فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۵۹، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۶۱-۹۳
https://doi.org/10.22034/13.59.61

مقاله پژوهشی

تأثیر میکوریزا، ورمی‌کمپوست 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

به‌منظور بررسی تأثیر میکوریزا، ورمی‌کمپوست 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 به‌عنوان شاهد، شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی‌کمپوست، میکوریزا، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین) بودند. نتایج نشان داد کمترین میزان هدایت الکتریکی و فلورسانس حداقل برگ در کاربرد میکوریزا با ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار 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 میلی‌مولار) افزایش داد. براساس نتایج کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) و پوترسین، می‌تواند عملکرد دانه تریتیکاله را تحت شرایط شوری به‌واسطه بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و سایر صفات فیزیولوژیک افزایش دهد.

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

مقدمه

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 عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. تنش اکسیداتیو ناشی از شوری و جذب یون Na^+ منجر به آسیب سلولی و کاهش رشد شده و اثر مضری 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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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 روزنه‌ای، 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 روزنه‌ای 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 نیر توسط دیگر محققان گزارش شده است (Fattahi *et al*., 2021).

ورمی‌کمپوست نیز به‌عنوان یک کود آلی، سرشار از مواد 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 روزنه‌ای 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 روزنه‌ای و در نهایت بهبود فتوسنتز می‌شود (Jahan *et al*., 2022). Skowron و Trojak (۲۰۲۱) گزارش کردند کاربرد پوترسین موجب افزایش محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل، عملکرد کوانتومی و هدایت روزنه‌ای 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

کودهای زیستی و آلی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) 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 تریتیکاله 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 ورمی‌کمپوست، میکوریزا، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست 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 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 توصیه‌شده Gianinazzi و همکاران (۲۰۰۱) مخلوط شد. تعداد اسپور زنده در هر گرم قارچ مورد استفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. مقدار ورمی‌کمپوست 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. ورمی‌کمپوست 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 تریتیکاله 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 ۷±۶۵ 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 شیری شدن دانه (BBCH ۷۳) ادامه یافت.

پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ پرچم شامل F_0

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایشی

مشخصه	pH	بافت	عصاره اشباع	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	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 ورمی‌کمپوست

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

(حداقل فلورسانس از برگ سازگارشده با تاریکی)، F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگارشده با تاریکی)، F_v (فلورسانس متغیر از برگ سازگارشده با تاریکی)، F_v/F_m (عملکرد کوآنتومی) بود که هر چهار روز یکبار توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (OS-30p) از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی سه برگ پرچم توسعه‌یافته (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 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 ECمتر (Mi 180 Bench Meter) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ پرچم، سعی شد نمونه‌های برگی از ابعاد یکسانی برخوردار باشد. هدایت روزنه‌ای 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

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

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار 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

ترکیبات تیماری		هدایت الکتریکی برگ پرچم (میکروزیمنس بر متر)						
		روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1 \times P_1$	۷۴/۹$^{b-f}$ (a)	۸۶/۴$^{b-h}$ (a)	۱۱۰/۲$^{b-g}$ (a)	۱۲۱/۳$^{g-j}$ (a)	۱۳۲/۵$^{f-j}$ (ab)	۱۵۱/۹$^{f-k}$ (ab)	۱۶۶/۷$^{f-i}$ (a)
	$B_2 \times P_1$	۶۸/۳$^{h-l}$ (bc)	۷۸/۲$^{i-o}$ (bcd)	۱۰۷/۹$^{d-i}$ (ab)	۱۲۴/۵$^{f-i}$ (a)	۱۲۹/۷$^{g-l}$ (b)	۱۴۵$^{i-o}$ (bc)	۱۷۲/۲$^{b-g}$ (a)
	$B_3 \times P_1$	۶۳/۶$^{l-q}$ (cd)	۸۳/۹$^{d-j}$ (ab)	۱۰۸/۸$^{c-h}$ (ab)	۱۱۰/۲$^{k-p}$ (bc)	۱۲۲/۳$^{j-o}$ (c)	۱۵۷/۲$^{e-i}$ (a)	۱۵۲/۸$^{k-o}$ (b)
	$B_4 \times P_1$	۷۱/۵$^{d-i}$ (ab)	۸۲$^{h-k}$ (ab)	۸۴/۴$^{s-v}$ (ef)	۹۶/۷$^{r-u}$ (de)	۱۱۹/۲$^{l-p}$ (cd)	۱۳۰/۲$^{p-s}$ (ef)	۱۴۰/۴$^{p-s}$ (cd)
	$B_1 \times P_2$	۷۲$^{c-h}$ (ab)	۷۹/۸$^{h-m}$ (bc)	۱۰۱/۱$^{g-o}$ (bc)	۱۱۵/۳$^{i-m}$ (ab)	۱۳۸/۴$^{e-g}$ (a)	۱۴۱/۲$^{l-p}$ (cd)	۱۷۱/۷$^{c-g}$ (a)
	$B_2 \times P_2$	۵۹$^{q-v}$ (def)	۷۳/۵$^{m-s}$ (def)	۹۹/۴$^{h-o}$ (cd)	۱۱۷/۱$^{h-l}$ (ab)	۱۱۱/۴$^{o-t}$ (ef)	۱۲۷/۳$^{q-s}$ (efg)	۱۴۶/۳$^{m-s}$ (bc)
	$B_3 \times P_2$	۵۷/۸$^{s-w}$ (def)	۶۶/۱$^{t-u}$ (gh)	۹۳/۲$^{m-s}$ (d)	۹۸/۷$^{q-u}$ (de)	۱۰۷/۴$^{q-t}$ (fgh)	۱۲۶/۲$^{q-s}$ (fg)	۱۶۳/۷$^{f-k}$ (a)
	$B_4 \times P_2$	۵۳/۹^{w} (f)	۶۷/۵$^{s-u}$ (fg)	۸۳/۵$^{t-v}$ (f)	۹۴/۵$^{t-u}$ (e)	۱۰۲/۴^{t} (h)	۱۲۳/۲^{r} (fg)	۱۴۳/۳$^{n-s}$ (bcd)
	$B_1 \times P_3$	۶۰/۸$^{p-u}$ (de)	۷۴/۸$^{l-q}$ (cde)	۹۱/۷$^{o-t}$ (de)	۱۰۵/۲$^{n-s}$ (cd)	۱۱۴/۳$^{n-s}$ (de)	۱۳۵/۲$^{n-r}$ (de)	۱۵۱/۷$^{l-p}$ (b)
	$B_2 \times P_3$	۵۶/۶$^{t-w}$ (ef)	۶۸/۱$^{r-u}$ (fgh)	۸۲/۵$^{t-v}$ (f)	۹۵/۶$^{s-u}$ (e)	۱۰۸/۷$^{p-t}$ (efg)	۱۲۱/۷^{s} (fg)	۱۳۹/۲$^{q-s}$ (cd)
	$B_3 \times P_3$	۵۶/۱$^{u-w}$ (ef)	۷۱/۹$^{o-t}$ (efg)	۷۹/۲^{v} (f)	۹۷/۹$^{q-u}$ (de)	۱۰۴/۸$^{s-t}$ (gh)	۱۲۵$^{r-s}$ (fg)	۱۳۸$^{r-s}$ (cd)
	$B_4 \times P_3$	۵۵/۴$^{v-w}$ (ef)	۶۴/۱^{u} (h)	۸۱/۳$^{u-v}$ (f)	۹۲^{u} (e)	۱۰۵/۸$^{r-t}$ (fgh)	۱۱۹/۵^{s} (g)	۱۳۴/۸^{s} (d)
LSD		۵/۰۲۱۵	۶/۷۱۰۸	۹/۵۸۳	۹/۸۹۱۵	۱۱/۰۰۷	۱۲/۲۳۲	۱۱/۷۴

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

ادامه جدول ۴-

ترکیبات تیماری		هدایت الکتریکی برگ پرچم (میکروزیمنس بر متر) روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
شوری ۶۰ میلی‌مولار (S_2)	$B_1 \times P_1$	۷۸/۳$^{a-b}$ (a)	۹۲/۳$^{a-b}$ (a)	۱۲۱/۳^{a} (a)	۱۳۹/۶$^{a-b}$ (a)	۱۵۶/۲^{a} (a)	۱۸۱/۷^{a} (a)	۱۷۸/۸$^{a-e}$ (a)
	$B_2 \times P_1$	۷۵/۳$^{a-e}$ (bc)	۸۸/۹$^{a-f}$ (ab)	۱۱۳/۵$^{a-e}$ (ab)	۱۲۵/۸$^{e-h}$ (bcd)	۱۳۳/۱$^{e-j}$ (bcd)	۱۷۰/۷$^{a-d}$ (bc)	۱۶۳/۶$^{f-l}$ (bcd)
	$B_3 \times P_1$	۷۳/۸$^{b-g}$ (c)	۹۰/۶$^{a-c}$ (a)	۹۲$^{n-t}$ (de)	۱۲۲/۳$^{g-i}$ (cde)	۱۲۷/۲$^{h-m}$(bcde)	۱۶۳$^{c-f}$ (cd)	۱۶۵/۷$^{f-j}$ (abc)
	$B_4 \times P_1$	۷۰/۴$^{e-j}$ (d)	۸۲/۵$^{f-k}$ (cd)	۱۰۱/۵$^{g-n}$ (cd)	۱۲۴/۷$^{f-i}$ (bcd)	۱۲۱/۲$^{k-o}$ (def)	۱۴۹/۹$^{g-m}$ (ef)	۱۵۰$^{m-q}$ (ef)
	$B_1 \times P_2$	۷۶/۹$^{a-c}$ (ab)	۹۰/۱$^{a-d}$ (ab)	۱۱۴/۸$^{a-d}$ (ab)	۱۳۵$^{a-e}$ (ab)	۱۴۰/۱$^{e-g}$ (b)	۱۷۶/۶$^{a-b}$ (ab)	۱۶۲/۴$^{g-l}$(bcde)
	$B_2 \times P_2$	۶۹/۲$^{g-k}$ (d)	۷۹/۲$^{i-m}$ (d)	۱۰۸$^{d-I}$ (bc)	۱۱۸/۱$^{h-k}$ (def)	۱۱۵/۱$^{n-s}$ (ef)	۱۵۳/۶$^{f-k}$ (de)	۱۶۴$^{f-k}$ (bcd)
	$B_3 \times P_2$	۶۵/۱$^{k-p}$ (e)	۸۹/۵$^{a-e}$ (ab)	۱۰۹/۳$^{b-g}$ (bc)	۱۳۲/۵$^{b-f}$ (abc)	۱۳۶/۸$^{e-h}$ (bc)	۱۵۲/۸$^{f-l}$ (def)	۱۶۶$^{f-j}$ (abc)
	$B_4 \times P_2$	۶۰$^{q-v}$ (fg)	۷۰/۸$^{q-u}$ (e)	۱۰۹/۲$^{b-g}$ (bc)	۱۰۳/۳$^{o-t}$ (gh)	۱۲۳/۳$^{i-n}$ (cdef)	۱۴۲/۹$^{k-o}$ (fg)	۱۵۳/۳$^{k-o}$(cdef)
	$B_1 \times P_3$	۷۰/۲$^{f-j}$ (d)	۸۴/۸$^{c-i}$ (bc)	۱۰۶/۴$^{d-j}$ (bc)	۱۰۸/۹$^{k-p}$ (fgh)	۱۳۶/۵$^{e-h}$ (bc)	۱۶۶/۶$^{b-e}$ (bc)	۱۷۰/۱$^{d-g}$ (ab)
	$B_2 \times P_3$	۶۲/۸$^{m-s}$ (ef)	۷۸/۷$^{i-n}$ (d)	۸۶/۹$^{q-v}$ (e)	۱۰۷/۷$^{l-q}$ (fgh)	۱۱۹/۶$^{l-p}$ (def)	۱۴۸/۴$^{g-m}$ (ef)	۱۵۴/۷$^{j-m}$(cdef)
	$B_3 \times P_3$	۶۱/۲$^{o-t}$ (fg)	۷۲/۵$^{n-t}$ (e)	۹۴/۴$^{l-r}$ (de)	۱۱۳/۱$^{j-o}$ (efg)	۱۱۶/۵$^{m-r}$ (ef)	۱۳۴/۱$^{o-r}$ (gh)	۱۵۰/۷$^{l-q}$ (def)
	$B_4 \times P_3$	۵۸/۵$^{r-w}$ (g)	۶۹/۲$^{q-u}$ (e)	۸۵/۹$^{r-v}$ (e)	۱۰۰/۸$^{p-u}$ (h)	۱۱۲/۲$^{o-t}$ (f)	۱۲۹/۴$^{p-s}$ (h)	۱۴۲/۲$^{o-s}$ (f)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_1$	۸۰^{a} (a)	۹۴/۹^{a} (a)	۱۱۷/۶$^{a-c}$ (a)	۱۴۳^{a} (a)	۱۵۳/۵$^{a-b}$ (a)	۱۷۸/۹^{a} (a)	۱۸۶^{a} (a)
	$B_2 \times P_1$	۷۸/۷$^{a-b}$ (a)	۸۰/۸$^{h-l}$ (bcd)	۱۱۲/۵$^{a-f}$ (ab)	۱۳۵/۹$^{a-d}$ (ab)	۱۵۱/۷$^{a-c}$ (ab)	۱۷۲/۷$^{a-c}$ (abc)	۱۸۳/۵$^{a-b}$ (ab)
	$B_3 \times P_1$	۶۳/۱$^{m-r}$ (d)	۷۸/۷$^{i-n}$ (cd)	۱۰۲/۳$^{g-m}$ (bc)	۱۱۷/۴$^{h-l}$ (de)	۱۳۴/۸$^{e-h}$ (de)	۱۴۴/۲$^{j-o}$ (de)	۱۶۵/۴$^{f-j}$ (cd)
	$B_4 \times P_1$	۷۰/۶$^{e-j}$ (bc)	۸۲/۸$^{e-k}$ (bc)	۱۰۴/۲$^{e-k}$ (bc)	۱۲۰/۲$^{g-j}$ (cde)	۱۳۷/۹$^{e-h}$ (de)	۱۵۵/۷$^{e-j}$ (d)	۱۶۸/۹$^{e-h}$ (c)
	$B_1 \times P_2$	۷۸$^{a-b}$ (a)	۹۱/۶$^{a-b}$ (a)	۱۱۸/۶$^{a-b}$ (a)	۱۳۸/۱$^{a-c}$ (ab)	۱۵۰/۱$^{a-d}$ (abc)	۱۷۴/۴$^{a-c}$ (ab)	۱۸۲/۲$^{a-c}$ (ab)
	$B_2 \times P_2$	۷۶/۱$^{a-d}$ (ab)	۸۸$^{b-g}$ (ab)	۹۷/۱$^{j-p}$ (cd)	۱۲۹$^{c-g}$ (bc)	۱۴۱/۵$^{c-f}$ (cd)	۱۵۲/۸$^{f-k}$ (de)	۱۷۴/۷$^{a-f}$ (bc)
	$B_3 \times P_2$	۶۶/۹$^{i-m}$ (cd)	۹۲/۸$^{a-b}$ (a)	۱۰۵/۵$^{d-j}$ (bc)	۱۲۸/۲$^{d-g}$ (bc)	۱۴۰/۴$^{d-g}$ (cde)	۱۵۹/۸$^{d-g}$ (bcd)	۱۵۲/۳$^{k-o}$ (e)
	$B_4 \times P_2$	۶۵/۹$^{j-o}$ (cd)	۷۶/۵$^{k-p}$ (cd)	۹۵/۹$^{k-q}$ (cd)	۱۱۴/۴$^{h-n}$ (ef)	۱۳۶/۹$^{e-h}$ (de)	۱۴۶/۴$^{h-n}$ (de)	۱۵۵/۷$^{i-m}$ (de)
	$B_1 \times P_3$	۷۶/۴$^{a-d}$ (ab)	۸۰/۲$^{h-l}$ (cd)	۱۰۳/۱$^{f-l}$ (bc)	۱۱۶/۱$^{h-m}$ (def)	۱۴۳/۵$^{b-e}$ (bcd)	۱۴۹/۱$^{g-m}$ (de)	۱۸۰/۹$^{a-d}$ (ab)
	$B_2 \times P_3$	۶۷/۷$^{h-m}$ (cd)	۸۱/۹$^{h-k}$ (bcd)	۹۸/۸$^{i-o}$ (cd)	۱۲۴/۸$^{f-i}$ (cd)	۱۳۴/۱$^{e-i}$ (de)	۱۵۷/۵$^{e-h}$ (cd)	۱۴۹/۸$^{m-q}$ (e)
	$B_3 \times P_3$	۶۶/۷$^{i-n}$ (cd)	۷۷/۳$^{j-p}$ (cd)	۱۰۳/۹$^{f-l}$ (bc)	۱۱۶/۸$^{h-l}$ (de)	۱۳۱/۱$^{f-k}$ (e)	۱۴۷$^{h-n}$ (de)	۱۵۷/۲$^{h-m}$ (de)
	$B_4 \times P_3$	۶۱/۷$^{n-s}$ (d)	۷۴/۵$^{l-r}$ (d)	۸۹/۱$^{p-u}$ (d)	۱۰۶/۴$^{m-r}$ (f)	۱۱۸/۴$^{m-q}$ (f)	۱۳۸/۱$^{m-q}$ (e)	۱۴۸/۲$^{m-r}$ (e)
LSD		۵/۰۲۱۵	۶/۷۱۰۸	۹/۵۸۳	۹/۸۹۱۵	۱۱/۰۰۷	۱۲/۲۳۲	۱۱/۷۴

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

نتایج و بحث

هدایت الکتریکی برگ پرچم: برهمکنش توأم کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست)، محلول‌پاشی پوترسین و تنش شوری بر هدایت الکتریکی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار 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)، بطوریکه در ۱۱۱ روز پس از کاشت، کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار 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 میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین به روش برش‌دهی نشان داد که در هر یک از سطوح شوری (عدم اعمال شوری، شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار)، کاربرد کودهای زیستی (ورمی‌کمپوست

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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 ورمی‌کمپوست 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 می‌کنند (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).

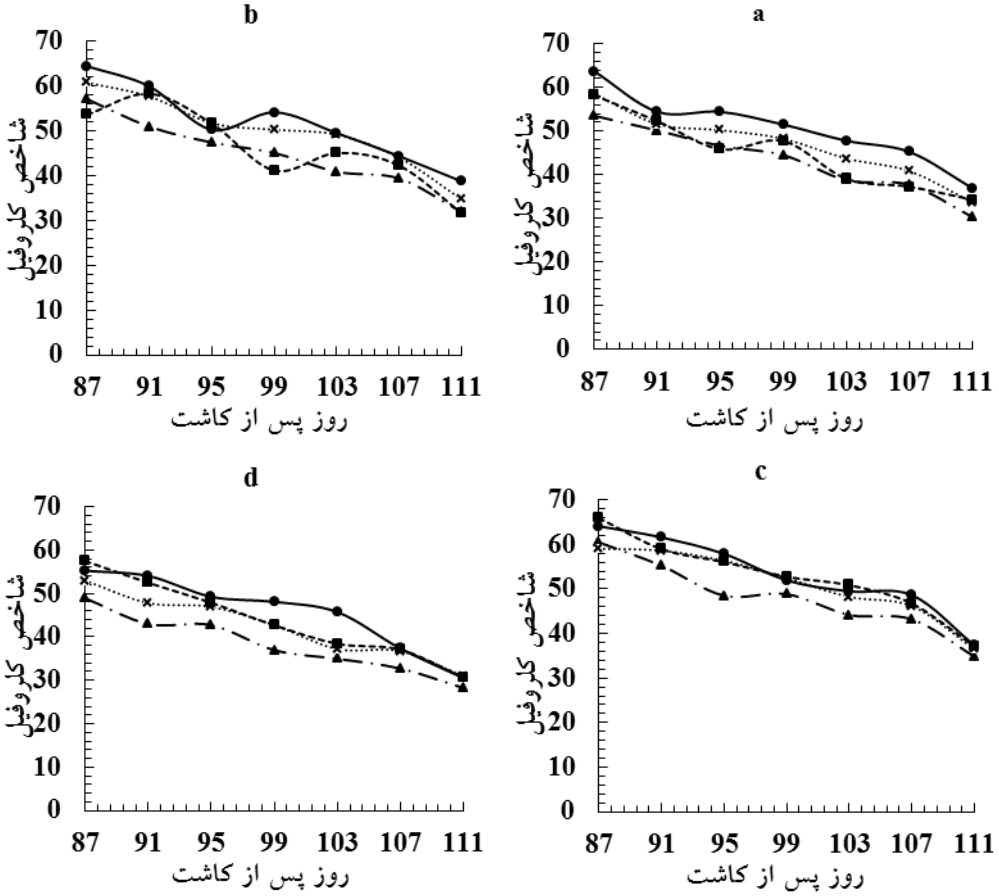
شاخص کلروفیل برگ پرچم: براساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر کودهای زیستی و آلی، پوترسین و تنش شوری و برهمکنش توأم این سه عامل بر شاخص کلروفیل برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی روند تغییرات این شاخص نشان داد که در تمامی ترکیبات تیماری با گذشت زمان 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 ورمی‌کمپوست) و پوترسین، روند تغییرات این شاخص نوسان کمتری نشان داد (شکل ۱). بطوریکه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست 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 کلروفیلاز، 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

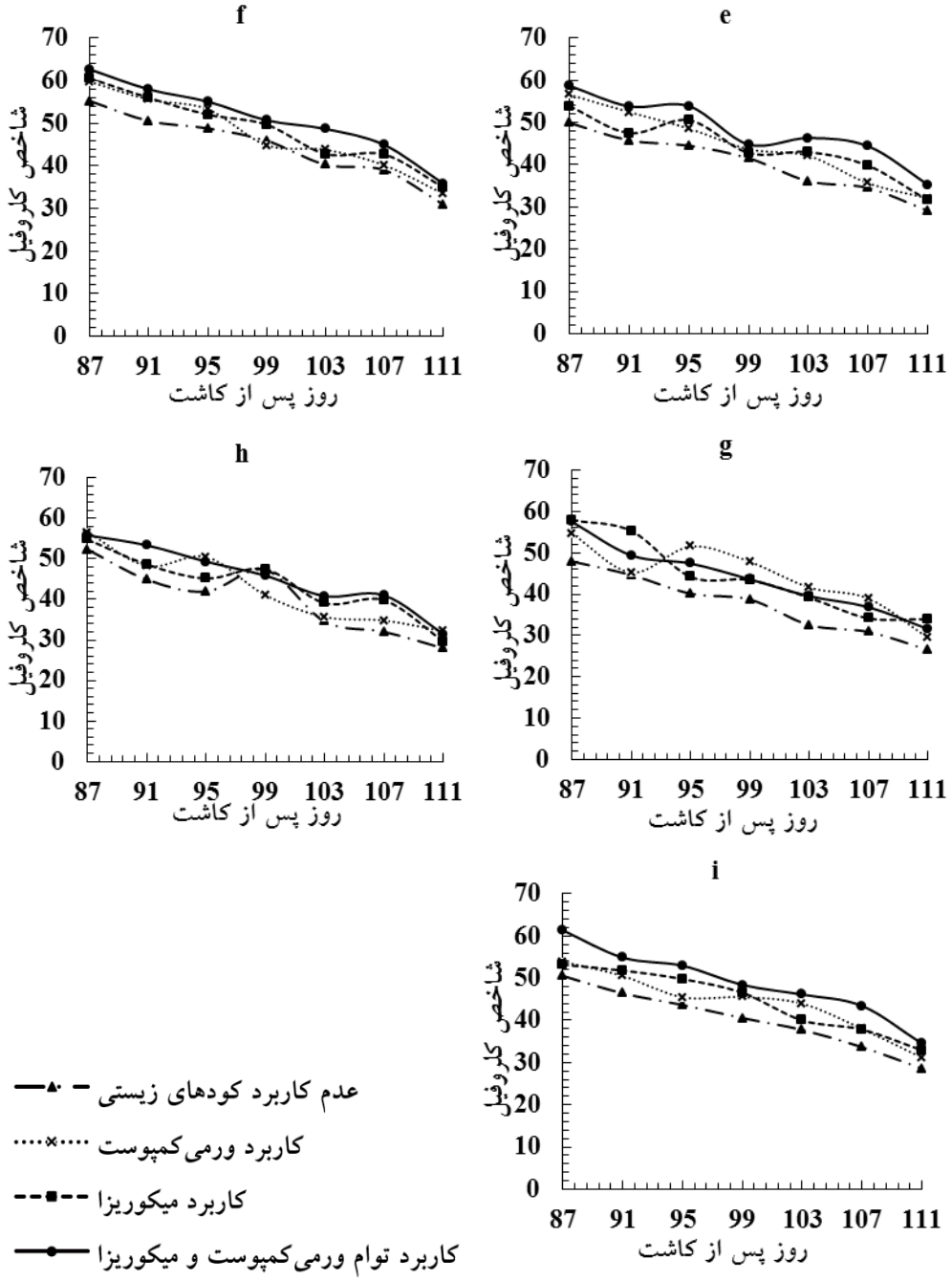
جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر شاخص کلروفیل برگ پرچم تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

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

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



[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]



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

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

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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 به‌واسطه 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 سویی دیگر با بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدی، موجب افزایش محتوای کلروفیل شد (Ahangar *et al*., 2021). به‌نظر 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). به‌نظر 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.

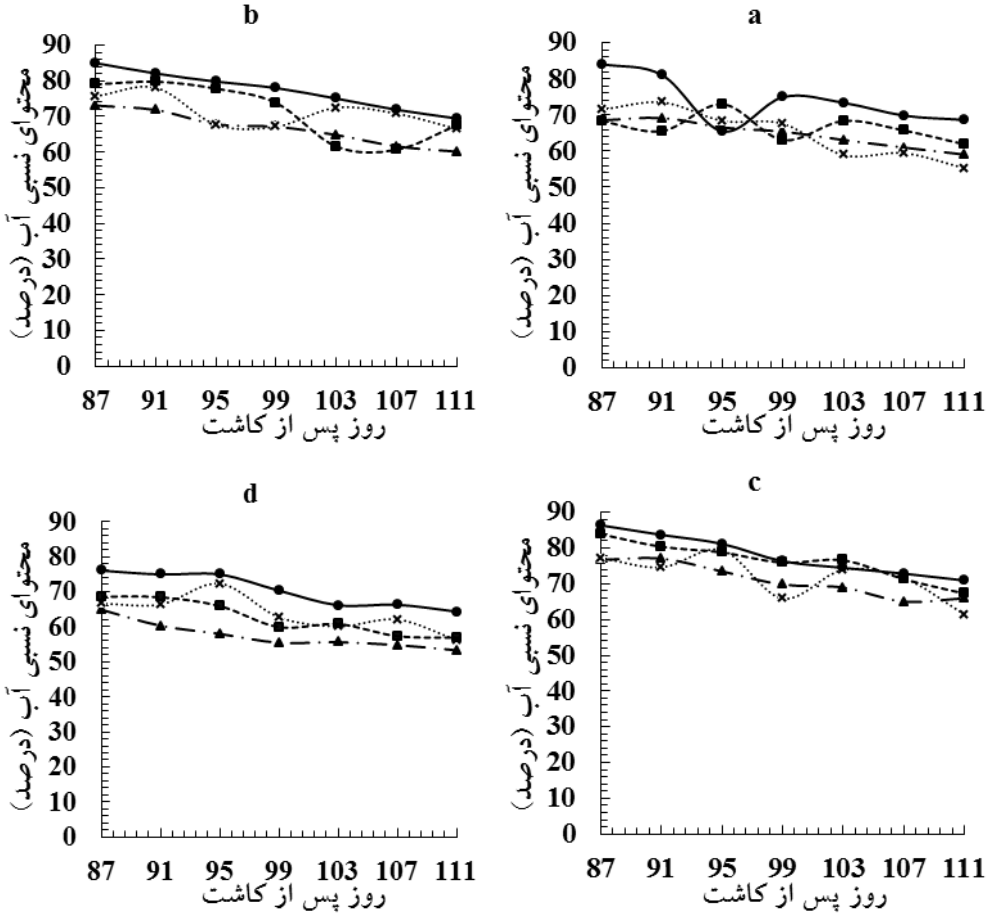
همچنین به‌نظر می‌رسد کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط تنش از طریق بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و افزایش محتوای اسمولیت‌های سازگار ضمن جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش نشت الکترولیت، موجب افزایش محتوای نسبی آب می‌شود (Ahangar *et al*., 2021). محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

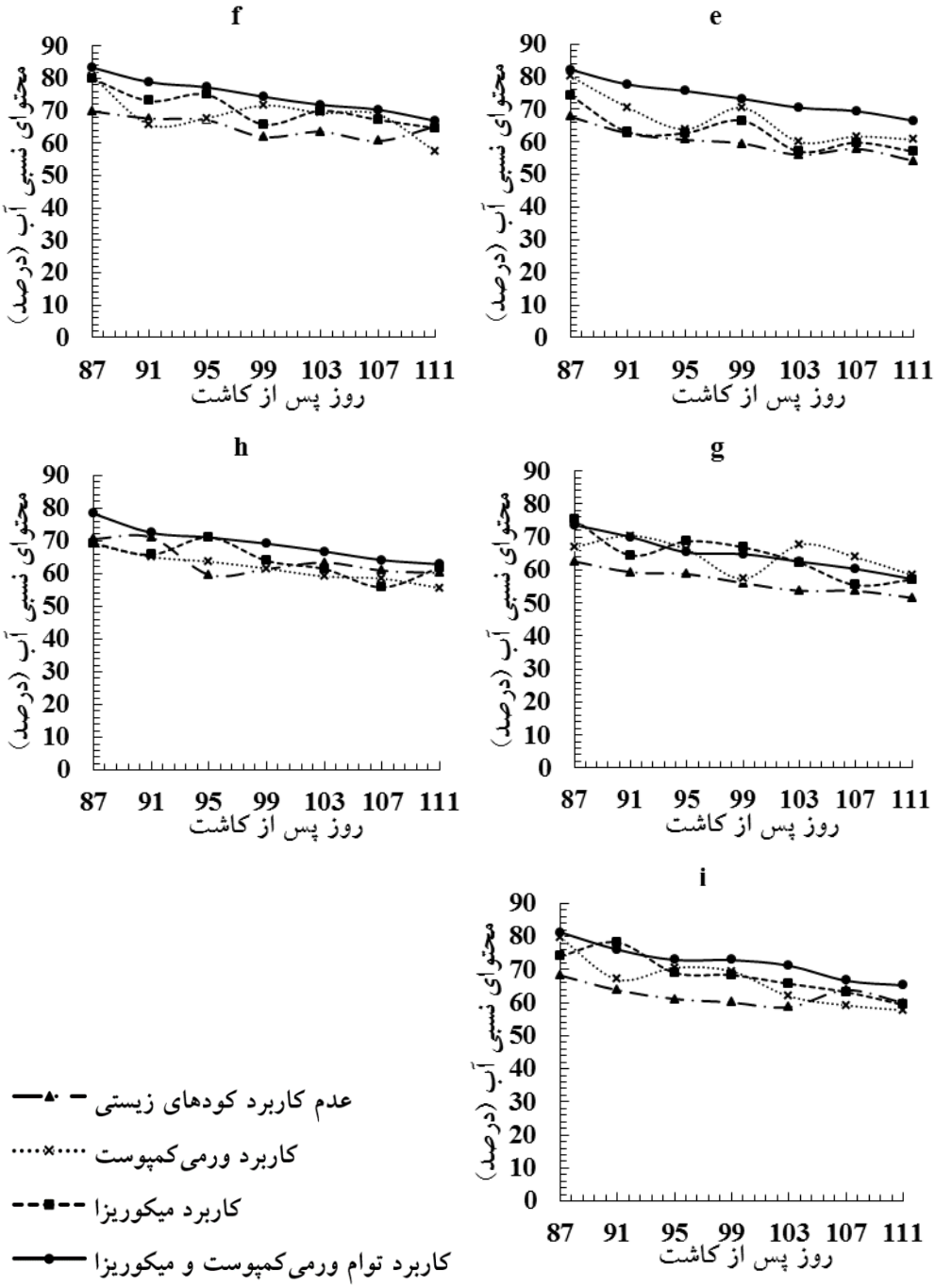
جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر محتوای نسبی آب برگ پرچم تریتیکاله تحت شرایط تنش شوری

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

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



[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]



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

نفوذپذیری غشاء به کلسیم شده و میزان آن را در گیاه افزایش می‌دهند، تحت چنین شرایطی افزایش کلسیم با غیرفعال کردن ورود یک سویه پتاسیم از غشاء موجب تحریک بسته‌شدن روزنه‌ها و در پی آن کاهش آب از دست‌رفته گیاه و یا افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Rubinowska *et al.*, 2012). نتایج مشابهی نیز توسط Farooq و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. همچنین، به‌نظر 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 به‌دلیل 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 ۱۵/۱۳ ($mmol\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$) در کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد که از افزایش ۴۷/۴۶ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شوری ۱۲۰ 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 ۱۲۰ میلی‌مولار در اولین مرحله از مراحل نمونه‌برداری (۸۷ روز بعد از کاشت)، کاربرد توأم کودهای زیستی و پوترسین از افزایش ۳۴/۷۹ 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 افزایش۳۵/۴۷ 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 به‌دلیل 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 به‌نظر 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) به‌واسطه 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 روبیسکو، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای برگ جو شد. همچنین، Mohammadi-Cheraghabadi 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 ورمی‌کمپوست در شرایط شوری، آب قابل دسترس در خاک و جذب عناصر غذایی همانند پتاسیم را بهبود می‌بخشد، در چنین شرایطی با افزایش محتوای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

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

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

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

ترکیبات تیماری		هدایت روزنه‌ای برگ پرچم ($mmolH_2O.m^{-2}.s^{-1}$)						
		روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1×P_1$	۲۸/۴۶$^{n-r}$ (f)	۲۶/۸۳$^{h-l}$ (c)	۲۵$^{g-n}$ (e)	۲۲/۲۳$^{o-r}$ (g)	۱۷/۴$^{o-s}$ (e)	۱۴/۸۶$^{l-q}$ (d)	۱۱/۶۶$^{n-r}$ (g)
	$B_2×P_1$	۳۰/۳۳$^{i-n}$ (ef)	۲۷/۴۶$^{g-k}$ (bc)	۲۶/۷۳$^{c-l}$ (cde)	۲۴/۵۳$^{i-m}$ (ef)	۱۸/۸$^{j-o}$ (de)	۱۶/۸۳$^{b-g}$ (bc)	۱۳/۱$^{e-I}$ (ef)
	$B_3×P_1$	۲۸/۳$^{n-s}$ (f)	۲۸/۹$^{d-h}$ (b)	۲۷/۰۶$^{b-k}$(bcde)	۲۵/۷۳$^{e-j}$ (de)	۱۸/۴۶$^{k-q}$ (de)	۱۵/۰۳$^{k-p}$ (d)	۱۲/۲۶$^{i-o}$ (g)
	$B_4×P_1$	۳۰$^{i-o}$ (ef)	۳۲/۱$^{a-c}$ (a)	۲۵/۹۶$^{d-m}$ (de)	۲۴/۹۶$^{g-l}$ (ef)	۲۱/۳$^{b-f}$ (bc)	۱۴/۷۶$^{l-q}$ (d)	۱۲/۳۳$^{i-o}$ (fg)
	$B_1×P_2$	۳۳/۷$^{a-f}$ (bc)	۲۷/۸۶$^{f-j}$ (bc)	۲۶/۱$^{d-m}$ (de)	۲۳/۶$^{k-p}$ (fg)	۱۸/۳۳$^{k-q}$ (de)	۱۵/۶۶$^{g-m}$ (cd)	۱۲/۳۶$^{i-o}$ (fg)
	$B_2×P_2$	۳۱/۳۶$^{g-l}$ (de)	۲۷/۵$^{g-j}$ (bc)	۲۸/۵۳$^{a-f}$ (abcd)	۲۷/۱۶$^{b-e}$ (bc)	۲۲/۰۳$^{a-d}$ (ab)	۱۷/۷$^{a-c}$ (ab)	۱۳/۳۳$^{d-h}$ (de)
	$B_3×P_2$	۳۲/۹۶$^{b-h}$(bcd)	۳۲/۳۳$^{a-c}$ (a)	۲۹/۰۶$^{a-d}$ (abc)	۲۷/۷$^{a-d}$ (bc)	۱۷/۹۶$^{n-r}$ (bc)	۱۴/۸$^{l-g}$ (d)	۱۴/۰۶$^{b-d}$ (abc)
	$B_4×P_2$	۳۵/۹۳^{a} (a)	۳۳/۶^{a} (a)	۳۰/۱$^{a-b}$ (a)	۲۹/۵۳^{a} (a)	۲۲/۲۳$^{a-c}$ (ab)	۱۷/۹۳$^{a-b}$ (ab)	۱۴/۵۶$^{a-c}$ (ab)
	$B_1×P_3$	۳۱/۶۶$^{f-j}$ (cde)	۲۸/۲۶$^{e-I}$ (bc)	۲۴/۷۳$^{i-n}$ (e)	۲۶/۴۳$^{c-h}$ (cd)	۱۹/۷۶$^{f-k}$ (cd)	۱۶/۹۶$^{b-f}$ (bc)	۱۳/۶۶$^{c-g}$ (cde)
	$B_2×P_3$	۳۴/۶۳$^{a-c}$ (ab)	۳۲/۰۳$^{a-c}$ (a)	۲۹/۸۶$^{a-c}$ (ab)	۲۷/۹۶$^{a-c}$ (b)	۲۱/۵۶$^{b-e}$ (de)	۱۷/۸$^{a-c}$ (ab)	۱۴/۴$^{a-c}$ (bcd)
	$B_3×P_3$	۳۴/۸۳$^{a-b}$ (ab)	۳۲/۳۶$^{a-b}$ (a)	۲۵/۳۳$^{f-n}$ (e)	۲۸/۳۶$^{a-b}$ (ab)	۲۳/۵۳^{a} (a)	۱۷/۶$^{a-d}$ (ab)	۱۵/۱۳^{a} (a)
	$B_4×P_3$	۳۴/۴$^{a-d}$ (ab)	۳۲/۵۶$^{a-b}$ (a)	۳۱/۴۶^{a} (a)	۲۸/۵۳$^{a-b}$ (ab)	۲۲/۴۳$^{a-b}$ (ab)	۱۸/۴۶^{a} (a)	۱۴/۷۶$^{a-b}$ (ab)
LSD		۲/۲۶۶۴	۲/۱۳۳۵	۳/۲۹۰۹	۱/۸۳۴۹	۱/۵۷۹۷	۱/۱۷۴۶	۰/۹۲۷۲

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

ادامه **جدول ۸-**

ترکیبات تیماری		هدایت روزنه‌ای برگ پرچم ($mmolH_2O.m^{-2}.s^{-1}$) روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
شوری ۶۰ میلی‌مولار (S_2)	$B_1 \times P_1$	۲۵/۸۳$^{t-u}$ (e)	۲۱/۳۶^{r} (c)	۲۱/۴$^{o-p}$ (g)	۱۹/۷۶$^{t-u}$ (g)	۱۵/۹$^{s-u}$ (i)	۱۳/۲۳$^{s-u}$ (h)	۱۰/۷۳$^{s-t}$ (i)
	$B_2 \times P_1$	۲۸/۲۶$^{n-s}$ (c)	۲۴/۳$^{n-q}$ (b)	۲۳/۸۶$^{k-o}$ (ef)	۲۲$^{p-r}$ (ef)	۱۶/۹$^{q-t}$ (h)	۱۳/۳۶$^{r-u}$ (h)	۱۰/۹$^{r-t}$ (i)
	$B_3 \times P_1$	۲۶/۳۳$^{r-u}$ (de)	۲۶/۲۳$^{i-n}$ (b)	۲۴/۸$^{h-n}$ (de)	۲۲/۴۶$^{o-r}$ (def)	۱۷/۲۳$^{o-t}$ (gh)	۱۴/۷۳$^{m-q}$ (fg)	۱۲/۱۶$^{j-o}$ (efg)
	$B_4 \times P_1$	۲۸/۴$^{n-r}$ (c)	۲۹/۱۳$^{d-g}$ (a)	۲۴/۹$^{h-n}$ (de)	۲۲/۹$^{n-q}$ (de)	۲۰/۱۳$^{f-j}$ (cd)	۱۶/۶۳$^{c-h}$ (bc)	۱۱/۹$^{l-p}$ (fg)
	$B_1 \times P_2$	۲۷/۳۶$^{q-t}$ (cde)	۲۵/۳۳$^{k-p}$ (b)	۲۲/۴$^{n-p}$ (fg)	۲۰/۸۳$^{r-u}$ (fg)	۱۶/۵$^{r-u}$ (hi)	۱۴/۲۶$^{o-s}$ (g)	۱۱/۱$^{p-t}$ (hi)
	$B_2 \times P_2$	۲۸/۴$^{n-r}$ (c)	۲۶/۴۳$^{i-n}$ (b)	۲۵/۵۳$^{e-n}$ (cde)	۲۴$^{j-o}$ (cd)	۱۹$^{i-n}$ (ef)	۱۵/۵۶$^{h-n}$ (e)	۱۳$^{e-j}$ (cd)
	$B_3 \times P_2$	۳۰/۸۳$^{h-m}$ (b)	۲۵/۷۶$^{j-o}$ (b)	۲۲/۶۳$^{n-p}$ (fg)	۲۱/۷۳$^{q-s}$ (ef)	۱۹/۲۳$^{h-n}$ (de)	۱۵/۸$^{f-m}$ (de)	۱۱/۸$^{m-r}$ (gh)
	$B_4 \times P_2$	۳۳/۲$^{b-g}$ (a)	۳۰/۴۳$^{b-d}$ (a)	۲۸/۲۶$^{a-g}$ (ab)	۲۶/۹۳$^{b-f}$ (a)	۲۱/۱۳$^{b-g}$ (ab)	۱۷/۳$^{a-e}$ (a)	۱۳/۷۶$^{c-f}$ (ab)
	$B_1 \times P_3$	۲۷/۹۶$^{o-t}$ (cd)	۲۶/۰۳$^{j-o}$ (b)	۲۴/۴۶$^{j-o}$ (def)	۲۲/۸۶$^{n-q}$ (de)	۱۸/۱۳$^{l-g}$ (fg)	۱۵/۲۳$^{j-o}$ (ef)	۱۲/۵۶$^{h-n}$ (def)
	$B_2 \times P_3$	۳۲/۴۶$^{c-i}$ (ab)	۲۹/۵۳$^{d-g}$ (a)	۲۷/۵۳$^{b-j}$ (abc)	۲۵/۲۶$^{f-k}$ (bc)	۱۹/۵۶$^{g-m}$(cde)	۱۶/۲۶$^{e-j}$ (cd)	۱۲/۷۶$^{g-l}$ (cde)
	$B_3 \times P_3$	۳۲/۲۳$^{d-j}$ (ab)	۳۰/۲$^{b-d}$ (a)	۲۶/۵۶$^{d-m}$ (bcd)	۲۶/۷۶$^{b-g}$ (ab)	۲۰/۵$^{d-i}$ (bc)	۱۷/۱۶$^{b-e}$ (ab)	۱۳/۴۶$^{d-h}$ (bc)
	$B_4 \times P_3$	۳۴/۱$^{a-e}$ (a)	۳۱/۰۳$^{b-d}$ (a)	۲۸/۷۶$^{a-e}$ (a)	۲۷/۴۳$^{b-e}$ (a)	۲۱/۷۳$^{b-d}$ (a)	۱۷/۵۶$^{a-d}$ (a)	۱۴/۲۳$^{a-d}$ (a)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_1$	۲۴/۸^{u} (e)	۲۲/۷۳$^{q-r}$ (f)	۲۰/۲۳^{p} (c)	۱۷/۶^{v} (g)	۱۵/۱^{u} (g)	۱۲/۲۶^{u} (e)	۱۰/۲۶^{t} (f)
	$B_2 \times P_1$	۲۹/۴$^{l-q}$ (bc)	۲۲/۹۶$^{q-r}$ (ef)	۲۶/۲$^{d-m}$ (ab)	۱۹/۰۳$^{u-v}$ (fg)	۱۶/۱۳$^{s-u}$ (efg)	۱۳/۷$^{q-t}$ (cd)	۱۱/۷۳$^{m-r}$ (de)
	$B_3 \times P_1$	۲۷/۶۳$^{p-t}$ (cd)	۲۴/۰۳$^{o-q}$ (ef)	۲۴/۴۶$^{j-o}$ (b)	۲۳/۹۳$^{j-o}$ (bcd)	۱۹/۷$^{g-l}$ (ab)	۱۵/۷۶$^{g-m}$ (ab)	۱۱/۶$^{o-s}$ (de)
	$B_4 \times P_1$	۲۹/۶۳$^{k-q}$ (bc)	۲۹/۱۳$^{d-g}$ (ab)	۲۵/۱۶$^{g-n}$ (ab)	۲۳/۴$^{l-q}$ (cd)	۱۷/۹$^{n-r}$ (bcde)	۱۵/۳۶$^{i-o}$ (ab)	۱۲/۰۳$^{k-o}$(bcde)
	$B_1 \times P_2$	۳۰/۱$^{j-o}$ (bc)	۲۳/۴۶$^{p-r}$ (ef)	۲۵/۰۶$^{g-n}$ (ab)	۱۹/۳۶$^{u-v}$ (efg)	۱۵/۸$^{t-u}$ (fg)	۱۲/۹۳$^{t-u}$ (de)	۱۰/۹۶$^{q-t}$ (ef)
	$B_2 \times P_2$	۲۸/۹۳$^{m-q}$ (c)	۲۴/۸۶$^{l-q}$ (de)	۲۳/۴$^{m-p}$ (b)	۲۳/۰۶$^{m-q}$ (cd)	۱۶/۳$^{s-u}$ (defg)	۱۵/۹۳$^{f-l}$ (a)	۱۱/۵۶$^{o-s}$ (de)
	$B_3 \times P_2$	۲۶/۰۶$^{s-u}$ (de)	۲۷/۴۶$^{g-k}$ (bc)	۲۳/۶$^{l-o}$ (b)	۲۱/۵۶$^{q-t}$ (de)	۱۹/۴۶$^{h-n}$ (ab)	۱۶/۱۳$^{e-k}$ (a)	۱۱/۸۳$^{m-q}$ (cde)
	$B_4 \times P_2$	۳۱/۹۶$^{e-j}$ (ab)	۲۸/۲۶$^{e-i}$ (abc)	۲۶/۴$^{d-m}$ (ab)	۲۵$^{g-l}$ (abc)	۱۹/۴$^{h-n}$ (ab)	۱۶/۵$^{d-I}$ (a)	۱۲/۹$^{f-k}$ (abc)
	$B_1 \times P_3$	۲۹/۱$^{m-q}$ (c)	۲۴/۶$^{m-q}$ (def)	۲۵/۲$^{g-n}$ (ab)	۲۰/۱$^{s-u}$ (ef)	۱۷/۰۳$^{p-t}$(cdef)	۱۳/۹۳$^{p-t}$ (cd)	۱۳/۱$^{e-I}$ (ab)
	$B_2 \times P_3$	۲۸/۷۳$^{m-q}$ (c)	۲۶/۵۳$^{i-m}$ (cd)	۲۴/۱$^{k-o}$ (b)	۲۶/۴۳$^{c-h}$ (a)	۱۸/۵$^{k-p}$ (bc)	۱۴/۴۳$^{n-r}$ (bc)	۱۲/۶۳$^{h-m}$ (bcd)
	$B_3 \times P_3$	۲۹/۴۳$^{k-q}$ (bc)	۲۹/۵۶$^{d-g}$ (a)	۲۸/۰۶$^{b-h}$ (a)	۲۴/۸$^{h-m}$ (abc)	۱۸/۰۶$^{m-r}$(bcd)	۱۶/۲$^{e-k}$ (a)	۱۱/۹۳$^{l-p}$ (cde)
	$B_4 \times P_3$	۳۳/۴۳$^{b-g}$ (a)	۲۹/۷۶$^{d-f}$ (a)	۲۷/۸۶$^{b-i}$ (a)	۲۶/۱$^{d-i}$ (ab)	۲۰/۷۳$^{c-h}$ (a)	۱۶/۷۳$^{c-h}$ (a)	۱۳/۹$^{b-e}$ (a)
LSD		۲/۲۶۶۴	۲/۱۳۳۵	۳/۲۹۰۹	۱/۸۳۴۹	۱/۵۷۹۷	۱/۱۷۴۶	۰/۹۲۷۲

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

اسمولیت‌های سازگار و بهبود محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای برگ گندم افزایش می‌یابد. در این بررسی نیز کاربرد ورمی‌کمپوست 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 ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی پوترسین و تنش شوری و برهمکنش توأم این عوامل بر فلورسانس کلروفیل حداقل، فلورسانس متغیر و فلورسانس حداکثر برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۹، ۱۱ و ۱۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در ۱۱۱ روز پس از کاشت نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین در شرایط عدم اعمال شوری موجب کاهش ۴۶/۸۴ درصدی فلورسانس حداقل برگ پرچم در مقایسه با عدم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

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

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

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

ترکیبات تیماری		فلورسانس حداقل برگ پرچم						
		روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
	$B_1 \times P_1$	۱۷۳/۳$^{h-m}$ (a)	۱۷۸/۳$^{c-i}$ (a)	۱۹۳/۳$^{c-i}$ (a)	۱۹۱/۳$^{f-j}$ (a)	۱۹۲$^{g-m}$ (ab)	۱۹۴/۳$^{f-k}$ (a)	۲۰۶/۳$^{c-h}$ (a)
	$B_2 \times P_1$	۱۶۲/۳$^{k-p}$ (ab)	۱۷۲/۳$^{c-m}$ (ab)	۱۷۸$^{g-n}$ (abc)	۱۸۲$^{i-o}$ (ab)	۱۸۴/۶$^{j-q}$ (abc)	۱۸۸/۶$^{g-n}$ (a)	۲۰۱/۳$^{d-j}$ (a)
	$B_3 \times P_1$	۱۵۰/۳$^{o-s}$ (bc)	۱۴۹/۶$^{l-r}$ (cde)	۱۶۶$^{l-s}$ (cd)	۱۹۴/۳$^{e-i}$ (a)	۱۷۶/۶$^{m-t}$ (cde)	۲۰۱$^{c-g}$ (a)	۲۰۴/۶$^{d-i}$ (a)
	$B_4 \times P_1$	۱۲۶/۶$^{v-x}$ (de)	۱۶۰/۶$^{g-r}$ (bc)	۱۸۳/۶$^{e-l}$ (ab)	۱۶۴/۶$^{q-u}$ (cde)	۱۷۰/۳$^{p-u}$ (def)	۱۶۹$^{p-t}$ (bc)	۲۰۳$^{d-i}$ (a)
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1 \times P_2$	۱۶۴/۳$^{j-o}$ (ab)	۱۷۴$^{b-l}$ (a)	۱۸۱/۳$^{f-m}$ (abc)	۱۹۰$^{f-j}$ (a)	۱۸۱/۶$^{k-r}$ (bcd)	۱۹۰/۳$^{f-m}$ (a)	۱۹۵/۶$^{f-l}$ (ab)
	$B_2 \times P_2$	۱۳۴$^{s-x}$ (cde)	۱۴۷/۶$^{m-r}$ (def)	۱۷۶$^{i-o}$ (bc)	۱۶۱$^{r-u}$ (cde)	۱۹۸$^{d-k}$ (a)	۱۹۳$^{f-l}$ (a)	۱۶۷/۳$^{q-s}$ (c)
	$B_3 \times P_2$	۱۳۱/۶$^{t-x}$ (de)	۱۴۴/۳$^{o-r}$ (ef)	۱۶۰/۳$^{n-t}$ (de)	۱۷۱/۶$^{m-s}$ (bc)	۱۶۵/۶$^{r-u}$ (efg)	۱۶۶$^{r-t}$ (bc)	۲۱۲/۳$^{b-e}$ (a)
	$B_4 \times P_2$	۱۲۲/۳$^{w-x}$ (de)	۱۴۰^{qr} (ef)	۱۵۰$^{r-t}$ (ef)	۱۹۱$^{f-j}$ (a)	۱۶۱/۶$^{t-u}$ (fg)	۱۵۹/۶^{t} (c)	۱۶۴/۶$^{r-s}$ (c)
	$B_1 \times P_3$	۱۳۷/۶$^{r-w}$ (cd)	۱۵۷$^{h-r}$ (cd)	۱۶۹$^{k-r}$ (bcd)	۱۷۰$^{n-t}$ (bcd)	۱۷۵/۳$^{n-t}$ (cde)	۱۷۵$^{m-t}$ (b)	۱۷۸/۶$^{m-r}$ (bc)
	$B_2 \times P_3$	۱۵۰$^{o-s}$ (bc)	۱۴۰/۶$^{p-r}$ (ef)	۱۵۵$^{p-u}$ (def)	۱۵۶/۳$^{t-u}$ (de)	۱۶۰/۳$^{t-u}$ (fg)	۱۶۴st (bc)	۱۶۵/۶$^{r-s}$ (c)
	$B_3 \times P_3$	۱۲۹$^{u-x}$ (de)	۱۷۲/۳$^{c-m}$ (ab)	۱۴۴/۶^{t} (f)	۱۶۰$^{s-u}$ (cde)	۱۶۳/۶$^{s-u}$ (efg)	۱۶۷/۳$^{q-t}$ (bc)	۱۶۹/۳$^{p-s}$ (c)
	$B_4 \times P_3$	۱۱۹^{x} (e)	۱۳۷^{r} (f)	۱۴۸st (ef)	۱۵۳/۶^{u} (e)	۱۵۶/۶^{u} (g)	۱۶۲/۶st (bc)	۱۶۱/۶^{s} (c)
LSD		۱۷/۴۷۴	۲۶/۲۲۴	۱۹/۱۲	۱۴/۶۷۶	۱۶/۳۳۵	۱۵/۴۷۲	۱۶/۵۱۴

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

ادامه **جدول ۱۰-**

ترکیبات تیماری		فلورسانس حداقل برگ پرچم روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
	$B_1 \times P_1$	۲۱۱^{a} (a)	۲۱۲/۳^{a} (a)	۲۱۳^{ab} (a)	۲۱۶/۳^{ab} (a)	۲۲۵/۶^{a} (a)	۲۲۲/۳^{ab} (a)	۲۲۴^{ab} (a)
	$B_2 \times P_1$	۱۸۱/۳^{ej} (cde)	۱۸۹/۶$^{a-f}$ (c)	۲۰۰/۶$^{a-e}$ (ab)	۱۸۸/۶$^{f-k}$ (d)	۲۱۳$^{a-d}$ (ab)	۲۰۱$^{c-g}$ (cd)	۲۲۲$^{a-c}$ (a)
	$B_3 \times P_1$	۲۰۷$^{a-d}$ (ab)	۱۸۰/۳$^{b-I}$ (d)	۱۹۵/۶$^{b-h}$ (bc)	۲۰۳$^{b-f}$ (c)	۲۰۴/۶$^{b-h}$ (bcd)	۱۹۲/۶$^{f-l}$ (de)	۲۰۸$^{b-g}$ (b)
	$B_4 \times P_1$	۱۵۵/۳$^{n-q}$ (fg)	۱۶۲/۳$^{g-r}$ (f)	۱۶۸$^{k-r}$ (ef)	۱۷۶/۶$^{j-q}$ (ef)	۱۹۰/۶$^{g-n}$ (de)	۱۸۰/۶$^{l-r}$ (f)	۱۸۴$^{k-p}$ (f)
شوری ۶۰ میلی مولار (S_2)	$B_1 \times P_2$	۱۹۲$^{b-g}$ (bc)	۱۹۹/۶$^{a-b}$ (b)	۲۰۶/۳$^{a-d}$ (ab)	۲۰۱/۳$^{c-g}$ (c)	۲۱۷/۶$^{a-c}$ (ab)	۲۱۳$^{b-d}$ (b)	۲۱۱/۶$^{b-f}$ (b)
	$B_2 \times P_2$	۱۸۴$^{e-i}$ (cd)	۱۶۸/۶$^{d-o}$ (e)	۱۷۶/۳$^{i-o}$ (de)	۱۸۰$^{i-p}$ (e)	۱۹۴$^{f-l}$ (de)	۱۹۲/۳$^{f-l}$ (e)	۱۹۸/۶$^{e-l}$ (c)
	$B_3 \times P_2$	۱۶۸/۳$^{i-n}$ (ef)	۱۹۲$^{a-e}$ (c)	۱۹۷$^{b-g}$ (bc)	۲۰۹/۶$^{a-d}$ (b)	۱۹۸$^{d-k}$ (cde)	۲۰۵/۶$^{c-f}$ (bc)	۱۹۴$^{g-m}$ (d)
	$B_4 \times P_2$	۱۴۰$^{q-v}$ (h)	۱۵۱/۳$^{k-r}$ (g)	۱۵۸/۶$^{o-t}$ (fg)	۱۶۶/۳$^{p-u}$ (h)	۱۸۳/۳$^{k-q}$ (efg)	۱۷۶/۳$^{m-s}$ (fg)	۱۷۴/۶$^{n-s}$ (gh)
	$B_1 \times P_3$	۱۷۵/۶$^{g-l}$ (de)	۱۷۶/۳$^{b-k}$ (d)	۱۸۳/۶$^{e-l}$ (cd)	۱۸۷$^{g-l}$ (d)	۲۰۹$^{b-f}$ (bc)	۱۹۷$^{e-j}$ (de)	۲۰۲/۳$^{d-j}$ (c)
	$B_2 \times P_3$	۱۴۷/۶$^{o-t}$ (gh)	۱۵۵/۳$^{i-r}$ (g)	۱۷۱/۳$^{j-q}$ (def)	۱۶۸/۳$^{o-u}$ (gh)	۱۸۸$^{i-o}$ (ef)	۱۸۲$^{j-q}$ (f)	۱۸۹/۳$^{i-n}$ (e)
	$B_3 \times P_3$	۱۴۲$^{q-v}$ (h)	۱۵۳$^{j-r}$ (g)	۱۶۴$^{m-s}$ (efg)	۱۷۳/۳$^{l-s}$ (fg)	۱۷۳/۳$^{o-t}$ (fg)	۱۷۷/۶$^{l-s}$ (fg)	۱۷۶/۳$^{n-s}$ (g)
	$B_4 \times P_3$	۱۳۵$^{s-x}$ (h)	۱۴۶$^{n-r}$ (h)	۱۵۳/۶$^{q-t}$ (g)	۱۶۳$^{q-u}$ (h)	۱۶۸/۶$^{q-u}$ (g)	۱۷۰/۳$^{o-t}$ (g)	۱۷۱$^{o-s}$ (h)
	$B_1 \times P_1$	۲۰۷$^{a-b}$ (a)	۱۷۴/۳$^{b-l}$ (a)	۲۱۹^{a} (a)	۲۲۲/۶^{a} (a)	۲۲۰/۳$^{a-b}$ (a)	۲۳۴/۶^{a} (a)	۲۳۷/۳^{a} (a)
	$B_2 \times P_1$	۱۹۸/۳$^{a-d}$ (ab)	۱۶۹/۳$^{d-o}$ (a)	۲۱۱$^{a-c}$ (ab)	۱۸۸/۶$^{f-k}$ (def)	۱۸۴/۳$^{j-q}$ (def)	۱۸۷$^{g-n}$ (ef)	۲۱۵/۶$^{a-c}$ (b)
	$B_3 \times P_1$	۱۸۶/۳$^{d-h}$ (bc)	۱۹۴/۳$^{a-d}$ (a)	۱۷۷$^{h-o}$ (defg)	۲۱۳/۳$^{a-c}$ (ab)	۲۰۷$^{b-g}$ (abc)	۲۲۴/۳$^{a-b}$ (ab)	۱۹۰/۳$^{h-n}$ (de)
	$B_4 \times P_1$	۱۴۵/۶$^{p-u}$ (e)	۱۸۲/۶$^{b-h}$ (a)	۱۸۸/۶$^{d-j}$ (cde)	۱۹۳/۶$^{e-I}$ (cde)	۱۹۶/۳$^{e-k}$(bcdef)	۱۹۵/۶$^{e-k}$ (de)	۲۰۰/۳$^{d-k}$(bcde)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_2$	۲۰۴/۶$^{a-c}$ (a)	۱۷۲$^{c-n}$ (a)	۱۹۳$^{c-i}$ (bcde)	۲۰۳$^{b-f}$ (bcd)	۱۸۸/۶$^{i-o}$ (cdef)	۱۹۷/۶$^{d-i}$ (cde)	۲۰۲/۶$^{d-i}$ (bcd)
	$B_2 \times P_2$	۱۷۸/۶$^{f-k}$ (c)	۱۵۷/۳$^{h-r}$ (a)	۲۰۸/۶$^{a-c}$ (abc)	۱۹۹$^{c-h}$ (bcde)	۲۰۲$^{c-i}$ (abcd)	۲۱۵/۳$^{b-c}$ (abc)	۱۹۳$^{g-m}$ (cde)
	$B_3 \times P_2$	۱۸۹/۳$^{c-h}$ (bc)	۱۸۵$^{b-g}$ (a)	۱۶۶/۳$^{l-s}$ (fg)	۱۷۷$^{j-q}$ (f)	۲۰۰$^{d-j}$ (bcd)	۲۰۰/۶$^{c-h}$ (cde)	۱۸۹$^{i-n}$ (de)
	$B_4 \times P_2$	۱۵۲/۶$^{n-r}$ (de)	۱۶۴/۳$^{f-q}$ (a)	۱۷۳/۳$^{j-p}$ (efg)	۱۸۴/۳$^{h-n}$ (ef)	۱۸۶/۶$^{i-p}$ (def)	۱۸۴$^{i-p}$ (ef)	۱۸۶$^{j-o}$ (de)
	$B_1 \times P_3$	۱۹۴/۶$^{a-f}$ (ab)	۱۹۷$^{a-c}$ (a)	۱۹۸$^{b-f}$ (abcd)	۲۰۷/۳$^{b-e}$ (abc)	۲۱۱/۳$^{a-e}$ (ab)	۲۱۰$^{b-e}$ (bcd)	۲۱۳/۳$^{b-e}$ (b)
	$B_2 \times P_3$	۱۵۷/۳$^{m-q}$ (de)	۱۶۶/۳$^{e-p}$ (a)	۱۷۹/۳$^{f-n}$(defg)	۱۹۷/۳$^{d-h}$(bcde)	۱۹۸$^{d-k}$ (bcde)	۱۹۳/۶$^{f-k}$ (de)	۲۱۰/۶$^{b-f}$ (bc)
	$B_3 \times P_3$	۱۶۰/۳$^{l-q}$ (d)	۱۷۰/۳$^{d-o}$ (a)	۱۸۵/۶$^{e-k}$ (def)	۱۸۵/۶$^{h-m}$ (ef)	۱۷۹/۶$^{l-s}$ (ef)	۱۸۵/۳$^{h-o}$ (ef)	۱۹۱$^{h-n}$ (de)
	$B_4 \times P_3$	۱۴۵$^{p-u}$ (e)	۱۵۹$^{g-r}$ (a)	۱۶۲/۳$^{m-t}$ (g)	۱۷۵$^{k-r}$ (f)	۱۷۸/۳$^{l-s}$ (f)	۱۷۳/۳$^{n-t}$ (f)	۱۸۲/۳ (e)
LSD		۱۷/۴۷۴	۲۶/۲۲۴	۱۹/۱۲	۱۴/۶۷۶	۱۶/۳۳۵	۱۵/۴۷۲	۱۶/۵۱۴

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار 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 و۱۴). کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین از بیشترین فلورسانس متغیر برگ پرچم (۵۴۱) و عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین تحت شرایط شوری ۱۲۰ میلی‌مولار 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 (به‌ترتیب ۸۷ و ۱۱۱ روز بعد از کاشت) نشان‌دهنده به ترتیب افزایش ۲۷ و ۵۲ درصدی فلورسانس متغیر در شرایط کاربرد توأم کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین نسبت به عدم کاربرد آنها در چنین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

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

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

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

ترکیبات تیماری		فلورسانس متغیر برگ پرچم						
		روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1 \times P_1$	۴۹۹/۴$^{j-p}$ (e)	۴۷۶/۳$^{m-q}$ (e)	۴۱۹$^{o-u}$ (f)	۴۱۲/۶$^{m-r}$ (d)	۴۲۱/۶$^{j-q}$ (gh)	۳۹۳/۶$^{k-q}$ (cd)	۳۵۵$^{n-s}$ (c)
	$B_2 \times P_1$	۵۳۸/۳$^{f-m}$(bcde)	۵۰۰$^{j-o}$ (cde)	۴۸۴$^{h-p}$ (def)	۴۶۰$^{g-m}$ (cd)	۴۴۸$^{h-o}$ (gh)	۴۲۱/۳$^{i-n}$(c)	۳۷۰/۶$^{l-s}$ (c)
	$B_3 \times P_1$	۵۸۳/۳$^{a-j}$(abcde)	۶۰۵$^{a-d}$ (ab)	۵۴۱/۳$^{c-j}$ (cd)	۳۹۲/۶$^{n-s}$ (d)	۴۸۲$^{e-i}$ (def)	۳۵۹/۶$^{p-s}$ (d)	۳۶۳$^{m-s}$ (c)
	$B_4 \times P_1$	۶۷۲^{a} (a)	۵۵۵$^{c-k}$ (bcd)	۴۴۸/۶۷$^{l-r}$ (f)	۵۴۲/۳$^{a-e}$ (ab)	۵۰۹/۶$^{b-g}$(bcde)	۵۱۲$^{a-e}$ (ab)	۳۶۱/۶$^{m-s}$ (c)
	$B_1 \times P_2$	۵۲۹/۳$^{g-n}$ (cde)	۴۹۳/۶$^{k-p}$ (de)	۴۶۶/۳$^{j-q}$ (ef)	۴۲۰/۶$^{l-r}$ (d)	۴۶۰$^{f-l}$ (efg)	۴۱۳/۶$^{j-o}$ (cd)	۳۹۵/۶$^{i-p}$ (bc)
	$B_2 \times P_2$	۵۲۰/۳$^{h-o}$ (de)	۶۱۳/۳$^{a-d}$ (ab)	۴۸۸$^{h-o}$ (def)	۵۶۰$^{a-d}$ (ab)	۳۹۴/۳$^{o-t}$ (h)	۳۹۳$^{l-q}$ (cd)	۵۱۱/۶$^{a-c}$ (a)
	$B_3 \times P_2$	۶۵۰/۶$^{a-d}$ (ab)	۵۱۲$^{g-o}$ (cde)	۵۶۵/۶$^{b-g}$ (bc)	۵۰۹/۳$^{c-i}$ (bc)	۵۳۲/۳$^{a-e}$ (abcd)	۵۲۶/۶$^{a-d}$ (ab)	۳۲۲$^{r-u}$ (c)
	$B_4 \times P_2$	۶۰۳/۳$^{a-i}$ (abcde)	۶۵۳/۶^{ab} (a)	۶۱۶/۶$^{a-c}$ (ab)	۴۱۱/۶$^{m-r}$ (d)	۵۴۷/۶$^{a-c}$ (ab)	۵۶۱/۳^{a} (a)	۵۲۴/۶$^{a-b}$ (a)
	$B_1 \times P_3$	۶۲۵$^{a-f}$ (abcd)	۵۶۹/۶$^{c-i}$ (bc)	۵۲۵/۶$^{d-k}$ (cde)	۵۱۷/۶$^{b-h}$ (bc)	۴۸۸$^{d-i}$ (cdef)	۴۸۴/۶$^{c-h}$ (b)	۴۶۸/۶$^{b-h}$ (ab)
	$B_2 \times P_3$	۶۵۷/۳$^{a-c}$ (a)	۶۴۶$^{a-b}$ (a)	۵۹۱/۶$^{a-e}$ (abc)	۵۸۵$^{a-b}$ (ab)	۵۵۵/۳$^{a-b}$ (ab)	۵۳۴/۳$^{a-c}$ (ab)	۵۱۸$^{a-b}$ (a)
	$B_3 \times P_3$	۶۵۹/۶^{ab} (a)	۵۰۵$^{i-o}$ (cde)	۶۴۶^{a} (a)	۵۶۸$^{a-c}$ (ab)	۵۴۰/۶$^{a-d}$ (abc)	۵۱۹/۳$^{a-e}$ (ab)	۴۹۷/۶$^{a-d}$ (a)
	$B_4 \times P_3$	۶۳۵/۶$^{a-e}$ (abc)	۶۷۱/۶^{a} (a)	۶۲۵/۳^{ab} (ab)	۶۰۳/۶^{a} (a)	۵۷۳/۶^{a} (a)	۵۴۳$^{a-b}$ (ab)	۵۴۱^{a} (a)
LSD		۹۲/۶۹	۶۷/۰۱	۷۶/۲۷	۶۸/۲۶	۵۷/۸	۵۳/۲	۶۳/۶۵

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

ادامه **جدول ۱۲-**

ترکیبات تیماری		فلورسانس متغیر برگ پرچم						
		روز پس از کاشت						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
	$B_1 \times P_1$	۳۲۳/۶^{t} (g)	۳۰۸/۶^{u} (j)	۳۳۰/۶$^{w-x}$ (g)	۳۰۳/۶$^{u-v}$ (h)	۲۶۵/۶^{w} (g)	۲۹۲/۳$^{t-u}$ (i)	۲۸۰$^{u-v}$ (k)
	$B_2 \times P_1$	۴۵۹/۶$^{l-r}$ (d)	۴۲۷/۳$^{p-t}$ (h)	۳۸۹/۳$^{r-w}$ (f)	۴۲۹/۳$^{k-q}$ (e)	۳۴۳$^{r-v}$ (ef)	۳۶۴/۶$^{o-s}$ (g)	۲۸۹$^{t-v}$ (j)
	$B_3 \times P_1$	۳۷۶/۳$^{r-t}$ (f)	۴۶۸/۳$^{n-q}$ (g)	۴۱۰/۶$^{p-v}$ (ef)	۳۵۴$^{r-u}$ (fg)	۳۷۶/۳$^{q-t}$ (de)	۴۱۰/۳$^{j-p}$ (e)	۳۴۷/۶$^{o-t}$ (h)
	$B_4 \times P_1$	۵۶۵/۳$^{c-k}$ (b)	۵۴۶/۶$^{d-l}$ (d)	۵۳۳/۶$^{d-j}$ (bc)	۴۸۶$^{e-l}$ (cd)	۴۰۸/۶$^{l-s}$ (cd)	۴۵۵/۶$^{f-j}$ (cd)	۴۴۶$^{d-j}$ (c)
	$B_1 \times P_2$	۴۱۴/۳$^{p-t}$ (e)	۳۸۲/۳$^{s-t}$ (i)	۳۶۴$^{t-w}$ (fg)	۳۶۶$^{q-u}$ (f)	۳۱۸$^{u-w}$ (f)	۳۲۲/۳$^{s-t}$ (h)	۳۳۱$^{q-u}$ (i)
شوری ۶۰ میلی مولار (S_2)	$B_2 \times P_2$	۴۴۹/۶$^{m-r}$ (de)	۵۱۶/۶$^{g-n}$ (e)	۴۹۴$^{g-o}$ (cd)	۴۶۸$^{f-m}$ (d)	۴۱۴$^{k-r}$ (cd)	۴۰۶/۳$^{j-p}$ (e)	۳۸۷/۳$^{j-q}$ (f)
	$B_3 \times P_2$	۵۱۸$^{h-o}$ (b)	۴۱۷/۳$^{q-t}$ (h)	۳۷۹/۶$^{s-w}$ (fg)	۳۲۶/۳$^{s-v}$ (gh)	۳۸۴/۶$^{p-t}$ (de)	۳۴۸/۶$^{q-s}$ (g)	۴۰۳/۶$^{i-o}$ (e)
	$B_4 \times P_2$	۶۱۸$^{a-g}$ (a)	۵۹۶$^{b-e}$ (b)	۵۷۵$^{a-f}$ (ab)	۵۳۴/۳$^{b-f}$ (a)	۴۵۴$^{g-n}$ (bc)	۴۷۷/۶$^{d-h}$ (b)	۴۸۳$^{a-f}$ (b)
	$B_1 \times P_3$	۴۸۲/۶$^{k-q}$ (cd)	۴۸۵$^{l-p}$ (f)	۴۵۶/۳$^{k-r}$ (de)	۴۳۸/۳$^{j-p}$ (e)	۳۵۹/۶$^{s-v}$ (ef)	۳۸۲/۶$^{n-r}$ (f)	۳۷۰/۶$^{l-s}$ (g)
	$B_2 \times P_3$	۵۶۲/۳$^{d-k}$ (g)	۵۷۸/۳$^{c-g}$ (c)	۵۱۷/۳$^{e-l}$ (c)	۵۲۵/۶$^{o-s}$ (ab)	۴۳۶$^{i-p}$ (c)	۴۴۹/۳$^{g-k}$ (d)	۴۲۴/۳$^{f-m}$ (d)
	$B_3 \times P_3$	۶۱۰/۶$^{a-h}$ (a)	۵۸۷/۳$^{b-f}$ (bc)	۵۴۹/۳$^{b-i}$ (abc)	۵۰۱/۳$^{c-j}$ (bc)	۴۹۵$^{c-h}$ (ab)	۴۶۸/۶$^{e-i}$ (bc)	۴۷۶/۳$^{b-g}$ (b)
	$B_4 \times P_3$	۶۳۴/۳$^{a-e}$ (a)	۶۲۱/۶$^{a-c}$ (a)	۵۹۹/۳$^{a-d}$ (a)	۵۵۱/۶$^{a-e}$ (a)	۵۱۷/۶$^{a-f}$ (a)	۵۰۵$^{b-f}$ (a)	۴۹۷/۳$^{a-e}$ (a)
	$B_1 \times P_1$	۳۵۳/۳$^{s-t}$ (e)	۳۷۲/۶$^{t-u}$ (e)	۲۸۷/۳^{x} (f)	۲۷۴^{v} (g)	۳۰۵/۳$^{v-w}$ (f)	۲۵۳/۳^{u} (g)	۲۴۵/۶^{v} (e)
	$B_2 \times P_1$	۵۱۰/۶$^{i-o}$ (abcd)	۴۰۰$^{r-t}$ (de)	۳۴۲/۳$^{v-x}$ (ef)	۴۳۰/۶$^{k-q}$(abcd)	۴۶۵$^{f-l}$ (abc)	۴۴۶/۶$^{g-k}$ (ab)	۳۰۸/۶$^{s-v}$ (de)
	$B_3 \times P_1$	۴۴۰/۳$^{n-s}$ (cde)	۵۲۳/۳$^{f-n}$ (abc)	۵۱۳/۳$^{f-m}$ (ab)	۳۱۴/۳$^{t-v}$ (fg)	۳۶۷/۳$^{q-u}$ (ef)	۲۸۴$^{t-u}$ (fg)	۴۱۷/۳$^{g-n}$ (ab)
	$B_4 \times P_1$	۵۳۴$^{f-m}$ (abc)	۴۶۰/۳$^{n-r}$ (bcd)	۴۳۶$^{n-t}$ (bcd)	۴۰۴$^{m-r}$ (bcde)	۴۰۶$^{l-s}$ (bcde)	۳۸۸/۶$^{m-q}$(bcd)	۳۷۹/۳$^{k-r}$ (bc)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_2$	۵۲۹/۶$^{g-n}$ (abc)	۳۸۷$^{s-t}$ (de)	۴۴۱$^{m-s}$ (bc)	۳۶۴$^{q-u}$ (def)	۴۴۷$^{h-o}$ (abcd)	۴۰۶$^{j-q}$ (bc)	۳۸۱/۳$^{k-r}$ (bc)
	$B_2 \times P_2$	۵۰۰$^{j-p}$ (bcd)	۵۷۲/۶$^{c-h}$ (a)	۳۵۳/۳$^{u-x}$ (def)	۳۷۴/۶$^{p-t}$ (cdef)	۳۸۴/۶$^{p-t}$ (de)	۳۱۳/۶$^{s-t}$ (efg)	۴۱۰$^{h-o}$ (ab)
	$B_3 \times P_2$	۴۲۸/۶$^{o-s}$ (de)	۴۴۷/۳$^{o-s}$ (cde)	۵۴۸/۳$^{c-i}$ (a)	۴۹۰/۶$^{e-k}$ (a)	۴۱۱$^{k-r}$ (abcde)	۳۵۹/۶$^{p-s}$ (cde)	۴۲۶/۶$^{f-l}$ (ab)
	$B_4 \times P_2$	۵۷۵$^{b-k}$ (ab)	۵۳۶/۶$^{e-m}$ (ab)	۵۰۸/۶$^{f-n}$ (ab)	۴۵۳$^{h-n}$ (ab)	۴۴۱$^{h-p}$ (abcd)	۴۴۲$^{g-l}$ (ab)	۴۳۸$^{e-k}$ (ab)
	$B_1 \times P_3$	۴۰۳/۳$^{q-t}$ (e)	۳۹۳/۶$^{r-t}$ (de)	۴۰۰/۳$^{q-w}$(cde)	۳۳۳/۶$^{s-v}$ (efg)	۳۵۱/۳$^{s-v}$ (ef)	۳۳۳/۳$^{r-t}$ (def)	۳۱۸$^{r-u}$ (cd)
	$B_2 \times P_3$	۵۵۷$^{e-k}$ (ab)	۵۲۶/۳$^{f-n}$ (abc)	۴۷۶/۳$^{i-q}$ (abc)	۳۸۴/۳$^{o-g}$(bcdef)	۳۹۸/۶$^{n-t}$ (cde)	۳۹۲$^{l-q}$ (bcd)	۳۳۶/۶$^{p-u}$ (cd)
	$B_3 \times P_3$	۵۴۷$^{e-l}$ (ab)	۵۰۸/۳$^{h-o}$ (abc)	۴۴۵$^{l-s}$ (bc)	۴۴۵/۳$^{i-o}$ (abc)	۴۶۷/۳$^{f-k}$ (ab)	۴۳۶/۳$^{h-m}$ (ab)	۴۱۷/۶$^{g-n}$ (ab)
	$B_4 \times P_3$	۶۰۲$^{a-i}$ (a)	۵۶۲$^{c-j}$ (a)	۵۵۷/۶$^{b-h}$ (a)	۴۹۳/۶$^{d-k}$ (a)	۴۷۴/۶$^{e-j}$ (a)	۴۹۱/۶$^{b-g}$ (a)	۴۵۳$^{c-l}$ (a)
LSD		۹۲/۶۹	۶۷/۰۱	۷۶/۲۷	۶۸/۲۶	۵۷/۸	۵۳/۲	۶۳/۶۵

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

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 ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار 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 میلی‌مولار برخوردار بود (جدول ۱۴). مقایسه میانگین به روش برش‌دهی نیز نشان داد که در مراحل نهایی نمونه‌برداری (۱۱۱ روز بعد از کاشت)، فلورسانس حداکثر در کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار 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 به‌دلیل تغییر در کارآیی غشای سلول و اندامک‌های سلولی، موجب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

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

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار 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

ترکیبات تیماری		فلورسانس حداکثر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1×P_1$	۶۷۲/۶$^{g-n}$ (cd)	۶۵۴/۶$^{l-p}$ (e)	۶۱۲/۳$^{o-u}$ (g)	۶۰۴$^{m-r}$ (d)	۶۱۳/۶$^{j-q}$ (gh)	۵۹۳$^{k-q}$ (d)	۵۶۱/۳$^{m-s}$ (cd)
	$B_2×P_1$	۷۰۰/۶$^{d-l}$ (abcd)	۶۷۲/۳$^{j-n}$ (de)	۶۶۲$^{h-p}$ (efg)	۶۴۲$^{g-m}$ (cd)	۶۳۲/۶$^{i-n}$ (fgh)	۶۱۰$^{i-n}$ (cd)	۵۷۲$^{l-s}$ (cd)
	$B_3×P_1$	۷۳۳/۶$^{a-h}$ (abcd)	۷۵۴/۶$^{b-f}$ (abc)	۷۰۷/۳$^{c-i}$ (cde)	۵۸۷$^{n-s}$ (d)	۶۵۸/۶$^{e-i}$ (def)	۵۶۰/۶$^{p-s}$ (d)	۵۶۷/۶$^{l-s}$ (cd)
	$B_4×P_1$	۷۹۸/۶$^{a-b}$ (ab)	۷۱۵/۶$^{d-j}$ (cde)	۶۳۲/۳$^{l-s}$ (g)	۷۰۷$^{l-r}$ (ab)	۶۸۰$^{b-g}$ (bcde)	۶۸۱$^{a-e}$ (ab)	۵۶۴/۶$^{m-s}$ (cd)
	$B_1×P_2$	۶۹۳/۶$^{e-l}$ (bcd)	۶۶۷/۶$^{j-o}$ (de)	۶۴۷/۶$^{j-r}$ (fg)	۶۱۰/۶$^{l-r}$ (d)	۶۴۱/۶$^{g-k}$ (efg)	۶۰۴$^{j-o}$ (d)	۵۹۱/۳$^{i-o}$ (bc)
	$B_2×P_2$	۶۵۴/۳$^{h-o}$ (d)	۷۶۱$^{a-e}$ (abc)	۶۶۴$^{h-p}$ (efg)	۷۲۱$^{a-d}$ (ab)	۵۹۲/۳$^{n-t}$ (h)	۵۸۶$^{l-g}$ (d)	۶۷۹$^{a-c}$ (a)
	$B_3×P_2$	۷۸۲/۳$^{a-d}$ (abc)	۶۵۶/۳$^{k-p}$ (e)	۷۲۶$^{b-g}$ (bcd)	۶۸۱$^{c-I}$ (bc)	۶۹۸$^{a-e}$ (abcd)	۶۹۲/۶$^{a-d}$ (ab)	۵۳۴/۳$^{q-u}$ (d)
	$B_4×P_2$	۷۲۵/۶$^{a-i}$ (abcd)	۷۹۳/۶$^{a-b}$ (a)	۷۶۶/۶$^{a-b}$ (abc)	۶۰۲/۶$^{m-r}$ (d)	۷۰۹/۳$^{a-c}$ (ab)	۷۲۱^{a} (a)	۶۸۹/۳$^{a-b}$ (a)
	$B_1×P_3$	۷۶۲/۶$^{a-f}$ (abcd)	۷۲۶/۶$^{d-i}$ (bcd)	۶۹۴/۶$^{d-k}$ (def)	۶۸۷/۶$^{b-h}$ (bc)	۶۶۳/۳$^{d-i}$ (cdef)	۶۵۹/۶$^{c-h}$ (bc)	۶۴۷/۳$^{b-h}$ (ab)
	$B_2×P_3$	۸۰۷/۳^{a} (a)	۷۸۶/۶$^{a-c}$ (ab)	۷۴۶/۶$^{a-e}$(abcd)	۷۴۱/۳$^{a-b}$ (ab)	۷۱۵/۶$^{a-b}$ (ab)	۶۹۸/۳$^{a-c}$ (ab)	۶۸۳/۶$^{a-b}$ (a)
	$B_3×P_3$	۷۸۸/۶$^{a-c}$ (ab)	۶۷۷/۳$^{i-n}$ (de)	۷۹۰/۶^{a} (a)	۷۲۸$^{a-c}$ (ab)	۷۰۴/۳$^{a-d}$ (abc)	۶۸۶/۶$^{a-e}$ (ab)	۶۷۴$^{a-d}$ (a)
	$B_4×P_3$	۷۵۴/۶$^{a-g}$ (abcd)	۸۰۸/۶^{a} (a)	۷۷۳/۳$^{a-b}$ (ab)	۷۵۷/۳^{a} (a)	۷۳۰/۳^{a} (a)	۷۰۵/۶$^{a-b}$ (ab)	۷۰۲/۶^{a} (a)
LSD		۸۵/۲۸۵	۵۳/۸۴۶	۵۹/۵۵۷	۵۳/۸۴۳	۴۳/۴۹۳	۴۰/۵۶	۴۸/۲۸۹

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

ادامه **جدول ۱۴-**

ترکیبات تیماری		فلورسانس حداکثر برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
شوری ۶۰ میلی مولار (S_2)	$B_1 \times P_1$	۵۳۴/۶^{q} (h)	۵۲۱^{v} (h)	۵۴۳/۶$^{v-w}$ (g)	۵۲۰$^{t-u}$ (h)	۴۹۱/۳^{w} (i)	۵۱۴/۶$^{t-v}$ (i)	۵۰۴$^{u-v}$ (k)
	$B_2 \times P_1$	۶۴۱$^{i-p}$ (e)	۶۱۷$^{o-s}$ (f)	۵۹۰$^{r-v}$ (f)	۶۱۸$^{k-q}$ (e)	۵۵۶$^{t-v}$ (gh)	۵۶۵/۶$^{o-s}$ (fg)	۵۱۱$^{t-v}$ (j)
	$B_3 \times P_1$	۵۷۸/۳$^{o-q}$ (g)	۶۴۸/۶$^{l-p}$ (e)	۶۰۶/۳$^{p-u}$ (ef)	۵۵۷$^{r-t}$ (fg)	۵۸۱$^{p-t}$ (efg)	۶۰۳$^{j-o}$ (e)	۵۵۵/۶$^{n-t}$ (h)
	$B_4 \times P_1$	۷۲۰/۶$^{b-I}$ (b)	۷۰۹$^{e-k}$ (c)	۷۰۱/۶$^{d-j}$ (bc)	۶۶۲/۶$^{e-l}$ (cd)	۵۹۹/۳$^{l-t}$ (def)	۶۳۶/۳$^{f-j}$ (cd)	۶۳۰$^{d-j}$ (c)
	$B_1 \times P_2$	۶۰۶/۳$^{m-q}$ (fg)	۵۸۲$^{r-u}$ (g)	۵۷۰/۳$^{t-v}$ (fg)	۵۶۷/۳$^{q-t}$ (f)	۵۳۵/۶$^{u-v}$ (h)	۵۳۵/۳$^{s-u}$ (h)	۵۴۲/۶$^{p-u}$ (i)
	$B_2 \times P_2$	۶۳۳/۶$^{j-p}$ (ef)	۶۸۵/۳$^{h-m}$ (d)	۶۷۰/۳$^{g-o}$ (cd)	۶۴۸$^{f-m}$ (d)	۶۰۸$^{k-r}$ (cde)	۵۹۸/۶$^{j-p}$ (e)	۵۸۶$^{j-p}$ (f)
	$B_3 \times P_2$	۶۸۶/۳$^{e-m}$ (bc)	۶۰۹/۳$^{p-t}$ (f)	۵۷۶/۶$^{s-v}$ (fg)	۵۳۶$^{s-u}$ (gh)	۵۸۲/۶$^{p-t}$ (efg)	۵۵۴/۳$^{q-t}$ (g)	۵۹۷/۶$^{i-n}$ (e)
	$B_4 \times P_2$	۷۵۸$^{a-f}$ (a)	۷۴۷/۳$^{b-f}$ (b)	۷۳۳/۶$^{a-f}$ (ab)	۷۰۰/۶$^{b-f}$ (a)	۶۳۷/۳$^{g-m}$ (bc)	۶۵۴$^{d-h}$ (b)	۶۵۷/۶$^{a-f}$ (b)
	$B_1 \times P_3$	۶۵۸/۳$^{h-o}$ (de)	۶۶۱/۳$^{k-p}$ (e)	۶۴۰$^{k-r}$ (de)	۶۲۵/۳$^{j-p}$ (e)	۵۶۸/۶$^{r-v}$ (fgh)	۵۷۹/۶$^{n-r}$ (f)	۵۷۳$^{l-q}$ (g)
	$B_2 \times P_3$	۷۱۰$^{c-k}$ (b)	۷۳۳/۶$^{c-h}$ (b)	۶۸۸/۶$^{e-m}$ (bc)	۶۹۴$^{b-g}$ (ab)	۶۲۴$^{i-p}$ (cd)	۶۳۱/۳$^{g-k}$ (d)	۶۱۳/۶$^{f-l}$ (d)
	$B_3 \times P_3$	۷۵۲/۶$^{a-g}$ (a)	۷۴۰/۳$^{b-g}$ (b)	۷۱۳/۳$^{c-I}$ (abc)	۶۷۴/۶$^{c-j}$ (bc)	۶۶۸/۳$^{c-g}$ (ab)	۶۴۶/۳$^{e-i}$ (bc)	۶۵۲/۶$^{b-g}$ (b)
	$B_4 \times P_3$	۷۶۹/۳$^{a-e}$ (a)	۷۶۷/۶$^{a-d}$ (a)	۷۵۳$^{a-d}$ (a)	۷۱۴/۶$^{a-e}$ (a)	۶۸۶/۳$^{b-f}$ (a)	۶۷۵/۳$^{b-f}$ (a)	۶۶۸/۳$^{a-e}$ (a)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_1$	۵۶۰/۳$^{p-q}$ (e)	۵۴۷$^{u-v}$ (f)	۵۰۶/۳^{w} (f)	۴۹۶/۶^{u} (g)	۵۲۵/۶$^{v-w}$ (e)	۴۸۸^{v} (g)	۴۸۳^{v} (e)
	$B_2 \times P_1$	۷۰۹$^{c-k}$ (ab)	۵۶۹/۳$^{s-v}$ (ef)	۵۵۳/۳$^{u-w}$ (ef)	۶۱۹/۳$^{k-q}$(abcd)	۶۴۹/۳$^{f-k}$ (ab)	۶۳۳/۶$^{g-j}$ (ab)	۵۲۴/۳$^{s-v}$ (de)
	$B_3 \times P_1$	۶۲۶/۶$^{k-p}$(bcde)	۷۱۷/۶$^{d-j}$ (a)	۶۹۰/۳$^{e-k}$ (ab)	۵۲۷/۶$^{t-u}$ (fg)	۵۷۴/۳$^{q-u}$ (de)	۵۰۸/۳$^{u-v}$ (fg)	۶۰۷/۶$^{g-m}$ (ab)
	$B_4 \times P_1$	۶۷۹/۶$^{f-n}$ (abcd)	۶۴۳$^{m-q}$ (bcd)	۶۲۴/۶$^{n-t}$ (bcd)	۵۹۷/۶$^{m-r}$(bcde)	۶۰۲/۳$^{l-s}$ (bcd)	۵۸۴/۳$^{m-q}$ (bcd)	۵۷۹/۶$^{k-g}$ (bc)
	$B_1 \times P_2$	۷۳۴/۳$^{a-h}$ (a)	۵۵۹$^{t-v}$ (f)	۶۳۴$^{l-s}$ (bc)	۵۶۷$^{q-t}$ (def)	۶۳۵/۶$^{i-n}$ (abc)	۶۰۳/۶$^{j-o}$ (bc)	۵۸۴$^{j-p}$ (abc)
	$B_2 \times P_2$	۶۷۸/۶$^{f-n}$ (abcd)	۷۳۰$^{d-i}$ (a)	۵۶۲$^{u-w}$ (def)	۵۷۳/۶$^{p-t}$(cdef)	۵۸۶/۶$^{o-t}$ (cd)	۵۲۹$^{s-u}$ (efg)	۶۰۳$^{h-n}$ (ab)
	$B_3 \times P_2$	۶۱۸$^{l-q}$ (cde)	۶۳۲/۳$^{n-r}$ (cde)	۷۱۴/۶$^{b-I}$ (a)	۶۶۷/۶$^{d-k}$ (a)	۶۱۱$^{j-r}$ (abcd)	۵۶۰/۳$^{p-s}$ (cde)	۶۱۵/۶$^{f-l}$ (ab)
	$B_4 \times P_2$	۷۲۷/۶$^{a-h}$ (a)	۷۰۱$^{f-l}$ (ab)	۶۸۲$^{f-n}$ (ab)	۶۳۷/۳$^{h-m}$ (ab)	۶۲۷/۶$^{i-o}$ (abc)	۶۲۶$^{g-l}$ (ab)	۶۲۴$^{e-k}$ (ab)
	$B_1 \times P_3$	۵۹۸$^{n-q}$ (de)	۵۹۰/۶$^{q-u}$ (def)	۵۹۸/۳$^{q-v}$ (cde)	۵۴۱$^{s-u}$ (efg)	۵۶۲/۶$^{s-v}$ (de)	۵۴۳/۳$^{r-u}$ (def)	۵۳۱/۳$^{r-u}$ (cde)
	$B_2 \times P_3$	۷۱۴/۳$^{b-j}$ (ab)	۶۹۲/۶$^{g-m}$(abc)	۶۵۵/۶$^{i-q}$ (abc)	۵۸۱/۶$^{o-g}$(bcdef)	۵۹۶/۶$^{m-t}$ (cd)	۵۸۵/۶$^{l-q}$ (bcd)	۵۴۷/۳$^{o-u}$ (cd)
	$B_3 \times P_3$	۷۰۷/۳$^{c-k}$ (abc)	۶۷۸/۶$^{i-n}$ (abc)	۶۳۰/۶$^{m-s}$ (bc)	۶۳۱$^{i-o}$ (abc)	۶۴۷$^{f-k}$ (ab)	۶۲۱/۶$^{h-m}$ (ab)	۶۰۸/۶$^{g-m}$ (ab)
	$B_4 \times P_3$	۷۴۷$^{a-g}$ (a)	۷۲۱$^{e-j}$ (a)	۷۲۰$^{b-h}$ (a)	۶۶۸/۶$^{d-k}$ (a)	۶۵۳$^{f-j}$ (a)	۶۶۵$^{c-g}$ (a)	۶۳۵/۳$^{c-I}$ (a)
LSD		۸۵/۲۸۵	۵۳/۸۴۶	۵۹/۵۵۷	۵۳/۸۴۳	۴۳/۴۹۳	۴۰/۵۶	۴۸/۲۸۹

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

اختلال در فرآیند انتقال الکترون و درنتیجه 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). آقایی و همکاران (۱۴۰۱) نیز اظهار داشتند شوری از طریق ایجاد محدودیت در 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).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

عملکرد کوانتومی برگ پرچم: نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم در تمامی مراحل نمونه‌برداری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۵). تغییرات این شاخص در تمامی ترکیبات تیماری 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، 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 آنجایی‌که 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 روزنه کاهش یافته و در نهایت سلول‌های نگهبان روزنه نیز بسته می‌شوند. در چنین شرایطی با بسته شدن روزنه‌ها، هدایت روزنه‌ای 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.

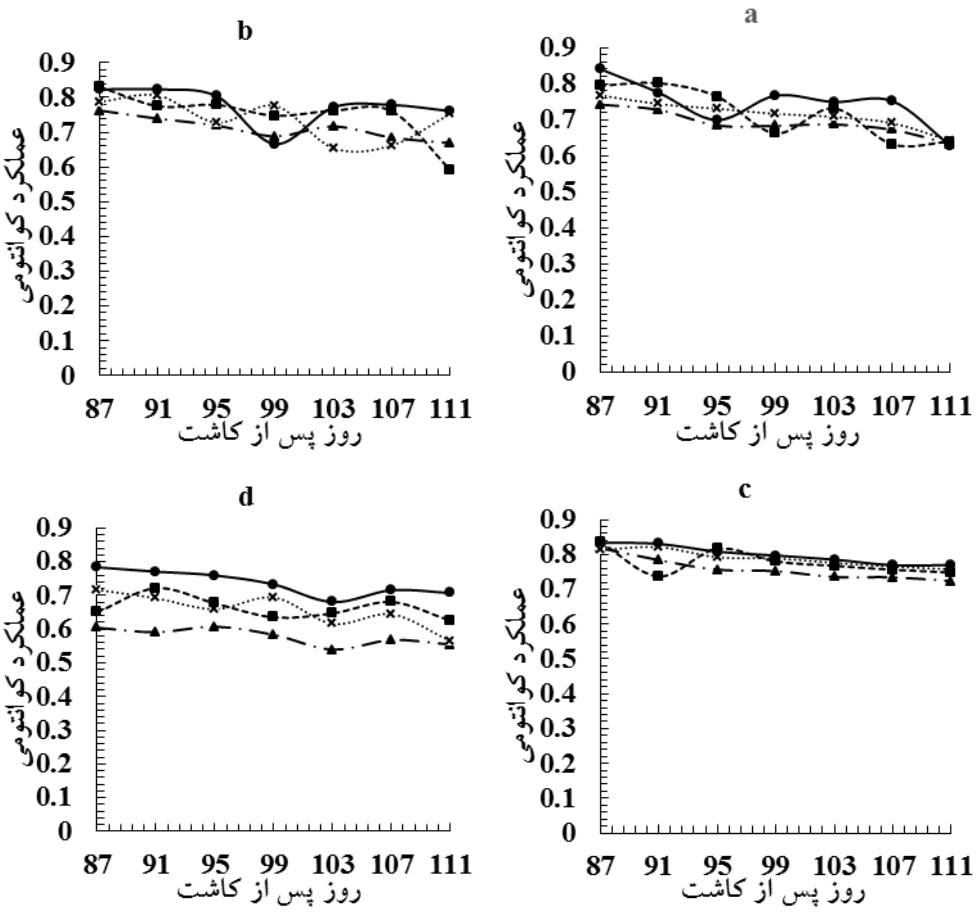
محمدی کله سرلو و همکاران (۱۴۰۱) نیز اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط شوری با کاهش هدایت الکتریکی و بهبود محتوای نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ، موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و عملکرد کوانتومی برگ تریتیکاله شد. سایر محققین نیز افزایش عملکرد کوانتومی به‌واسطه 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). Skowron و Trojak (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 روزنه‌ای 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-Cheraghabadi و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزایش عملکرد کوانتومی برگ به‌واسطه کاربرد پوترسین را به افزایش محتوای کلروفیل هدایت روزنه‌ای نسبت دادند. در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین با افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم (شکل ۲ و ۱ و جدول ۸)، موجب کاهش فلورسانس حداقل و افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

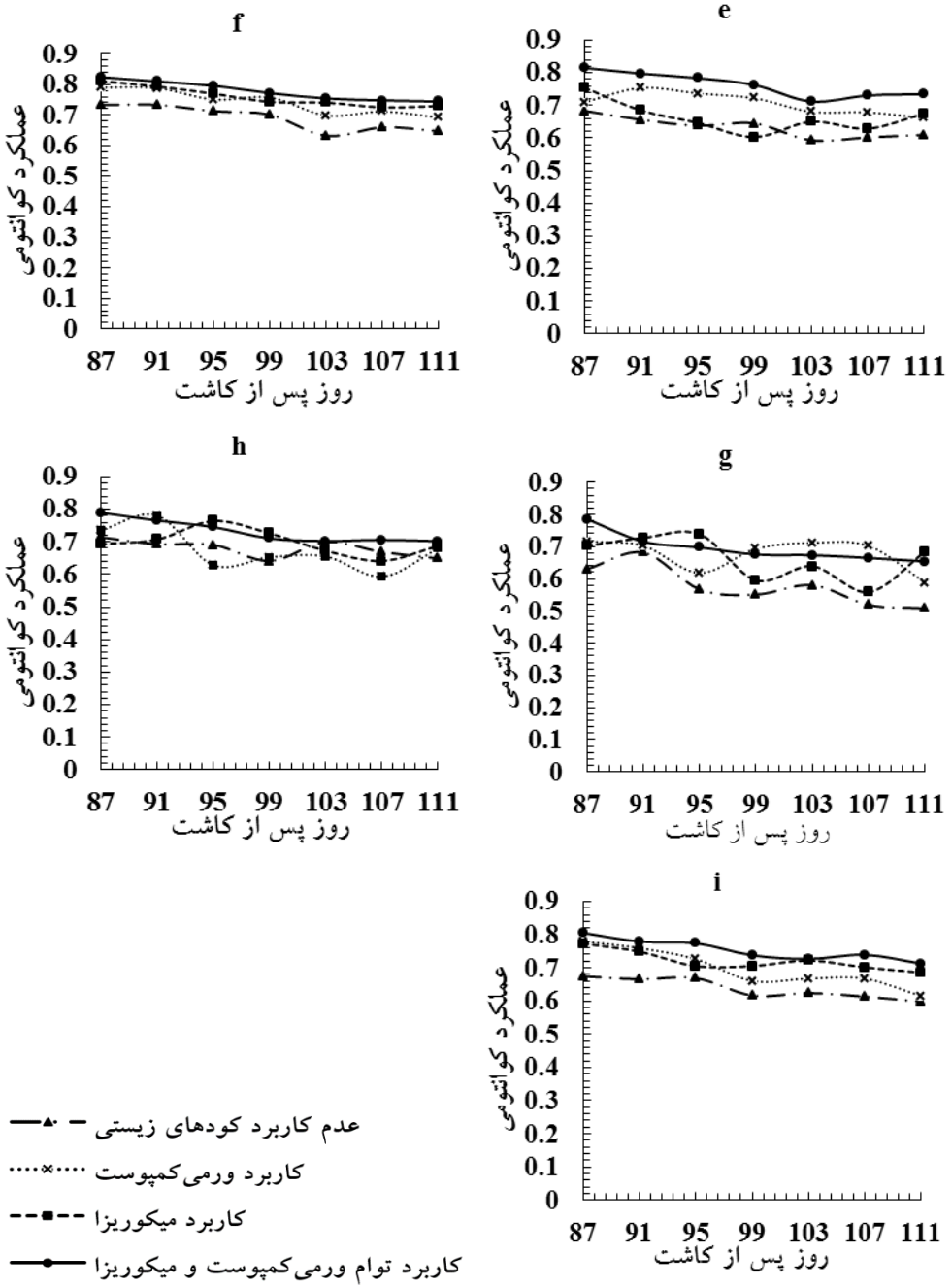
جدول ۱۵- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد کوانتومی برگ پرچم تریتیکاله تحت تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد کوانتومی برگ پرچم (روز پس از کاشت)						
		۸۷	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۱۱
تکرار	۲	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۵۷**	۰/۰۰۷۵**	۰/۰۳۲**	۰/۰۱۱۸**	۰/۰۰۶۳**	۰/۰۰۴۵**
تنش شوری (S)	۲	۰/۰۵۵۵**	۰/۰۳۰۶**	۰/۰۳۸۱**	۰/۰۴۶۱**	۰/۰۵۹۱**	۰/۰۴۹۹**	۰/۰۱۹۶**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۰۴۹**	۰/۰۳۷۶**	۰/۰۴۲۶**	۰/۰۳۶۷**	۰/۰۳۳۱**	۰/۰۴۳۶**	۰/۰۳۸۱**
پوترسین (P)	۲	۰/۰۰۳۵۶**	۰/۰۲۲۴**	۰/۰۴۷۵**	۰/۰۴۲۳**	۰/۰۲۷۶**	۰/۰۳۹۴**	۰/۰۶۶۸**
S×B	۶	۰/۰۰۳۴**	۰/۰۰۲۵*	۰/۰۰۶۵**	۰/۰۰۵۲**	۰/۰۰۳۵**	۰/۰۰۱۹*	۰/۰۰۹۱**
S×P	۴	۰/۰۰۳۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱۵ns	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰۹ns	۰/۰۰۶۳**
B×P	۶	۰/۰۰۳۱**	۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۲۶*	۰/۰۰۴۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۰۴۵**
S×B×P	۱۲	۰/۰۰۱۷**	۰/۰۰۲۳*	۰/۰۰۳۸**	۰/۰۰۴۵**	۰/۰۰۲۹**	۰/۰۰۵۵**	۰/۰۰۳**
خطا	۷۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۳۵	۴/۵	۴/۴۸	۴/۴	۴/۱۳	۴/۰۲	۵/۱۳

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



[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]



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

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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	عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۳۴۱/۸۸۱**	۶۲/۶۲۷**	۳۱۱/۹۶۷**	۵/۳۵۹**	۰/۱۸۴**
تنش شوری (S)	۲	۹۸۸/۵۷**	۱۷/۰۴۱**	۲۳۷/۸۷۵**	۳/۵۱۸**	۰/۸۶۴**
کودهای زیستی (B)	۳	۶۲۲/۶۷۱**	۱۲/۰۷**	۲۰۷/۶**	۱/۵۹۷**	۰/۱۶۹**
پوترسین (P)	۲	۳۷۰/۹۳**	۸/۹۶۲**	۲۱۸/۱**	۲/۲۸۷**	۰/۷۵۷**
S×B	۶	۳۱/۷۹۵ns	۰/۱۷۴ns	۱۹/۰۳۵*	۰/۱۵۴**	۰/۰۳۶*
S×P	۴	۹/۸۸۱ns	۰/۷۱۲**	۱۵/۵۷۸ns	۰/۰۹۳ns	۰/۰۴۸**
B×P	۶	۵۲/۵۶۵ns	۰/۳۸۷ns	۱۵/۰۳۹ns	۰/۲۱۲**	۰/۰۳۴*
S×B×P	۱۲	۶۶/۴۳۷ns	۰/۴۹**	۲۱/۴۳۵**	۰/۱۵۴**	۰/۰۴۲**
B*P در S1	۱۱	۳۲/۱۷۷ ns	۱/۹۰۳**	۵۱/۳۰۸**	۰/۴۰۴**	۰/۱۰۵**
B*P در S2	۱۱	۵۵ ns	۲/۵۳۳**	۴۵/۲۵۵**	۰/۴۹۲**	۰/۱۱۵**
B*P در S3	۱۱	۷۲/۱۶۴ns	۱/۵۸۵**	۴۷/۳۴۳**	۰/۳۵۷**	۰/۰۶۵**
خطا	۷۰	۳۸/۳۷	۰/۲۱۶	۷/۹۹	۰/۰۵۶	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳۹	۵/۰۴	۵/۹۴	۵/۰۱	۴/۶۴

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

کاربرد توأم میکوریزا و ورمی‌کمپوست 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 ورمی‌کمپوست (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 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 ورمی‌کمپوست 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) به‌واسطه 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

ترکیب تیماری		طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله (عدد)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در بوته)
عدم اعمال شوری (S_1)	$B_1 \times P_1$	۸/۷۶$^{i-m}$ (e)	۴۴/۷۲$^{j-o}$ (g)	۴/۵۵$^{j-n}$ (fg)	۲/۵۱$^{j-q}$ (f)
	$B_2 \times P_1$	۹/۲$^{g-j}$ (de)	۴۵/۵۵$^{i-n}$ (g)	۴/۳۳$^{m-p}$ (g)	۲/۳۸$^{o-s}$ (g)
	$B_3 \times P_1$	۹/۱$^{g-j}$ (de)	۴۴/۹۹$^{j-n}$ (g)	۴/۹۴$^{c-I}$ (de)	۲/۶۷$^{e-j}$ (de)
	$B_4 \times P_1$	۱۰/۳۶$^{a-e}$ (abc)	۵۲/۸۸$^{a-e}$ (bcd)	۵/۲۶$^{a-c}$ (abc)	۲/۸۳$^{a-e}$ (bc)
	$B_1 \times P_2$	۸/۸۳$^{i-l}$ (e)	۴۶/۸۸$^{g-n}$ (fg)	۴/۶۸$^{g-m}$ (ef)	۲/۶$^{g-m}$ (ef)
	$B_2 \times P_2$	۱۰/۵$^{a-c}$ (ab)	۵۰/۸۸$^{b-g}$ (de)	۵/۰۸$^{b-f}$ (cd)	۲/۸۴$^{a-e}$ (bc)
	$B_3 \times P_2$	۹/۶۶$^{e-h}$ (cd)	۴۹/۲۷$^{c-j}$ (ef)	۵/۲۶$^{a-d}$ (abc)	۲/۷۵$^{b-h}$ (cd)
	$B_4 \times P_2$	۱۰/۶۶$^{a-b}$ (ab)	۵۴/۸۸$^{a-b}$ (ab)	۵/۵۳^{a} (a)	۲/۹۲$^{a-c}$ (ab)
	$B_1 \times P_3$	۱۰$^{b-f}$ (bc)	۵۱/۶$^{b-f}$ (cde)	۵/۲۱$^{a-d}$ (bcd)	۲/۸۱$^{b-f}$ (bc)
	$B_2 \times P_3$	۱۰/۴۳$^{a-d}$ (abc)	۵۴/۳۸$^{a-b}$ (abc)	۵/۳۲$^{a-c}$ (abc)	۲/۹۴$^{a-b}$ (ab)
	$B_3 \times P_3$	۱۰/۶$^{a-b}$ (ab)	۵۳/۶۶$^{a-c}$ (abcd)	۵/۱۵$^{a-e}$ (bcd)	۲/۹$^{a-d}$ (ab)
	$B_4 \times P_3$	۱۱/۱^{a} (a)	۵۶/۳۳^{a} (a)	۵/۴۳$^{a-b}$ (ab)	۳/۰۱^{a} (a)
شوری ۶۰ میلی‌مولار (S_2)	$B_1 \times P_1$	۷/۷۳$^{o-q}$ (f)	۴۰/۲۷$^{o-q}$ (e)	۴$^{p-q}$ (f)	۲/۲۲$^{s-t}$ (g)
	$B_2 \times P_1$	۸/۴۶$^{j-o}$(de)	۴۵/۶۱$^{i-n}$ (cde)	۴/۳$^{m-p}$ (ef)	۲/۴$^{n-s}$ (efg)
	$B_3 \times P_1$	۸/۲۶$^{l-p}$ (ef)	۴۴/۱۶$^{l-p}$ (de)	۴/۱۳$^{o-q}$ (f)	۲/۳۵$^{q-t}$ (fg)
	$B_4 \times P_1$	۹/۶۶$^{e-h}$ (bc)	۵۰/۳۸$^{b-h}$ (abc)	۴/۹۸$^{c-i}$ (abc)	۲/۴۴$^{k-q}$ (def)
	$B_1 \times P_2$	۸/۳۳$^{k-p}$ (ef)	۴۳/۲۲$^{n-p}$ (de)	۴/۶۱$^{i-m}$ (cde)	۲/۳۷$^{p-s}$ (fg)
	$B_2 \times P_2$	۹/۰۶$^{g-k}$ (cd)	۴۳$^{n-p}$ (de)	۴/۷۲$^{f-l}$ (bcde)	۲/۶۲$^{f-k}$ (bcd)
	$B_3 \times P_2$	۸/۶$^{i-n}$ (de)	۴۷/۳۸$^{f-n}$ (bcd)	۴/۴۳$^{k-o}$ (def)	۲/۴۵$^{k-r}$ (def)
	$B_4 \times P_2$	۱۰/۲۳$^{b-e}$ (ab)	۴۵/۶۶$^{i-n}$ (cde)	۵/۱۶$^{a-e}$ (ab)	۲/۴۱$^{m-s}$ (efg)
	$B_1 \times P_3$	۹$^{h-l}$ (d)	۴۵/۶۱$^{i-n}$ (cde)	۴/۸۷$^{d-j}$ (abcd)	۲/۵۷$^{h-o}$ (cde)
	$B_2 \times P_3$	۱۰/۴۶$^{a-c}$ (a)	۵۱/۹۴$^{a-f}$ (ab)	۴/۳۷$^{l-p}$ (ef)	۲/۷۹$^{b-f}$ (ab)
	$B_3 \times P_3$	۹/۷$^{d-h}$ (b)	۴۴/۶۶$^{k-o}$ (de)	۵/۰۱$^{c-h}$ (abc)	۲/۷۳$^{c-i}$ (abc)
	$B_4 \times P_3$	۱۰/۴$^{a-e}$ (a)	۵۳/۴۴$^{a-d}$ (a)	۵/۲$^{a-d}$ (a)	۲/۸۶$^{a-e}$ (a)
شوری ۱۲۰ میلی مولار (S_3)	$B_1 \times P_1$	۷/۲^{q} (c)	۳۸/۳۸^{q} (g)	۳/۷۶^{q} (f)	۲/۱۷^{t} (d)
	$B_2 \times P_1$	۸/۶۶$^{i-n}$ (abc)	۴۴/۸۸$^{j-n}$ (cd)	۴/۲$^{n-p}$ (de)	۲/۴۷$^{k-q}$ (bc)
	$B_3 \times P_1$	۸/۸۶$^{i-l}$ (ab)	۴۸/۳۳$^{e-l}$ (bcd)	۴/۵۵$^{j-n}$ (bcd)	۲/۵$^{j-q}$ (ab)
	$B_4 \times P_1$	۸/۶۶$^{i-n}$ (ab)	۴۶/۱$^{h-n}$ (cd)	۴/۵۱$^{j-o}$ (bcd)	۲/۴۷$^{k-q}$ (bc)
	$B_1 \times P_2$	۷/۷$^{p-q}$ (bc)	۳۹/۸۸$^{p-q}$ (fg)	۴/۰۳$^{p-q}$ (ef)	۲/۶۱$^{g-l}$ (ab)
	$B_2 \times P_2$	۹/۳$^{f-I}$ (ab)	۴۲/۸۳$^{n-q}$ (ab)	۴/۶۳$^{h-m}$ (abc)	۲/۳۹$^{o-s}$ (bc)
	$B_3 \times P_2$	۷/۹۶$^{n-p}$ (a)	۴۸/۳۳$^{e-l}$ (ef)	۴/۴۲$^{k-o}$ (bcde)	۲/۲۸$^{r-t}$ (cd)
	$B_4 \times P_2$	۹/۲$^{g-j}$ (ab)	۴۹/۷۲$^{c-I}$ (bc)	۴/۳۲$^{m-p}$ (cde)	۲/۵۴$^{i-q}$ (ab)
	$B_1 \times P_3$	۸/۰۶$^{m-p}$ (abc)	۴۹/۰۵$^{d-k}$ (de)	۴/۶۶$^{h-m}$ (abc)	۲/۵۶$^{h-p}$ (ab)
	$B_2 \times P_3$	۸/۵$^{j-n}$ (a)	۴۳/۷۱$^{m-p}$ (cde)	۴/۴۶$^{k-o}$ (bcd)	۲/۴۲$^{l-r}$ (bc)
	$B_3 \times P_3$	۸/۸۶$^{i-l}$ (ab)	۴۸/۲۷$^{f-m}$ (bcd)	۴/۷۹$^{f-k}$ (ab)	۲/۵۹$^{h-n}$ (ab)
	$B_4 \times P_3$	۹/۷۶$^{c-g}$ (a)	۵۰/۷۷$^{b-g}$ (a)	۵/۰۶$^{b-g}$ (a)	۲/۷۱$^{d-i}$ (a)
LSD		۰/۷۵۷	۴/۶	۰/۳۸۵	۰/۱۹۵

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب 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.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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

سطوح شوری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
S_1	۱۰۲/۸۹[a]
S_2	۹۳/۷۳[b]
S_3	۹۳/۹۱[b]
LSD	۲/۹۱
کودهای زیستی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
B_1	۹۰/۳۲[c]
B_2	۹۶/۵۳[b]
B_3	۹۸/۹۹[a-b]
B_4	۱۰۱/۵۳[a]
LSD	۳/۳۶
محلول‌پاشی پوترسین	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
P_1	۹۳/۶۵[c]
P_2	۹۶/۸[b]
P_3	۱۰۰/۰۷[a]
LSD	۲/۹۱

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی‌کمپوست، کاربرد میکوریزا و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و میکوریزا. P_1، P_2 و P_3 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی پوترسین و محلول‌پاشی ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD با هم ندارند.

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 به‌تبع از آن کاهش هدایت الکتریکی و افزایش فتوسنتز گیاهان تیمار شده با میکوریزا می شود (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 فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی 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 به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین با افزایش محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل و کاهش هدایت الکتریکی (شکل ۲ و ۱ و جدول ۴)،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

موجب افزایش ارتفاع بوته و طول سنبله (جدول ۱۸ و ۱۷) تریتیکاله 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 (به‌ترتیب ۵/۵۳ گرم و ۵۶/۳۳ عدد) به‌ترتیب 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 به‌دست آمد (جدول ۱۷)، که در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین در بالاترین سطح شوری، از افزایش به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 ازافزایش ۳۲ و ۳۴ درصدی تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین برخوردار بود. به‌نظر 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 به‌واسطه 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 (به‌عنوان 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 به‌واسطه کاهش نشت 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 به‌دست 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 به‌ترتیب از افزایش ۲۰ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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 ورمی‌کمپوست 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 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 ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین موجب افزایش شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم شد. همچنین، کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا و ورمی‌کمپوست) 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 ورمی‌کمپوست 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.

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)، ۱۹۳–۲۱۸. DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.17.3

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

آقایی، فاطمه، سیدشریفی، 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، حسیبی، 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، سیدشریفی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۱). اثر ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و فلاوباکتریوم بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک تریتیکاله در شرایط شوری خاک. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۵(۴)، ۹۵۳-۹۷۴. https://doi.org/10.22077/escs.2021.4179.1982

محمدی کله‌سرلو، سارا، سیدشریفی، 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، سیدشریفی، رئوف، و نریمانی، حامد (۱۴۰۰). اثر مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و نانوسیلیکون بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی تریتیکاله 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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., Chakrobortty, 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%2Faob%2Fmcw191
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., Mansoora, 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., Poczai, 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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., Siddigue, 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%2Fplants9111430

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

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 Mohaghegh Ardabili, 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 as 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 Mohaghegh 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]