اثر برخی تعدیل‌کننده‌های تنش و کودهای آلی بر انتقال ماده خشک و مولفه‌های پرشدن دانه جو تحت تنش شوری

سارا محمدی کله سرلو[۱] و رئوف سید شریفی*[۲]

۱ و ۲) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
نویسنده مسئول*: raouf_ssharifi@yahoo.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۲/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کود آلی و تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر انتقال ماده خشک و مولفه‌های پرشدن دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد کودهای زیستی_آلی در چهار سطح (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی‌کمپوست، میکوریزا، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و میکوریزا)، محلول‌پاشی پوترسین و نانواکسیدروی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۰/۴ گرم در لیتر نانواکسیدروی، ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین، محلول‌پاشی توام روی و پوترسین) بودند. نتایج نشان داد که در بالاترین سطح شوری، کاربرد توام تعدیل کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسیدروی)، انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی و ساقه (به‌ترتیب ۲۱/۹ و ۲۴/۸ درصد) و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه را (به‌ترتیب ۶۴/۱ و ۶۸/۴ درصد) نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی، پوترسین و نانواکسیدروی، کاهش داد. همچنین کاربرد توام تعدیل کننده‌های تنش در بالاترین سطح شوری، شاخص سطح برگ (۷۹/۳ درصد)، محتوای کلروفیل کل (۲۵/۷ درصد)، فتوسنتز جاری (۹۴/۴ درصد)، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه (۴۴/۹ درصد)، حداکثر وزن دانه و سرعت پرشدن دانه (به‌ترتیب ۴۶/۸ و ۱۵/۷ درصد) و عملکرد دانه (۳۴/۲ درصد) را نسبت به عدم کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در همین سطح از شوری افزایش داد. از این‌رو با در نظر گرفتن نتایج این آزمایش، می‌توان پیشنهاد نمود که کاربرد تعدیل کننده‌های تنش و کود آلی می‌تواند عملکرد دانه جو تحت تنش شوری را به‌واسطه بهبود فتوسنتز جاری و مولفه‌های پرشدن دانه، افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: فتوسنتز جاری، کلروفیل کل، محلول‌پاشی برگی و نانوکود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به روش‌های مختلف نظیر کاهش پتانسیل آب، ظرفیت جذب آب در گیاه را تحت اثر قرار داده و موجب پژمردگی، کاهش و یا توقف رشد اندام‌های هوایی، مهار دستگاه فتوسنتزی از طریق کاهش محتوای کلروفیل، تغییر در تعرق و تبادلات گازی و در نهایت به کاهش رشد منجر می‌شود (Hasanuzzaman *et al*., 2013). امروزه کاربرد کودهای آلی و برخی مواد دارای اثرتعدیل‌کنندگی تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) یکی از راه‌کارهای اساسی در بهبود عملکرد گیاهان متاثر از تنش‌های مختلف محیطی است. در این راستا کاربرد کودهای زیستی و آلی با بهبود فتوسنتز جاری و تعدیل اثر ناشی از تنش، موجب می‌شود تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع بتواند در مخزن مورد استفاده قرار گرفته و سهم فرایند انتقال مجدد در مقایسه با فتوسنتز جاری در عملکرد دانه کاهش یابد (سیدشریفی، ۱۳۹۷). ورمی‌کمپوست یکی دیگر از تعدیل‌کننده‌های تنشی است که به‌دلیل توان نگهداری مقادیر بالایی از رطوبت در خاک، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و سهولت جذب آب، موجب افزایش شاخص سبزینگی، سطح برگ و همچنین افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Huang and Xia, 2018; جهانگیری‌نیا و همکاران ۱۳۹۵). همچنین از ورمی‌کمپوست به‌دلیل فعالیت میکروبی بیش‌تر و برخورداری از هورمون‌های رشد گیاهی، می‌توان برای بهبود اثر تنش شوری در سیستم خاک_گیاه استفاده کرد (Beyk-Khormizi *et al*., 2022). Salehi و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که کاربرد ورمی-کمپوست از طریق افزایش نیتروژن قابل دسترس برای گیاه، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ را بهبود بخشیده و شرایط لازم برای افزایش فتوسنتز و بهبود رشد و عملکرد گیاه را فراهم می‌کند. قارچ‌های میکوریزا از دیگر تعدیل‌کننده-های تنشی است که با ایجاد شبکه هیفی گسترده در ریزوسفر در افزایش توان جذب و انباشت آب در محیط ریشه موثر بوده و موجب بهبود مقاومت گیاهان زراعی در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (Ghanta *et al*., 2013). به‌طوری که میکوریزا با افزایش سیستم ریشه‌دهی و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی، موجب استفاده از حجم بیش‌تر خاک و در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پرشدن دانه و به تبع از آن با بهبود فتوسنتز جاری، به افزایش عملکرد گیاه کمک می‌کند (Boutasknit *et al*., 2020). Naseri و همکاران (۲۰۱۷) علت بالا بودن سرعت پرشدن دانه گندم در بوته‌های تیمار شده با میکوریزا را، به بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، پتاسیم و نیتروژن نسبت دادند. این قارچ‌ها نقش مهمی را در کنترل مقدار و سرعت انتقال مواد غذایی و ترکیب‌های کربنه ایفا می-کنند. طوری‌که گستردگی شبکه هیفی قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب آب و مواد غذایی از عوامل موثری هستند که فعالیت فتوسنتزی گیاه میزبان را، تحت اثر قرار می‌دهد (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹۴). در این راستا آقایی و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

(۱۳۹۹) اظهار داشتند یکی از راه‌های مناسب برای تعدیل اثر ناشی از تنش شوری و بهبود عملکرد و مولفه‌های پرشدن دانه، استفاده از کودهای زیستی مانند قارچ‌های میکوریزا است، چرا که کاهش سطح برگ ناشی از تنش شوری به خصوص در طی دوره پر شدن دانه، موجب افت فتوسنتز جاری و انتقال بیش‌تر ماده خشک از ساقه و اندام هوایی به سمت دانه می‌شود اما کاربرد قارچ میکوریزا با کاهش اثر ناشی از تنش شوری، موجب افزایش سهم فتوسنتزی جاری و کاهش سهم انتقال ماده خشک به دانه می‌شود (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹). از دیگر راه‌کارهای موثر در بهبود بهره‌وری گیاهان در شرایط تنش، استفاده از پلی‌آمین‌هایی نظیر پوترسین است. این ترکیبات به‌عنوان محرک زیستی شناخته شده و با اثر بر ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی را افزایش می‌دهند (Tyagi *et al*., 2022). استفاده از منابع خارجی پلی‌آمین‌ها مانع از جذب سدیم و بالا رفتن نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه می‌شود. حضور سطوح مناسبی از پلی‌آمین‌ها در سیتوسول (به‌ویژه در شرایط تنش، فعالیت کانال‌های یونی را تعدیل نموده و موجب بهبود روابط یونی سلول‌ها می‌شود. پوترسین همچنین با کاهش اثر شوری، می‌تواند رشد و غلظت عناصر در گیاه را افزایش دهد (Borromeo *et al*., 2023). این ماده با جلوگیری از سنتز اتیلن و تخریب کلروفیل توسط اتیلن، ضمن افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، موجب بهبود فرایند فتوسنتز می‌شود (Farooq *et al*., 2009). عمادی و همکاران (۱۳۹۲) اظهار داشتند که محلول‌پاشی پوترسین با جلوگیری از تولید آنزیم‌های لازم برای سنتز اتیلن و تاخیر در پیری برگ‌ها به ویژه برگ پرچم (به‌عنوان یک منبع با ثبات برای فتوسنتز)، ضمن افزایش فتوسنتز و ایجاد فرصت بیش‌تر برای انتقال مواد فتوسنتزی، موجب بهبود مولفه‌های پرشدن دانه و افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود. نتایج مشابهی نیر مبنی بر افزایش عملکرد گندم با کاربرد پوترسین در شرایط تنش آبی، توسط دیگر محققان گزارش شده است (جهانبخش و همکاران، ۱۴۰۱). روی از جمله عناصر کم مصرف معدنی ضروری در رشد طبیعی گیاهان زراعی است (Wu *et al*., 2010). محلول‌پاشی این عنصر به فرم نانو روی در مرحله‌ی آبستنی و گرده افشانی برنج، موجب افزایش انتقال مجدد روی از برگ‌ها به دانه در طول دوره پرشدن دانه شد (Wu *et al*., 2010). کاربرد نانو اکسیدروی به‌دلیل تامین بخشی از عناصر غذایی، تجمع شیره پرورده در دانه را افزایش داده و با افزایش بیان و بهبود فعالیت نیترات ردوکتاز و کربنیک آنهیدراز، دو آنزیمی که نقش کلیدی در جذب نیتروژن و سنتز کلروفیل دارند، موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Sarkhosh *et al*., 2022). Timsina (۲۰۱۳) اظهار داشت که نانواکسیدروی نقش مهمی در تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها در طی مرحله پرشدن دانه ایفا می‌کند و با افزایش طول دوره پر شدن دانه، موجب افزایش عملکرد گندم می‌گردد. ویژگی جو در استفاده دو منظوره از آن و گسترش روز افزون شوری از جمله مواردی است که ضرورت استفاده از راه کارهای مناسب در تعدیل یا کاهش اثر ناشی از شوری را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در این راستا به‌دلیل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

اهمیت برخی تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) در کاهش بخشی از اثر ناشی از تنش شوری و بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهمکنش توام این عوامل، موجب شد تا اثر این عوامل بر عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه جو در تنش شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد کودهای زیستی و آلی در چهار سطح (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد ورمی‌کمپوست، میکوریزا، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و میکوریزا)، محلول‌پاشی پوترسین و نانو اکسید روی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۰/۴ گرم در لیتر نانواکسیدروی، ۰/۸ میلی‌مولار پوترسین، محلول‌پاشی توام نانواکسیدروی و پوترسین) بودند (Narimani and Seyed Sharifi, 2023). از جو دو ردیفه بهاره رقم "نوبهار" استفاده شد. این رقم با وزن هزار دانه ۵۱ گرم و میانگین ارتفاع بوته ۹۰ سانتی‌متر، دارای سنبله تقریبا بلند و مخروطی شکل، مقاوم به شکنندگی، ورس و بیماری‌های زنگ زرد، تنش‌های محیطی از جمله سرما، شوری و خشکی است. بذر آن از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان اردبیل تهیه و با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع (که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است) کشت شد (شرفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). از این‌رو ۵۰ بذر در گلدان‌هایی با قطر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. مقدار نمک مورد نیاز جهت اعمال هر سطح شوری توسط نرم‌افزار Salt cale محاسبه شد و به هر گلدان اضافه 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. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. از قارچ *Glomus moseae* استفاده شد که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جدا شده از ریشه‌های آلوده بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به مقدار ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک بر اساس توصیه شرکت مذکور استفاده شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است. ورمی‌کمپوست مصرفی در این آزمایش از شرکت گیلدا خریداری و به میزان ۱۰ تن در هکتار (معادل ۵۰ گرم در هر کیلوگرم خاک) استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌های آزمایشی

مشخصه	pH	بافت	عصاره اشباع	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	روی	فسفر	پتاسیم
			درصد					میلی گرم بر کیلوگرم			
مقادیر	۷/۸	سیلت	۴۷	۱۹/۵	۴۲	۳۸/۵	۰/۷۲	۰/۰۴	۱/۰۲	۲۷/۳	۲۵۵

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جدول ۲: نتایج تجزیه کود ورمی‌کمپوست شرکت گلیدا

مشخصه	کادمیوم	سرب	روی	مس	منگنز	آهن	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر	اسیدیته
	(میلی گرم بر کیلوگرم)							
مقادیر	۱	۱۹	۱۱۰	۲۰	۲۷۵	۵۰۰۰	۱/۱۲	۷/۶۴
مشخصه	منیزیوم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	OC	C/N	
	(درصد)							
مقادیر	۰/۹۵	۲/۷۳	۰/۴	۰/۴	۱/۵۵	۳۲/۹	۲۱/۲۵	

در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریق دستی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و طول دوره روشنایی ۱۵-۱۴ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ-های معمولی و مهتابی) نگه‌داری شدند. شاخص سطح برگ در ۶۰ روز بعد از کاشت (در مرحله ظهور کامل برگ پرچم یا BBCH ۳۹) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ پرچم از روش آرنون استفاده شد (Arnon, 1967). برای این منظور ۰/۲ گرم از بافت برگ پرچم را با استون ۸۰ درصد به‌تدریج له کرده تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و در نهایت حجم محلول با استون ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ شد و سپس جذب نوری محلول‌رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. محتوای کلروفیل کل بر اساس اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a، b، و با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ به‌دست آمد.

رابطه ۱: $\text{کلروفیل a} = (۱۹/۳\times A_{۶۶۳} - ۰/۸۶\times A_{۶۴۵})V/۱۰۰W$

رابطه ۲: $\text{کلروفیل b} = (۱۹/۳\times A_{۶۴۵} - ۳/۶\times A_{۶۶۳})\ V/۱۰۰W$

رابطه ۳: کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

در این روابط V حجم استون استفاده شده و W وزن نمونه گیاهی استفاده شده است.

به‌منظور تعیین مؤلفه‌های پرشدن دانه، هشت روز بعد از سنبله‌دهی و در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار، سه بوته از بین بوته‌های (ساقه‌های اصلی) رقابت کننده به‌طور تصادفی انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شده و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. دلیل انتخاب هشت روز بعد از سنبله‌دهی آن بود که دانه‌های تشکیل شده در هر سنبله از حداقل وزنی برخوردار باشند تا امکان براورد وزن دانه برای تعیین اجزای پرشدن دانه مقدور باشد. البته در هر واحد آزمایشی قبل از انجام نمونه‌برداری برای پرشدن دانه، تعدادی بوته مشابه و یکنواخت از ساقه‌های اصلی انتخاب و با نخ رنگی علامت گذاری شد تا در طول دوره رشدی از نمونه‌برداری بوته‌های غیریکنواخت و ناهمگن جلوگیری شود. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al.*, 2004). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای بر اساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nline نرم‌افزار SAS از رابطه ۴

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases}$$

رابطه ۴:

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پرشدن دانه، (t_0) پایان دوره پرشدن دانه و (a) عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پرشدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان (t_0) که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پرشدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با پردازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پرشدن دانه یعنی سرعت پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی (t_0) در بخش دوم رابطه قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پرشدن دانه از رابطه ۵ استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992).

$$EFP = \frac{MGW}{b}$$

رابطه ۵:

در این رابطه (EFP) دوره موثر پرشدن دانه، (MGW) حداکثر وزن دانه و (b) سرعت پرشدن دانه است.

برای برآورد میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، در هر واحد آزمایشی (گلدان) بوته‌هایی مشابه و یکنواخت علامت‌گذاری شده و از یک هفته قبل از پرشدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، هر چهار روز یک بار برداشت نمونه انجام شد. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ و دانه تفکیک شد و پس از خشک شدن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) به اندام‌های مختلف توزین و میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه، میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه با استفاده از رابطه‌های ۶ تا ۱۱ محاسبه شدند (Barnett and Pearce, 1983). در این رابطه‌ها کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدایی و ونیز (Ehdaei and Wanies, 1996) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به‌کار برده‌اند.

$$DMT = DMA - DMM$$

رابطه ۶:

که در آن (DMT[1]) میزان انتقال ماده خشک کل بر حسب گرم در بوته، (DMA[2]) حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول و (DMM)[3] میزان ماده خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

[1]- Dry Matter Translocation
[2]- Dry Matter at Anthesis

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

$$CDMAG = \left(\frac{DMT}{GY}\right) \times 100$$ رابطه ۷:

در این رابطه (CDMAG[4]) سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک کل در تشکیل دانه بر حسب درصد، (DMT) میزان انتقال ماده خشک بر حسب گرم در بوته و (GY)[5] عملکرد دانه بر حسب گرم در بوته می‌باشد.

$$SDMT = SDMM - SDMA$$ رابطه ۸:

در این رابطه (SDMT[6]) میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در بوته، (SDMA[7]) حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول، (SDMM[8]) وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌باشد.

$$CSAG = \left(\frac{SDMT}{GY}\right) \times 100$$ رابطه ۹:

در این رابطه (CSAG[۱۰]) سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه بر حسب درصد، (SDMT) میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در بوته و (GY) عملکرد دانه بر حسب گرم در بوته می‌باشد.

$$CP = GY - DMT$$ رابطه ۱۰:

در این رابطه (CP[9]) میزان فتوسنتز جاری برحسب گرم در بوته، (GY) عملکرد دانه بر حسب گرم در بوته و (DMT) میزان انتقال ماده خشک بر حسب گرم در بوته می‌باشد.

$$CCPG = \left(\frac{CP}{GY}\right) \times 100$$ رابطه ۱۱:

در این رابطه (CP[10]) میزان فتوسنتز جاری برحسب گرم در بوته، (GY) عملکرد دانه بر حسب گرم در بوته و CCPG[11] سهم نسبی فتوسنتز جاری در دانه بر حسب درصد می‌باشد.

برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار SAS نسخه۹/۱ استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) در سطوح مختلف شوری بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد

[3]- Dry Matter at Maturity
[4]- Contribution of Dry Matter Assimilates to Grain
[5]- Grain Yield
[6]- Stem Dry Matter Translocation
[7]- Stem Dry Matter at Anthesis
[8]- Stem Dry Matter at Maturity
[9]- Current photosynthesis
[10]- Current photosynthesis
[11]- Contribution current photosynthesis in grain yield

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

(جدول ۳). بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۰۱) در شوری ۸۰ میلی‌مولار، در کاربرد توام ورمی‌کمپوست، میکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین و نانواکسیدروی مشاهده شد که از افزایش ۷۹/۳ درصدی نسبت به عدم کاربرد تعدیل کننده‌های تنش در همین سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد حضور مقادیر بالای نمک در محیط، با کاهش میزان آب قابل دسترس برای گیاه از یک طرف موجب محدود شدن تقسیم سلولی و از طرف دیگر موجب کاهش آماس سلولی شده و به این صورت سطح برگ کاهش می‌یابد (Wang *et al*., 2001). در چنین شرایطی کاربرد ورمی کمپوست از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی ضمن کمک به افزایش محتوای کلروفیل، موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی و به تبع از آن افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Adak *et al*., 2014) (جدول‌های ۲ و ۴). نتایج مشابهی نیز توسط جهانگیری‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) مبنی بر اینکه کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست به همراه کود زیستی میکوریزا از طریق افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و سهولت جذب آب، موجب بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه و افزایش شاخص سطح برگ می‌شود، گزارش شده است. Munoz و همکاران (۲۰۱۱) افزایش سطح برگ به‌واسطه کاربرد میکوریزا را، به بهبود دسترسی گیاه به آب و جذب بهتر عناصر به‌ویژه نیتروژن و فسفر و نیز افزایش فعالیت احیاکننده نیترات یعنی نیترات ردوکتاز و سنتز پروتئین نسبت دادند. Boomsma و Vyn (۲۰۰۸) افزایش سطح برگ تحت شرایط تنش در گیاهان کلونیزه شده با قارچ میکوریزا را به کاهش تخریب و پیری برگ به‌واسطه افزایش تولید کلروفیل نسبت دادند. Islam و همکاران (۲۰۲۲) اظهار داشتند که کاربرد پوترسین از طریق افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش، با افزایش سرعت فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به برگ‌ها، موجب افزایش سطح برگ می‌شود. در این بررسی نیز بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ در تیماری مشاهده شد که محتوای کلروفیل و فتوسنتز جاری از بیش‌ترین مقدار خود برخوردار بودند (جدول‌های ۴ و ۸). به بیانی دیگر بخشی از افزایش شاخص سطح برگ به‌واسطه محلول‌پاشی با نانواکسید روی تحت شرایط تنش شوری را، می‌توان به بهبود شاخص کلروفیل و فتوسنتز جاری نسبت داد (جدول‌های ۴ و ۸). در این راستا نریمانی و سیدشریفی (۱۴۰۲) نیز اظهار داشتند محلول‌پاشی برگی نانواکسیدروی با بهبود محتوای کلروفیل و افزایش شاخص سطح برگ گندم در شرایط شوری، موجب افزایش سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه شد.

محتوای کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در سطوح مختلف شوری بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای کلروفیل کل (۲/۴۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در بالاترین سطح شوری در کاربرد توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی مشاهده شد که از

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

افزایش ۲۵/۷ درصدی نسبت به عدم کاربرد تعدیل‌کننده‌های در این سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۴). شوری با اختلال در جذب یون‌های لازم در مسیر سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله یون‌های منیزیم و آهن و تجمع یون‌های سمی در کلروپلاست و تنش اکسیداتیو در گیاه، موجب تخریب کلروفیل می‌شود (Rahdari *et al*., 2012). در همچون شرایطی کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل برخورداری از مقادیر بالایی از مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر و آهن ضمن کمک به افزایش جذب این عناصر موجب می‌شود محتوای کلروفیل کل در شرایط تنش افزایش یابد (Adak *et al*., 2014). قارچ میکوریزا نیز با کمک به تسهیل روند جذب برخی عناصر از جمله نیتروژن، منیزیم و فسفر که جز اصلی ساختار مولکولی کلروفیل به حساب می‌آیند، موجب افزایش کلروفیل تحت شرایط تنش شوری می‌گردد (Munoz *et al*., 2011). بخشی از افزایش محتوای کلروفیل کل در کاربرد پلی‌آمین‌هایی همچون پوترسین، می‌تواند ناشی از وجود نیتروژن در ساختار آنها باشد (جهانبخش و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین پلی‌آمین‌ها با نقش حفاظتی که در برابر غشاء تیلاکوئیدی و افزایش تعداد گرانا دارند، مانع از دست رفتن و تجزیه کلروفیل می‌شوند، از این‌رو با کاربرد پوترسین، محتوای کلروفیل افزایش یافت (Aldesuquy *et al*., 2014). Zeyed و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند محلول‌پاشی نانواکسیدروی موجب افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت فرآیندهای فتوسنتزی برنج شد.

مولفه‌های پرشدن دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش توام تعدیل کننده‌های تنش و کود آلی در سطوح مختلف شوری بر حداکثر وزن دانه و سرعت پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). طول دوره پرشدن دانه و دوره موثر پرشدن دانه، تحت اثر اصلی کاربرد کودهای زیستی و آلی، محلول‌پاشی پوترسین و نانواکسید روی، سطوح مختلف تنش شوری و برهم‌کنش محلول‌پاشی پوترسین و نانواکسیدروی با سطوح مختلف شوری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط شوری ۸۰ میلی‌مولار، کاربرد توام تعدیل کننده‌های تنش و کود آلی از حداکثر وزن دانه (۰/۰۴۷ گرم) و سرعت پرشدن دانه (۰/۰۰۱۵۴ گرم در روز) برخوردار بوده و از افزایش به‌ترتیب ۴۲/۴ و ۱۵/۷ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری برخوردار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه در شرایط شوری ۸۰ میلی‌مولار با محلول‌پاشی توام پوترسین و نانواکسیدروی از افزایش ۷/۰۳ و ۱۰/۲۵ درصدی در مقایسه با عدم محلول‌پاشی در همین سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی کاهش وزن دانه می‌تواند کاهش طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه باشد، زیرا وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پرشدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کوتاه شدن طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه می‌شوند، وزن دانه را کاهش می‌دهند (آقایی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

و همکاران، ۱۳۹۹). از طرفی کاربرد ورمی‌کمپوست به‌دلیل برخورداری از مقادیر بالایی از عناصر غذایی موثر در رشد گیاه، ضمن تامین بیش‌تر مواد فتوسنتزی و انتقال این مواد به سمت دانه‌ها، موجب افزایش طول دوره پرشدن دانه می‌شود که با اظهارات جهانگیری نیا و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد (جدول ۲). این محققین بیان کردند که بخشی از بهبود سرعت و حداکثر وزن دانه می‌تواند ناشی از کاربرد ورمی‌کمپوست در افزایش جذب آب و دسترسی به عناصر غذایی باشد که با طولانی کردن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود. Naseri و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند قارچ میکوریزا با افزایش سیستم ریشه‌دهی و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی، موجب استفاده از حجم بیش‌تر خاک و در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پرشدن دانه و به تبع از آن با بهبود فتوسنتز جاری، موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم شد (جدول ۷). بخشی از بهبود مولفه‌های پرشدن دانه جو به‌واسطه کاربرد میکوریزا تحت تنش شوری، می‌تواند ناشی از افزایش محتوای کلروفیل باشد (جدول ۴). در این راستا آقایی و همکاران (۱۳۹۹) اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا در شرایط شوری با افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه، موجب افزایش حداکثر وزن دانه و سرعت پرشدن دانه گندم شد. بخش دیگری از بهبود مولفه‌های پرشدن دانه به‌واسطه محلول‌پاشی پوترسین را می‌توان به افزایش فتوسنتز جاری و محتوای کلروفیل نسبت داد (جدول‌های ۴ و ۸). در این زمینه عمادی و همکاران (۱۳۹۲) اظهار داشتند زمانی‌که فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد به‌دلیل بالا بودن میزان تثبیت کربن و فرصت بیش‌تر گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، موجب می‌شود وزن، سرعت و طول دوره پرشدن دانه افزایش یابد. بابایی و همکاران (۱۳۹۹) اظهار داشتند محلول-پاشی برگی نانواکسیدروی، ضمن بهبود محتوای کلروفیل موجب بهبود مولفه‌های پر شدن دانه گندم شد.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و مولفه‌های پر شدن دانه جو تحت تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخص سطح برگ	محتوای کلروفیل کل	حداکثر وزن دانه	سرعت پرشدن دانه	دوره پرشدن دانه	دوه موثر پرشدن دانه
تکرار	۲	۰/۹۲۴**	۱/۹۰۲**	۰/۰۰۰۲۵**	۲/۰۲۳**	۱۳۴/۴۴**	۱۳۳/۳۳**
تنش شوری (S)	۲	۰/۸۵۷**	۲/۴۷۱**	۰/۰۰۰۷۸**	۲/۱۶۳**	۹۲/۷۷**	۹۳/۵۱**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۱۸۲**	۰/۴۰۶**	۰/۰۰۰۴۴**	۱/۲۸**	۵۷/۴۷**	۵۲/۵۰**
محلولپاشی برگی (F)	۳	۰/۴**	۰/۵۵۶**	۰/۰۰۰۴۲**	۶/۹۵۳**	۴۶/۴۹**	۷۷/۷۳**
S×B	۶	۰/۰۱۸*	۰/۵۱۶**	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۸/۲۵**	۱/۹۴۲^{ns}	۰/۵۶۵^{ns}
S×F	۶	۰/۰۳۹**	۰/۰۷۱۱**	۰/۰۰۰۰۳**	۵/۲۰۹*	۵/۷۶۹*	۵/۷۰۴**
B×F	۹	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۳۵*	۰/۰۰۰۰۰۷^{ns}	۳/۳۳۷^{ns}	۱/۲۶۸^{ns}	۰/۹۷۸^{ns}
S×B×F	۱۸	۰/۱۵۴**	۰/۰۷۸۶**	۰/۰۰۰۱**	۵/۶۷۱**	۳/۲۹۴^{ns}	۲/۱۷۳^{ns}
خطا	۹۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۷	۱/۷۵۳	۱/۹۹۳	۱/۳۷۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۹/۲	۵/۱	۶/۴	۲/۸	۳/۷	۴

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جدول۴: مقایسه میانگین اثر تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و مولفه‌های پر شدن دانه جو تحت تنش شوری

ترکیب تیماری	شاخص سطح برگ	محتوای کلروفیل کل	حداکثر وزن دانه	سرعت پرشدن دانه
	-	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	(گرم)	(گرم در روز)
$S_1\times B_1\times F_1$	۰/۸۴۱$^{k-q}$	۲/۵۰۸$^{j-q}$	۰/۰۳۹$^{l-s}$	۰/۰۰۱۴۲$^{k-p}$
$S_1\times B_2\times F_1$	۰/۸۵$^{k-q}$	۲/۷۴۳$^{c-h}$	۰/۰۴۳$^{h-m}$	۰/۰۰۱۵۲$^{d-g}$
$S_1\times B_3\times F_1$	۱/۰۱۳$^{e-j}$	۲/۶$^{f-l}$	۰/۰۴۵$^{d-i}$	۰/۰۰۱۴۶$^{h-m}$
$S_1\times B_4\times F_1$	۱/۰۲۶$^{d-g}$	۲/۶۸$^{e-l}$	۰/۰۴۸$^{c-f}$	۰/۰۰۱۵۹$^{a-c}$
$S_1\times B_1\times F_2$	۱/۱۰۳$^{b-f}$	۲/۵۶۱$^{g-n}$	۰/۰۳۹$^{l-s}$	۰/۰۰۱۴۲$^{k-p}$
$S_1\times B_2\times F_2$	۱/۰۵$^{c-g}$	۲/۳۴۱$^{o-w}$	۰/۰۴۶$^{d-i}$	۰/۰۰۱۵۱$^{d-h}$
$S_1\times B_3\times F_2$	۰/۹۸$^{f-k}$	۲/۸۸$^{a-e}$	۰/۰۴۸$^{c-f}$	۰/۰۰۱۵۵$^{c-f}$
$S_1\times B_4\times F_2$	۱/۲۱۳^{ab}	۲/۸۶۲$^{a-e}$	۰/۰۵۴^{a}	۰/۰۰۱۶۵^{a}
$S_1\times B_1\times F_3$	۰/۹۱۳$^{h-n}$	۲/۲۶۶$^{r-y}$	۰/۰۴۵$^{d-i}$	۰/۰۰۱۵۲$^{d-g}$
$S_1\times B_2\times F_3$	۱/۰۹$^{b-f}$	۲/۷۵۶$^{b-g}$	۰/۰۴۸$^{c-e}$	۰/۰۰۱۵۹$^{a-c}$
$S_1\times B_3\times F_3$	۱/۰۷۶$^{c-g}$	۲/۸۴۴$^{a-e}$	۰/۰۴۵$^{d-i}$	۰/۰۰۱۵۲$^{d-h}$
$S_1\times B_4\times F_3$	۱/۱۵۳$^{a-d}$	۲/۸۹۹$^{a-d}$	۰/۰۵۳^{a}	۰/۰۰۱۶۲^{ba}
$S_1\times B_1\times F_4$	۱/۱۰۳$^{b-f}$	۲/۸۲۶$^{a-e}$	۰/۰۴۹$^{b-d}$	۰/۰۰۱۵۶$^{b-d}$
$S_1\times B_2\times F_4$	۱/۰۱$^{e-j}$	۲/۹۶۴^{ab}	۰/۰۵۴^{a}	۰/۰۰۱۶۳^{a}
$S_1\times B_3\times F_4$	۱/۰۱۶$^{e-i}$	۲/۹۱۲$^{a-c}$	۰/۰۵۷^{a}	۰/۰۰۱۶۴^{a}
$S_1\times B_4\times F_4$	۱/۲۵^{a}	۳/۰۰۹^{a}	۰/۰۵۵^{a}	۰/۰۰۱۶۵^{a}
$S_2\times B_1\times F_1$	۰/۷۰۳$^{r-t}$	۲/۱۶۹$^{a-z}$	۰/۰۳۳^{u}	۰/۰۰۱۳۳^{qr}
$S_2\times B_2\times F_1$	۰/۷۲۳$^{q-t}$	۲/۳۳۲$^{q-x}$	۰/۰۳۴^{u}	۰/۰۰۱۳۶$^{p-r}$
$S_2\times B_3\times F_1$	۰/۷۵۳$^{p-t}$	۲/۳۷۴$^{l-v}$	۰/۰۳۶$^{q-u}$	۰/۰۰۱۳۷$^{n-r}$
$S_2\times B_4\times F_1$	۰/۷۸$^{n-s}$	۲/۳۹۵$^{l-u}$	۰/۰۴۴$^{f-l}$	۰/۰۰۱۵۵$^{c-e}$
$S_2\times B_1\times F_2$	۰/۸۹۳$^{h-o}$	۲/۲۶۴$^{r-y}$	۰/۰۳۵$^{q-u}$	۰/۰۰۱۳۳^{qr}
$S_2\times B_2\times F_2$	۰/۸۴ $^{m-q}$	۲/۷۳$^{c-i}$	۰/۰۴۲$^{i-o}$	۰/۰۰۱۴۸$^{f-k}$
$S_2\times B_3\times F_2$	۰/۸۹۶$^{h-o}$	۲/۵۲۳$^{i-p}$	۰/۰۳۸$^{l-s}$	۰/۰۰۱۳۸$^{n-r}$
$S_2\times B_4\times F_2$	۰/۸۸۳$^{i-p}$	۲/۴۵۸$^{l-r}$	۰/۰۴۷$^{c-g}$	۰/۰۰۱۵۶$^{b-d}$
$S_2\times B_1\times F_3$	۰/۸۴۳$^{l-q}$	۲/۳$^{q-y}$	۰/۰۳۷$^{p-u}$	۰/۰۰۱۳۷$^{n-r}$
$S_2\times B_2\times F_3$	۰/۸۸$^{j-p}$	۲/۵۷۹$^{f-m}$	۰/۰۴$^{k-q}$	۰/۰۰۱۳۹$^{m-r}$
$S_2\times B_3\times F_3$	۰/۹۱۳$^{h-m}$	۲/۵۴۶$^{h-o}$	۰/۰۴۳$^{h-n}$	۰/۰۰۱۴۶$^{h-m}$
$S_2\times B_4\times F_3$	۱/۰۰۶$^{e-i}$	۲/۷۱۸$^{c-j}$	۰/۰۴۶$^{d-i}$	۰/۰۰۱۵۴$^{c-f}$
$S_2\times B_1\times F_4$	۰/۹۴۶$^{g-m}$	۲/۴۱۲$^{n-u}$	۰/۰۴۴$^{d-j}$	۰/۰۰۱۴۷$^{g-k}$
$S_2\times B_2\times F_4$	۱/۱۸۳$^{a-c}$	۲/۵۲۹$^{i-p}$	۰/۰۴۷$^{c-g}$	۰/۰۰۱۵۵$^{c-f}$
$S_2\times B_3\times F_4$	۱/۱۲۳$^{a-e}$	۲/۷۰۱$^{e-k}$	۰/۰۴۵$^{d-i}$	۰/۰۰۱۴۹$^{e-j}$
$S_2\times B_4\times F_4$	۱/۱۳۶$^{a-e}$	۲/۷۷۵$^{b-f}$	۰/۰۵۲$^{a-c}$	۰/۰۰۱۵۹$^{a-c}$
$S_3\times B_1\times F_1$	۰/۵۶۳^{u}	۱/۹۷۹^{b}	۰/۰۳۳^{u}	۰/۰۰۱۳۳^{r}
$S_3\times B_2\times F_1$	۰/۶۷۳$^{r-u}$	۲/۰۳۴^{ab}	۰/۰۳۹$^{m-s}$	۰/۰۰۱۴۲$^{j-p}$
$S_3\times B_3\times F_1$	۰/۶۵۶$^{t-u}$	۲/۰۵۴$^{a-z}$	۰/۰۴۴$^{e-k}$	۰/۰۰۱۵$^{d-i}$
$S_3\times B_4\times F_1$	۰/۸۴$^{n-r}$	۲/۱۴۷$^{a-z}$	۰/۴$^{j-q}$	۰/۰۰۱۴۳$^{j-o}$
$S_3\times B_1\times F_2$	۰/۶۳۳^{tu}	۲/۲۶۴$^{r-y}$	۰/۰۳۹$^{l-s}$	۰/۰۰۱۴$^{l-p}$
$S_3\times B_2\times F_2$	۰/۷۹۶$^{n-r}$	۲/۵۲۹$^{i-p}$	۰/۰۳۹$^{m-s}$	۰/۰۰۱۳۹$^{m-r}$
$S_3\times B_3\times F_2$	۰/۷۴۹$^{q-t}$	۲/۵۷۱$^{f-m}$	۰/۰۳۷$^{o-t}$	۰/۰۰۱۳۶$^{o-r}$
$S_3\times B_4\times F_2$	۰/۷۶۳$^{o-t}$	۲/۲۲۳$^{a-z}$	۰/۰۴۳$^{g-m}$	۰/۰۰۱۴۷$^{g-k}$
$S_3\times B_1\times F_3$	۰/۶۸۶$^{r-u}$	۲/۴۱۷$^{l-t}$	۰/۰۳۵$^{r-u}$	۰/۰۰۱۳۷$^{n-r}$
$S_3\times B_2\times F_3$	۰/۶۴۳^{tu}	۲/۱۲۴$^{a-z}$	۰/۰۳۵$^{s-u}$	۰/۰۰۱۳۶$^{o-r}$
$S_3\times B_3\times F_3$	۰/۷$^{r-t}$	۲/۰۹۷$^{a-z}$	۰/۰۳۸$^{o-t}$	۰/۱۴۱$^{k-p}$
$S_3\times B_4\times F_3$	۰/۹۷۶$^{f-l}$	۲/۴۳۷$^{l-s}$	۰/۰۴۲i-o	۰/۰۰۱۴۷$^{h-l}$
$S_3\times B_1\times F_4$	۰/۷۸$^{n-s}$	۲/۲۴۷$^{s-z}$	۰/۰۳۸$^{o-t}$	۰/۰۰۱۳۷$^{o-r}$
$S_3\times B_2\times F_4$	۰/۹۷$^{f-m}$	۲/۳۵۵$^{n-w}$	۰/۰۴۲$^{i-o}$	۰/۰۰۱۴۳$^{j-o}$
$S_3\times B_3\times F_4$	۰/۹۷$^{f-m}$	۲/۴۳۲$^{l-s}$	۰/۰۴۶$^{d-i}$	۰/۰۰۱۵۵$^{c-e}$
$S_3\times B_4\times F_4$	۱/۰۱$^{c-g}$	۲/۴۹۳$^{k-q}$	۰/۰۴۷$^{c-g}$	۰/۰۰۱۵۴$^{c-g}$
LSD	۰/۱۳۵	۰/۲۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی-کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و میکوریزا. F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی پوترسین، محلول‌پاشی نانواکسید روی، محلول‌پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه جو تحت تنش شوری

سطوح شوری	طول دوره پرشدن دانه (روز)	دوره موثر پرشدن دانه (روز)
S_1	۳۹/۷۴^{a}	۳۰/۷۸^{a}
S_2	۳۷/۵۱^{b}	۲۸/۷۷^{b}
S_3	۳۷/۱۸^{b}	۲۸/۱^{c}
LSD	۰/۵۷۲	۰/۴۷۵
کودهای زیستی	طول دوره پرشدن دانه (روز)	دوره موثر پرشدن دانه (روز)
B_1	۳۹/۷۲^{a}	۳۰/۷۷^{a}
B_2	۳۸/۲۱^{b}	۲۹/۲۸^{b}
B_3	۳۸^{b}	۲۹^{b}
B_4	۳۶/۶۴^{c}	۲۷/۸۳^{c}
LSD	۰/۶۶۰	۰/۵۴۹
محلول‌پاشی روی و پوترسین	طول دوره پرشدن دانه (روز)	دوره موثر پرشدن دانه (روز)
F_1	۳۹/۷۱^{a}	۳۱/۲۱^{a}
F_2	۳۸/۰۸^{b}	۲۹/۱۱^{b}
F_3	۳۷/۷۵^{b}	۲۸/۹^{b}
F_4	۳۷/۰۲^{c}	۲۷/۶۶^{c}
LSD	۰/۶۶۱	۰/۵۴۹

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی-کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و میکوریزا. F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی پوترسین، محلول‌پاشی نانواکسید روی، محلول‌پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هرستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر پوترسین و نانواکسید روی بر طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه جو تحت تنش شوری

تیمار	طول دوره پر شدن دانه (روز)			
	F_1	F_2	F_3	F_4
S_1	۳۸/۲۶cd	۳۹/۸۶^{ab}	۳۹/۵۱^{bc}	۴۱/۳۳^{a}
S_2	۳۵/۸۴^{f}	۳۷/۳۵^{de}	۳۷/۳۴^{de}	۳۹/۵^{bc}
S_3	۳۵/۸۲^{f}	۳۶/۷۸^{ef}	۳۷/۷۹^{de}	۳۸/۳۴^{cd}
LSD	۱/۴۷۲			
تیمار	دوره موثر پر شدن دانه (روز)			
	F_1	F_2	F_3	F_4
S_1	۲۹/۳۲^{bc}	۳۰/۷۳^{b}	۳۰/۶۵^{b}	۳۲/۴۳^{a}
S_2	۲۷/۴۵^{de}	۲۸/۵۵^{cd}	۲۸/۶۹^{cd}	۳۰/۴۱^{b}
S_3	۲۶/۷۲^{e}	۲۷/۷۳^{de}	۲۸/۴۹^{cd}	۲۹/۴۶^{bc}
LSD	۱/۴۹۳			

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار. F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی پوترسین، محلول‌پاشی نانواکسید روی، محلول‌پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

انتقال ماده خشک و سهم آن در عملکرد دانه

برهمکنش توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در سطوح مختلف شوری بر انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). کاربرد توام تعدیل‌کننده-های تنش و کود آلی در بالاترین سطح شوری (۸۰ میلی‌مولار) از کم‌ترین مقدار انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی (۰/۵۷۸ گرم در بوته) و ساقه (۰/۴۰۳ گرم در بوته) و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه (به‌ترتیب ۳۲/۵۹ و ۲۲/۶۸

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

درصد) و از کاهش به‌ترتیب ۲۱/۹۷، ۲۴/۸۱، ۶۴/۱۳ و ۶۸/۴۳ درصدی این صفات نسبت به عدم کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد در شرایط شوری، کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه، موجب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود که در چنین وضعیتی گیاه به‌منظور جلوگیری از کاهش بیش از حد وزن دانه‌ها، انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی به دانه را افزایش می‌دهد، اما کاربرد ورمی‌کمپوست در چنین شرایطی از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود شاخص سطح برگ، با توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده منجر به افزایش تولید و ذخیره مواد پرورده شده که ضمن کمک به فتوسنتز جاری و افزایش سهم این فرآیند در عملکرد دانه، موجب می‌شود تا سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش یابد (جدول‌های ۴ و ۸) (جهانگیری‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). میکوریزا نیز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی و کمک به بهبود محتوای کلروفیل کل و افزایش شاخص سطح برگ، موجب افزایش فتوسنتز جاری و کاهش سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه شد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر پژوهشگران گزارش شده است (جدول ۴) (حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۹). در این راستا برنجانی و همکاران (۱۴۰۰) بیان کردند که قارچ میکوریزا به‌دلیل برخورداری از شبکه هیفی و گسترش دامنه فعالیت ریشه، سطح جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه افزایش می‌دهد که این امر ضمن کمک به افزایش رشد برگ و ذخیره مواد فتوسنتزی، موجب افزایش عملکرد دانه و کاهش میزان انتقال مجدد در ذرت شد. بخش دیگری از کاهش انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی به‌واسطه محلول‌پاشی پوترسین را، می‌توان به جلوگیری از تولید آنزیم‌های لازم برای سنتز اتیلن و تاخیر در پیری برگ‌ها (به‌عنوان یک منبع با ثبات برای فتوسنتز جاری) و افزایش میزان فتوسنتز برگ نسبت داد. در چنین شرایطی میزان تثبیت کربن بالا بوده و گیاه فرصت بیش‌تری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را دارد، که با افزایش طول دوره پر شدن دانه و کاهش انتقال ماده خشک همراه است (عمادی و همکاران، ۱۳۹۲). در این بررسی نیز به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین از طریق بهبود فتوسنتز جاری، سرعت و طول دوره پرشدن دانه موجب کاهش انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه جو شده است(جدول‌های ۴ و ۸). نریمانی و سیدشریفی (۱۴۰۲) اظهار داشتند نانواکسید روی تحت تنش شوری، از طریق افزایش فتوسنتز جاری، موجب افزایش طول دوره پرشدن دانه و کاهش انتقال ماده خشک گندم می‌شود.

میزان فتوسنتز جاری و سهم آن در عملکرد دانه

برهم‌کنش توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسیدروی) در سطوح مختلف شوری بر فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توام تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی تحت شوری ۸۰ میلی مولار،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

موجب افزایش به‌ترتیب ۹۴/۴ و ۴۴/۹ درصدی میزان فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد این تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری شد (جدول ۸). عملکرد دانه در غلات تابع سه منبع فتوسنتز جاری، انتقال آسیمیلات‌های ذخیره شده قبل از گلدهی به دانه و آسیمیلات‌های ذخیره شده موقت در ساقه بعد از گلدهی است. در شرایطی که فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه قادر به تامین همه نیازهای مخزن نیست، ذخایر موجود در اندام‌های گیاهی می‌تواند مجددا طی فرآیند انتقال مجدد به دانه منتقل شود (مدحج و همکاران، ۱۳۹۰). در چنین شرایطی افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست به‌دلیل برخورداری از مقادیر بالایی از عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، آهن و منیزیم که از عناصر موثر در ساختار کلروفیل محسوب می‌شوند ضمن افزایش محتوای کلروفیل (جدول ۴)، موجب افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، بهبود فتوسنتز و کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌شوند (Theunissen *et al.*, 2010). همچنین به‌نظر می‌رسد بخشی از بهبود فرایند فتوسنتزی ناشی از همزیستی میکوریزا با ریشه گیاه در جهت بهبود جذب فسفر باشد. زمانی‌که گیاهان در شرایط کافی فسفر رشد می‌کنند، فتوسنتز برگ، توسط ATP در دسترس یا فعالیت روبیسکو، محدود نمی‌شود بنابراین با افزایش اندام‌های مخزن، سرعت خروج تریوز فسفات تحریک شده و این عمل چرخه مجدد ارتوفسفات را به سمت کلروپلاست تقویت کرده و فتوسنتز را بهبود می‌بخشد (Grimoldi *et al.*, 2005). محلول‌پاشی برگی پوترسین تحت تنش شوری نیز، با افزایش محتوای کلروفیل و افزایش سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه موجب افزایش میزان فتوسنتز جاری و سهم این فرایند در عملکرد دانه شد (جدول‌های ۴ و ۶). در این راستا اظهار شده است که محلول‌پاشی برگی پوترسین با جلوگیری از تولید آنزیم‌های لازم جهت سنتز اتیلن و تاخیر در پیری برگ‌ها، موجب افزایش محتوای کلروفیل کل و میزان فتوسنتز برگ و کاربرد نانواکسید روی تحت تنش شوری موجب بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های گندم شد (جهانبخش و همکاران۱۴۰۱، نریمانی و سیدشریفی، ۱۴۰۲).

عملکرد دانه

بیش‌ترین عملکرد دانه (۱/۷۶۵ گرم در بوته) تحت تنش شدید شوری، کاربرد توام ورمی‌کمپوست با میکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین و نانواکسیدروی مشاهده شد که از افزایش۳۴/۲ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۸). در واقع شوری به‌دلیل کاهش محتوای کلروفیل و سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه، موجب کاهش مقدار مواد فتوسنتزی می‌شود که با پرنشدن تعدادی از دانه‌ها و یا کوچک ماندن آن‌ها، موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. بخش دیگری از کاهش عملکرد در شرایط شوری می‌تواند از اثر این تنش بر کاهش مولفه‌های پر شدن دانه از جمله کاهش طول دوره پر شدن دانه ناشی شود. نتایج

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (جدول‌های ۴ و ۸) (آقایی و همکاران ۱۳۹۹). در این راستا Theunissen و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که درصد بالای هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست و همچنین، افزایش محتوای عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی و مس، ضمن افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی موجب بهبود فتوسنتز و عملکرد دانه شد. جهانگیری‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که کاربرد توام میکوریزا و ورمی‌کمپوست از طریق افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و سهولت جذب آب، موجب بهبود شاخص سبزینگی، سطح برگ و همچنین موجب طولانی شدن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش اجزای پرشدن دانه، و در نهایت عملکرد دانه سویا شد. بابایی و همکاران (۱۳۹۹) نیز اظهار داشتند کاربرد نانواکسیدروی با اثر مثبت بر مولفه‌های پرشدن دانه در شرایط شوری، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد. آقایی و همکاران (۱۳۹۹) افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط شوری با کاربرد نانواکسید روی و پوترسین را، به بهبود شاخص سطح برگ و فتوسنتز جاری نسبت دادند.

جدول ۷: تجزیه واریانس اثر تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر انتقال ماده خشک و عملکرد جو تحت تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		انتقال ماده خشک از اندام هوایی	سهم انتقال ماده خشک از اندام هوایی در عملکرد دانه	انتقال ماده خشک از ساقه	سهم انتقال ماده خشک از ساقه در عملکرد دانه	فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۷۲**	۱۸۷۴/۵**	۰/۳۶**	۹۳۶/۶۲**	۰/۴۵**	۱۸۷۴/۵**	۰/۴۸۸**
تنش شوری (S)	۲	۰/۱۰**	۱۷۸۰/۳۹**	۰/۰۴۸**	۸۸۱/۶۶**	۲/۰۵**	۱۷۸۰/۳۹**	۱/۲۳۲**
کودهای زیستی (B)	۳	۰/۰۱۳**	۲۶۲/۲۹**	۰/۰۰۶**	۱۳۲/۸۹**	۰/۲۹**	۲۶۲/۲۹**	۰/۱۸۱**
محلولپاشی برگی (F)	۳	۰/۰۲۲**	۳۴۷/۵۸**	۰/۰۱**	۱۷۲/۳۸**	۰/۳۲**	۳۴۷/۵۸**	۰/۱۷۸**
S×B	۶	۰/۰۰۰۶**	۷/۲۶^{ns}	۰/۰۰۰۶**	۴/۳۹^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۷/۲۶^{ns}	۰/۰۱۳*
S×F	۶	۰/۰۰۰۷**	۲۹/۵۹**	۰/۰۰۰۷**	۱۵/۲۴**	۰/۰۲۳**	۲۹/۵۹**	۰/۰۲۳**
B×F	۹	۰/۰۰۰۲^{ns}	۲/۷۳^{ns}	۰/۰۰۰۲**	۱/۹^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲/۷۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
S×B×F	۱۸	۰/۰۰۰۴*	۱۱/۷۳*	۰/۰۰۰۳**	۶/۰۶**	۰/۰۱۹**	۱۱/۷۳*	۰/۰۲**
خطا	۹۴	۰/۰۲۲	۵/۶۸	۰/۰۰۰۰۴	۲/۳۷	۰/۰۰۷	۵/۶۸	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات	-	۲/۵	۶/۵	۱/۷	۵/۸	۸/۱	۳/۷	۵/۲

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر تعدیل‌کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) بر انتقال ماده خشک و عملکرد جو تحت تنش شوری

ترکیب تیماری	انتقال ماده خشک از اندام هوایی	سهم انتقال مجدد از اندام هوایی در عملکرد دانه	انتقال ماده خشک از ساقه	سهم انتقال ماده خشک از ساقه در عملکرد دانه	فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد	عملکرد دانه
	(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم بر بوته)
$S_1 \times B_1 \times F_1$	۰/۶۰۸$^{l-o}$	۳۵/۲۵$^{n-r}$	۰/۴۴۱^{op}	۲۵/۵۵$^{l-n}$	۱/۱۰۹$^{h-m}$	۶۴/۷۵$^{g-l}$	۱/۷۱۷$^{g-o}$
$S_1 \times B_2 \times F_1$	۰/۵۷۶$^{o-t}$	۳۲/۶۷$^{q-u}$	۰/۴۱۳$^{r-t}$	۲۳/۴۲$^{n-r}$	۱/۱۸$^{d-i}$	۶۷/۳۳$^{e-i}$	۱/۷۹۵$^{c-j}$
$S_1 \times B_3 \times F_1$	۰/۵۶۷$^{t-y}$	۳۶/۶۴$^{t-w}$	۰/۴۰۵$^{t-x}$	۲۶/۱۷$^{o-u}$	۱/۰۲۶$^{k-p}$	۶۳/۳۶$^{c-f}$	۱/۸۲۶$^{a-h}$
$S_1 \times B_4 \times F_1$	۰/۵۶۱$^{a-z}$	۲۹/۶۹$^{u-y}$	۰/۴۱۱$^{t-x}$	۲۱/۷۵$^{q-u}$	۱/۳۲۷$^{a-d}$	۷۰/۳۱$^{a-e}$	۱/۸۹۹$^{a-e}$
$S_1 \times B_1 \times F_2$	۰/۵۸۸$^{t-w}$	۳۲/۶۶$^{q-u}$	۰/۴۲$^{s-v}$	۲۳/۳۳$^{n-q}$	۱/۲۰۷$^{f-j}$	۶۷/۳۴$^{e-i}$	۱/۷۵۶$^{e-l}$
$S_1 \times B_2 \times F_2$	۰/۵۴۵$^{a-z}$	۲۸/۵۷$^{v-y}$	۰/۳۹۹$^{a-z}$	۲۰/۹۲$^{r-u}$	۱/۳۶$^{a-c}$	۷۱/۴۳$^{a-d}$	۱/۹$^{a-d}$
$S_1 \times B_3 \times F_2$	۰/۵۶۴^{ab}	۲۹/۴۶$^{w-y}$	۰/۴۱۳$^{a-z}$	۲۱/۵۷$^{t-v}$	۱/۳۵۱^{a}	۷۰/۵۴$^{a-c}$	۱/۹۵۴^{ab}
$S_1 \times B_4 \times F_2$	۰/۵۴۲^{b}	۲۷/۹۳^{xy}	۰/۳۹۷^{b}	۲۰/۴۵^{uv}	۱/۴^{a}	۷۲/۰۷^{ab}	۱/۹۵۱^{ab}
$S_1 \times B_1 \times F_3$	۰/۵۷۳$^{t-y}$	۳۱/۲۷$^{l-p}$	۰/۴۰۹$^{v-z}$	۲۲/۳۲$^{k-m}$	۱/۲۵۶$^{k-p}$	۶۸/۷۳$^{j-n}$	۱/۵۹۳$^{n-s}$
$S_1 \times B_2 \times F_3$	۰/۵۳۹$^{t-z}$	۲۷/۵۹$^{u-y}$	۰/۳۹۴$^{s-v}$	۲۰/۱۷$^{q-u}$	۱/۴۱۵$^{a-d}$	۷۲/۴۱$^{a-e}$	۱/۹۱۵$^{a-c}$
$S_1 \times B_3 \times F_3$	۰/۵۵۲$^{a-z}$	۲۹/۴۱$^{u-y}$	۰/۴۰۳$^{a-z}$	۲۱/۴۷$^{q-u}$	۱/۳۳۳$^{a-f}$	۷۰/۵۹$^{a-e}$	۱/۸۷۵$^{a-f}$
$S_1 \times B_4 \times F_3$	۰/۵۳۸$^{a-z}$	۲۷/۳۹$^{v-w}$	۰/۳۹۲$^{a-z}$	۱۹/۹۶$^{r-v}$	۱/۴۲۷$^{a-c}$	۷۲/۶۱$^{a-d}$	۱/۹۲۱$^{a-c}$
$S_1 \times B_1 \times F_4$	۰/۵۵۷$^{a-z}$	۲۹/۳$^{u-w}$	۰/۴۰۹$^{t-w}$	۲۱/۵۱$^{p-u}$	۱/۳۴۲$^{a-c}$	۷۰/۷$^{b-e}$	۱/۸۸۸$^{a-e}$
$S_1 \times B_2 \times F_4$	۰/۵۳۵$^{a-z}$	۲۷/۳۸$^{v-y}$	۰/۳۹۱$^{a-z}$	۲۰/۰۱$^{s-v}$	۱/۴۱۶^{ab}	۷۲/۶۲$^{a-d}$	۱/۹۴۱^{ab}
$S_1 \times B_3 \times F_4$	۰/۵۴۹^{ab}	۲۸/۵۹^{xy}	۰/۴۰۱$^{a-z}$	۲۰/۸۹^{uv}	۱/۳۷۲^{a}	۷۱/۴۱^{ab}	۱/۹۶۴^{a}
$S_1 \times B_4 \times F_4$	۰/۵۰۷^{c}	۲۲/۷۷^{y}	۰/۳۶۹^{c}	۱۸/۷۷^{v}	۱/۴۵۸^{a}	۷۴/۲۳^{a}	۱/۹۶۵^{a}
$S_2 \times B_1 \times F_1$	۰/۶۷۴$^{b-e}$	۴۴/۲۸$^{c-e}$	۰/۴۸۲$^{c-e}$	۳۱/۶۷$^{c-g}$	۰/۸۴۳$^{q-u}$	۵۵/۷۲$^{u-w}$	۱/۵۱۸$^{r-w}$
$S_2 \times B_2 \times F_1$	۰/۶۴۳$^{f-j}$	۴۱/۲۸$^{f-l}$	۰/۴۶۶$^{i-l}$	۲۹/۹۲$^{h-j}$	۰/۹۰۹$^{o-s}$	۵۸/۷۲$^{n-s}$	۱/۵۷۲$^{p-v}$
$S_2 \times B_3 \times F_1$	۰/۶۲۶$^{e-h}$	۳۸/۷۳$^{e-l}$	۰/۴۵۲$^{e-h}$	۲۷/۹۶$^{f-i}$	۰/۹۸۴$^{n-s}$	۶۱/۲۸$^{n-s}$	۱/۵۹۹$^{n-u}$
$S_2 \times B_4 \times F_1$	۰/۶۱۴$^{h-k}$	۳۷/۳۷$^{i-o}$	۰/۴۴۶$^{i-m}$	۲۷/۱۵$^{i-l}$	۱/۰۲۱$^{k-p}$	۶۲/۶۳$^{k-q}$	۱/۶۶۴$^{j-q}$
$S_2 \times B_1 \times F_2$	۰/۶۳۷$^{f-i}$	۴۰/۳۵$^{e-h}$	۰/۴۵۹$^{g-j}$	۲۹/۰۷$^{e-h}$	۰/۹۳۵$^{p-s}$	۵۹/۶۵$^{q-v}$	۱/۵۵۱$^{p-w}$
$S_2 \times B_2 \times F_2$	۰/۵۹۹$^{m-q}$	۳۷/۶۷$^{i-o}$	۰/۴۲$^{r-t}$	۲۶/۴۱$^{k-m}$	۰/۹۹۴$^{l-p}$	۶۲/۳۳$^{k-q}$	۱/۵۹۲$^{o-u}$
$S_2 \times B_3 \times F_2$	۰/۶۰۳$^{l-p}$	۳۵/۷۹$^{m-r}$	۰/۴۳۲^{pq}	۲۵/۶۴$^{l-n}$	۱/۰۷۳$^{i-n}$	۶۴/۲۱$^{h-m}$	۱/۶۸۹$^{h-p}$
$S_2 \times B_4 \times F_2$	۰/۵۷۶$^{o-t}$	۳۱/۶۴$^{r-v}$	۰/۴۱۲$^{r-u}$	۲۲/۶۳$^{o-t}$	۰/۲۴۱$^{b-d}$	۶۸/۳۶$^{d-h}$	۱/۸۴۷$^{a-g}$
$S_2 \times B_1 \times F_3$	۰/۶۵۲$^{i-l}$	۴۰/۵۹$^{i-n}$	۰/۴۷۳$^{k-n}$	۲۹/۴۵$^{h-l}$	۰/۹۴۷$^{m-q}$	۵۹/۴۱$^{l-r}$	۱/۶۰۹$^{l-u}$
$S_2 \times B_2 \times F_3$	۰/۶۰۳$^{l-p}$	۳۵/۵۲$^{m-q}$	۰/۴۳۳^{pq}	۲۵/۵$^{l-n}$	۱/۰۸۷$^{i-o}$	۶۴/۴۸$^{i-m}$	۱/۶۷۶$^{j-q}$
$S_2 \times B_3 \times F_3$	۰/۵۸۳$^{p-u}$	۳۷/۴۸$^{i-p}$	۰/۴۱۳$^{s-v}$	۲۶/۵۵$^{k-m}$	۰/۹۹۷$^{l-p}$	۶۲/۵۲$^{j-q}$	۱/۵۸$^{o-v}$
$S_2 \times B_4 \times F_3$	۰/۵۸۹$^{m-s}$	۳۳/۶۷$^{o-t}$	۰/۴۲۳^{qr}	۲۴/۱۸$^{m-o}$	۱/۱۵۳$^{g-l}$	۶۶/۳۳$^{f-k}$	۱/۷۲۹$^{j-n}$
$S_2 \times B_1 \times F_4$	۰/۶۲۹$^{j-m}$	۳۷/۶۱$^{j-p}$	۰/۴۵۳$^{m-o}$	۲۷/۰۸$^{i-l}$	۱/۰۳۵$^{l-p}$	۶۲/۳۹$^{j-p}$	۱/۶۵۲$^{k-s}$
$S_2 \times B_2 \times F_4$	۰/۵۸۶$^{r-w}$	۳۱/۶۷$^{r-u}$	۰/۴۱۸$^{s-w}$	۲۲/۵۹$^{o-t}$	۱/۲۶۲$^{c-h}$	۶۸/۳۳$^{d-f}$	۱/۸۱۶$^{c-i}$
$S_2 \times B_3 \times F_4$	۰/۵۹۴$^{n-s}$	۳۴/۲۱$^{p-t}$	۰/۴۲۶$^{q-s}$	۲۴/۵۳$^{m-p}$	۱/۱۳۵$^{g-k}$	۶۵/۷۹$^{f-j}$	۱/۷۲۹$^{g-n}$
$S_2 \times B_4 \times F_4$	۰/۵۴۵$^{a-z}$	۲۸/۵۹$^{v-y}$	۰/۴۰۷$^{u-y}$	۲۱/۳۵$^{q-u}$	۱/۳۶۱$^{a-c}$	۷۱/۴۱$^{a-d}$	۱/۹۰۶$^{a-d}$
$S_3 \times B_1 \times F_1$	۰/۷۰۵^{a}	۵۳/۴۹^{a}	۰/۵۰۳^{a}	۳۸/۲^{a}	۰/۶۱۱^{v}	۴۶/۵۱^{x}	۱/۳۱۵^{x}
$S_3 \times B_2 \times F_1$	۰/۶۴۴$^{a-c}$	۴۱/۶۸^{b}	۰/۴۶۹^{bc}	۳۰/۳۵^{b}	۰/۸۹۶^{uv}	۵۸/۳۲^{x}	۱/۴۱۶^{wx}
$S_3 \times B_3 \times F_1$	۰/۶۹۱$^{a-d}$	۴۱/۰۸^{bc}	۰/۴۹۶$^{b-d}$	۲۹/۵۳^{bc}	۰/۹۹۵^{tu}	۵۸/۹۲^{wx}	۱/۴۳۹$^{v-x}$
$S_3 \times B_4 \times F_1$	۰/۶۴$^{c-f}$	۴۴/۱$^{b-d}$	۰/۴۶۲$^{c-e}$	۳۱/۸۳$^{b-d}$	۰/۸۰۶$^{s-u}$	۵۵/۹$^{v-x}$	۱/۴۹۶$^{u-w}$
$S_3 \times B_1 \times F_2$	۰/۶۸۵$^{e-i}$	۴۸/۲۶$^{d-h}$	۰/۴۸۹$^{f-i}$	۳۴/۴۴$^{d-h}$	۰/۷۳۱$^{p-t}$	۵۱/۷۴$^{f-v}$	۱/۵۳۹$^{q-w}$
$S_3 \times B_2 \times F_2$	۰/۶۷۶$^{b-e}$	۴۰/۷۳$^{e-l}$	۰/۴۸۶$^{b-d}$	۲۹/۲۹$^{g-i}$	۰/۹۸۲$^{m-q}$	۵۹/۲۷$^{i-o}$	۱/۶۵۷$^{j-r}$
$S_3 \times B_3 \times F_2$	۰/۶۵۹$^{e-g}$	۴۴/۱۱$^{c-g}$	۰/۴۷۸$^{d-g}$	۳۲/۰۱$^{c-g}$	۰/۸۳۱$^{q-u}$	۵۵/۸۹$^{s-w}$	۱/۵۰۳$^{s-w}$
$S_3 \times B_4 \times F_2$	۰/۶۳۳$^{i-l}$	۳۹/۶۶$^{i-l}$	۰/۴۵۷$^{l-o}$	۲۸/۶۴$^{g-i}$	۰/۹۵۶$^{o-s}$	۶۰/۳۴$^{j-o}$	۱/۵۷۲$^{p-v}$
$S_3 \times B_1 \times F_3$	۰/۶۸۱^{ab}	۴۷/۲۵$^{d-i}$	۰/۴۸۷^{ab}	۳۳/۷۹$^{e-i}$	۰/۷۵۹$^{l-p}$	۵۲/۷۵$^{p-v}$	۱/۶۸۴$^{i-p}$
$S_3 \times B_2 \times F_3$	۰/۶۵۵$^{d-f}$	۴۳/۴$^{c-f}$	۰/۴۷۶$^{c-f}$	۳۱/۵۸$^{b-e}$	۰/۸۴۸$^{r-u}$	۵۶/۵۴$^{r-w}$	۱/۴۹$^{t-w}$
$S_3 \times B_3 \times F_3$	۰/۶۴۹$^{f-i}$	۳۹/۳۶$^{i-m}$	۰/۴۷۲$^{e-h}$	۲۸/۶۲$^{h-k}$	۰/۹۹۳$^{l-p}$	۶۰/۶۴$^{k-o}$	۱/۶۴۱$^{k-s}$
$S_3 \times B_4 \times F_3$	۰/۵۹۷$^{j-n}$	۳۶/۶۸$^{k-p}$	۰/۴۲۹$^{n-p}$	۲۶/۳۶$^{j-m}$	۱/۰۲۳$^{k-p}$	۶۳/۳۲$^{j-o}$	۱/۶۵۱$^{k-r}$
$S_3 \times B_1 \times F_4$	۰/۶۶۱$^{f-i}$	۴۴/۸۹$^{c-f}$	۰/۴۸۲$^{h-k}$	۳۲/۷۶$^{c-f}$	۰/۸۰۸$^{s-u}$	۵۵/۱۱$^{t-w}$	۱/۴۴۶$^{v-x}$
$S_3 \times B_2 \times F_4$	۰/۶۲۵$^{g-j}$	۳۹/۸۶$^{i-n}$	۰/۴۴۹$^{j-m}$	۲۸/۶۴$^{h-k}$	۰/۹۳۷$^{n-r}$	۶۰/۱۴$^{m-s}$	۱/۵۸۸$^{o-u}$
$S_3 \times B_3 \times F_4$	۰/۶۱۳$^{m-r}$	۳۶/۹۴$^{l-p}$	۰/۴۴۱^{pq}	۲۶/۵۸$^{k-m}$	۱/۰۳۸$^{l-q}$	۶۳/۰۶$^{j-n}$	۱/۶۲$^{l-t}$
$S_3 \times B_4 \times F_4$	۰/۵۷۸$^{r-v}$	۳۲/۵۹$^{q-u}$	۰/۴۰۲$^{a-z}$	۲۲/۶۸$^{o-s}$	۱/۱۸۸$^{e-i}$	۶۷/۴۱$^{e-i}$	۱/۷۶۵$^{e-k}$
LSD	۰/۲۴۹	۳/۸۶۶	۰/۱۱۲	۲/۴۹۹	۰/۱۴۳	۳/۸۶۶	۰/۱۴

S_1، S_2 و S_3 به‌ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی-کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و میکوریزا. F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی پوترسین، محلول‌پاشی نانواکسید روی، محلول‌پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

نتیجه گیری

تحت بالاترین سطح شوری، کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) توانست شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل، فتوسنتز جاری، سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه، حداکثر وزن دانه و سرعت پرشدن دانه و عملکرد دانه را نسبت به عدم کاربرد تعدیل‌کننده های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری افزایش دهد. به نظر می‌رسد که کاربرد تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی می‌تواند با بهبود فتوسنتز جاری و مولفه‌های پرشدن دانه، موجب افزایش عملکرد دانه جو تحت شرایط تنش شوری شود.

تشکر و قدردانی

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

منابع

آقایی، ف.، سیدشریفی، ر. و نریمانی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد، محتوای کلروفیل و مولفه‌های پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک, کاربرد یونیکونازول و کودهای زیستی. به زراعی کشاورزی. (۲)۲۲: ۲۶۹-۲۸۲.

بابایی، خ.، سید شریفی، ر. و پیرزاد، ع. ۱۳۹۹. اثر کودهای بیولوژیک و نانو اکسیدآهن و روی بر عملکرد کوانتومی و روند پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک. دانش کشاورزی و تولید پایدار. (۳۰)۱: ۷۴-۹۳.

برنجانی، ش.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ. و شکوفه‌فر، ع. ۱۴۰۰. اثر سوپرجاذب و سویه‌های میکوریزا بر عملکرد کمی و انتقال مجدد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کمبود آب. فیزیولوژی گیاهان زراعی. (۵۰)۱۳: ۸۳-۶۷.

حیدرزاده، س.، جلیلیان، ج.، پیرزاد، ع. و جامعی، ر. ۱۳۹۹. تغییرات تسهیم و انتقال مجدد مواد پرورده در ماشک دیم (*Vicia sativa* L.) رقم مراغه تحت اثر کودهای بیولوژیک و آبیاری تکمیلی در سیستم تلفیقی درگیاه زراعی نخود. پژوهش‌های حبوبات ایران. (۲)۱۱۱: ۳۶-۴۹.

جهانبخش گده‌کهریز، س.، خیری، م. و رئیسی ساداتی، س.ی. ۱۴۰۱. اثر پوترسین بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گندم در واکنش به تنش کم‌آبی. علوم گیاهان زراعی ایران. (۴)۵۳: ۱۶-۲۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

جهانگیری‌نیا، ا.، سیادت، م.، کوچک‌زاده، ا.، سیاح‌فر، م. و مرادی تلاوت، م.ر. ۱۳۹۵. اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی. بوم شناختی کشاورزی. (۸)۴: ۵۸۳-۵۹۷.

سیدشریفی، ر. ۱۳۹۷. اثر یونیکونازول و کودهای زیستی بر طول دوره پرشدن دانه و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه گندم در رژیم‌های متفاوت رطوبتی در شرایط گلخانه. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. (۳)۱۱: ۵۱۵-۵۳۱.

سیدشریفی، ر. و نامور، ع. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.۲۸۲ ص.

شرفی‌زاده، م.، جزایری، ح.ر.، نیکخواه، ح.ر. و روستایی، م. ۱۳۹۹. خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی ارقام جو. موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال. ۲۹۲ص

شهبازی، س.، فاتح، ع. و آینه بند، ع. ۱۳۹۳. بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در مناطق گرمسیری. تامادات گیاهی. (۲)۳۸: ۹۹-۱۱۰.

عمادی، م.س.، حسینی، پ. و عظیمی، ع. ۱۳۹۲. تاثیر محلول‌پاشی پوترسین و عناصر غذایی بر عملکرد دانه و کیفیت دو رقم گندم نان. علوم زراعی ایران. (۳)۱۵: ۲۴۷-۲۶۱.

مدحج، ع.، نادری، ا.، امام، ی.، آینه بند، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۹۰. ارزیابی اثر تنش گرمای پایان فصل و سطوح نیتروژن بر عملکرد و روند رشد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط محیطی خوزستان. پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۴(۳): ۷-۱۹.

نریمانی، ح. و سیدشریفی، ر. ۱۴۰۲. اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی روی بر پر شدن دانه، عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش شوری. فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۷۰: ۱۴۸-۱۳۳.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Journal of Agronomy. 23: 112-121.

Adak, T., Singha, A., Kumar, K., Shukla, S.K., Singh, A. and Kumar Singh, V. 2014. Soil organic carbon, dehydrogenase activity, nutrient availability and leaf nutrient content as affected by organic and inorganic source of nutrient in mango orchard soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 14(2): 394-406.

Aldesuquy, H., Baka, Z. and Mickky, B. 2014. Kinetin and spermine mediated induction of salt tolerance in wheat plants: leaf area, photosynthesis and chloroplast ultrastructure of flag leaf at ear emergence. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. 1: 1-11.

Barnett, K.H. and Pearce, P.B. 1983. Source-sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Journal of Crop Science. 23(2): 101-109.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Beyk-Khormizi, A., Hosseini Sarghein, S., Sarafraz-Ardakani, M. R., Moshtaghioun, S.M., Mousavi-Kouhi, S.M. and Ganjeali, A. 2022. Ameliorating effect of vermicompost on Foeniculum vulgare under saline condition. Journal of Plant Nutrition. 39(6): 883-893.

Boomsma, C.R. and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Journal of Field Crops Research. 108: 14-31**.**

Borromeo, I., Domenici, F., Del Gallo, M. and Forni, C. 2023. Role of polyamines in the response to salt stress of tomato. Plants, 12(9): 1855.

Boutasknit, A., Baslam, M., Ait-El-mokhtar, M., Anli, M., Ben-Laouane, R., Douira, A., Modafar, CE., Mitsui, T., Wahbi, S. and 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.

Ehdaie, B. and Waines, J.G. 1993. Variation in water use efficiency and its components in wheat. Journal of Crop Science. 31: 1282-1288.

Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. Journal of Seed Science Research. 2: 19-25.

Farooq, M., Wahid, A. and Lee, D.J. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. Journal of Acta Physiologiae Plantarum. 31: 937-945.

Ghanta, R., Dutta, S. and Mukhopadhyay, R. 2013. Investigation on arbuscular mycorrhiza alliances in some threatened medicinal herbs of Burdwan district, West Bengal, India. Journal of Medicinal Plants Research. 7(7): 315-323.

Grimoldi, A., Kavanova, M., Lattanzi, F. and Schnyder, H. 2005. Phosphorus nutrition-mediated effects of arbuscular mycorrhiza on leaf morphology and carbon allocation in perennial ryegrass. New Phytologist Foundation. 168 (2): 435-444.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad, P., Azooz, M.M., Prasad, M.N.V. (eds.). Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer. New York.

Huang, K. and Xia, H. 2018. Role of earthworm's mucus in vermicomposting system: Biodegradation tests based on humification and microbial activity. Science of the Total Environment. 610: 703-708.

Islam, M.J., Uddin, M.J., Hossain, M.A., Henry, R., Begum, M.K., Sohel, M.A.T., Mou, M.A., Ahn, J., Cheong, E.J. and Lim, Y.S. 2022. Exogenous putrescine attenuates the negative impact of drought stress by modulating physiobiochemical traits and gene expression in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). PLoS ONE. 17(1): e0262099.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Karimi, M.M. and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research. 42: 13-20.

Munoz, I.E., Garcia de Salamone, R., Aroca, J.M. and Ruiz Lozano, R.A. 2011. Azospirillum and Arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. Journal of Plant Physiology. 168(10): 1031-1037.

Narimani., H. and Seyed Sharifi., R. 2023. Effect of folior and soil application of zinc on gain filling, yield and some physiological tratis of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Russin Jaunral of Plant Physiology. 70(6): 133-147.

Naseri, R., Baray, M., Zarea, M.J., Khavazi, K. and Tahmasebi, Z. 2017. Effect of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. Journal of Soil Biology. 5(1): 49-66.

Pan, J., Peng, F., Tedeschi, A., Xue, X., Wang, T., Liao, J., Zhang, W. and Huang, C. 2021. Do halophytes and glycophytes differ in their interactions with arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress? A meta-analysis. Botanical Studies. 61: 1-13.

Rahdari, P., Tavakoli, S. and Hosseini, S.M. 2012. Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 8(1): 182-193.

Ronanini, D., Savin, R. and Hal, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research 83: 79-90.

Salehi, A., Tasdighi, H. and Gholamhoseini, M. 2016. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 6(10): 886-891.

Singh, M.D. 2017. Nano-fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. International Journal of Agriculture Sciences. 9(7):3831-3833.

Sarkhosh, S., Kahrizi, D., Darvishi, E., Tourang, M., Haghoghi-Mood, S., Vahedi, P. and Ercisli, S. 2022. Effect of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) on seed germination characteristics in two brassicaceae family species: *Camelina sativa* and *Brassica napus* L. Journal of Nanomaterials. (18): 1-15.

Theunissen, J., Ndakidemi, P.A. and Laubscher, C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant west on the growth and nutrient status in vegetable production International. Physical Sciences. 5: 964-1973.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Timsina, Y.N. 2013. Effect of nitrogen fertilization on zinc and iron uptake and yield components of wheat. Department of Plant and Environmental Sciences, (IPM). Norwegian University of Life Sciences (UMB), Pp 94.

Wang, D., Shannon, M.C. and Grieve, C.M. 2001. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. Journal of Field Crops Research. 69: 276-277.

Wu, C.Y., Lu, L.L., Yang, X.E., Feng, Y., Wei, Y.Y., Hao, H.L., Stoffella, P.J. and He, Z.L. 2010. Uptake, translocation, and remobilization of zinc absorbed at different growth stages by rice genotypes of different Zndensities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58(11): 6767-6773.

Zayed, B.A., Salem, A.K. and Sharkawy, M.E. 2011. Effect of dferent mcronutrient teatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. Journal of Agricultural Sciences. 7: 179-184.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]

Effects of some stress modulators and organic fertilizers on dry matter remobilization and grain filling components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress

S. Mohammadi Kale Sarlou[1] and R. Seyed Sharifi[2*]

1 & 2) Department of Plant Production and Genetics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

[*]Corresponding author: raouf_ssharifi@yahoo.com

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2024.04.21 **Accepted date: 2024.07.23**

Abstract

In order to evaluate the effects of organic fertilizers and stress modulators (vermicompost, mycorrhiza, putresin and nano zinc oxide) on dry matter remobilization and grain filling components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress, an experimental as factorial was conducted based on randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of University of Mohaghegh Ardabili during 2022. The experimental factors were included salinity at three levels (no application of salinity as control, 40 and 80 mM by NaCl), application of bio-organic fertilizers in four levels (no application as control, application of vermicompost, Mycorrhiza, both application of vermicompost and Mycorrhiza), foliar application of putrescine and nano zinc oxide in four levels (foliar application with water as control, foliar application of nano zinc oxide 0.4 g.L^{-1}, putrescine 0.8 mM, both foliar application with zinc and putrescine). The results showed that in the highest salinity level, application of stress modulator (vermicompost, mycorrhizal, putrescine and nano zinc oxide) decreased dry matter remobilization from shoot and stem (21.9% and 24.8% respectively) and their contribution in grain yield (64.1% and 68.4%, respectively) in compared to the no application of biofertilizers, putrescine and zinc. Also, application of stress modulator at the highest salinity level increased leaf area index (79.3%) total chlorophyll (25.7%), current photosynthesis (94.4%), contribution of current photosynthesis in grain yield (44.9%), maximum of grain weight and grain filling rate (46.8 and 15.7% respectively), and grain yield (34.2%) in compared to the no application of stress modulators and organic fertilizers at the same level of salinity. Therefore, with considering of the results of this study, it can be suggested that applying of stress modulators can increase the grain yield of barley under salinity stress conditions by improving the current photosynthesis and grain filling components.

Key words: Current photosynthesis, Total chlorophyll, Foliar application and Nano fertilizer.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-27]