲/۸ ^{f-k} (de)	۱۴۱/۵ ^{c-f} (cd)	۱۲۹ ^{e-g} (bc)	۹۷/۱ ^{j-p} (cd)	۸۸ ^{b-g} (ab)	۷۶/۱ ^{a-d} (ab)	B ₂ ×P ₂
۱۵۲/۳ ^{k-o} (e)	۱۵۹/۸ ^{d-g} (bcd)	۱۴۰/۴ ^{d-g} (cde)	۱۲۸/۲ ^{d-g} (bc)	۱۰۵/۵ ^{d-j} (bc)	۹۲/۸ ^{a-b} (a)	۶۶/۹ ^{i-m} (cd)	B ₃ ×P ₂
۱۵۵/۷ ^{i-m} (de)	۱۴۶/۴ ^{h-n} (de)	۱۳۶/۹ ^{e-h} (de)	۱۱۴/۴ ^{h-n} (ef)	۹۵/۹ ^{k-q} (cd)	۷۶/۵ ^{k-p} (cd)	۶۵/۹ ^{j-o} (cd)	B ₄ ×P ₂
۱۸۰/۹ ^{a-d} (ab)	۱۴۹/۱ ^{g-m} (de)	۱۴۳/۵ ^{b-e} (bcd)	۱۱۶/۱ ^{h-m} (def)	۱۰۳/۱ ^{f-l} (bc)	۸۰/۲ ^{h-l} (cd)	۷۶/۴ ^{a-d} (ab)	B ₁ ×P ₃
۱۴۹/۸ ^{m-q} (e)	۱۵۷/۵ ^{e-h} (cd)	۱۳۴/۱ ^{e-i} (de)	۱۲۴/۸ ^{f-i} (cd)	۹۸/۸ ^{i-o} (cd)	۸۱/۹ ^{h-k} (bcd)	۶۷/۷ ^{h-m} (cd)	B ₂ ×P ₃
۱۵۷/۲ ^{h-m} (de)	۱۴۷ ^{h-n} (de)	۱۳۱/۱ ^{f-k} (e)	۱۱۶/۸ ^{h-l} (de)	۱۰۳/۹ ^{f-l} (bc)	۷۷/۳ ^{j-p} (cd)	۶۶/۷ ⁱ⁻ⁿ (cd)	B ₃ ×P ₃
۱۴۸/۲ ^{m-r} (e)	۱۳۸/۱ ^{m-q} (e)	۱۱۸/۴ ^{m-q} (f)	۱۰۶/۴ ^{m-r} (f)	۸۹/۱ ^{p-u} (d)	۷۴/۵ ^{l-r} (d)	۶۱/۷ ^{n-s} (d)	B ₄ ×P ₃
۱۱/۷۴	۱۲/۲۳۲	۱۱/۰۰۷	۹/۸۹۱۵	۹/۵۸۳	۶/۷۱۰۸	۵/۰۲۱۵	LSD

شوری ۶۰ میلی مولار (S₂)

شوری ۱۲۰ میلی مولار (S₃)

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش دهی را نشان می دهد.

نتایج و بحث

بطوریکه در ۱۱۱ روز پس از کاشت، کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری از کاهش ۳۷/۹۸ درصدی هدایت الکتریکی برگ پرچم در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار برخوردار بود (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین به روش برش دهی نشان داد که در هر یک از سطوح شوری (عدم اعمال شوری، شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار)، کاربرد کودهای زیستی (ورمی کمپوست

هدایت الکتریکی برگ پرچم: برهمکنش توأم کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست)، محلول پاشی پوترسین و تنش شوری بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). هدایت الکتریکی برگ پرچم با گذشت زمان در تمامی تیمارهای مورد استفاده (کودهای زیستی، پوترسین و تنش شوری) از روند صعودی برخوردار بود (جدول ۴)،

و میکوریزا) و پوترسین اثر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری داشتند (جدول ۴). در هر یک از سطوح شوری، کمترین هدایت الکتریکی در کاربرد توأم کودهای زیستی و پوترسین و بیشترین آن به عدم استفاده از کودهای زیستی و پوترسین مربوط می‌شد. غشای سلول به‌عنوان بخش مهم و حیاتی گیاه در حفظ قابلیت نفوذ انتخابی، یکی از مکان‌های آسیب‌پذیر در شرایط تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش شوری محسوب می‌شود (Negrao *et al.*, 2017). به‌نظر می‌رسد در شرایط شوری، گونه‌های فعال اکسیژن موجب پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش پایداری غشاء شده و در نتیجه منجر به افزایش نشت مواد سیتوپلاسمی و هدایت الکتریکی می‌شود (Mousavi *et al.*, 2022). ولی کاربرد ورمی کمپوست تحت چنین شرایطی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش و از این طریق به کاهش نشت الکترولیت و هدایت الکتریکی از سلول‌های برگ کمک می‌کند (Ahangar *et al.*, 2021). به‌نظر می‌رسد کاربرد قارچ میکوریزا نیز با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، ضمن بهبود شرایط فتوسنتزی (شکل ۳) منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش نشت الکترولیت برگ می‌شود (Rehman *et al.*, 2022). کاربرد پوترسین از طریق بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و حذف رادیکال‌های آزاد، غشاهای سلولی را در برابر اکسید شدن حفظ می‌کند (Jalili *et al.*, 2023). Seleem و همکاران (۲۰۲۱) کاهش نشت الکترولیت برگ جو به‌واسطه کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری را، به بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و افزایش محتوای اسمولیت‌های سازگار نسبت دادند. در این راستا برخی محققین اظهار داشتند که کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری با کاهش محتوای Na^+ و بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و محتوای اسمولیت‌های سازگار، ضمن کمک به افزایش جذب آب و بهبود محتوای نسبی آب، موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش پایداری غشاء شد (El-Beltagi *et al.*, 2023).

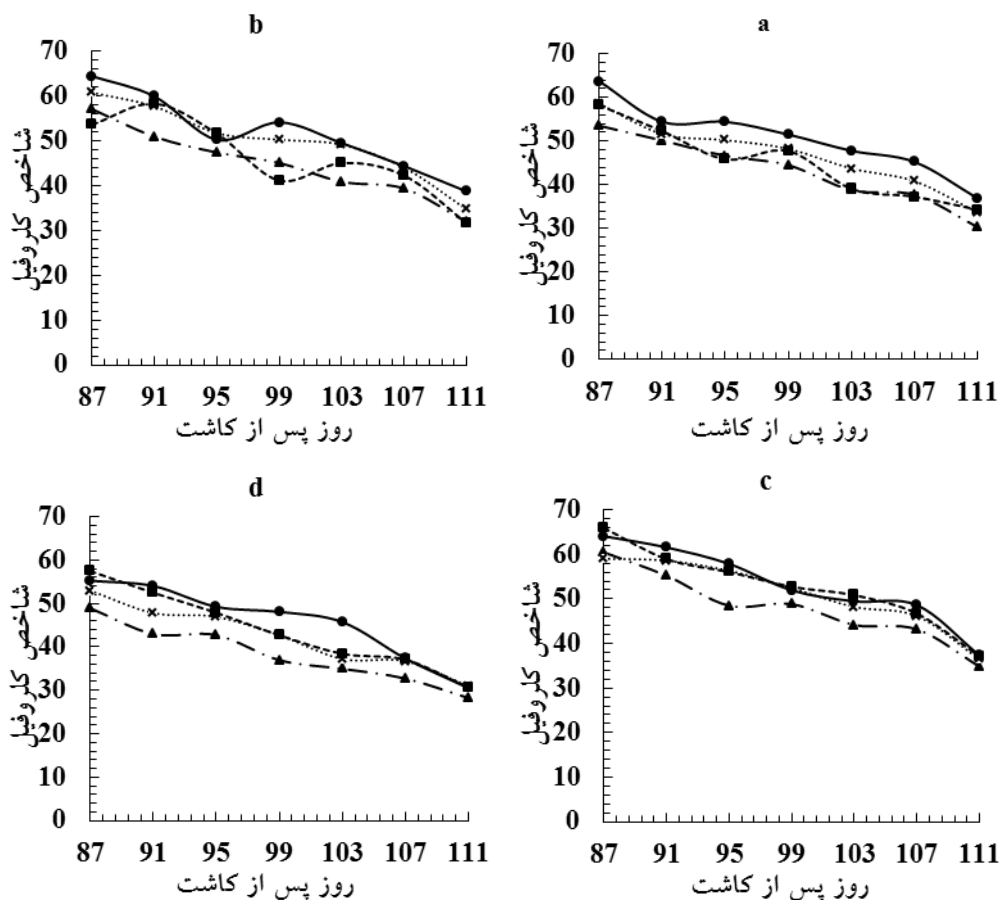
شاخص کلروفیل برگ پرچم: براساس نتایج تجزیه

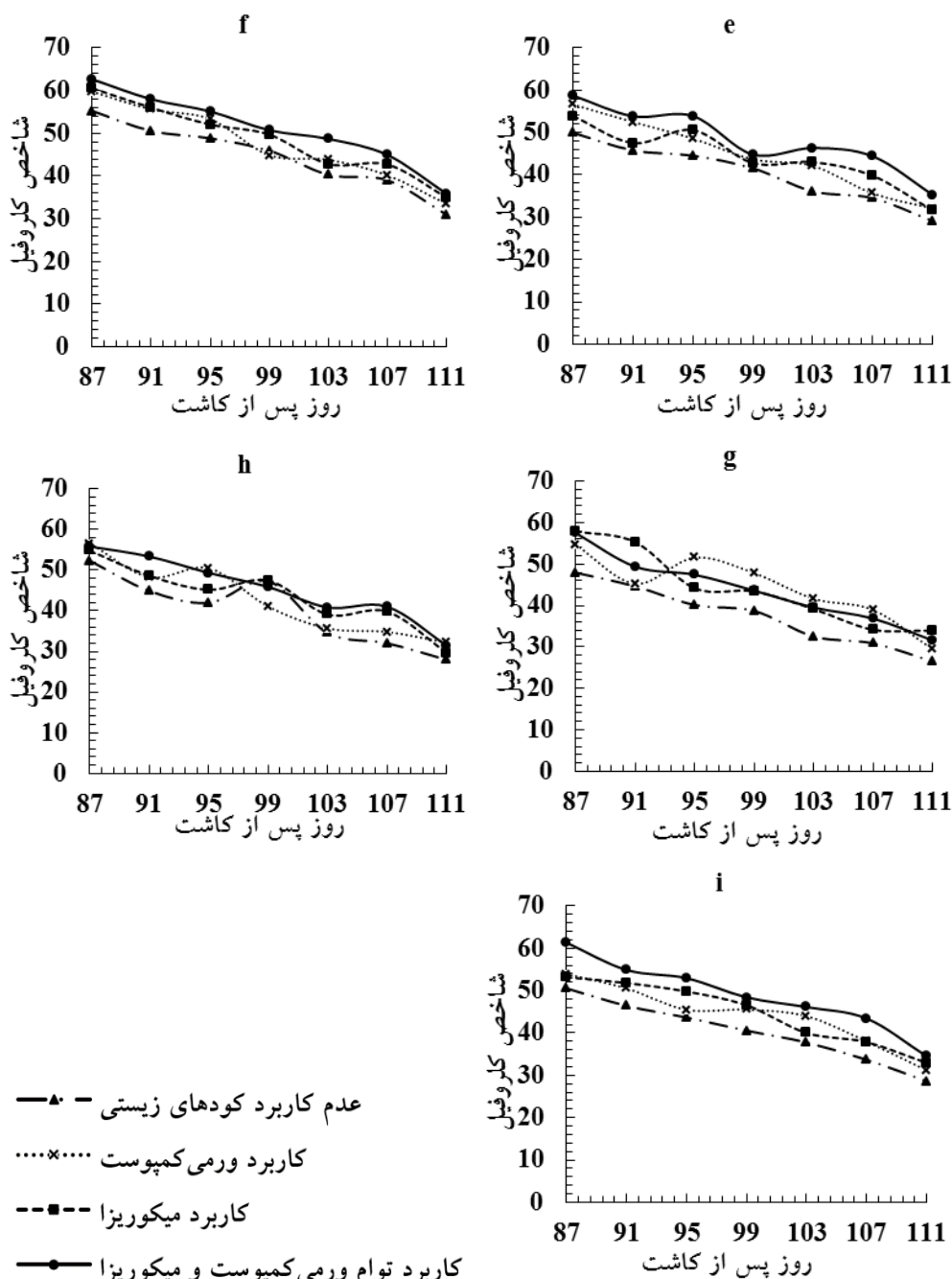
واریانس، تأثیر کودهای زیستی و آلی، پوترسین و تنش شوری و برهمکنش توأم این سه عامل بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی روند تغییرات این شاخص نشان داد که در تمامی ترکیبات تیماری با گذشت زمان از روند نزولی نسبتاً مشابهی برخوردار بود، بطوریکه مقدار این شاخص در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد به‌دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، اختلال در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل (جدول ۱۰، ۱۲، ۱۴ و شکل ۳)، افزایش آسیب به غشاء (جدول ۴) و پیر شدن برگ‌ها روند نزولی داشت. با کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و پوترسین، روند تغییرات این شاخص نوسان کمتری نشان داد (شکل ۱). بطوریکه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۴ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۴۶/۰۳ درصدی شاخص کلروفیل برگ پرچم نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار در ۱۱۱ روز پس از کاشت برخوردار بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد شوری با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و تخریب ساختار غشاء یا افزایش هدایت الکتریکی (شکل ۱) موجب اختلال در شاخص‌های فلورسانس کلروفیل (فلورسانس حداقل، فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر) (جدول ۱۰، ۱۲ و ۱۴) و کاهش شاخص کلروفیل می‌شود (Mousavi *et al.*, 2022). برخی محققین علت کاهش شاخص کلروفیل در سطوح بالای شوری را به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلز، کاهش سرعت فتوسنتز، جذب دی‌اکسید کربن و حرکت روزنه نسبت داده‌اند (Avalbaev *et al.*, 2016). به‌دلیل اهمیت عناصر منیزیم و نیتروژن در ساختار کلروفیل، به‌نظر می‌رسد افزایش میزان کلروفیل تحت همزیستی ریشه گیاه با قارچ میکوریزا را، می‌توان به اثر مثبت این قارچ در جذب عناصر غذایی مورد نیاز از قبیل نیتروژن و منیزیم نسبت داد (Begum *et al.*, 2019). Rehman و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزایش محتوای کلروفیل برگ گندم به‌واسطه کاربرد قارچ

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر شاخص کلروفیل برگ پرچم تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
شاخص کلروفیل برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۱۶۲/۴**	۴۹۹/۲**	۶۷۹/۲**	۶۲۰/۳**	۱۴۸/۱**	۷۵۱/۲**	۱۱۸۸/۶**	۲	تکرار
۱۴۹/۱**	۳۵۷/۷**	۳۶۴/۷**	۲۴۳/۳**	۱۸۷/۱**	۳۷۸/۸**	۲۶۶/۳**	۲	تنش شوری (S)
۱۱۰/۵**	۲۲۲/۳**	۳۱۰/۲**	۱۳۷/۶**	۲۶۵/۵**	۲۷۵/۲**	۲۵۶/۵**	۳	کودهای زیستی (B)
۶۳/۵**	۲۱۶/۲**	۲۰۹/۷**	۱۲۳/۷**	۱۷۹/۷**	۲۱۳**	۱۱۲/۳**	۲	پوترسین (P)
۴ ^{ns}	۹ ^{ns}	۸/۸ ^{ns}	۱۵/۳*	۵/۸ ^{ns}	۸/۷ ^{ns}	۷/۷ ^{ns}	۶	S×B
۵ ^{ns}	۸/۶ ^{ns}	۱۷/۴*	۲۱/۲**	۱۴/۶*	۲۸/۸**	۲۹/۳*	۴	S×P
۹/۴**	۱۲/۵*	۳/۳ ^{ns}	۲۳/۳**	۹/۵ ^{ns}	۱۸/۱**	۲۷/۸**	۶	B×P
۴/۹*	۱۰*	۱۶/۶**	۲۷/۹**	۱۸/۹**	۱۰/۸*	۱۷/۹*	۱۲	S×B×P
۲/۲	۴/۴	۵	۵/۵	۵/۲	۴/۸	۸/۵	۷۰	خطا
۴/۶۲	۵/۳۲	۵/۳۲	۵/۱۲	۴/۶۳	۴/۲	۵/۱۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.





شکل ۱- تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر شاخص کلروفیل برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط (a- عدم محلول پاشی و عدم اعمال شوری؛ b- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ c- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ d- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ e- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ f- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ g- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ h- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ i- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار)

همچنین، بالا بودن غلظت آهن، روی و نیتروژن موجود در ورمی کمپوست مورد استفاده (جدول ۲) که از عناصر اساسی

میکوریزا را به کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش پایداری غشاء نسبت دادند.

در سنتز کلروفیل محسوب می‌شوند، می‌تواند از دیگر دلایل افزایش غلظت کلروفیل تحت چنین شرایطی باشد. محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۰) نیز افزایش محتوای کلروفیل برگ به واسطه کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط تنش شوری را، به افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله آهن، روی و نیتروژن در تعدیل اثرات منفی تنش شوری نسبت دادند. سایر محققین نیز بیان کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست از یک سو با افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و از سوی دیگر با بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدی، موجب افزایش محتوای کلروفیل شد (Ahangar et al., 2021). به نظر می‌رسد پوترسین با افزایش فتوسنتز و تخلیه ریشه موجب جذب بهتر عناصر غذایی به‌وسیله ریشه می‌شود، برخی محققان معتقدند پوترسین با تنظیم فعالیت قارچ میکوریزا و افزایش رشد میسیلیوم و آربوسکولار و کمک به جذب و تجمع نیتروژن در گیاهان، موجب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود (Hosseini Farahi and Aboutalebi Jahroomi, 2018). به نظر می‌رسد کاربرد پوترسین با بهبود محتوای نسبی آب و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تجمع گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش داده و از تخریب ساختار کلروفیل جلوگیری می‌کند (El-Beltagi et al., 2023). در این راستا Jalili و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که پوترسین می‌تواند از طریق افزایش عملکرد کوانتومی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ضمن کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد و افزایش مقاومت غشاها، موجب بهبود محتوای کلروفیل شود.

محتوای نسبی آب برگ پرچم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش توأم کودهای زیستی، پوترسین و شوری بر محتوای نسبی آب در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). روند تغییرات محتوای نسبی آب در طول فصل رشد از الگوی نسبتاً یکسانی برخوردار بود. با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب نسبت به شرایط عدم اعمال شوری، کاهش بیشتری را نشان داد (شکل ۲). بیشترین محتوای نسبی آب (۷۰/۹۶ درصد) در

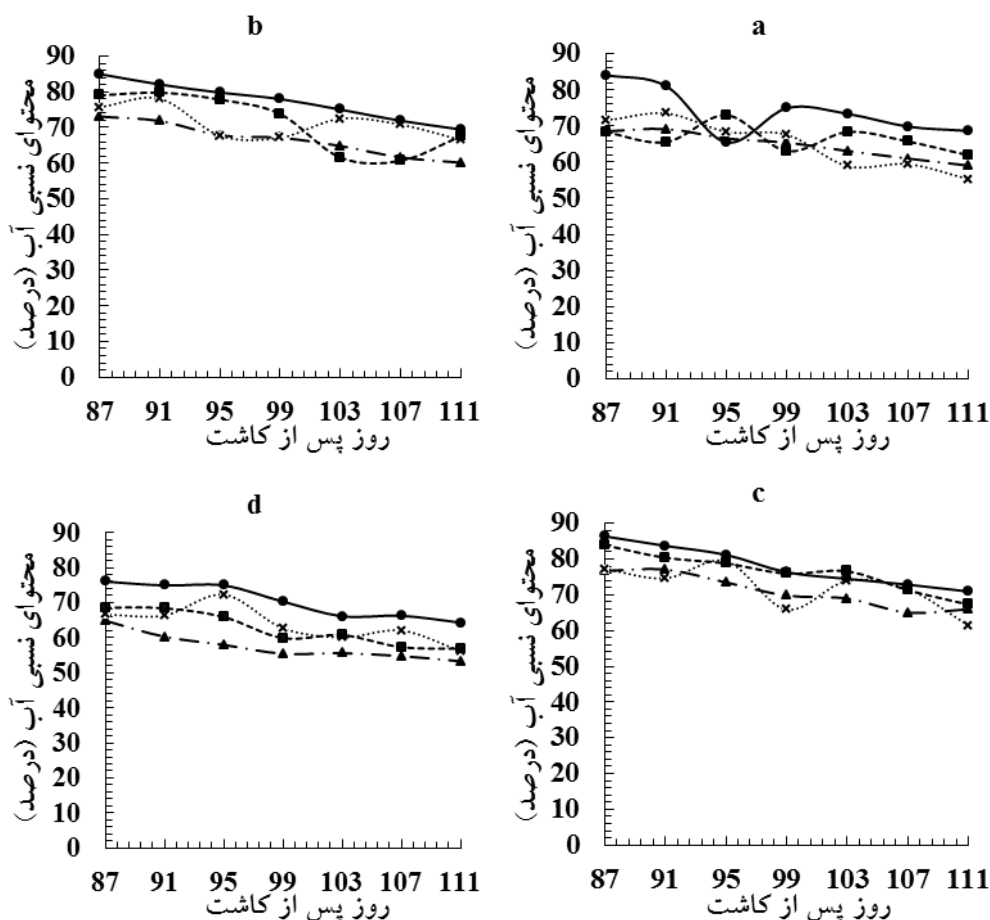
کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری به‌دست آمد (شکل ۲)، که در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در بالاترین سطح شوری، از افزایش ۳۷/۷ درصدی در ۱۱۱ روز پس از کاشت برخوردار بود (شکل ۲). احتمالاً کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش در میزان جذب آب توسط گیاه در گیاهان تحت تنش شوری، موجب می‌شود که محتوای نسبی آب برگ کاهش یابد (Khan et al., 2015). Mousavi و همکاران (۲۰۲۲) نیز کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری را به کاهش پایداری غشاء سلولی و افزایش نشت الکترولیت نسبت دادند. Boutasknit و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که وجود رابطه همزیستی قارچ با ریشه گیاهان از طریق بهبود هدایت هیدرولیکی آب به داخل ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و به‌دنبال آن کاهش مقاومت انتقال آب به درون ریشه و همچنین نفوذ هیف‌های قارچی به درون کورتکس ریشه و منطقه آندودرم، موجب ایجاد مسیر کم مقاومتی در عرض ریشه جهت حرکت آب شده و در نتیجه آب با مقاومت کمتری در عرض ریشه تا رسیدن به آوندهای چوبی مواجه شده و همین امر می‌تواند یکی از دلایل افزایش جذب آب و به تبع از آن افزایش محتوای نسبی آب باشد. بخشی دیگری از افزایش محتوای نسبی آب به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به افزایش پایداری غشاء یا کاهش هدایت الکتریکی (جدول ۴) نسبت داد که با بررسی‌های نظری و همکاران (۱۴۰۰) هم‌خوانی دارد.

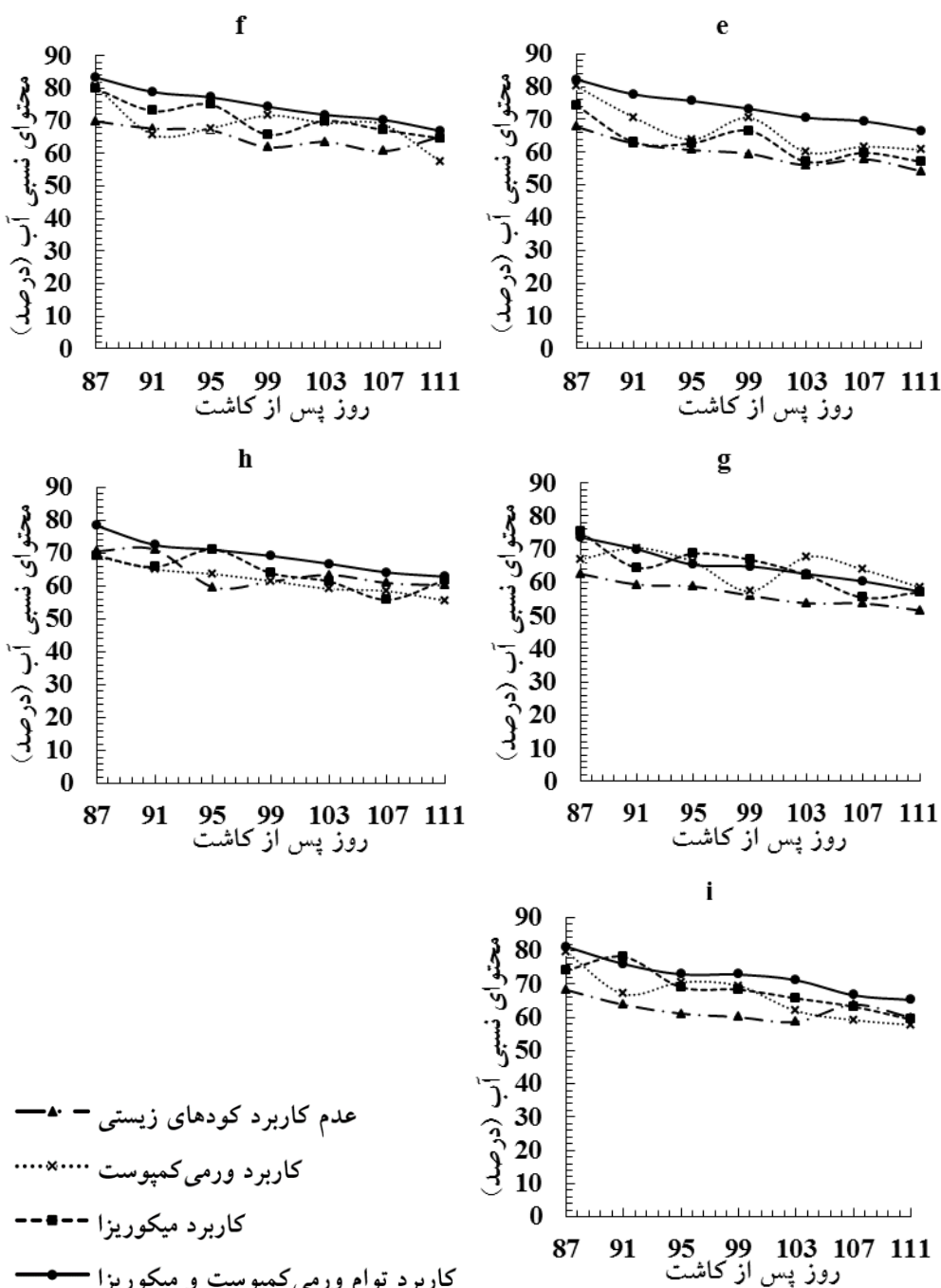
همچنین به نظر می‌رسد کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط تنش از طریق بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و افزایش محتوای اسمولیت‌های سازگار ضمن جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش نشت الکترولیت، موجب افزایش محتوای نسبی آب می‌شود (Ahangar et al., 2021). محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط شوری با افزایش پایداری غشاء و کاهش هدایت الکتریکی، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ تربیتکاله شد. همچنین، پلی‌آمین‌ها موجب افزایش

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای نسبی آب برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
محتوای نسبی آب برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۱۰۱/۶۲**	۲۱۰/۷۸**	۹ ^{ns}	۱۹/۴۱ ^{ns}	۴۲/۴۲**	۳۳/۸۷*	۲۲۵/۰۲**	۲	تکرار
۳۰۷/۷۲**	۳۶۹/۷۶**	۴۵۹/۱**	۳۵۸/۶**	۴۳۹/۵۴**	۶۸۲/۸۸**	۲۳۱/۰۴**	۲	تنش شوری (S)
۲۹۱/۳۲**	۳۲۲/۶۲**	۳۹۷/۸۵**	۵۳۷/۵۷**	۴۹۹/۳۴**	۵۱۷/۴**	۶۵۵/۱۵**	۳	کودهای زیستی (B)
۲۵۵/۰۶**	۳۳۱/۲۳**	۳۸۰/۵۵**	۳۰۷**	۳۳۶/۲۱**	۲۵۰/۳۹**	۵۷۰/۸۵**	۲	پوترسین (P)
۱۲/۷۸ ^{ns}	۲۱/۶۹*	۶/۲۶ ^{ns}	۵۴/۰۱**	۴۶/۶۵**	۱۷/۹۸ ^{ns}	۲۱/۰۴*	۶	S×B
۱۳/۳۸ ^{ns}	۲/۸۶ ^{ns}	۳۸/۱۵**	۱۲/۷۹ ^{ns}	۵۷/۰۵**	۱۶/۷۴ ^{ns}	۱۸/۸۲ ^{ns}	۴	S×P
۲۷/۰۵**	۲۳/۶۱**	۴۵/۱۶**	۳/۱۳ ^{ns}	۴۴/۷۳**	۶۸/۱۱**	۱۶/۷۵ ^{ns}	۶	B×P
۲۸/۲۵**	۳۴/۲۸**	۵۳/۸۳**	۳۰/۹۸**	۳۰/۷۴**	۴۵/۴۳**	۳۹/۵۷**	۱۲	S×B×P
۷/۸۲	۸/۳۸	۹/۱۸	۹/۰۹	۱۰/۴۲	۹/۳	۵/۱	۷۰	خطا
۴/۵۶	۴/۵۶	۴/۶۴	۴/۵	۴/۶۵	۴/۲۷	۴/۰۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد





شکل ۲- تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای نسبی آب برگ پرچم در شرایط (a) عدم محلول پاشی و عدم اعمال شوری؛ b- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ c- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ d- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ e- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ f- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ g- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ h- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ i- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار)

ورود یک سویه پتاسیم از غشاء موجب تحریک بسته شدن روزنه‌ها و در پی آن کاهش آب از دست‌رفته گیاه و یا افزایش

نفوذپذیری غشاء به کلسیم شده و میزان آن را در گیاه افزایش می‌دهند، تحت چنین شرایطی افزایش کلسیم با غیرفعال کردن

محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Rubinowska *et al.*, 2012). نتایج مشابهی نیز توسط Farooq و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. همچنین، به نظر می‌رسد پوترسین از طریق افزایش تولید اسمولیت‌های سازگار، جذب Na^+ توسط ریشه را کاهش می‌دهد که با کاهش آسیب به ساختار غشاء، محتوای نسبی برگ را افزایش می‌دهد (El-Beltagi *et al.*, 2023).

هدایت روزنه‌ای برگ پرچم: برهمکنش توأم هر سه عامل کودهای زیستی، پوترسین و شوری بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). بررسی روند تغییرات این شاخص نشان می‌دهد که در تمامی ترکیبات تیماری با گذشت زمان از روند نزولی نسبتاً مشابهی برخوردار بود، بطوریکه مقدار این شاخص در مراحل اولیه نمونه‌برداری بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی و کاهش محتوای نسبی آب (شکل ۲)، روند نزولی داشت. با کاربرد کودهای زیستی و آلی و پوترسین، روند تغییرات این شاخص نوسان کمتری نشان داد (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در ۱۱۱ روز بعد از کاشت، بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای برگ پرچم $15/13 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ در کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی $0/8$ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد که از افزایش $47/46$ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شوری 120 میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۸). براساس مقایسه میانگین به روش برش‌دهی، معلوم شد که با گذشت زمان هدایت روزنه‌ای برگ پرچم از روند نزولی برخوردار بود ولی در هر یک از سطوح شوری، میزان این کاهش با کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در مقایسه با عدم کاربرد آنها کمتر بود. به‌عنوان مثال در شوری 120 میلی‌مولار در اولین مرحله از مراحل نمونه‌برداری (۸۷ روز بعد از کاشت)، کاربرد توأم کودهای زیستی و پوترسین از افزایش $34/79$ درصدی هدایت روزنه‌ای در مقایسه با عدم کاربرد آنها در همین سطح از شوری برخوردار بود (جدول ۸) ولی در همین سطح شوری در مراحل نهایی نمونه‌برداری (۱۱۱

روز بعد از کاشت) کاربرد توأم کودهای زیستی و پوترسین به افزایش $35/47$ درصدی هدایت روزنه‌ای در مقایسه با عدم کاربرد آنها منجر شد (جدول ۸). بخشی از کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری را می‌توان به کاهش محتوای نسبی (شکل ۲) نسبت داد که با بررسی‌های Mousavi و همکاران (۲۰۲۲) هم‌خوانی داشت. این محققین اظهار داشتند که سطوح بالاتر شوری به دلیل تخریب ساختار غشاء سلولی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و در نهایت هدایت روزنه‌ای برگ می‌شود (Mousavi *et al.*, 2022). همچنین به نظر می‌رسد با کاهش محتوای نسبی آب برگ، فشار تورگر کاهش می‌یابد و موجب بسته‌شدن روزنه‌های گیاهی می‌شود، ضمن آنکه کاهش محتوای پتاسیم برگ در شرایط تنش، موجب کاهش انتقال سدیم به سمت سلول‌های نگهبان روزنه می‌شود و با کاهش مقدار پتاسیم، انتقال آب نیز به سمت روزنه کاهش یافته و به دلیل بسته شدن سلول‌های نگهبان روزنه، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (Sharma *et al.*, 2005). بخشی از افزایش هدایت روزنه‌ای برگ پرچم (جدول ۸) به واسطه محلول‌پاشی پوترسین را می‌توان به بهبود محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) نسبت داد. در این راستا Skowron و Trojak (۲۰۲۱) بیان کردند پوترسین با بهبود محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل، عملکرد کوانتومی و افزایش فعالیت آنزیم رویسکو، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای برگ جو شد. همچنین، Mohammadi-Cheraghbabadi و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که کاربرد پوترسین با افزایش محتوای کلروفیل و عملکرد کوانتومی، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای شد. Rehman و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزایش هدایت روزنه‌ای برگ گندم به واسطه کاربرد قارچ میکوریزا را، به بهبود محتوای کلروفیل و افزایش پایداری غشاء نسبت دادند. Hafez و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که کاربرد ورمی کمپوست در شرایط شوری، آب قابل دسترس در خاک و جذب عناصر غذایی همانند پتاسیم را بهبود می‌بخشد، در چنین شرایطی با افزایش محتوای

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
هدایت روزنه‌ای برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۳۱/۹**	۱۷۵/۴**	۱۳۱/۶**	۱۴۳/۷**	۳۲۳/۳**	۱۶۷/۶**	۲۱۴/۳**	۲	تکرار
۲۰/۳**	۲۱/۸**	۵۵/۸**	۱۴۳/۷**	۲۱/۷**	۱۵۶/۹**	۱۰۰/۳**	۲	تنش شوری (S)
۱۰/۸**	۲۷/۲**	۶۲/۳**	۱۰۴/۹**	۶۶/۷**	۱۵۱/۱**	۶۰/۱**	۳	کودهای زیستی (B)
۲۹/۸**	۳۰/۴**	۴۴/۲**	۱۱۲/۹**	۴۹/۷**	۸۵/۷**	۱۳۹/۳**	۲	پوترسین (P)
۰/۶ ^{ns}	۶/۱**	۳/۶**	۲/۹*	۳ ^{ns}	۱/۶ ^{ns}	۵/۹**	۶	S×B
۰/۶ ^{ns}	۱/۷*	۱/۹ ^{ns}	۲/۳ ^{ns}	۶/۸ ^{ns}	۲ ^{ns}	۸/۲**	۴	S×P
۱**	۱/۵*	۱/۱ ^{ns}	۷/۴**	۶/۵ ^{ns}	۷/۳**	۱۰/۵**	۶	B×P
۰/۹**	۱/۲**	۴/۶**	۳/۸**	۹/۳*	۳/۶*	۵/۳**	۱۲	S×B×P
۳/۸۹**	۵/۹۹**	۱۳/۰۸**	۱۴/۷۶**	۱۵/۰۸**	۱۹/۱۷**	۱۹/۸۸**	۱۱	S1 در B×P
۳/۸۸**	۶/۵۵**	۱۰/۸۳**	۱۸/۹۴**	۱۶/۵۹**	۲۵/۶۸**	۲۳/۷۴**	۱۱	S2 در B×P
۲/۸۷**	۶/۶۷**	۹/۵۴**	۲۶/۰۷**	۱۳/۴۷**	۲۱/۶**	۱۵/۹۵**	۱۱	S3 در B×P
۰/۳	۰/۵	۰/۹	۱/۲	۴	۱/۷	۱/۹	۷۰	خطا
۴/۵	۴/۵۹	۵/۱	۴/۶۶	۷/۸۱	۴/۷۱	۴/۵۹		ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

هدایت روزنه‌ای برگ پرچم ($\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۱۱/۶۶ ^{ns} (g)	۱۴/۸۶ ^l (d)	۱۷/۴ ^o (e)	۲۲/۲۳ ^r (g)	۲۵ ^g (e)	۲۶/۸۳ ^h (c)	۲۸/۴۶ ⁿ (f)	B ₁ ×P ₁
۱۳/۱ ^e (ef)	۱۶/۸۳ ^b (bc)	۱۸/۸ ^j (de)	۲۴/۵۳ ⁱ (ef)	۲۶/۷۳ ^c (cde)	۲۷/۴۶ ^g (bc)	۳۰/۳۳ ⁿ (ef)	B ₂ ×P ₁
۱۲/۲۶ ^o (g)	۱۵/۰۳ ^k (d)	۱۸/۴۶ ^k (de)	۲۵/۷۳ ^e (de)	۲۷/۰۶ ^b (bcde)	۲۸/۹ ^d (b)	۲۸/۳ ⁿ (f)	B ₃ ×P ₁
۱۲/۳۳ ^o (fg)	۱۴/۷۶ ^l (d)	۲۱/۳ ^b (bc)	۲۴/۹۶ ^g (ef)	۲۵/۹۶ ^d (de)	۳۲/۱ ^a (a)	۳۰ ^j (ef)	B ₄ ×P ₁
۱۲/۳۶ ^o (fg)	۱۵/۶۶ ^g (cd)	۱۸/۳۳ ^k (de)	۲۳/۹۶ ^k (fg)	۲۶/۱ ^d (de)	۲۷/۸۶ ^f (bc)	۳۳/۷ ^a (bc)	B ₁ ×P ₂
۱۳/۳۳ ^h (de)	۱۷/۷ ^a (ab)	۲۲/۰۳ ^a (ab)	۲۷/۱۶ ^b (bc)	۲۸/۵۳ ^a (abcd)	۲۷/۵ ^g (bc)	۳۱/۳۶ ^g (de)	B ₂ ×P ₂
۱۴/۰۶ ^b (abc)	۱۴/۸ ^l (d)	۱۷/۹۶ ⁿ (bc)	۲۷/۷ ^a (bc)	۲۹/۰۶ ^a (abc)	۳۲/۳۳ ^a (a)	۳۲/۹۶ ^b (bcd)	B ₃ ×P ₂
۱۴/۵۶ ^a (ab)	۱۷/۹۳ ^a (ab)	۲۲/۲۳ ^a (ab)	۲۹/۵۳ ^a (a)	۳۰/۱ ^a (a)	۳۳/۶ ^a (a)	۳۵/۹۳ ^a (a)	B ₄ ×P ₂
۱۳/۶۶ ^c (cde)	۱۶/۹۶ ^b (bc)	۱۹/۷۶ ^k (cd)	۲۶/۴۳ ^c (cd)	۲۴/۷۳ ⁱ (e)	۲۸/۲۶ ^e (bc)	۳۱/۶۶ ^f (cde)	B ₁ ×P ₃
۱۴/۴ ^a (bcd)	۱۷/۸ ^a (ab)	۲۱/۵۶ ^b (de)	۲۷/۹۶ ^a (b)	۲۹/۸۶ ^a (ab)	۳۲/۰۳ ^a (a)	۳۴/۶۳ ^a (ab)	B ₂ ×P ₃
۱۵/۱۳ ^a (a)	۱۷/۶ ^a (ab)	۲۳/۵۳ ^a (a)	۲۸/۳۶ ^a (ab)	۲۵/۳۳ ^f (e)	۳۲/۳۶ ^a (a)	۳۴/۸۳ ^a (ab)	B ₃ ×P ₃
۱۴/۷۶ ^a (ab)	۱۸/۴۶ ^a (a)	۲۲/۴۳ ^a (ab)	۲۸/۵۳ ^a (ab)	۳۱/۴۶ ^a (a)	۳۲/۵۶ ^a (a)	۳۴/۴ ^a (ab)	B ₄ ×P ₃
۰/۹۲۷۲	۱/۱۷۴۶	۱/۵۷۷۷	۱/۸۳۴۹	۳/۲۹۰۹	۲/۱۳۳۵	۲/۲۶۶۴	LSD

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول‌پاشی پوترسین و محلول‌پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۸-

هدایت روزنه‌ای برگ پرچم (mmolH ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۱۰/۷۳ ^{s-t} (i)	۱۳/۲۳ ^{s-u} (h)	۱۵/۹ ^{s-u} (i)	۱۹/۷۶ ^{t-u} (g)	۲۱/۴ ^{o-p} (g)	۲۱/۳۶ ^t (c)	۲۵/۸۳ ^{t-u} (e)	B ₁ ×P ₁
۱۰/۹ ^t (i)	۱۳/۳۶ ^{r-u} (h)	۱۶/۹ ^{q-t} (h)	۲۲ ^{p-r} (ef)	۲۳/۸۶ ^{k-o} (ef)	۲۴/۳ ^{n-q} (b)	۲۸/۲۶ ^{n-s} (c)	B ₂ ×P ₁
۱۲/۱۶ ^{j-o} (efg)	۱۴/۷۳ ^{m-q} (fg)	۱۷/۲۳ ^{o-t} (gh)	۲۲/۴۶ ^{o-r} (def)	۲۴/۸ ^{h-n} (de)	۲۶/۲۳ ⁱ⁻ⁿ (b)	۲۶/۳۳ ^{r-u} (de)	B ₃ ×P ₁
۱۱/۹ ^{l-p} (fg)	۱۶/۶۳ ^{c-h} (bc)	۲۰/۱۳ ^{f-j} (cd)	۲۲/۹ ^{n-q} (de)	۲۴/۹ ^{h-n} (de)	۲۹/۱۳ ^{d-g} (a)	۲۸/۴ ^{n-r} (c)	B ₄ ×P ₁
۱۱/۱ ^{p-t} (hi)	۱۴/۲۶ ^{o-s} (g)	۱۶/۵ ^{r-u} (hi)	۲۰/۸۳ ^{r-u} (fg)	۲۲/۴ ^{n-p} (fg)	۲۵/۳۳ ^{k-p} (b)	۲۷/۳۶ ^{q-t} (cde)	B ₁ ×P ₂
۱۳ ^{e-j} (cd)	۱۵/۵۶ ^{h-n} (e)	۱۹ ⁱ⁻ⁿ (ef)	۲۴ ^{j-o} (cd)	۲۵/۵۳ ^{e-n} (cde)	۲۶/۴۳ ⁱ⁻ⁿ (b)	۲۸/۴ ^{n-r} (c)	B ₂ ×P ₂
۱۱/۸ ^{m-r} (gh)	۱۵/۸ ^{t-m} (de)	۱۹/۲۳ ^{h-n} (de)	۲۱/۷۳ ^{q-s} (ef)	۲۲/۶۳ ^{n-p} (fg)	۲۵/۷۶ ^{j-o} (b)	۳۰/۸۳ ^{h-m} (b)	B ₃ ×P ₂
۱۳/۷۶ ^{e-f} (ab)	۱۷/۳ ^{a-e} (a)	۲۱/۱۳ ^{b-g} (ab)	۲۶/۹۳ ^{b-f} (a)	۲۸/۲۶ ^{a-g} (ab)	۳۰/۴۳ ^{b-d} (a)	۳۳/۲ ^{b-g} (a)	B ₄ ×P ₂
۱۲/۵۶ ^{h-n} (def)	۱۵/۲۳ ^{j-o} (ef)	۱۸/۱۳ ^{t-g} (fg)	۲۲/۸۶ ^{n-q} (de)	۲۴/۴۶ ^{j-o} (def)	۲۶/۰ ^{z-i} (b)	۲۷/۹۶ ^{o-t} (cd)	B ₁ ×P ₃
۱۲/۷۶ ^{g-l} (cde)	۱۶/۲۶ ^{e-j} (cd)	۱۹/۵۶ ^{e-m} (cde)	۲۵/۲۶ ^{f-k} (bc)	۲۷/۵۳ ^{b-j} (abc)	۲۹/۵۳ ^{d-g} (a)	۳۲/۴۶ ^{e-i} (ab)	B ₂ ×P ₃
۱۳/۴۶ ^{d-h} (bc)	۱۷/۱۶ ^{b-e} (ab)	۲۰/۵ ^{d-i} (bc)	۲۶/۷۶ ^{b-g} (ab)	۲۶/۵۶ ^{d-m} (bcd)	۳۰/۲ ^{b-d} (a)	۳۲/۲۳ ^{d-j} (ab)	B ₃ ×P ₃
۱۴/۲۳ ^{n-d} (a)	۱۷/۵۶ ^{a-d} (a)	۲۱/۷۳ ^{b-d} (a)	۲۷/۴۳ ^{b-e} (a)	۲۸/۷۶ ^{a-e} (a)	۳۱/۰ ^{z-b-d} (a)	۳۴/۱ ^{a-e} (a)	B ₄ ×P ₃
۱۰/۲۶ ^{q-t} (f)	۱۲/۲۶ ^u (e)	۱۵/۱ ^u (g)	۱۷/۶ ^v (g)	۲۰/۲۳ ^p (c)	۲۲/۷۳ ^{q-r} (f)	۲۴/۸ ^u (e)	B ₁ ×P ₁
۱۱/۷۳ ^{m-r} (de)	۱۳/۷ ^{q-t} (cd)	۱۶/۱۳ ^{s-u} (efg)	۱۹/۰ ^{z-u-v} (fg)	۲۶/۲ ^{d-m} (ab)	۲۲/۹۶ ^{q-r} (ef)	۲۹/۴ ^{l-q} (bc)	B ₂ ×P ₁
۱۱/۶ ^{o-s} (de)	۱۵/۷۶ ^{g-m} (ab)	۱۹/۷ ^{g-l} (ab)	۲۳/۹۳ ^{j-o} (bcd)	۲۴/۴۶ ^{j-o} (b)	۲۴/۰ ^{z-o-q} (ef)	۲۷/۶۳ ^{p-t} (cd)	B ₃ ×P ₁
۱۲/۰ ^{z-k-o} (bcde)	۱۵/۳۶ ^{i-o} (ab)	۱۷/۹ ^{n-r} (bcde)	۲۳/۴ ^{l-cd} (cd)	۲۵/۱۶ ^{g-n} (ab)	۲۹/۱۳ ^{d-g} (ab)	۲۹/۶۳ ^{k-q} (bc)	B ₄ ×P ₁
۱۰/۹۶ ^{q-t} (ef)	۱۲/۹۳ ^{t-u} (de)	۱۵/۸ ^{t-u} (fg)	۱۹/۳۶ ^{u-v} (efg)	۲۵/۰ ^{z-g-n} (ab)	۲۳/۴۶ ^{p-r} (ef)	۳۰/۱ ^{j-o} (bc)	B ₁ ×P ₂
۱۱/۵۶ ^{o-s} (de)	۱۵/۹۳ ^{t-l} (a)	۱۶/۳ ^{s-u} (defg)	۲۳/۰ ^{z-m-q} (cd)	۲۳/۴ ^{m-p} (b)	۲۴/۸۶ ^{l-q} (de)	۲۸/۹۳ ^{m-q} (c)	B ₂ ×P ₂
۱۱/۸۳ ^{m-q} (cde)	۱۶/۱۳ ^{e-k} (a)	۱۹/۴۶ ^{h-n} (ab)	۲۱/۵۶ ^{q-t} (de)	۲۳/۶ ^{l-o} (b)	۲۷/۴۶ ^{g-k} (bc)	۲۶/۰ ^{z-o} (de)	B ₃ ×P ₂
۱۲/۹ ^{f-k} (abc)	۱۶/۵ ^{d-l} (a)	۱۹/۴ ^{h-n} (ab)	۲۵ ^{g-l} (abc)	۲۶/۴ ^{d-m} (ab)	۲۸/۲۶ ^{e-i} (abc)	۳۱/۹۶ ^{e-j} (ab)	B ₄ ×P ₂
۱۳/۱ ^{e-l} (ab)	۱۳/۹۳ ^{p-t} (cd)	۱۷/۰ ^{z-p-t} (cdef)	۲۰/۱ ^{s-u} (ef)	۲۵/۲ ^{g-n} (ab)	۲۴/۶ ^{m-q} (def)	۲۹/۱ ^{m-q} (c)	B ₁ ×P ₃
۱۲/۶۳ ^{h-m} (bcd)	۱۴/۴۳ ^{n-r} (bc)	۱۸/۵ ^{k-p} (bc)	۲۶/۴۳ ^{c-h} (a)	۲۴/۱ ^{k-o} (b)	۲۶/۵۳ ^{i-m} (cd)	۲۸/۷۳ ^{m-q} (c)	B ₂ ×P ₃
۱۱/۹۳ ^{l-p} (cde)	۱۶/۲ ^{e-k} (a)	۱۸/۰ ^{z-m-r} (bcd)	۲۴/۸ ^{h-m} (abc)	۲۸/۰ ^{z-b-h} (a)	۲۹/۵۶ ^{d-g} (a)	۲۹/۴۳ ^{k-q} (bc)	B ₃ ×P ₃
۱۳/۹ ^{b-e} (a)	۱۶/۷۳ ^{c-h} (a)	۲۰/۷۳ ^{c-h} (a)	۲۶/۱ ^{d-i} (ab)	۲۷/۸۶ ^{b-i} (a)	۲۹/۷۶ ^{d-f} (a)	۳۳/۴۳ ^{b-g} (a)	B ₄ ×P ₃
۰/۹۲۷۲	۱/۱۷۴۶	۱/۵۷۹۷	۱/۸۳۴۹	۳/۲۹۰۹	۲/۱۳۳۵	۲/۲۶۶۴	LSD

شوری ۶۰ میلی مولار (S₂)

شوری ۱۲۰ میلی مولار (S₃)

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

برهمکنش توأم این عوامل بر فلورسانس کلروفیل حداقل، فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد (جدول ۹، ۱۱ و ۱۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در ۱۱۱ روز پس از کاشت نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری موجب کاهش ۴۶/۸۴ درصدی فلورسانس حداقل برگ پرچم در مقایسه با عدم

اسمولیت‌های سازگار و بهبود محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای برگ گندم افزایش می‌یابد. در این بررسی نیز کاربرد ورمی کمپوست در شرایط شوری با افزایش محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ پرچم (شکل ۲ و ۱)، موجب بهبود هدایت روزنه‌ای برگ پرچم (جدول ۸) شد.

فلورسانس کلروفیل برگ پرچم (فلورسانس حداقل، فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر): تأثیر میکوریزا و ورمی کمپوست، محلول پاشی پوترسین و تنش شوری و

جدول ۹- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس حداقل برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
فلورسانس حداقل برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۱۶۷۳/۸**	۴۹۷۳/۳**	۲۰۴۸/۷**	۱۹۸۰/۶**	۸۲۹/۷**	۳۲۳۴**	۱۵۴۶/۷**	۲	تکرار
۲۱۴۸/۶**	۴۷۴۵**	۶۲۰۶/۷**	۴۲۸۲/۱**	۴۳۷۵/۵**	۳۸۷۱/۵**	۱۲۲۷۱/۳**	۲	تنش شوری (S)
۳۳۶۲/۲**	۳۸۶۱/۵**	۳۰۸۸/۵**	۳۰۱۶/۱**	۴۶۳۶/۸**	۳۴۷۷/۶**	۹۸۷۵/۶**	۳	کودهای زیستی (B)
۵۴۳۶/۹**	۳۴۲۳/۶**	۲۵۹۸/۸**	۳۵۷۷/۶**	۴۸۸۰/۷**	۲۴۸۶/۳**	۵۸۸۵**	۲	پوترسین (P)
۶۸۸/۹**	۱۱۲/۹ ^{ns}	۲۳۰/۱*	۳۳۴**	۵۰۸/۷**	۴۸۸/۴ ^{ns}	۲۱۱/۲ ^{ns}	۶	S×B
۵۶۴/۳**	۷۸/۸ ^{ns}	۱۸۶/۴ ^{ns}	۳۲۶/۵**	۱۳۹/۲ ^{ns}	۵۹۰ ^{ns}	۴۷۲/۴**	۴	S×P
۲۹۰/۷*	۳۷۲/۷**	۲۶۲/۳*	۲۳۸/۲*	۱۵۱/۶ ^{ns}	۱۸۵/۴ ^{ns}	۲۹۳/۳*	۶	B×P
۲۱۲/۱*	۳۸۰/۷**	۲۷۵/۹**	۳۴۱/۴**	۳۰۸/۸*	۵۰۸/۳*	۳۰۰/۵**	۱۲	S×B×P
۱۱۴۹/۱**	۶۵۴/۴**	۵۲۰/۹**	۶۸۷/۷**	۷۴۲**	۶۷۵/۴**	۹۶۴/۳**	۱۱	S1 در B×P
۹۶۹/۴**	۷۶۳/۴**	۹۲۴**	۹۶۰/۹**	۱۱۸۰/۲**	۱۳۶۲/۲**	۱۹۵۵**	۱۱	S2 در B×P
۷۵۷/۹**	۹۶۶/۷**	۵۰۷/۳**	۶۲۷/۷**	۹۷۷/۴**	۴۹۹/۵ ^{ns}	۱۶۱۸/۸**	۱۱	S3 در B×P
۱۰۲/۸	۹۰/۲	۱۰۰/۶	۸۱/۲	۱۳۷/۸	۲۵۹/۳	۱۱۵/۱	۷۰	خطا
۵/۲۱	۴/۹۹	۵/۳	۴/۸۶	۶/۵۴	۹/۵۷	۶/۵۹		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۰- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس حداقل برگ پرچم تربیتکاله تحت تنش شوری

فلورسانس حداقل برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۲۰۶/۳ ^{c-h} (a)	۱۹۴/۳ ^{f-k} (a)	۱۹۲ ^{s-m} (ab)	۱۹۱/۳ ^{f-j} (a)	۱۹۳/۳ ^{c-i} (a)	۱۷۸/۳ ^{c-i} (a)	۱۷۳/۳ ^{h-m} (a)	B ₁ ×P ₁
۲۰۱/۳ ^{d-j} (a)	۱۸۸/۶ ^{g-n} (a)	۱۸۴/۶ ^{j-q} (abc)	۱۸۲ ^{i-o} (ab)	۱۷۸ ^{g-n} (abc)	۱۷۲/۳ ^{c-m} (ab)	۱۶۲/۳ ^{k-p} (ab)	B ₂ ×P ₁
۲۰۴/۶ ^{d-i} (a)	۲۰۱ ^{c-g} (a)	۱۷۶/۶ ^{m-t} (cde)	۱۹۴/۳ ^{e-i} (a)	۱۶۶ ^{l-s} (cd)	۱۴۹/۶ ^{t-r} (cde)	۱۵۰/۳ ^{o-s} (bc)	B ₃ ×P ₁
۲۰۳ ^{d-i} (a)	۱۶۹ ^{p-t} (bc)	۱۷۰/۳ ^{p-u} (def)	۱۶۴/۶ ^{q-u} (cde)	۱۸۳/۶ ^{e-l} (ab)	۱۶۰/۶ ^{g-r} (bc)	۱۲۶/۶ ^{v-x} (de)	B ₄ ×P ₁
۱۹۵/۶ ^{f-l} (ab)	۱۹۰/۳ ^{f-m} (a)	۱۸۱/۶ ^{k-r} (bcd)	۱۹۰ ^{f-j} (a)	۱۸۱/۳ ^{f-m} (abc)	۱۷۴ ^{b-l} (a)	۱۶۴/۳ ^{j-o} (ab)	B ₁ ×P ₂
۱۶۷/۳ ^{q-s} (c)	۱۹۳ ^{f-l} (a)	۱۹۸ ^{d-k} (a)	۱۶۱ ^{r-u} (cde)	۱۷۶ ^{i-o} (bc)	۱۴۷/۶ ^{m-r} (def)	۱۳۴ ^{s-x} (cde)	B ₂ ×P ₂
۲۱۲/۳ ^{b-e} (a)	۱۶۶ ^{r-t} (bc)	۱۶۵/۶ ^{r-u} (efg)	۱۷۱/۶ ^{m-s} (bc)	۱۶۰/۳ ^{n-t} (de)	۱۴۴/۳ ^{o-t} (ef)	۱۳۱/۶ ^{t-x} (de)	B ₃ ×P ₂
۱۶۴/۶ ^{r-s} (c)	۱۵۹/۶ ^t (c)	۱۶۱/۶ ^{t-u} (fg)	۱۹۱ ^{f-j} (a)	۱۵۰ ^{r-t} (ef)	۱۴۰ ^{q-r} (ef)	۱۲۲/۳ ^{w-x} (de)	B ₄ ×P ₂ (S ₁)
۱۷۸/۶ ^{m-r} (bc)	۱۷۵ ^{m-t} (b)	۱۷۵/۳ ^{n-t} (cde)	۱۷۰ ^{n-t} (bcd)	۱۶۹ ^{k-r} (bcd)	۱۵۷ ^{h-r} (cd)	۱۳۷/۶ ^{r-w} (cd)	B ₁ ×P ₃
۱۶۵/۶ ^{r-s} (c)	۱۶۴ st (bc)	۱۶۰/۳ ^{t-u} (fg)	۱۵۶/۳ ^{t-u} (de)	۱۵۵ ^{p-u} (def)	۱۴۰/۶ ^{p-r} (ef)	۱۵۰ ^{o-s} (bc)	B ₂ ×P ₃
۱۶۹/۳ ^{p-s} (c)	۱۶۷/۳ ^{q-t} (bc)	۱۶۳/۶ ^{s-u} (efg)	۱۶۰ ^{s-u} (cde)	۱۴۴/۶ ^t (f)	۱۷۲/۳ ^{c-m} (ab)	۱۲۹ ^{u-x} (de)	B ₃ ×P ₃
۱۶۱/۶ ^s (c)	۱۶۲/۶ st (bc)	۱۵۶/۶ ^u (g)	۱۵۳/۶ ^u (e)	۱۴۸ st (ef)	۱۳۷ ^r (f)	۱۱۹ ^x (e)	B ₄ ×P ₃
۱۶/۵۱۴	۱۵/۴۷۲	۱۶/۳۳۵	۱۴/۶۷۶	۱۹/۱۲	۲۶/۲۲۴	۱۷/۴۷۴	LSD

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۱۰-

فلورسانس حداقل برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۲۲۴ ^{ab} (a)	۲۲۲/۳ ^{ab} (a)	۲۲۵/۶ ^a (a)	۲۱۶/۳ ^{ab} (a)	۲۱۳ ^{ab} (a)	۲۱۲/۳ ^a (a)	۲۱۱ ^a (a)	B ₁ ×P ₁
۲۲۲ ^{a-c} (a)	۲۰۱ ^{c-g} (cd)	۲۱۳ ^{a-d} (ab)	۱۸۸/۶ ^{f-k} (d)	۲۰۰/۶ ^{a-e} (ab)	۱۸۹/۶ ^{a-f} (c)	۱۸۱/۳ ^{ej} (cde)	B ₂ ×P ₁
۲۰۸ ^{b-g} (b)	۱۹۲/۶ ^{f-l} (de)	۲۰۴/۶ ^{b-h} (bcd)	۲۰۳ ^{b-f} (c)	۱۹۵/۶ ^{b-h} (bc)	۱۸۰/۳ ^{b-l} (d)	۲۰۲ ^{a-d} (ab)	B ₃ ×P ₁
۱۸۴ ^{k-p} (f)	۱۸۰/۶ ^{l-r} (f)	۱۹۰/۶ ^{g-n} (de)	۱۷۶/۶ ^{j-q} (ef)	۱۶۸ ^{k-r} (ef)	۱۶۲/۳ ^{g-r} (f)	۱۵۵/۳ ^{n-q} (fg)	B ₄ ×P ₁
۲۱۱/۶ ^{b-f} (b)	۲۱۳ ^{b-d} (b)	۲۱۷/۶ ^{a-c} (ab)	۲۰۱/۳ ^{c-g} (c)	۲۰۶/۳ ^{a-d} (ab)	۱۹۹/۶ ^{a-b} (b)	۱۹۲ ^{b-g} (bc)	B ₁ ×P ₂ شوری
۱۹۸/۶ ^{e-l} (c)	۱۹۲/۳ ^{f-l} (e)	۱۹۴ ^{f-l} (de)	۱۸۰ ^{i-p} (e)	۱۷۶/۶ ^{i-o} (de)	۱۶۸/۶ ^{d-o} (e)	۱۸۴ ^{e-i} (cd)	B ₂ ×P ₂ ۶۰ میلی
۱۹۴ ^{g-m} (d)	۲۰۵/۶ ^{c-f} (bc)	۱۹۸ ^{d-k} (cde)	۲۰۹/۶ ^{a-d} (b)	۱۹۷ ^{b-g} (bc)	۱۹۲ ^{a-e} (c)	۱۶۸/۳ ⁱ⁻ⁿ (ef)	B ₃ ×P ₂ مولار
۱۷۴/۶ ^{n-s} (gh)	۱۷۶/۳ ^{m-s} (fg)	۱۸۳/۳ ^{k-q} (efg)	۱۶۶/۳ ^{p-q} (h)	۱۵۸/۶ ^{o-t} (fg)	۱۵۱/۳ ^{k-r} (g)	۱۴۰ ^{q-v} (h)	B ₄ ×P ₂ (S ₂)
۲۰۲/۳ ^{d-j} (c)	۱۹۷ ^{e-j} (de)	۲۰۹ ^{b-f} (bc)	۱۸۷ ^{g-l} (d)	۱۸۳/۶ ^{e-l} (cd)	۱۷۶/۳ ^{b-k} (d)	۱۷۵/۶ ^{g-l} (de)	B ₁ ×P ₃
۱۸۹/۳ ⁱ⁻ⁿ (e)	۱۸۲ ^{j-q} (f)	۱۸۸ ^{i-o} (ef)	۱۶۸/۳ ^{o-u} (gh)	۱۷۱/۳ ^{j-q} (def)	۱۵۵/۳ ^{i-r} (g)	۱۴۷/۶ ^{o-t} (gh)	B ₂ ×P ₃
۱۷۶/۳ ^{n-s} (g)	۱۷۷/۶ ^{l-s} (fg)	۱۷۳/۳ ^{o-t} (fg)	۱۷۳/۳ ^{l-s} (fg)	۱۶۴ ^{m-s} (efg)	۱۵۳ ^{j-r} (g)	۱۴۲ ^{q-v} (h)	B ₃ ×P ₃
۱۷۱ ^{o-s} (h)	۱۷۰/۳ ^{o-t} (g)	۱۶۸/۶ ^{q-u} (g)	۱۶۳ ^{q-u} (h)	۱۵۳/۶ ^{q-t} (g)	۱۴۶ ^{n-r} (h)	۱۳۵ ^{s-x} (h)	B ₄ ×P ₃
۲۳۷/۳ ^a (a)	۲۳۴/۶ ^a (a)	۲۲۰/۳ ^{a-b} (a)	۲۲۲/۶ ^a (a)	۲۱۹ ^a (a)	۱۷۴/۳ ^{b-l} (a)	۲۰۷ ^{a-b} (a)	B ₁ ×P ₁
۲۱۵/۶ ^{a-c} (b)	۱۸۷ ^{g-n} (ef)	۱۸۴/۳ ^{j-q} (def)	۱۸۸/۶ ^{f-k} (def)	۲۱۱ ^{a-c} (ab)	۱۶۹/۳ ^{d-o} (a)	۱۹۸/۳ ^{a-d} (ab)	B ₂ ×P ₁
۱۹۰/۳ ^{b-n} (de)	۲۲۴/۳ ^{a-b} (ab)	۲۰۷ ^{b-g} (abc)	۲۱۳/۳ ^{a-c} (ab)	۱۷۷ ^{h-o} (defg)	۱۹۴/۳ ^{a-d} (a)	۱۸۶/۳ ^{d-h} (bc)	B ₃ ×P ₁
۲۰۰/۳ ^{d-k} (bcde)	۱۹۵/۶ ^{e-k} (de)	۱۹۶/۳ ^{e-k} (bcdef)	۱۹۳/۶ ^{e-l} (cde)	۱۸۸/۶ ^{d-j} (cde)	۱۸۲/۶ ^{b-h} (a)	۱۴۵/۶ ^{p-u} (e)	B ₄ ×P ₁
۲۰۲/۶ ^{d-i} (bcd)	۱۹۷/۶ ^{d-i} (cde)	۱۸۸/۶ ^{i-o} (cdef)	۲۰۳ ^{b-f} (bcd)	۱۹۳ ^{c-i} (bcde)	۱۷۲ ^{e-n} (a)	۲۰۴/۶ ^{a-c} (a)	B ₁ ×P ₂ شوری
۱۹۳ ^{s-m} (cde)	۲۱۵/۳ ^{b-c} (abc)	۲۰۲ ^{c-i} (abcd)	۱۹۹ ^{c-h} (bcde)	۲۰۸/۶ ^{a-c} (abc)	۱۵۷/۳ ^{h-r} (a)	۱۷۸/۶ ^{f-k} (c)	B ₂ ×P ₂ ۱۲۰ میلی
۱۸۹ ⁱ⁻ⁿ (de)	۲۰۰/۶ ^{c-h} (cde)	۲۰۰ ^{d-j} (bcd)	۱۷۷ ^{j-q} (f)	۱۶۶/۳ ^{l-s} (fg)	۱۸۵ ^{b-g} (a)	۱۸۹/۳ ^{c-h} (bc)	B ₃ ×P ₂ مولار
۱۸۶ ^{j-o} (de)	۱۸۴ ^{i-p} (ef)	۱۸۶/۶ ^{i-p} (def)	۱۸۴/۳ ^{h-n} (ef)	۱۷۳/۳ ^{j-p} (efg)	۱۶۴/۳ ^{f-q} (a)	۱۵۲/۶ ^{n-r} (de)	B ₄ ×P ₂ (S ₃)
۲۱۳/۳ ^{b-e} (b)	۲۱۰ ^{b-e} (bcd)	۲۱۱/۳ ^{a-e} (ab)	۲۰۷/۳ ^{b-e} (abc)	۱۹۸ ^{b-f} (abcd)	۱۹۷ ^{a-c} (a)	۱۹۴/۶ ^{a-f} (ab)	B ₁ ×P ₃
۲۱۰/۶ ^{b-f} (bc)	۱۹۳/۶ ^{f-k} (de)	۱۹۸ ^{d-k} (bcde)	۱۹۷/۳ ^{d-h} (bcde)	۱۷۹/۳ ^{f-n} (defg)	۱۶۶/۳ ^{e-p} (a)	۱۵۷/۳ ^{m-q} (de)	B ₂ ×P ₃
۱۹۱ ^{h-n} (de)	۱۸۵/۶ ^{h-o} (ef)	۱۷۹/۶ ^{l-s} (ef)	۱۸۵/۶ ^{h-m} (ef)	۱۸۵/۶ ^{e-k} (def)	۱۷۰/۳ ^{d-o} (a)	۱۶۰/۳ ^{l-q} (d)	B ₃ ×P ₃
۱۸۲/۳ (e)	۱۷۳/۳ ^{n-t} (f)	۱۷۸/۳ ^{l-s} (f)	۱۷۵ ^{k-r} (f)	۱۶۲/۳ ^{m-t} (g)	۱۵۹ ^{g-r} (a)	۱۴۵ ^{p-u} (e)	B ₄ ×P ₃
۱۶/۵۱۴	۱۵/۴۷۲	۱۶/۳۳۵	۱۴/۶۷۶	۱۹/۱۲	۲۶/۲۲۴	۱۷/۴۷۴	LSD

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار از کمترین مقدار این صفت (۲۴۵/۶) در ۱۱۱ روز پس از کاشت برخوردار بودند (جدول ۱۲). مقایسه میانگین به روش برش‌دهی در شرایط عدم اعمال شوری و در مراحل اولیه و نهایی نمونه برداری (به ترتیب ۸۷ و ۱۱۱ روز بعد از کاشت) نشان‌دهنده به ترتیب افزایش ۲۷ و ۵۲ درصدی فلورسانس متغیر در شرایط کاربرد توأم کودهای زیستی و محلول پاشی پوترسین نسبت به عدم کاربرد آنها در چنین

کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار شد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین اثرات متقابل به هر دو روش کلی و برش‌دهی نشان می‌دهد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری، با گذشت زمان فلورسانس حداقل از روند افزایشی، فلورسانس متغیر و فلورسانس ماکزیمم از روند کاهشی برخوردار بودند (جدول ۱۰، ۱۲ و ۱۴). کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین از بیشترین فلورسانس متغیر برگ پرچم (۵۴۱) و

جدول ۱۱- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس متغیر برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
فلورسانس متغیر برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۱۲۹۳۱/۲۳**	۱۷۶۹۶/۱۲**	۱۸۷۴۱**	۲۲۸۸۲/۲۸**	۱۹۷۷۸/۱۷**	۱۷۱۰۱/۸۱**	۲۷۲۸۸/۹۲**	۲	تکرار
۳۲۸۳۴/۷۸**	۸۲۶۲۱/۷۸**	۱۰۳۵۲۶/۷**	۹۳۸۷۸/۶۷**	۸۲۶۵۸/۷۳**	۸۵۱۶۲**	۱۱۵۳۸۵/۵۹**	۲	تنش شوری (S)
۵۴۰۰۷/۳۳**	۶۷۴۷۰/۰۴**	۴۹۸۷۲/۴۱**	۶۷۹۵۶/۴۶**	۹۳۸۶۹/۰۹**	۱۰۳۵۴۴/۹**	۹۱۱۰۱/۱۹**	۳	کودهای زیستی (B)
۹۰۵۰۶/۱۷**	۵۷۴۸۱/۲۳**	۴۶۲۸۴/۴۸**	۸۲۶۸۰/۸۴**	۹۸۳۹۸/۳۹**	۶۳۹۶۰/۲۸**	۷۹۰۲۲/۲۵**	۲	پوترسین (P)
۱۱۳۱۸/۳۴**	۲۰۸۱/۹۱ ^{ns}	۳۹۷۰/۶**	۸۱۳۷/۵۱**	۱۲۳۱۱/۱۶**	۵۳۹۴/۱۳**	۹۵۸۷/۵۵**	۶	S×B
۱۰۹۴۹/۷۸**	۱۸۸۱/۳۴ ^{ns}	۴۶۳۶/۲۱**	۸۹۰۸/۵۳**	۴۶۳۶/۵۹ ^{ns}	۶۶۳۷/۸۱**	۷۵۱۴/۹۲ ^{ns}	۴	S×P
۵۴۰۱/۹۱**	۶۹۶۹/۲**	۴۷۷۱/۲۷**	۵۹۳۱/۵۳*	۴۵۱۴/۱۲ ^{ns}	۱۷۱۲۶/۷۸**	۹۶۰۲/۸۵**	۶	B×P
۳۵۵۷/۶۷**	۸۳۶۰/۵۹**	۴۶۵۲/۸۵**	۸۱۱۸/۱۳**	۷۸۱۴/۶۹**	۳۸۵۹/۴۵**	۵۹۴۹/۰۱*	۱۲	S×B×P
۲۰۰۲۴/۵**	۱۴۷۵۵/۲**	۹۶۶۶/۹**	۱۷۲۳۸/۸**	۱۶۸۷۱/۹**	۱۴۵۶۴/۹**	۱۱۴۵۶/۳*	۱۱	S1 در B×P
۱۶۳۱۳/۱**	۱۳۲۷۵/۴**	۱۵۷۴۵**	۲۱۷۸۰**	۲۴۴۹۱/۵**	۲۸۲۷۸/۶**	۳۰۲۳۵**	۱۱	S2 در B×P
۱۱۸۳۰/۲**	۱۵۵۶۳/۱**	۸۱۳۵**	۱۴۳۱۶/۶**	۲۱۵۱۶/۴**	۱۵۹۳۳/۲**	۱۷۲۱۲**	۱۱	S3 در B×P
۱۵۲۷/۸	۱۰۶۷/۴۶	۱۲۶۰/۰۲	۱۷۵۷/۰۷	۲۱۹۴/۱	۱۶۹۳/۲۷	۳۲۴۰/۳۳	۷۰	خطا
۹/۷	۷/۷۹	۸/۱۶	۹/۴۱	۹/۷۳	۸/۰۳	۱۰/۶۸		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۲- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس متغیر برگ پرچم تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

فلورسانس متغیر برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۳۵۵ ^{ns-c} (c)	۳۹۳/۶ ^{k-q} (cd)	۴۲۱/۶ ^{t-q} (gh)	۴۱۲/۶ ^{m-r} (d)	۴۱۹ ^{o-u} (f)	۴۷۶/۳ ^{m-q} (e)	۴۹۹/۴ ^{t-p} (e)	B ₁ ×P ₁
۳۷۰/۶ ^{l-s} (c)	۴۲۱/۳ ⁱ⁻ⁿ (c)	۴۴۸ ^{h-o} (gh)	۴۶۰ ^{g-m} (cd)	۴۸۴ ^{h-p} (def)	۵۰۰ ^{j-o} (cde)	۵۳۸/۳ ^{t-m} (bcde)	B ₂ ×P ₁
۳۶۳ ^{m-s} (c)	۳۵۹/۶ ^{p-s} (d)	۴۸۲ ^{e-i} (def)	۳۹۲/۶ ^{n-s} (d)	۵۴۱/۳ ^{c-j} (cd)	۶۰۵ ^{a-d} (ab)	۵۸۳/۳ ^{a-j} (abcde)	B ₃ ×P ₁
۳۶۱/۶ ^{m-s} (c)	۵۱۶ ^{a-c} (ab)	۵۰۹/۶ ^{b-g} (bcde)	۵۴۲/۳ ^{a-e} (ab)	۴۴۸/۶ ^{v-r} (f)	۵۵۵ ^{c-k} (bcd)	۶۷۲ ^a (a)	B ₄ ×P ₁
۳۹۵/۶ ^{i-p} (bc)	۴۱۳/۶ ^{i-o} (cd)	۴۶۰ ^{f-i} (efg)	۴۲۰/۶ ^{l-r} (d)	۴۶۶/۳ ^{j-q} (ef)	۴۹۳/۶ ^{k-p} (de)	۵۲۹/۳ ^{g-n} (cde)	B ₁ ×P ₂ عدم
۵۱۱/۶ ^{a-c} (a)	۳۹۳ ^{l-q} (cd)	۳۹۴/۳ ^{o-t} (h)	۵۶۰ ^{a-d} (ab)	۴۸۸ ^{h-o} (def)	۶۱۳/۳ ^{a-d} (ab)	۵۲۰/۳ ^{h-o} (de)	B ₂ ×P ₂ اعمال
۳۲۲ ^{r-u} (c)	۵۲۶/۶ ^{a-d} (ab)	۵۳۲/۳ ^{a-e} (abcd)	۵۰۹/۳ ^{c-i} (bc)	۵۶۵/۶ ^{b-g} (bc)	۵۱۲ ^{g-o} (cde)	۶۵۰/۶ ^{a-d} (ab)	B ₃ ×P ₂ شوری
۵۲۴/۶ ^{a-b} (a)	۵۶۱/۳ ^a (a)	۵۴۷/۶ ^{a-c} (ab)	۴۱۱/۶ ^{m-r} (d)	۶۱۶/۶ ^{a-c} (ab)	۶۵۳/۶ ^{ab} (a)	۶۰۳/۳ ^{a-i} (abcde)	B ₄ ×P ₂ (S ₁)
۴۶۸/۶ ^{b-h} (ab)	۴۸۴/۶ ^{c-h} (b)	۴۸۸ ⁱ (cdef)	۵۱۷/۶ ^{b-h} (bc)	۵۲۵/۶ ^{d-k} (cde)	۵۶۹/۶ ^{c-i} (bc)	۶۲۵ ^{a-f} (abcd)	B ₁ ×P ₃
۵۱۸ ^{a-b} (a)	۵۳۴/۳ ^{a-c} (ab)	۵۵۵/۳ ^{a-b} (ab)	۵۸۵ ^{a-b} (ab)	۵۹۱/۶ ^{a-e} (abc)	۶۴۶ ^{a-b} (a)	۶۵۷/۳ ^{a-c} (a)	B ₂ ×P ₃
۴۹۷/۶ ^{a-d} (a)	۵۱۹/۳ ^{a-e} (ab)	۵۴۰/۶ ^{a-d} (abc)	۵۶۸ ^{a-c} (ab)	۶۴۶ ^a (a)	۵۰۵ ^{i-o} (cde)	۶۵۹/۶ ^{ab} (a)	B ₃ ×P ₃
۵۴۱ ^a (a)	۵۴۲ ^{a-b} (ab)	۵۷۳/۶ ^a (a)	۶۰۳/۶ ^a (a)	۶۲۵/۳ ^{ab} (ab)	۶۷۱/۶ ^a (a)	۶۳۵/۶ ^{a-e} (abc)	B ₄ ×P ₃
۶۳/۶۵	۵۳/۲	۵۷/۸	۶۸/۲۶	۷۶/۲۷	۶۷/۰۱	۹۲/۶۹	LSD

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۱۲-

فلورسانس متغیر برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۲۸۰ ^{u-v} (k)	۲۹۲/۳ ^{t-u} (i)	۲۶۵/۶ ^w (g)	۳۰۳/۶ ^{u-v} (h)	۳۳۰/۶ ^{w-x} (g)	۳۰۸/۶ ^u (j)	۳۲۳/۶ ^t (g)	B ₁ ×P ₁
۲۸۹ ^{t-v} (j)	۳۶۴/۶ ^{o-s} (g)	۳۴۳ ^{t-v} (ef)	۴۱۹/۳ ^{k-q} (e)	۳۸۹/۳ ^{r-w} (f)	۴۲۷/۳ ^{p-t} (h)	۴۵۹/۶ ^{t-r} (d)	B ₂ ×P ₁
۳۴۷/۶ ^{o-t} (h)	۴۱۰/۳ ^{j-p} (e)	۳۷۶/۳ ^{q-t} (de)	۳۵۴ ^{r-v} (fg)	۴۱۰/۶ ^{p-v} (ef)	۴۶۸/۳ ^{n-q} (g)	۳۷۶/۳ ^{r-t} (f)	B ₃ ×P ₁
۴۴۶ ^{d-j} (c)	۴۵۵/۶ ^{f-j} (cd)	۴۰۸/۶ ^{t-s} (cd)	۴۸۶ ^{e-l} (cd)	۵۳۳/۶ ^{d-j} (bc)	۵۴۶/۶ ^{d-l} (d)	۵۶۵/۳ ^{c-k} (b)	B ₄ ×P ₁
۳۳۱ ^{q-u} (i)	۳۲۲/۳ ^{s-t} (h)	۳۱۸ ^{u-w} (f)	۳۶۶ ^{q-u} (f)	۳۶۴ ^{t-w} (fg)	۳۸۲/۳ ^{s-t} (i)	۴۱۴/۳ ^{p-t} (e)	B ₁ ×P ₂ شوری
۳۸۷/۳ ^{t-q} (f)	۴۰۶/۳ ^{j-p} (e)	۴۱۴ ^{k-r} (cd)	۴۶۸ ^{f-m} (d)	۴۹۴ ^{g-o} (cd)	۵۱۶/۶ ^{e-n} (e)	۴۴۹/۶ ^{m-r} (de)	B ₂ ×P ₂ ۶۰ میلی
۴۰۳/۶ ^{i-o} (e)	۳۲۸/۶ ^{q-s} (g)	۳۸۴/۶ ^{p-t} (de)	۳۲۶/۳ ^{v-gh} (gh)	۳۷۹/۶ ^{s-w} (fg)	۴۱۷/۳ ^{q-t} (h)	۵۱۸ ^{h-o} (b)	B ₃ ×P ₂ مولار
۴۸۳ ^{a-f} (b)	۴۷۷/۶ ^{d-h} (b)	۴۵۴ ^{g-u} (bc)	۵۳۴/۳ ^{b-f} (a)	۵۷۵ ^{a-f} (ab)	۵۹۶ ^{b-e} (b)	۶۱۸ ^{a-g} (a)	B ₄ ×P ₂ (S ₂)
۳۷۰/۶ ^{t-s} (g)	۳۸۲/۶ ^{n-r} (f)	۳۵۹/۶ ^{s-v} (ef)	۴۳۸/۳ ^{j-p} (e)	۴۵۶/۳ ^{k-r} (de)	۴۸۵ ^{j-p} (f)	۴۸۲/۶ ^{k-q} (cd)	B ₁ ×P ₃
۴۲۴/۳ ^{f-m} (d)	۴۴۹/۳ ^{g-k} (d)	۴۳۶ ^{i-p} (c)	۵۲۵/۶ ^{o-s} (ab)	۵۱۷/۳ ^{e-l} (c)	۵۷۸/۳ ^{c-g} (c)	۵۶۲/۳ ^{d-k} (g)	B ₂ ×P ₃
۴۷۶/۳ ^{b-g} (b)	۴۶۸/۶ ^{e-i} (bc)	۴۹۵ ^{c-h} (ab)	۵۰۱/۳ ^{j-bc} (bc)	۵۴۹/۳ ^{b-abc} (abc)	۵۸۷/۳ ^{b-f} (bc)	۶۱۰/۶ ^{a-h} (a)	B ₃ ×P ₃
۴۹۷/۳ ^{a-e} (a)	۵۰۵ ^{b-f} (a)	۵۱۷/۶ ^{a-f} (a)	۵۵۱/۶ ^{a-e} (a)	۵۹۹/۳ ^{a-d} (a)	۶۲۱/۶ ^{a-c} (a)	۶۳۴/۳ ^{a-e} (a)	B ₄ ×P ₃
۲۴۵/۶ ^v (e)	۲۵۳/۳ ^u (g)	۳۰۵/۳ ^{v-w} (f)	۲۷۴ ^v (g)	۲۸۷/۳ ^x (f)	۳۷۲/۶ ^{t-u} (e)	۳۵۳/۳ ^{s-t} (e)	B ₁ ×P ₁
۳۰۸/۶ ^{s-v} (de)	۴۴۶/۶ ^{g-k} (ab)	۴۶۵ ^{f-l} (abc)	۴۳۰/۶ ^{k-q} (abcd)	۳۴۲/۳ ^{v-x} (ef)	۴۰۰ ^{r-t} (de)	۵۱۰/۶ ^{i-o} (abcd)	B ₂ ×P ₁
۴۱۷/۳ ^{g-n} (ab)	۲۸۴ ^{t-u} (fg)	۳۶۷/۳ ^{q-u} (ef)	۳۱۴/۳ ^{t-v} (fg)	۵۱۳/۳ ^{f-m} (ab)	۵۲۳/۳ ^{f-n} (abc)	۴۴۰/۳ ^{n-s} (cde)	B ₃ ×P ₁
۳۷۹/۳ ^{k-r} (bc)	۳۸۸/۶ ^{m-q} (bcd)	۴۰۶ ^{t-s} (bcde)	۴۰۴ ^{m-r} (bcde)	۴۳۶ ^{n-t} (bcd)	۴۶۰/۳ ^{n-r} (bcd)	۵۳۴ ^{f-m} (abc)	B ₄ ×P ₁
۳۸۱/۳ ^{k-r} (bc)	۴۰۶ ^{j-q} (bc)	۴۴۷ ^{h-o} (abcd)	۳۶۴ ^{q-u} (def)	۴۴۱ ^{m-s} (bc)	۳۸۷ ^{s-t} (de)	۵۲۹/۶ ^{g-n} (abc)	B ₁ ×P ₂ شوری
۴۱۰ ^{h-o} (ab)	۳۱۳/۶ ^{s-t} (efg)	۳۸۴/۶ ^{p-t} (de)	۳۷۴/۶ ^{p-t} (cdef)	۳۵۳/۳ ^{u-x} (def)	۵۷۲/۶ ^{c-h} (a)	۵۰۰ ^{j-p} (bcd)	B ₂ ×P ₂ ۱۲۰
۴۲۶/۶ ^{f-l} (ab)	۳۵۹/۶ ^{p-s} (cde)	۴۱۱ ^{k-r} (abcde)	۴۹۰/۶ ^{e-k} (a)	۵۴۸/۳ ^{c-i} (a)	۴۴۷/۳ ^{o-s} (cde)	۴۲۸/۶ ^{o-s} (de)	B ₃ ×P ₂ میلی
۴۳۸ ^{e-k} (ab)	۴۴۷ ^{g-l} (ab)	۴۴۱ ^{h-p} (abcd)	۴۵۵ ^{h-n} (ab)	۵۰۸/۶ ^{f-n} (ab)	۵۳۶/۶ ^{e-m} (ab)	۵۷۵ ^{b-k} (ab)	B ₄ ×P ₂ مولار
۳۱۸ ^{r-u} (cd)	۳۳۳/۳ ^{t-def} (def)	۳۵۱/۳ ^{s-v} (ef)	۳۳۳/۶ ^{s-v} (efg)	۴۰۰/۳ ^{q-w} (cde)	۳۹۳/۶ ^{t-t} (de)	۴۰۳/۳ ^{q-t} (e)	B ₁ ×P ₃ (S ₃)
۳۳۶/۶ ^{p-u} (cd)	۳۹۲ ^{l-q} (bcd)	۳۹۸/۶ ^{n-t} (cde)	۳۸۴/۳ ^{o-bcdef} (bcdef)	۴۷۶/۳ ^{t-q} (abc)	۵۲۶/۳ ^{f-n} (abc)	۵۵۷ ^{e-k} (ab)	B ₂ ×P ₃
۴۱۷/۶ ^{g-n} (ab)	۴۳۶/۳ ^{h-m} (ab)	۴۶۷/۳ ^{f-k} (ab)	۴۴۵/۳ ^{i-o} (abc)	۴۴۵ ^{l-s} (bc)	۵۰۸/۳ ^{h-o} (abc)	۵۴۷ ^{e-l} (ab)	B ₃ ×P ₃
۴۵۳ ^{c-l} (a)	۴۹۱/۶ ^{b-g} (a)	۴۷۴/۶ ^{e-j} (a)	۴۹۳/۶ ^{d-k} (a)	۵۵۷/۶ ^{b-h} (a)	۵۶۲ ^{c-j} (a)	۶۰۲ ^{a-i} (a)	B ₄ ×P ₃
۶۳/۶۵	۵۳/۲	۵۷/۸	۶۸/۲۶	۷۶/۲۷	۶۷/۰۱	۹۲/۶۹	LSD

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

روز بعد از کاشت)، فلورسانس حداکثر در کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شوری ۱۲۰ میلی مولار از افزایش ۸۴ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در این سطح از شوری برخوردار بود (جدول ۱۴). احتمالاً در سطوح شوری بالا و عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین به دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ (شکل ۲)، موجب می‌شود تجمع رادیکال‌های آزاد در سلول زیاد شده و همین امر به دلیل تغییر در کارایی غشای سلول و اندامک‌های سلولی، موجب

زمان‌هایی از مراحل نمونه‌برداری است (جدول ۱۲). در رابطه با فلورسانس حداکثر برگ پرچم نیز، در ۱۱۱ روز پس از کاشت کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۴۵/۴۶ درصدی این صفت در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی مولار برخوردار بود (جدول ۱۴). مقایسه میانگین به روش برش‌دهی نیز نشان داد که در مراحل نهایی نمونه‌برداری (۱۱۱

جدول ۱۳- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس حداکثر برگ پرچم تریتیکاله تحت تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
فلورسانس حداکثر برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۱۷۵۲۳**	۳۰۰۰۰**	۱۳۰۵۶**	۳۲۸۴۶**	۱۲۹۸۴**	۲۵۶۳۵**	۱۵۹۲۹**	۲	تکرار
۱۸۱۸۷**	۴۷۷۹۵**	۵۹۱۶۶**	۵۸۰۶۲**	۴۹۰۱۴**	۵۳۳۸۲**	۵۳۴۷۷**	۲	تنش شوری (S)
۳۰۴۲۹**	۳۹۱۱۳**	۲۸۱۵۸**	۴۲۳۴۱**	۵۶۷۸۳**	۶۹۵۱۹**	۴۱۱۶۷**	۳	کودهای زیستی (B)
۵۱۵۷۸**	۳۲۸۵۲**	۲۶۹۵۳**	۵۱۸۶۲**	۵۹۴۵۰**	۴۱۷۷۹**	۴۱۸۹**	۲	پوترسین (P)
۶۴۳۵**	۱۲۹۳ ^{ms}	۲۳۱۵**	۵۱۸۲**	۷۸۲۸**	۴۸۸۵**	۷۶۵۷*	۶	S×B
۶۵۴۴**	۱۲۷۱ ^{ns}	۲۹۶۸**	۵۸۳۳**	۳۱۹۱ ^{ns}	۳۴۵۰*	۶۶۶۹ ^{ns}	۴	S×P
۳۲۰۰**	۴۱۵۷**	۲۸۳۶**	۳۸۰۳**	۳۰۴۲*	۱۴۱۵۷**	۸۱۶۴*	۶	B×P
۲۰۵۰*	۵۲۰۰**	۲۷۱۰**	۵۱۳۳**	۵۰۴۶**	۲۳۴۹*	۵۲۴۴*	۱۲	S×B×P
۱۱۵۸۶**	۹۲۰۰**	۵۷۰۲**	۱۱۰۴۳**	۱۰۵۴۷**	۹۷۴۴**	۷۸۲۰ ^{ns}	۱۱	S1 در B×P
۹۳۲۹**	۷۶۸۸**	۹۱۰۰**	۱۳۵۹۷**	۱۴۹۵۱**	۱۷۲۴۰**	۱۶۸۹۲**	۱۱	S2 در B×P
۶۶۳۳**	۸۸۶۱**	۴۶۲۲**	۸۹۵۹**	۱۳۳۹۱**	۱۳۷۷۶**	۱۰۸۸۸**	۱۱	S3 در B×P
۸۷۹	۶۲۰	۷۱۳	۱۰۹۳	۱۳۳۷	۱۰۹۳	۲۷۴۲	۷۰	خطا
۴/۹۶	۴/۰۸	۴/۲۸	۵/۲۴	۵/۵۳	۴/۸۶	۷/۵۳		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۱۴- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر فلورسانس حداکثر برگ پرچم تریتیکاله تحت تنش شوری

فلورسانس حداکثر برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۵۶۱/۳ ^{ms-s} (cd)	۵۹۳ ^{k-q} (d)	۶۱۳/۶ ^{j-q} (gh)	۶۰۴ ^{m-r} (d)	۶۱۲/۳ ^{o-u} (g)	۶۵۴/۶ ^{l-p} (e)	۶۷۲/۶ ^{g-n} (cd)	B1×P1
۵۷۷ ^{l-s} (cd)	۶۱۰ ⁱ⁻ⁿ (cd)	۶۳۲/۶ ⁱ⁻ⁿ (fgh)	۶۴۲ ^{s-m} (cd)	۶۶۲ ^{h-p} (efg)	۶۷۲/۳ ^{j-n} (de)	۷۰۰/۶ ^{d-l} (abcd)	B2×P1
۵۶۷/۶ ^{l-s} (cd)	۵۶۰/۶ ^{p-s} (d)	۶۵۸/۶ ^{e-i} (def)	۵۸۷ ^{m-s} (d)	۷۰۷/۳ ^{c-i} (cde)	۷۵۴/۶ ^{b-f} (abc)	۷۳۳/۶ ^{a-h} (abcd)	B3×P1
۵۶۴/۶ ^{m-s} (cd)	۶۸۱ ^{a-e} (ab)	۶۸۰ ^{b-g} (bcde)	۷۰۷ ^{l-r} (ab)	۶۳۲/۳ ^{l-s} (g)	۷۱۵/۶ ^{d-j} (cde)	۷۹۸/۶ ^{a-b} (ab)	B4×P1
۵۹۱/۳ ^{i-o} (bc)	۶۰۴ ^{j-o} (d)	۶۴۱/۶ ^{g-k} (efg)	۶۱۰/۶ ^{l-r} (d)	۶۴۷/۶ ^{j-r} (fg)	۶۶۷/۶ ^{j-o} (de)	۶۹۳/۶ ^{e-l} (bcd)	B1×P2
۶۷۹ ^{a-c} (a)	۵۸۶ ^{l-g} (d)	۵۹۲/۳ ^{m-t} (h)	۷۲۱ ^{a-d} (ab)	۶۶۴ ^{h-p} (efg)	۷۶۱ ^{a-e} (abc)	۶۵۴/۳ ^{h-o} (d)	B2×P2
۵۳۴/۳ ^{q-u} (d)	۶۹۲/۶ ^{a-d} (ab)	۶۹۸ ^{a-c} (abcd)	۶۸۱ ^{c-l} (bc)	۷۲۶ ^{b-g} (bcd)	۶۵۶/۳ ^{k-p} (e)	۷۸۲/۳ ^{a-d} (abc)	B3×P2
۶۸۹/۳ ^{a-b} (a)	۷۲۱ ^a (a)	۷۰۹/۳ ^{a-c} (ab)	۶۰۲/۶ ^{m-r} (d)	۷۶۶/۶ ^{a-b} (abc)	۷۹۳/۶ ^{a-b} (a)	۷۲۵/۶ ^{a-i} (abcd)	B4×P2
۶۴۷/۳ ^{b-h} (ab)	۶۵۹/۶ ^{c-h} (bc)	۶۶۳/۳ ^{d-i} (cdef)	۶۸۷/۶ ^{b-h} (bc)	۶۹۴/۶ ^{d-k} (def)	۷۲۶/۶ ^{d-i} (bcd)	۷۶۲/۶ ^{a-f} (abcd)	B1×P3
۶۸۳/۶ ^{a-b} (a)	۶۹۸/۳ ^{a-c} (ab)	۷۱۵/۶ ^{a-b} (ab)	۷۴۱/۳ ^{a-b} (ab)	۷۴۶/۶ ^{a-e} (abcd)	۷۸۶/۶ ^{a-c} (ab)	۸۰۷/۳ ^a (a)	B2×P3
۶۷۴ ^{a-d} (a)	۶۸۶/۶ ^{a-e} (ab)	۷۰۴/۳ ^{a-d} (abc)	۷۲۸ ^{a-c} (ab)	۷۹۰/۶ ^a (a)	۶۷۷/۳ ⁱ⁻ⁿ (de)	۷۸۸/۶ ^{a-c} (ab)	B3×P3
۷۰۲/۶ ^a (a)	۷۰۵/۶ ^{a-b} (ab)	۷۳۰/۳ ^a (a)	۷۵۷/۳ ^a (a)	۷۷۳/۳ ^{a-b} (ab)	۸۰۸/۶ ^a (a)	۷۵۴/۶ ^{a-g} (abcd)	B4×P3
۴۸/۲۸۹	۴۰/۵۶	۴۳/۴۹۳	۵۳/۸۴۳	۵۹/۵۵۷	۵۳/۸۴۶	۸۵/۲۸۵	LSD

S1، S2 و S3 به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B1، B2، B3 و B4 به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P1، P2 و P3 به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پراکنش مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پراکنش مقایسه میانگین به روش برش دهی را نشان می‌دهد.

ادامه جدول ۱۴ -

فلورسانس حداکثر برگ پرچم							ترکیبات تیماری
روز پس از کاشت							
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷	
۵۰۴ ^{u-v} (k)	۵۱۴/۶ ^{l-v} (i)	۴۹۱/۳ ^w (i)	۵۲۰ ^{t-u} (h)	۵۴۳/۶ ^{v-w} (g)	۵۲۱ ^v (h)	۵۳۴/۶ ^q (h)	B ₁ ×P ₁
۵۱۱ ^{t-v} (j)	۵۶۵/۶ ^{o-s} (fg)	۵۵۶ ^{t-v} (gh)	۶۱۸ ^{k-q} (e)	۵۹۰ ^{r-v} (f)	۶۱۷ ^{o-s} (f)	۶۴۱ ^{i-p} (e)	B ₂ ×P ₁
۵۵۵/۶ ^{n-t} (h)	۶۰۳ ^{j-o} (e)	۵۸۱ ^{p-t} (efg)	۵۵۷ ^{r-t} (fg)	۶۰۶/۳ ^{p-u} (ef)	۶۴۸/۶ ^{l-p} (e)	۵۷۸/۳ ^{o-q} (g)	B ₃ ×P ₁
۶۳۰ ^{d-j} (c)	۶۳۶/۳ ^{f-j} (cd)	۵۹۹/۳ ^{l-t} (def)	۶۶۲/۶ ^{o-l} (cd)	۷۰۱/۶ ^{d-j} (bc)	۷۰۹ ^{e-k} (c)	۷۲۰/۶ ^{b-l} (b)	B ₄ ×P ₁
۵۴۲/۶ ^{p-u} (i)	۵۳۵/۳ ^{s-u} (h)	۵۳۵/۶ ^{u-v} (h)	۵۶۷/۳ ^{q-t} (f)	۵۷۰/۳ ^{t-v} (fg)	۵۸۲ ^{t-u} (g)	۶۰۶/۳ ^{m-q} (fg)	B ₁ ×P ₂
۵۸۶ ^{j-p} (f)	۵۹۸/۶ ^{j-p} (e)	۶۰۸ ^{k-r} (cde)	۶۴۸ ^{f-m} (d)	۶۷۰/۳ ^{g-o} (cd)	۶۸۵/۳ ^{h-m} (d)	۶۳۳/۶ ^{j-p} (ef)	B ₂ ×P ₂
۵۹۷/۶ ⁱ⁻ⁿ (e)	۵۵۴/۳ ^{q-t} (g)	۵۸۲/۶ ^{p-t} (efg)	۵۳۶ ^{s-u} (gh)	۵۷۶/۶ ^{s-v} (fg)	۶۰۹/۳ ^{p-t} (f)	۶۸۶/۳ ^{e-m} (bc)	B ₃ ×P ₂
۶۵۷/۶ ^{a-f} (b)	۶۵۴ ^{d-h} (b)	۶۳۷/۳ ^{g-m} (bc)	۷۰۰/۶ ^{b-f} (a)	۷۳۳/۶ ^{a-f} (ab)	۷۴۷/۳ ^{b-f} (b)	۷۵۸ ^{a-f} (a)	B ₄ ×P ₂
۵۷۳ ^{t-q} (g)	۵۷۹/۶ ^{n-r} (f)	۵۶۸/۶ ^{r-v} (fgh)	۶۲۵/۳ ^{j-p} (e)	۶۴۰ ^{k-r} (de)	۶۶۱/۳ ^{k-p} (e)	۶۵۸/۳ ^{h-o} (de)	B ₁ ×P ₃
۶۱۳/۶ ^{f-l} (d)	۶۳۱/۳ ^{e-k} (d)	۶۲۴ ^{i-p} (cd)	۶۹۴ ^g (ab)	۶۸۸/۶ ^{e-m} (bc)	۷۳۳/۶ ^{c-h} (b)	۷۱۰ ^{c-k} (b)	B ₂ ×P ₃
۶۵۲/۶ ^{b-g} (b)	۶۴۶/۳ ^{e-i} (bc)	۶۶۸/۳ ^{c-g} (ab)	۶۷۴/۶ ^{c-j} (bc)	۷۱۳/۳ ^{c-l} (abc)	۷۴۰/۳ ^{b-g} (b)	۷۵۲/۶ ^{a-g} (a)	B ₃ ×P ₃
۶۶۸/۳ ^{a-e} (a)	۶۷۵/۳ ^{b-f} (a)	۶۸۶/۳ ^{b-f} (a)	۷۱۴/۶ ^{a-e} (a)	۷۵۳ ^{a-d} (a)	۷۶۷/۶ ^{a-d} (a)	۷۶۹/۳ ^{a-e} (a)	B ₄ ×P ₃
۴۸۳ ^v (e)	۴۸۸ ^v (g)	۵۲۵/۶ ^{v-w} (e)	۴۹۶/۶ ^u (g)	۵۰۶/۳ ^w (f)	۵۴۷ ^{u-v} (f)	۵۶۰/۳ ^{p-q} (e)	B ₁ ×P ₁
۵۲۴/۳ ^{s-v} (de)	۶۳۳/۶ ^{g-j} (ab)	۶۴۹/۳ ^{f-k} (ab)	۶۱۹/۳ ^k ^q (abcd)	۵۵۳/۳ ^{s-w} (ef)	۵۶۹/۳ ^{s-v} (ef)	۷۰۹ ^{c-k} (ab)	B ₂ ×P ₁
۶۰۷/۶ ^{g-m} (ab)	۵۰۸/۳ ^{u-v} (fg)	۵۷۴/۳ ^{q-u} (de)	۵۲۷/۶ ^{t-u} (fg)	۶۹۰/۳ ^{e-k} (ab)	۷۱۷/۶ ^{d-j} (a)	۶۲۶/۶ ^{k-p} (bcde)	B ₃ ×P ₁
۵۷۹/۶ ^{k-g} (bc)	۵۸۴/۳ ^{m-q} (bcd)	۶۰۲/۳ ^{l-s} (bcd)	۵۹۷/۶ ^m ^r (bcde)	۶۲۴/۶ ^{n-t} (bcd)	۶۴۳ ^{m-q} (bcd)	۶۷۹/۶ ^{f-n} (abcd)	B ₄ ×P ₁
۵۸۴ ^{j-p} (abc)	۶۰۳/۶ ^{j-o} (bc)	۶۳۵/۶ ⁱ⁻ⁿ (abc)	۵۶۷ ^{q-t} (def)	۶۳۴ ^{l-s} (bc)	۵۵۹ ^{l-v} (f)	۷۳۴/۳ ^{a-h} (a)	B ₁ ×P ₂
۶۰۳ ^{h-n} (ab)	۵۲۹ ^{s-u} (efg)	۵۸۶/۶ ^{o-t} (cd)	۵۷۳/۶ ^{p-t} (cdef)	۵۶۲ ^{u-w} (def)	۷۳۰ ^{d-i} (a)	۶۷۸/۶ ^{f-n} (abcd)	B ₂ ×P ₂
۶۱۵/۶ ^{f-l} (ab)	۵۶۰/۳ ^{p-s} (cde)	۶۱۱ ^{j-r} (abcd)	۶۶۷/۶ ^{d-k} (a)	۷۱۴/۶ ^{b-l} (a)	۶۳۲/۳ ^{m-r} (cde)	۶۱۸ ^{l-q} (cde)	B ₃ ×P ₂
۶۲۴ ^{e-k} (ab)	۶۲۶ ^{g-l} (ab)	۶۲۷/۶ ^{i-o} (abc)	۶۳۷/۳ ^{h-m} (ab)	۶۸۲ ^{l-n} (ab)	۷۰۱ ^{f-l} (ab)	۷۲۷/۶ ^{a-h} (a)	B ₄ ×P ₂
۵۳۱/۳ ^{t-u} (cde)	۵۴۳/۳ ^{r-u} (def)	۵۶۲/۶ ^{s-v} (de)	۵۴۱ ^{s-u} (efg)	۵۹۸/۳ ^{q-v} (cde)	۵۹۰/۶ ^{q-u} (def)	۵۹۸ ^{n-q} (de)	B ₁ ×P ₃
۵۴۷/۳ ^{o-u} (cd)	۵۸۵/۶ ^{l-q} (bcd)	۵۹۶/۶ ^{m-t} (cd)	۵۸۱/۶ ^o ^g (bcdef)	۶۵۵/۶ ^{i-q} (abc)	۶۹۲/۶ ^{g-m} (abc)	۷۱۴/۳ ^{b-j} (ab)	B ₂ ×P ₃
۶۰۸/۶ ^{g-m} (ab)	۶۲۱/۶ ^{h-m} (ab)	۶۴۷ ^{f-k} (ab)	۶۳۱ ^{i-o} (abc)	۶۳۰/۶ ^{m-s} (bc)	۶۷۸/۶ ⁱ⁻ⁿ (abc)	۷۰۷/۳ ^{c-k} (abc)	B ₃ ×P ₃
۶۳۵/۳ ^{c-l} (a)	۶۶۵ ^{c-g} (a)	۶۵۳ ^{f-j} (a)	۶۶۸/۶ ^{d-k} (a)	۷۲۰ ^{b-h} (a)	۷۲۱ ^{e-j} (a)	۷۴۷ ^{a-g} (a)	B ₄ ×P ₃
۴۸/۲۸۹	۴۰/۵۶	۴۳/۴۹۳	۵۳/۸۴۳	۵۹/۵۵۷	۵۳/۸۴۶	۸۵/۲۸۵	LSD

شوری ۶۰ میلی مولار (S₂)

شوری ۱۲۰ میلی مولار (S₃)

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

جذب آب ضمن کاهش محتوای نسبی آب برگ و تخریب ساختار کلروفیل، موجب افزایش فلورسانس حداقل و کاهش فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر برگ گندم شد. در این بررسی نیز تنش شوری با کاهش محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ (شکل ۲ و ۱)، موجب افزایش فلورسانس حداقل و کاهش فلورسانس متغیر و حداکثر برگ پرچم شد (جدول ۱۰، ۱۲ و ۱۴).

اختلال در فرآیند انتقال الکترون و در نتیجه کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل می‌گردد (Molinari et al., 2007). بخشی از افزایش فلورسانس حداقل و کاهش فلورسانس متغیر و حداکثر در شرایط تنش شوری، می‌تواند ناشی از افزایش هدایت الکتریکی (جدول ۴) و یا کاهش هدایت روزنه‌ای (جدول ۸) باشد (Mousavi et al., 2022). آفایی و همکاران (۱۴۰۱) نیز اظهار داشتند شوری از طریق ایجاد محدودیت در

عملکرد کوانتومی برگ پرچم: نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱۵). تغییرات این شاخص در تمامی ترکیبات تیماری از روند نزولی نسبتاً مشابهی برخوردار بود، بطوریکه مقدار این شاخص در مراحل اولیه نمونه برداری بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد به دلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، کاهش مقدار کلروفیل و پیرشدن برگ‌ها روند نزولی داشت. با کاربرد کودهای زیستی و پوترسین، روند تغییرات این شاخص نوسان کمتری نشان داد (شکل ۳). بطوریکه مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۵۱/۳۷ درصدی عملکرد کوانتومی نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار در ۱۱۱ روز پس از کاشت برخوردار بود (شکل ۳). نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر کارآیی فتوسیستم II را در تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی نشان می‌دهد و در شرایط طبیعی مقدار این نسبت در بیشتر گیاهان ۰/۸۳ است (بیارش و رقامی، ۱۴۰۰). از آنجایی که با کاهش محتوای نسبی آب برگ، فشار تورگر کاهش می‌یابد و از طرفی کاهش مقدار پتاسیم برگ در شرایط تنش، موجب می‌شود انتقال آب به سمت روزه کاهش یافته و در نهایت سلول‌های نگهبان روزه نیز بسته می‌شوند. در چنین شرایطی با بسته شدن روزه‌ها، هدایت روزه‌ای و تعرق کاهش می‌یابد (Sharma et al., 2005). با کاهش نرخ تعرق، دمای برگ افزایش می‌یابد و این افزایش دمای برگ موجب آسیب به دستگاه فتوسنتزی به‌ویژه فتوسیستم II و کاهش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و در نهایت عملکرد کوانتومی برگ می‌شود (بیارش و رقامی، ۱۴۰۰).

بخشی از بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل (فلورسانس حداقل، فلورسانس متغیر و حداکثر) (جدول ۱۰، ۱۲ و ۱۴) و افزایش عملکرد کوانتومی برگ پرچم (شکل ۳) به واسطه کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به بهبود محتوای

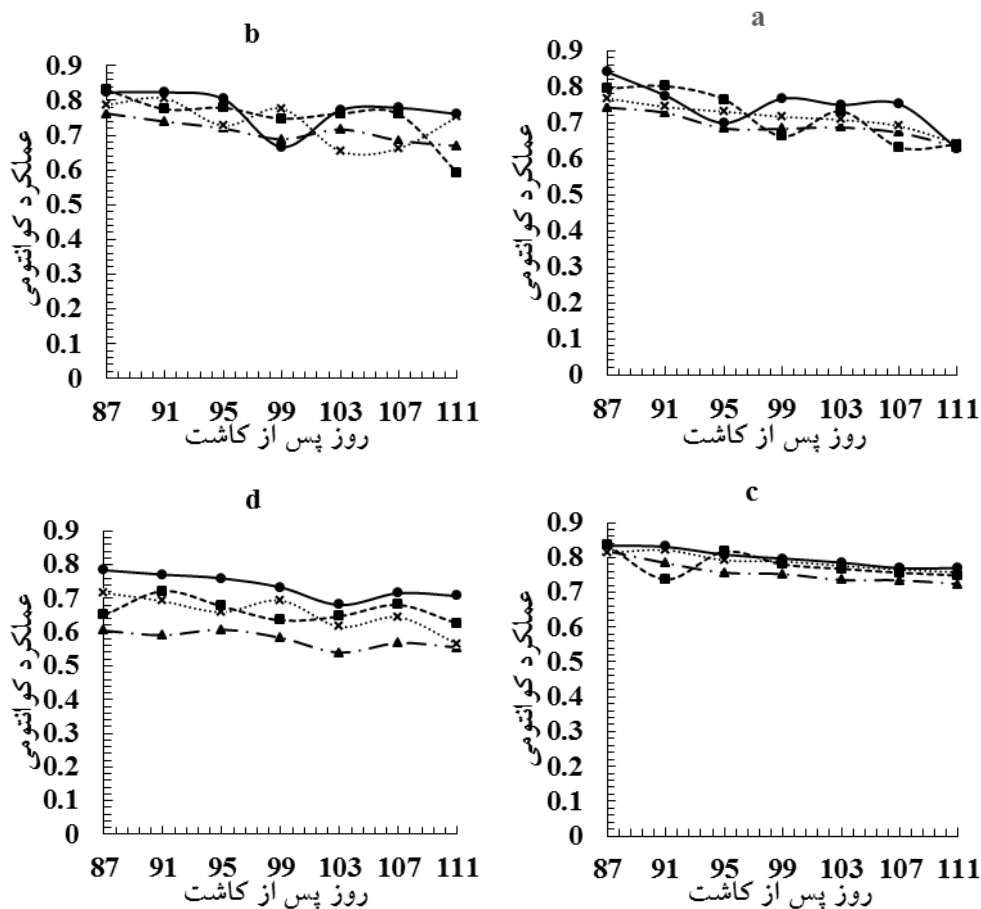
نسبی آب، شاخص کلروفیل و کاهش هدایت الکتریکی برگ پرچم (شکل ۲ و ۱ و جدول ۴) نسبت داد که با بررسی‌های آقایی و همکاران (۱۴۰۱) هم‌خوانی دارد. نظری و همکاران (۱۴۰۰) نیز بیان کردند که با کاربرد قارچ میکوریزا، محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل افزایش و هدایت الکتریکی برگ کاهش می‌یابد که ضمن کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر، موجب افزایش عملکرد کوانتومی برگ تریتیکاله می‌شود.

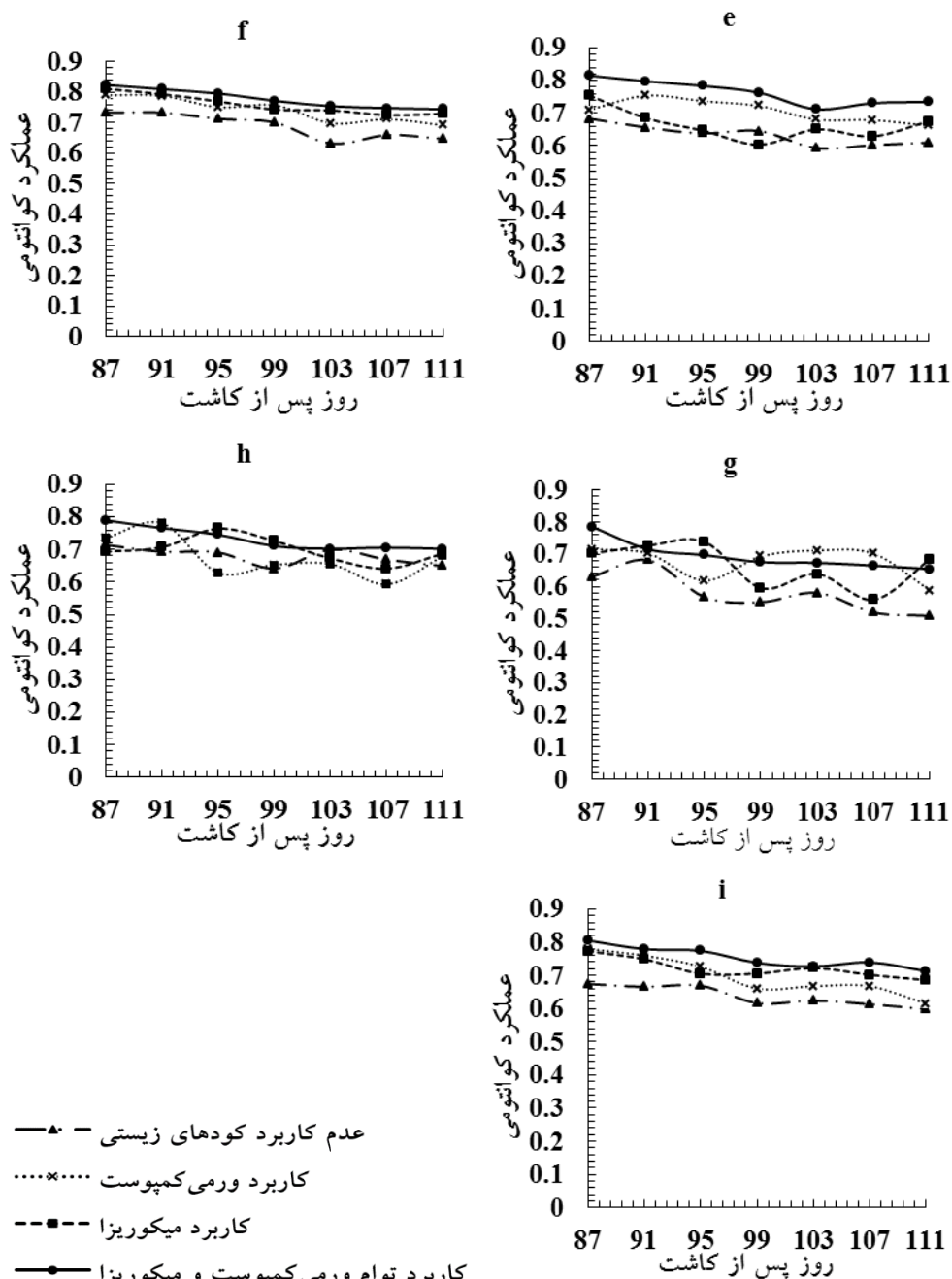
محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۱) نیز اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط شوری با کاهش هدایت الکتریکی و بهبود محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ، موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی برگ تریتیکاله شد. سایر محققین نیز افزایش عملکرد کوانتومی به‌واسطه کاربرد ورمی‌کمپوست را به بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، افزایش پایداری غشاء، افزایش محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب نسبت دادند که با بهبود سرعت فتوسنتز، عملکرد کوانتومی را افزایش می‌دهد (Ahangar et al., 2021). Trojak و Skowron (۲۰۲۱) نیز افزایش عملکرد کوانتومی برگ جو به‌واسطه کاربرد پوترسین را، به افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل و هدایت روزه‌ای برگ نسبت دادند. همچنین، Jalili و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که محلول‌پاشی پوترسین از طریق بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن، ضمن افزایش پایداری غشاء و محتوای کلروفیل، موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی شد. Mohammadi-Cheraghbabadi و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزایش عملکرد کوانتومی برگ به‌واسطه کاربرد پوترسین را به افزایش محتوای کلروفیل هدایت روزه‌ای نسبت دادند. در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین با افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و هدایت روزه‌ای برگ پرچم (شکل ۲ و ۱ و جدول ۸)، موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش

جدول ۱۵- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم تریتیکاله تحت تنش شوری

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد کوانتومی برگ پرچم (روز پس از کاشت)								
۱۱۱	۱۰۷	۱۰۳	۹۹	۹۵	۹۱	۸۷		
۰/۰۰۴۵**	۰/۰۰۶۳**	۰/۰۱۱۸**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۷۵**	۰/۰۰۵۷**	۰/۰۰۰۷**	۲	تکرار
۰/۰۱۹۶**	۰/۰۴۹۹**	۰/۰۵۹۱**	۰/۰۴۶۱**	۰/۰۳۸۱**	۰/۰۳۰۶**	۰/۰۵۵۵**	۲	تنش شوری (S)
۰/۰۳۸۱**	۰/۰۴۳۶**	۰/۰۳۳۱**	۰/۰۳۶۷**	۰/۰۴۲۶**	۰/۰۳۷۶**	۰/۰۴۹**	۳	کودهای زیستی (B)
۰/۰۶۶۸**	۰/۰۳۹۴**	۰/۰۲۷۶**	۰/۰۴۲۳**	۰/۰۴۷۵**	۰/۰۲۲۴**	۰/۰۳۵۶**	۲	پوترسین (P)
۰/۰۰۹۱**	۰/۰۰۱۹*	۰/۰۰۳۵**	۰/۰۰۵۲**	۰/۰۰۶۵**	۰/۰۰۲۵*	۰/۰۰۳۴**	۶	S×B
۰/۰۰۶۳**	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۳۲**	۴	S×P
۰/۰۰۴۵**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۲۶*	۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۳۱**	۶	B×P
۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۵۵**	۰/۰۰۰۲۹**	۰/۰۰۰۴۵**	۰/۰۰۰۳۸**	۰/۰۰۰۲۳*	۰/۰۰۰۱۷**	۱۲	S×B×P
۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۶	۷۰	خطا
							ضریب تغییرات (درصد)	
۵/۱۳	۴/۰۲	۴/۱۳	۴/۴	۴/۴۸	۴/۵	۳/۳۵		

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد





شکل ۳- تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم در شرایط (a- عدم محلول پاشی و عدم اعمال شوری؛ b- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ c- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و عدم اعمال شوری؛ d- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ e- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ f- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۶۰ میلی مولار؛ g- عدم محلول پاشی پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ h- محلول پاشی ۰/۴ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار؛ i- محلول پاشی ۰/۸ میلی مولار پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی مولار)

که تأثیر کودهای زیستی، پوترسین، شوری و برهمکنش توأم این سه عامل بر طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱۶)، براساس نتایج مقایسه میانگینها

فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی (جدول ۱۰، ۱۲، ۱۴ و شکل ۳) شد.

ارتفاع بوته و طول سنبله: نتایج تجزیه واریانس نشان داد

جدول ۱۶- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	طول سنبله	وزن صد دانه	تعداد دانه در سنبله
تکرار	۲	۳۳۴۱/۸۸۱**	۶۲/۶۲۷**	۳۱۱/۹۶۷**	۵/۳۵۹**
تنش شوری (S)	۲	۹۸۸/۵۷**	۱۷/۰۴۱**	۲۳۷/۸۷۵**	۳/۵۱۸**
کودهای زیستی (B)	۳	۶۲۲/۶۷۱**	۱۲/۰۷**	۲۰۷/۶**	۱/۵۹۷**
پوترسین (P)	۲	۳۷۰/۹۳**	۸/۹۶۲**	۲۱۸/۱**	۲/۲۸۷**
S×B	۶	۳۱/۷۹۵ ^{ns}	۰/۱۷۴ ^{ns}	۱۹/۰۳۵*	۰/۱۵۴**
S×P	۴	۹/۸۸۱ ^{ns}	۰/۷۱۲**	۱۵/۵۷۸ ^{ns}	۰/۰۹۳ ^{ns}
B×P	۶	۵۲/۵۶۵ ^{ns}	۰/۳۸۷ ^{ns}	۱۵/۰۳۹ ^{ns}	۰/۲۱۲**
S×B×P	۱۲	۶۶/۴۳۷ ^{ns}	۰/۴۹**	۲۱/۴۳۵**	۰/۱۵۴**
S1 در B*P	۱۱	۳۲/۱۷۷ ^{ns}	۱/۹۰۳**	۵۱/۳۰۸**	۰/۴۰۴**
S2 در B*P	۱۱	۵۵ ^{ns}	۲/۵۳۳**	۴۵/۲۵۵**	۰/۴۹۲**
S3 در B*P	۱۱	۷۲/۱۶۴ ^{ns}	۱/۵۸۵**	۴۷/۳۴۳**	۰/۳۵۷**
خطا	۷۰	۳۸/۳۷	۰/۲۱۶	۷/۹۹	۰/۰۵۶
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳۹	۵/۰۴	۵/۹۴	۵/۰۱
		۴/۶۴			

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نسبت به عدم کاربرد آنها، برخوردار بود. به نظر می‌رسد تنش شوری با کاهش آب قابل دسترس در خاک و ایجاد محدودیت در جذب عناصر غذایی، محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ را کاهش می‌دهد که با کاهش تولید مواد فتوسنتزی، رشد گیاه نیز کاهش می‌یابد (Hafez et al., 2020). نتایج مشابهی نیز توسط محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر اینکه شوری با کاهش محتوای کلروفیل و تولید مواد فتوسنتزی، ارتفاع بوته و طول سنبله تریتیکاله را کاهش می‌دهد گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که کاربرد ورمی کمپوست در چنین شرایطی با افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود محتوای کلروفیل، ارتفاع بوته و طول سنبله را افزایش داد.

بخش دیگری از افزایش ارتفاع بوته و طول سنبله (جدول ۱۸ و ۱۷) به واسطه کاربرد قارچ میکوریزا را می‌توان به کاهش هدایت الکتریکی (جدول ۴) و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (شکل ۱، ۲

کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش ۵۴/۱۶ درصدی طول سنبله در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار شد (جدول ۱۷). همچنین ارتفاع بوته در کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست (۱۲/۴۱ درصد)، محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین (۶/۸۵ درصد) و در شرایط عدم اعمال شوری (۹/۷۷ درصد) نسبت به تیمارهای عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول‌پاشی پوترسین و شوری ۱۲۰ میلی‌مولار افزایش داشت (جدول ۱۸). همچنین براساس نتایج مقایسه میانگین به روش برش‌دهی، در شرایط عدم اعمال شوری طول سنبله در حالت کاربرد توأم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین نسبت به عدم کاربرد آنها، از افزایش ۲۶/۷ درصدی برخوردار بود در حالی که در شوری ۶۰ میلی‌مولار از افزایش ۳۴ درصدی و در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) طول سنبله از افزایش ۳۵ درصدی در حالت کاربرد توأم کودهای زیستی و پوترسین

جدول ۱۷- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

عملکرد دانه (گرم در بوته)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله (عدد)	طول سنبله (سانتی متر)	ترکیب تیماری
۲/۵۱ ^{j-q} (f)	۴/۵۵ ^{j-n} (fg)	۴۴/۷۲ ^{j-o} (g)	۸/۷۶ ^{i-m} (e)	B ₁ ×P ₁
۲/۳۸ ^{o-s} (g)	۴/۳۳ ^{m-p} (g)	۴۵/۵۵ ⁱ⁻ⁿ (g)	۹/۲۶ ^{g-j} (de)	B ₂ ×P ₁
۲/۶۷ ^{e-j} (de)	۴/۹۴ ^{c-l} (de)	۴۴/۹۹ ^{j-n} (g)	۹/۱۶ ^{g-j} (de)	B ₃ ×P ₁
۲/۸۳ ^{a-e} (bc)	۵/۲۶ ^{a-c} (abc)	۵۲/۸۸ ^{a-e} (bcd)	۱۰/۳۶ ^{a-e} (abc)	B ₄ ×P ₁
۲/۶۶ ^{g-m} (ef)	۴/۶۸ ^{g-m} (ef)	۴۶/۸۸ ^{g-n} (fg)	۸/۸۳ ^{i-l} (e)	B ₁ ×P ₂
۲/۸۴ ^{a-e} (bc)	۵/۰۸ ^{b-f} (cd)	۵۰/۸۸ ^{b-g} (de)	۱۰/۵ ^{a-c} (ab)	B ₂ ×P ₂
۲/۷۵ ^{b-h} (cd)	۵/۲۶ ^{a-d} (abc)	۴۹/۲۷ ^{c-j} (ef)	۹/۶۶ ^{e-h} (cd)	B ₃ ×P ₂
۲/۹۲ ^{a-c} (ab)	۵/۵۳ ^a (a)	۵۴/۸۸ ^{a-b} (ab)	۱۰/۶۶ ^{a-b} (ab)	B ₄ ×P ₂
۲/۸۱ ^{b-f} (bc)	۵/۲۱ ^{a-d} (bcd)	۵۱/۶ ^{b-f} (cde)	۱۰ ^{b-f} (bc)	B ₁ ×P ₃
۲/۹۴ ^{a-b} (ab)	۵/۳۲ ^{a-c} (abc)	۵۴/۳۸ ^{a-b} (abc)	۱۰/۴۳ ^{a-d} (abc)	B ₂ ×P ₃
۲/۹ ^{a-d} (ab)	۵/۱۵ ^{a-e} (bcd)	۵۳/۶۶ ^{a-c} (abcd)	۱۰/۶ ^{a-b} (ab)	B ₃ ×P ₃
۳/۰۱ ^a (a)	۵/۴۳ ^{a-b} (ab)	۵۶/۳۳ ^a (a)	۱۱/۱ ^a (a)	B ₄ ×P ₃
۲/۲۲ ^{s-t} (g)	۴ ^{p-q} (f)	۴۰/۲۷ ^{o-q} (e)	۷/۷۳ ^{o-q} (f)	B ₁ ×P ₁
۲/۴ ^{n-s} (efg)	۴/۳ ^{m-p} (ef)	۴۵/۶۱ ⁱ⁻ⁿ (cde)	۸/۴۶ ^{j-o} (de)	B ₂ ×P ₁
۲/۳۵ ^{q-t} (fg)	۴/۱۳ ^{o-q} (f)	۴۴/۱۶ ^{i-p} (de)	۸/۲۶ ^{i-p} (ef)	B ₃ ×P ₁
۲/۴۴ ^{k-q} (def)	۴/۹۸ ^{c-i} (abc)	۵۰/۳۸ ^{b-h} (abc)	۹/۶۶ ^{e-h} (bc)	B ₄ ×P ₁
۲/۳۷ ^{p-s} (fg)	۴/۶۱ ^{i-m} (cde)	۴۳/۲۲ ^{n-p} (de)	۸/۳۳ ^{k-p} (ef)	B ₁ ×P ₂
۲/۶۲ ^{f-k} (bcd)	۴/۷۲ ^{f-l} (bcde)	۴۳ ^{n-p} (de)	۹/۰۶ ^{g-k} (cd)	B ₂ ×P ₂
۲/۴۵ ^{k-r} (def)	۴/۴۳ ^{k-o} (def)	۴۷/۳۸ ^{f-n} (bcd)	۸/۶ ⁱ⁻ⁿ (de)	B ₃ ×P ₂
۲/۴۱ ^{m-s} (efg)	۵/۱۶ ^{a-e} (ab)	۴۵/۶۶ ⁱ⁻ⁿ (cde)	۱۰/۲۳ ^{b-e} (ab)	B ₄ ×P ₂
۲/۵۷ ^{h-o} (cde)	۴/۸۷ ^{d-j} (abcd)	۴۵/۶۱ ⁱ⁻ⁿ (cde)	۹ ^{h-l} (d)	B ₁ ×P ₃
۲/۷۹ ^{b-f} (ab)	۴/۳۷ ^{l-p} (ef)	۵۱/۹۴ ^{a-f} (ab)	۱۰/۴۶ ^{a-c} (a)	B ₂ ×P ₃
۲/۷۳ ^{c-i} (abc)	۵/۰۱ ^{c-h} (abc)	۴۴/۶۶ ^{k-o} (de)	۹/۷ ^{d-h} (b)	B ₃ ×P ₃
۲/۸۶ ^{a-e} (a)	۵/۲ ^{a-d} (a)	۵۳/۴۴ ^{a-d} (a)	۱۰/۴ ^{a-e} (a)	B ₄ ×P ₃
۲/۱۷ ^t (d)	۳/۷۶ ^q (f)	۳۸/۳۸ ^q (g)	۷/۲ ^q (c)	B ₁ ×P ₁
۲/۴۷ ^{k-q} (bc)	۴/۲ ^{n-p} (de)	۴۴/۸۸ ^{j-n} (cd)	۸/۶۶ ⁱ⁻ⁿ (abc)	B ₂ ×P ₁
۲/۵ ^{j-q} (ab)	۴/۵۵ ^{j-n} (bcd)	۴۸/۳۳ ^{e-l} (bcd)	۸/۸۶ ^{i-l} (ab)	B ₃ ×P ₁
۲/۴۷ ^{k-q} (bc)	۴/۵۱ ^{j-o} (bcd)	۴۶/۱ ^{h-n} (cd)	۸/۶۶ ⁱ⁻ⁿ (ab)	B ₄ ×P ₁
۲/۶۱ ^{g-l} (ab)	۴/۰۳ ^{p-q} (ef)	۳۹/۸۸ ^{p-q} (fg)	۷/۷ ^{p-q} (bc)	B ₁ ×P ₂
۲/۳۹ ^{o-s} (bc)	۴/۶۳ ^{h-m} (abc)	۴۲/۸۳ ^{n-q} (ab)	۹/۳ ^{f-l} (ab)	B ₂ ×P ₂
۲/۲۸ ^{t-t} (cd)	۴/۴۲ ^{k-o} (bcde)	۴۸/۳۳ ^{e-l} (ef)	۷/۹۶ ^{n-p} (a)	B ₃ ×P ₂
۲/۵ ^{i-q} (ab)	۴/۳۲ ^{m-p} (cde)	۴۹/۷۲ ^{c-l} (bc)	۹/۲ ^{g-j} (ab)	B ₄ ×P ₂
۲/۵۶ ^{h-p} (ab)	۴/۶۶ ^{h-m} (abc)	۴۹/۰۵ ^{d-k} (de)	۸/۰۶ ^{m-p} (abc)	B ₁ ×P ₃
۲/۴۲ ^{t-r} (bc)	۴/۴۶ ^{k-o} (bcd)	۴۳/۷۱ ^{m-p} (cde)	۸/۵ ^{j-n} (a)	B ₂ ×P ₃
۲/۵۹ ^{h-n} (ab)	۴/۷۹ ^{f-k} (ab)	۴۸/۲۷ ^{f-m} (bcd)	۸/۸۶ ^{i-l} (ab)	B ₃ ×P ₃
۲/۷۱ ^{d-i} (a)	۵/۰۶ ^{b-g} (a)	۵۰/۷۷ ^{b-g} (a)	۹/۷۶ ^{c-g} (a)	B ₄ ×P ₃
۰/۱۹۵	۰/۳۸۵	۴/۶	۰/۷۵۷	LSD

S₁، S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁، B₂، B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند. حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرات متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش دهی را نشان می‌دهد.

و (۳) نسبت داد. در این راستا برخی محققین اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا در شرایط شوری با کاهش هدایت الکتریکی و

جدول ۱۸- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر ارتفاع بوته تربیتکاله تحت شرایط تنش شوری

ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطوح شوری
۱۰۲/۸۹ ^a	S ₁
۹۳/۷۳ ^b	S ₂
۹۳/۹۱ ^b	S ₃
۲/۹۱	LSD
ارتفاع بوته (سانتی متر)	کودهای زیستی
۹۰/۳۲ ^c	B ₁
۹۶/۵۳ ^b	B ₂
۹۸/۹۹ ^{a-b}	B ₃
۱۰۱/۵۳ ^a	B ₄
۳/۳۶	LSD
ارتفاع بوته (سانتی متر)	محلول پاشی پوترسین
۹۳/۶۵ ^c	P ₁
۹۶/۸ ^b	P ₂
۱۰۰/۰۷ ^a	P ₃
۲/۹۱	LSD

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری به عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب عدم محلول پاشی پوترسین و محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

فتوستتز و تولید مواد فتوستتزی و در نهایت افزایش ارتفاع بوته گندم شد. انصاری و همکاران (۱۴۰۰) افزایش ارتفاع بوته به واسطه کاربرد پوترسین را به بهبود شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب و کاهش نشت یونی نسبت دادند. Hussein و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که کاربرد پوترسین از طریق بهبود مکانیسم‌های حفاظتی و افزایش محتوای کلروفیل موجب افزایش ارتفاع بوته و طول سنبله گندم شد. Seleem و همکاران (۲۰۲۱) نیز افزایش ارتفاع بوته و طول سنبله جو به واسطه کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری را، به کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای کلروفیل و تعداد دانه در سنبله نسبت دادند. در این بررسی نیز به نظر می‌رسد محلول پاشی پوترسین با افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و کاهش هدایت الکتریکی (شکل ۲ و ۱ و جدول ۴)،

افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی، موجب افزایش طول سنبله گندم شد (آقایی و همکاران، ۱۴۰۰). به نظر می‌رسد استفاده از قارچ میکوریزا به دلیل افزایش محتوای اسمولیت‌های سازگار (Joudmand et al., 2021) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی، منجر به کاهش آسیب وارده بر غشا و به تبع از آن کاهش هدایت الکتریکی و افزایش فتوستتز گیاهان تیمار شده با میکوریزا می‌شود (Wang et al., 2020). Rehman و همکاران (۲۰۲۲) نیز بیان کردند که کاربرد قارچ میکوریزا با افزایش محتوای اسمولیت‌های سازگار و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، ضمن کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای کلروفیل و بهبود هدایت روزنه‌ای، موجب افزایش سرعت

موجب افزایش ارتفاع بوته و طول سنبله (جدول ۱۸ و ۱۷) تربیتکاله می‌شود.

وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش توأم کودهای زیستی، محلول‌پاشی پوترسین و شوری بر وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۶). بیشترین وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله (به ترتیب ۵/۵۳ گرم و ۵۶/۳۳ عدد) به ترتیب در ترکیب تیماری کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۴ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری و همچنین کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد (جدول ۱۷)، که در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در بالاترین سطح شوری، از افزایش به ترتیب ۴۷/۰۷ و ۴۶/۷۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۱۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش برش‌دهی نیز نشان داد که در شرایط عدم اعمال شوری، تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه در کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین به ترتیب از افزایش ۲۶ و ۱۹ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین برخوردار بود (جدول ۱۷). همچنین در بالاترین سطح شوری کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین به ترتیب از افزایش ۳۲ و ۳۴ درصدی تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین برخوردار بود. به نظر می‌رسد شوری با کاهش محتوای کلروفیل و کاهش تولید مواد فتوسنتزی، ضمن کوتاه کردن طول دوره پرشدن دانه موجب کاهش وزن صد دانه می‌شود (محمدی کله سرلو و همکاران، ۱۴۰۰). ولی در چنین شرایطی کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق افزایش دسترسی به آب در خاک و جذب بیشتر عناصر غذایی و همچنین بهبود محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم شد (Hafez et al., 2020). بخش دیگری از افزایش وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله به واسطه کاربرد

قارچ میکوریزا را می‌توان به کاهش هدایت الکتریکی (جدول ۴) و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (شکل ۱، ۲ و ۳) نسبت داد. در این راستا آقایی و همکاران (۱۴۰۰) افزایش وزن صد دانه و تعداد دانه در سنبله گندم در کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط شوری را، به اثر این کودها در کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، کاهش هدایت الکتریکی و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ نسبت دادند. محلول‌پاشی پوترسین نیز می‌تواند با جلوگیری از تولید آنزیم‌های لازم برای سنتز اتیلن و تأخیر در پیری برگ‌ها (به عنوان یک منبع با ثبات برای فتوسنتز جاری) و افزایش میزان فتوسنتز برگ، میزان تثبیت کربن را بالا برده و فرصت بیشتری را به گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها دهد، که در نهایت موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم می‌شود (عمادی و همکاران، ۱۳۹۲). سایر محققین نیز بیان کردند که کاربرد پوترسین در شرایط تنش شوری به واسطه کاهش تنش الکترولیت و افزایش محتوای کلروفیل، موجب بهبود تولید مواد فتوسنتزی و افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله جو شد (Seleem et al., 2021). Hussein و همکاران (۲۰۲۳) نیز افزایش تعداد دانه گندم را به بهبود محتوای کلروفیل نسبت دادند.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کودهای زیستی، محلول‌پاشی پوترسین، تنش شوری و برهمکنش توأم این سه عامل بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۶). بیشترین عملکرد دانه (۳/۰۱ گرم در بوته) در کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین به دست آمد که از افزایش ۳۸/۷ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین برخوردار بود (جدول ۱۷). براساس نتایج مقایسه میانگین به روش برش‌دهی، کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری و شوری ۱۲۰ میلی‌مولار به ترتیب از افزایش ۲۰ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد

طریق بهبود مکانیسم‌های حفاظتی و افزایش محتوای کلروفیل، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد.

نتیجه‌گیری

بالاترین سطح شوری در شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین از بیشترین میزان هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل برگ پرچم برخوردار بود. در چنین شرایطی کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین موجب افزایش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم شد. همچنین، کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی کمپوست) و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری از بیشترین شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست و محلول‌پاشی پوترسین، می‌تواند عملکرد دانه تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری را، به‌واسطه بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای نسبی آب و سایر صفات فیزیولوژیک افزایش دهد.

تشکر و قدردانی

مقاله مستخرج از بخشی از رساله دکتری نویسنده اول است. نویسندگان مراتب سپاس و قدرشناسی خود را از یکایک همکاران ارجمند در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی که همکاری‌های ارزشمندی را در تمامی مراحل اجرای طرح معطوف داشته‌اند اعلام می‌دارند.

کودهای زیستی و پوترسین در این سطوح از شوری برخوردار بود (جدول ۱۷). به‌نظر می‌رسد تنش شوری از طریق ایجاد اختلال در جذب آب و عناصر غذایی، محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ را کاهش می‌دهد، که در چنین وضعیتی با کاهش تولید مواد فتوسنتزی، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Hafez et al., 2020). بخشی از افزایش عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد میکوریزا در شرایط تنش شوری را می‌توان به کاهش هدایت الکتریکی و افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم (جدول ۴ و شکل ۱، ۲ و ۳) نسبت داد. در این راستا آقایی و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط شوری با افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی و کاهش هدایت الکتریکی برگ موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد. محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۱) نیز افزایش عملکرد دانه تریتیکاله به‌واسطه کاربرد ورمی کمپوست در شرایط شوری را، به بهبود وضعیت آبی گیاه، افزایش پایداری غشاء، افزایش شاخص کلروفیل و بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ نسبت دادند. برخی محققان معتقدند کاربرد پوترسین در شرایط شوری از طریق کاهش نشت الکترولیت و افزایش محتوای کلروفیل و بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه جو شد (Seleem et al., 2021). در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین از طریق کاهش هدایت الکتریکی و افزایش شاخص کلروفیل (جدول ۴ و شکل ۱) موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله (جدول ۱۷) می‌شود. Hussein و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که کاربرد پوترسین از

منابع

انصاری، آیدا، عندلیبی، بابک، زارعی، مهدی، و شکاری، فرید (۱۴۰۰). برهمکنش قارچ ریشه و پوترسین بر خصوصیات فیزیولوژیکی، رشد و عملکرد بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) در شرایط تنش سرب. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۰(۴۴)،

- آقایی، فاطمه، سیدشیرینی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۱). تأثیر یونیکونازول و کودهای بیولوژیک بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم تحت شرایط شوری خاک. پژوهش‌های گیاهی، ۳۵(۱)، ۱۱۲-۱۲۴. DOR: 20.1001.1.23832592.1401.35.1.7.1
- بیارش، مینا، و رقامی، محمود (۱۴۰۰). اثر تنش شوری بر صفات رشدی و فتوسنتزی دو رقم هیبرید و ایرانی اسفناج. پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۸(۲)، ۱۳۱-۱۴۶. <https://doi.org/10.22069/jopp.2021.17995.2670>
- عمادی، مریم، سادات، حسینی، پیمان، و عظیمی، عبدالرضا (۱۳۹۲). اثر محلول‌پاشی پوترسین و عناصر غذایی بر عملکرد دانه و کیفیت دو رقم گندم نان. علوم زراعی ایران، ۱۵(۳)، ۲۴۷-۲۶۱. DOR: 20.1001.1.15625540.1392.15.3.5.7
- محمدی کله سرلو، سارا، سیدشیرینی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۱). اثر ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و فلاوباکتریوم بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تربیتکاله در شرایط شوری خاک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۵(۴)، ۹۵۳-۹۷۴. <https://doi.org/10.22077/escs.2021.4179.1982>
- محمدی کله سرلو، سارا، سیدشیرینی، رئوف، صدقی، محمد، نریمانی، حامد، و خلیل‌زاده، راضیه (۱۴۰۰). اثر شوری، ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و تلقیح بذر با فلاوباکتریوم بر پر شدن دانه چاندم. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۱(۲)، ۲۵۰-۲۶۹. <https://doi.org/10.22034/saps.2021.13108>
- نظری، ژیلا، سیدشیرینی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۰). اثر مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و نانوسیلیکون بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی تربیتکاله تحت شدت‌های مختلف تنش خشکی. تولید گیاهان زراعی، ۱۴(۴)، ۲۱-۴۶. <https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.18925.2413>
- Ahangar, M. A., Qi, M., Huang, Z., Xu, X., Begum, N., Qin, C., Zhang, C., Ahmad, N., Mustafa, N. S., Ashraf, M., & Zhang, L. (2021). Improving growth and photosynthetic performance of drought stressed tomato by application of nano-organic fertilizer involves up-regulation of nitrogen, antioxidant and osmolyte metabolism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 216, 112195. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112195>
- Avalbaev, A., Yuldashev, R., Fedorova, K., Somov, K., Vysotskaya, L., Allagulova, C., & Shakirova, F. (2016). Exogenous methyl jasmonate regulates cytokinin content by modulating cytokinin oxidase activity in wheat seedlings under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 191, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.11.013>
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N., & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: Implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>
- Boutasknit, A., Baslam, M., Ait -El -mokhtar, M., Anli, M., Ben -Laouane, R., Douira, A., Modafar, C. E., Mitsui, T., Wahbi, S., & Meddich, A. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi mediate drought tolerance and recovery in two contrasting carob (*Ceratonia siliqua* L.) ecotypes by regulating stomatal, water relations, and (in) organic adjustments. *Plants*, 9, 1-19. <https://doi.org/10.3390%2Fplants9010080>
- Chaimala, A., Jogloy, S., Vorasoot, N., Holbrook, C. C., Kvien, C., & Laohhasiriwong, S. (2021). The variation of relative water content, SPAD chlorophyll meter reading, stomatal conductance, leaf area, and specific leaf area of Jerusalem artichoke genotypes under different durations of terminal drought in tropical region. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 209(1), 12-26. <https://doi.org/10.1111/jac.12561>
- Dhiman, M., Sharma, L., Kaushik, P., Singh, A., & Sharma, M. M. (2022). Mycorrhiza: An ecofriendly bio-tool for better survival of plants in nature. *Sustainability*, 14, 10220. <https://doi.org/10.3390/su141610220>
- El-Beltagi, H. S., El-Yazied, A. A., El-Gawad, H. G. A., Kandeel, M., Shalaby, T. A., Mansour, A. T., Al-Harbi, N. A., Al-Qahtani, S. M., Alkhateeb, A. A., & Ibrahim, M. F. M. (2023). Synergistic impact of melatonin and putrescine interaction in mitigating salinity stress in snap bean seedlings: Reduction of oxidative damage and inhibition of polyamine catabolism. *Horticulturae*, 9, 285. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020285>
- Farooq, M., Wahid, A., & Lee, D. J. (2009). Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31, 937-945. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-009-0307-2>
- Fattahi, M., Mohammadkhani, A., Shiran, B., Baninasab, B., Ravash, R., & Gogorcena, Y. (2021). Beneficial effect of mycorrhiza on nutritional uptake and oxidative balance in pistachio (*Pistacia* spp.) rootstocks submitted to drought and salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 281, 109937. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109937>
- Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M., & Haselwandter, K. (2001). Mycorrhizal technology in agriculture: From genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza, 13, Pp. 53-54. Lovato, P. Book

review.

- Hadis, M., Meteke, G., & Haile, W. (2018). Response of bread wheat to integrated application of vermicompost and NPK fertilizers. *African Journal of Agricultural Research*, 13(1), 14-20. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12720>
- Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., & El-Esawi, M. A. (2020). Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 1-16. <https://doi.org/10.1111/ppl.13261>
- Hoque, M. N., Imran, S., Hannan, A., Paul, N. C., Mahamud, M. A., Chakroborty, J., Sarker, P., Irin, I. J., Brestic, M., & Rhaman, M. S. (2022). Organic amendments for mitigation of salinity stress in plants: A Review. *Life*, 12, 1632. <https://doi.org/10.3390/life12101632>
- Hosseini Farahi, M., & Aboutalebi Jahroomi, A. (2018). Effect of pre-harvest foliar application of polyamines and calcium sulfate on vegetative characteristics and mineral nutrient uptake in *Rosa hybrida*. *Journal of Ornamental Plants*, 8(4), 241-253.
- Hussein, H. A. A., Alshammari, S. O., Abd El-Sadek, M. E., Kenawy, S. K. M., & Badawy, A. A. (2023). The promotive effect of putrescine on growth, biochemical constituents, and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under water stress. *Agriculture*, 13(3), 587. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030587>
- Jahan, M. S., Hasan, M. M., Alotaibi, F. S., Alabdallah, N. M., Alharbi, B. M., Ramadan, K. M. A., Bendary, E. S. A., Alshehri, D., Jabborova, D., Al-Balawi, D. A., Dessoky, E. S., Ibrahim, M. F. M., & Guo, S. (2022). Exogenous putrescine increases heat tolerance in tomato seedlings by regulating chlorophyll metabolism and enhancing antioxidant defense efficiency. *Plants*, 11(8), 1038. <https://doi.org/10.3390/plants11081038>
- Jalili, I., Ebadi, A., Askari, M. A., Kalatejari, S., & Aazami, M. A. (2023). Foliar application of putrescine, salicylic acid, and ascorbic acid mitigates frost stress damage in *Vitis vinifera* cv. 'Giziluzum'. *BMC Plant Biology*, 23(135), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04126-w>
- Joudmand, A., Hajiboland, R., & Aliasgharzad, N. (2021). Mitigation of chilling and freezing stresses through colonization with arbuscular mycorrhizal fungi in spring barley. *Journal of Plant Process and Function*, 9(40), 13-24.
- Khan, M. S. A., Karim, M. A., Abullah, A. M., Parveen, S., Bazzaz, M. M., & Hossain, M. A. (2015). Plant water relations and proline accumulations in soybean under salt and water stress environment. *Journal of Plant Sciences*, 3, 272-278. DOI: 10.11648/j.jps.20150305.15
- Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., & Basile, N. (2010). Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil*, 330(1-2), 65-71. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0176-x>
- Mohammadi-Cheraghabadi, M., Modarres-Sanavy, A. A. M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Hazrati, S. (2022). Effects of water-deficit stress and putrescine on performances, photosynthetic gas exchange, and chlorophyll fluorescence parameters of *Salvia officinalis* in two cutting times. *Food Science & Nutrition*, 10(5), 1431-1441. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2741>
- Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Daros, E., De Campos, M. K. F., De Carvalho, J. F. R. P., Filho, J. C. B., Pereira, L. F. P., & Vieira, L. G. E. (2007). Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): Osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*, 130(2), 218-229. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00909.x>
- Moludi, A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Davari, M., & Parmoon, G. (2014). The effect of water deficit and nitrogen on the antioxidant enzymes activity and quantum yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 398-404. <https://doi.org/10.15835/nbha4229340>
- Mousavi, S. S., Karami, A., & Maggi, F. (2022). Photosynthesis and chlorophyll fluorescence of Iranian licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) accessions under salinity stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 984944. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984944>
- Negrao, S., Schmockel, S. M., & Tester, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany*, 119(1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/aob/fcx191>
- Niedziela, A., Domzalska, L., Dynkowska, W. M., Pernisova, M., & Rybka, K. (2022). Aluminum stress induces irreversible proteomic changes in the roots of the sensitive but not the tolerant genotype of triticale seedlings. *Plants*, 11(165), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants11020165>
- Nowak, J. (2004). Effects of Arbuscular Mycorrhizal fungi and organic fertilization on growth, flowering, nutrient uptake, photosynthesis and transpiration of geranium (*Pelargonium hortorum* L.H. Bailey 'Tango Orange'). *Symbiosis*, 37, 259-266.
- Rehman, S., Mansoor, N., Al-Dhumri, S. A., Amjad, S. F., Al-Shammari, W. B., Almutari, M. M., Alhusayni, F. S., Al Bakre, D. A., Lalarukh, I., Alshahri, A. H., Pocza, P., Galal, T. M., & Abdelhafez, A. A. (2022). Associative effects of activated carbon biochar and arbuscular mycorrhizal fungi on wheat for reducing nickel food chain bioavailability. *Environmental Technology and Innovation*, 26, 102539. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102539>
- Rubinowska, K., Pogroszewska, E., & Michalek, W. (2012). The effect of polyamines on physiological parameters of post-harvest quality of cut stems of *Rosa* 'Red Berlin'. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 11, 81-93.

- Seleem, E. A., Ibrahim, H. M. S., & Taha, Z. K. (2021). Exogenous application of ascorbic acid and putrescine: A natural eco-friendly potential for alleviating NaCl stress in barley (*Hordeum vulgare*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(8), 657-670. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i8.2742>
- Sharma, N., Gupta, N. K., Gupta, S., & Hasegawa, H. (2005). Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. *Photosynthetica*, 43(4), 609-613. <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-005-0095-x>
- Singh, P., Kumar, V., Sharma, J., Saini, S., Sharma, P., Kumar, S., Sinhmar, Y., Kumar, D., & Sharma, A. (2022). Silicon supplementation alleviates the salinity stress in wheat plants by enhancing the plant water status, photosynthetic pigments, proline content and antioxidant enzyme activities. *Plants*, 11(19), 2525. <https://doi.org/10.3390/plants11192525>
- Skowron, E., & Trojak, M. (2021). Effect of exogenously-applied abscisic acid, putrescine and hydrogen peroxide on drought tolerance of barley. *Biologia*, 76(2), 453-468. <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-020-00644-2>
- Thakur, A., Kumar, A., Kumar, C. V., Kiran, B. S., Kumar, S., & Athokpam, V. (2021). A review on vermicomposting: By-products and its importance. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(11-12), 156-164.
- Tyagi, A., Ali, S., Ramakrishna, G., Singh, A., Park, S., Mahmoudi, H., & Bae, H. (2022). Revisiting the role of polyamines in plant growth and abiotic stress resilience: Mechanisms, crosstalk, and future perspectives. *Journal of Plant Growth Regulation*, 149, 1-26. <http://dx.doi.org/10.1007/s00344-022-10847-3>
- Wang, H., Liang, L., Liu, B., Huang, D., Liu, S., Liu, R., Siddique, K. H. M., & Chen, Y. (2020). Arbuscular mycorrhizas regulate photosynthetic capacity and antioxidant defense systems to mediate salt tolerance in maize. *Plant*, 9(1430), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants9111430>

Effects of mycorrhiza, vermicompost and putrescine on the morpho-physiological characteristics of triticale (*Triticosecale* Wittmack) under salinity stress

Hamed Narimani, Raouf Seyed Sharifi*, Mohammad Sedghi

Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources,
University of Mohagheh Ardabil, Ardabil, Iran

(Received: 2023/02/19, Accepted: 2023/07/18)

Abstract

In order to study the effects of mycorrhiza, vermicompost and putrescine on the morpho-physiological characteristics of triticale (*Triticosecale* Wittmack) under salinity stress, an experimental factorial was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabil, during 2021–2022. The experimental factors were included salinity in three levels (no salinity as a control, 60 and 120 mM salinity from NaCl), biofertilizers in four levels (no application of biofertilizers as a control, application of vermicompost, *Mycorrhiza*, both applications of vermicompost and *Mycorrhiza*), and foliar application of putrescine (foliar application with water as a control, foliar application of 0.4 and 0.8 mM). The results showed that minimum of leaf electrical conductivity and minimum fluorescence were observed in the application of mycorrhiza with vermicompost and foliar application of 0.8 mM putrescine under no salinity conditions. Also, this treatment combination increased chlorophyll index (40.75%), relative water content (37.7%), stomatal conductance (43.85%), variable fluorescence (120.21%), maximum fluorescence (45.46%), quantum yield (51.37%), and grain yield (38.7%) in comparison with the no application of biofertilizers and putrescine under the highest salinity level (120 mM). Based on the results, the application of biofertilizers (mycorrhiza and vermicompost) and putrescine can increase the grain yield of triticale under salinity stress due to improving chlorophyll fluorescence indices and other physiological traits.

Keywords: Chlorophyll index, Electrical conductivity, Quantum yield, Plant height, Stomatal conductance

Corresponding author, Email: raouf_ssharifi@yahoo.com