

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 تعدیل‌کننده‌های 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 تعدیل‌کننده‌های 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 تعدیل‌کننده‌های 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 برگ و نانوکود.

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 اثر تعدیل‌کنندگی تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) یکی از راه‌کارهای اساسی در بهبود عملکرد گیاهان متأثر 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 به دلیل 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 به دلیل 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 تعدیل‌کننده‌های 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 می‌کنند. طوری که 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

(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 (آقای 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 نیز 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

اهمیت برخی تعدیل کننده های تنش و کود آلی (ورمی کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانواکسید روی) در کاهش بخشی از اثر ناشی از تنش شوری و بررسی های محدود انجام شده در خصوص برهمکنش توام این عوامل، موجب شد تا اثر این عوامل بر عملکرد و مولفه های پر شدن دانه جو در تنش شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های 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 به عنوان شاهد، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد کودهای زیستی و آلی در چهار سطح (عدم کاربرد به عنوان شاهد، کاربرد ورمی کمپوست، میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا)، محلول پاشی پوترسین و نانو اکسید روی در چهار سطح (محلول پاشی با آب به عنوان شاهد، محلول پاشی ۰/۴ گرم در لیتر نانواکسید روی، ۰/۸ میلی مولار پوترسین، محلول پاشی توام نانواکسید روی 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 سانتی متر، دارای سنبله تقریباً بلند و مخروطی شکل، مقاوم به شکنندگی، ورس و بیماری های زنگ زرد، تنش های 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 (شرفی زاده و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو ۵۰ بذر در گلدان هایی با قطر و ارتفاع ۴۰ سانتی متر کشت شدند. مقدار نمک مورد نیاز جهت اعمال هر سطح شوری توسط نرم افزار 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، نمک های 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 آبیاری های 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 ریشه های آلوده بود که از شرکت زیست فناوریان 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. ورمی کمپوست مصرفی در این آزمایش از شرکت گیلدا خریداری و به میزان ۱۰ تن در هکتار (معادل ۵۰ گرم در هر کیلوگرم خاک) استفاده شد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱: ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان های آزمایشی

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

جدول ۲: نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست شرکت گلیدا

مشخصه	کادمیوم	سرب	روی	مس	منگنز	آهن	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر	اسیدیته
مقادیر	۱	۱۹	۱۱۰	۲۰	۲۷۵	۵۰۰۰	۱/۱۲	۷/۶۴
مشخصه	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیترژن	OC	C/N	
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 60 ± 5 درصد و طول دوره روشنایی ۱۵-۱۴ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های 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 به تدریج 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، ۴۴۵ 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 به دست آمد.

رابطه ۱: $a = (19/3 \times A_{663} - 10/86 \times A_{645}) V / 100 W$ کلروفیل a

رابطه ۲: $b = (19/3 \times A_{645} - 3/6 \times A_{663}) V / 100 W$ کلروفیل b

رابطه ۳: کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

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

به منظور 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 به طور تصادفی انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شده و به مدت 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 برآورد 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). به منظور 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

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، به صورت 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) به دست 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 مؤثر 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 به کار 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

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

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)^۵ عملکرد دانه بر حسب گرم در بوته می‌باشد.

$$SDMT = SDMM - SDMA \quad \text{رابطه ۸:}$$

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.

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

در این رابطه ($CSAG^{10}$) 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.

$$CP = GY - DMT \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

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

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

در این رابطه (CP^{10}) میزان فتوسنتز جاری بر حسب 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 نسخه ۹/۱ 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

(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 تعدیل‌کننده‌های 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 ورمی‌کمپوست 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. Vyn و Boomsma (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

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 سنتر 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 نانو اکسیدروی موجب افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت فرآیندهای فتوسنتزی برنج شد.

مولفه‌های پرشدن دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش توام تعدیل‌کننده‌های 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 نانو اکسید روی، سطوح مختلف تنش شوری و برهم‌کنش محلول‌پاشی پوترسین و نانو اکسیدروی 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 تعدیل‌کننده‌های تنش و کود آلی از حداکثر وزن دانه (۰/۴۷ گرم) و سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱۵۴ 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 نانو اکسیدروی 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

و همکاران، ۱۳۹۹). از طرفی کاربرد ورمی کمپوست به دلیل برخورداری از مقادیر بالایی از عناصر غذایی موثر در رشد گیاه، ضمن تامین بیش تر 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 ورمی کمپوست 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 بیش تر 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 به واسطه 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 به واسطه محلول پاشی 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 زمانی که فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد به دلیل بالا بودن میزان تثبیت کربن و فرصت بیش تر 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 برگي نانواکسیدروی، ضمن بهبود محتوای کلروفیل موجب بهبود مولفه‌های پر شدن دانه گندم شد.

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر تعدیل کننده‌های تنش (ورمی کمپوست، 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	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 برگي (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**	۱/۹۴۳ ^{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**	۰/۰۰۰۰۱**	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 ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر تعدیل کننده‌های تنش (ورمی کمپوست، 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 پر شدن دانه
-	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	(گرم)	(گرم در روز)	
S ₁ ×B ₁ ×F ₁	۰/۸۴۱ ^{k-q}	۲/۵۰۸ ^{l-q}	۰/۰۳۹ ^{l-s}	۰/۰۰۱۴۳ ^{k-p}
S ₁ ×B ₂ ×F ₁	۰/۸۵ ^{k-q}	۲/۷۴۳ ^{c-h}	۰/۰۴۳ ^{h-m}	۰/۰۰۱۵۳ ^{d-g}
S ₁ ×B ₃ ×F ₁	۱/۰۱۳ ^{e-j}	۲/۶ ^{f-i}	۰/۰۴۵ ^{d-i}	۰/۰۰۱۴۶ ^{h-m}
S ₁ ×B ₄ ×F ₁	۱/۰۲۶ ^{d-g}	۲/۶۸ ^{e-l}	۰/۰۴۸ ^{c-f}	۰/۰۰۱۵۹ ^{a-c}
S ₁ ×B ₁ ×F ₂	۱/۱۰۳ ^{b-f}	۲/۵۶۱ ^{g-n}	۰/۰۳۹ ^{l-s}	۰/۰۰۱۴۳ ^{k-p}
S ₁ ×B ₂ ×F ₂	۱/۰۵ ^{c-g}	۲/۳۴۱ ^{o-w}	۰/۰۴۶ ^{d-i}	۰/۰۰۱۵۱ ^{d-h}
S ₁ ×B ₃ ×F ₂	۰/۹۸ ^{f-k}	۲/۸۸ ^{a-e}	۰/۰۴۸ ^{c-f}	۰/۰۰۱۵۵ ^{c-f}
S ₁ ×B ₄ ×F ₂	۱/۲۱۳ ^{ab}	۲/۸۶۳ ^{a-e}	۰/۰۵۴ ^a	۰/۰۰۱۶۵ ^a
S ₁ ×B ₁ ×F ₃	۰/۹۱۳ ^{b-n}	۲/۲۶۶ ^{f-y}	۰/۰۴۵ ^{d-i}	۰/۰۰۱۵۳ ^{d-g}
S ₁ ×B ₂ ×F ₃	۱/۰۹ ^{b-f}	۲/۷۵۶ ^{b-g}	۰/۰۴۸ ^{c-e}	۰/۰۰۱۵۹ ^{a-c}
S ₁ ×B ₃ ×F ₃	۱/۰۷۶ ^{c-g}	۲/۸۴۴ ^{a-e}	۰/۰۴۵ ^{d-i}	۰/۰۰۱۵۳ ^{d-h}
S ₁ ×B ₄ ×F ₃	۱/۱۵۳ ^{a-d}	۲/۸۹۹ ^{a-d}	۰/۰۵۳ ^a	۰/۰۰۱۶۳ ^{ba}
S ₁ ×B ₁ ×F ₄	۱/۱۰۳ ^{b-f}	۲/۸۲۶ ^{a-e}	۰/۰۴۹ ^{b-d}	۰/۰۰۱۵۶ ^{b-d}
S ₁ ×B ₂ ×F ₄	۱/۰۱ ^{e-j}	۲/۹۶۴ ^{ab}	۰/۰۵۴ ^a	۰/۰۰۱۶۳ ^a
S ₁ ×B ₃ ×F ₄	۱/۰۱۶ ^{e-i}	۲/۹۱۲ ^{a-c}	۰/۰۵۷ ^a	۰/۰۰۱۶۴ ^a
S ₁ ×B ₄ ×F ₄	۱/۲۵ ^a	۳/۰۰۹ ^a	۰/۰۵۵ ^a	۰/۰۰۱۶۵ ^a
S ₂ ×B ₁ ×F ₁	۰/۷۰۳ ^{t-t}	۲/۱۶۹ ^{a-z}	۰/۰۳۳ ^u	۰/۰۰۱۳۳ ^{qr}
S ₂ ×B ₂ ×F ₁	۰/۷۲۳ ^{q-t}	۲/۳۳۳ ^{q-x}	۰/۰۳۴ ^u	۰/۰۰۱۳۶ ^{qr}
S ₂ ×B ₃ ×F ₁	۰/۷۵۳ ^{p-t}	۲/۳۷۴ ^{t-v}	۰/۰۳۶ ^{q-u}	۰/۰۰۱۳۷ ^{qr}
S ₂ ×B ₄ ×F ₁	۰/۷۸ ^{n-s}	۲/۳۹۵ ^{t-u}	۰/۰۴۴ ^{f-l}	۰/۰۰۱۵۵ ^{c-e}
S ₂ ×B ₁ ×F ₂	۰/۸۹۳ ^{b-o}	۲/۲۶۶ ^{f-y}	۰/۰۳۵ ^{q-u}	۰/۰۰۱۳۳ ^{qr}
S ₂ ×B ₂ ×F ₂	۰/۸۴ ^{m-q}	۲/۷۳ ^{c-i}	۰/۰۴۲ ^{i-o}	۰/۰۰۱۴۸ ^{f-k}
S ₂ ×B ₃ ×F ₂	۰/۸۹۶ ^{b-o}	۲/۵۲۳ ^{i-p}	۰/۰۳۸ ^{l-s}	۰/۰۰۱۳۸ ^{n-r}
S ₂ ×B ₄ ×F ₂	۰/۸۸۳ ^{t-p}	۲/۴۵۸ ^{t-r}	۰/۰۴۷ ^{c-g}	۰/۰۰۱۵۶ ^{b-d}
S ₂ ×B ₁ ×F ₃	۰/۸۴۳ ^{t-q}	۲/۳۹ ^y	۰/۰۳۷ ^{p-u}	۰/۰۰۱۳۷ ^{qr}
S ₂ ×B ₂ ×F ₃	۰/۸۸ ^{j-p}	۲/۵۷۹ ^{f-m}	۰/۰۴ ^{k-q}	۰/۰۰۱۳۹ ^{m-r}
S ₂ ×B ₃ ×F ₃	۰/۹۱۳ ^{b-m}	۲/۵۴۶ ^{b-o}	۰/۰۴۳ ^{h-n}	۰/۰۰۱۴۶ ^{h-m}
S ₂ ×B ₄ ×F ₃	۱/۰۰۶ ^{e-i}	۲/۷۱۸ ^{c-j}	۰/۰۴۶ ^{d-i}	۰/۰۰۱۵۴ ^{c-f}
S ₂ ×B ₁ ×F ₄	۰/۹۴۶ ^{b-m}	۲/۴۱۲ ^{n-u}	۰/۰۴۴ ^{d-j}	۰/۰۰۱۴۷ ^{g-k}
S ₂ ×B ₂ ×F ₄	۱/۱۸۳ ^{a-c}	۲/۵۲۹ ^{i-p}	۰/۰۴۷ ^{c-g}	۰/۰۰۱۵۵ ^{c-f}
S ₂ ×B ₃ ×F ₄	۱/۱۲۳ ^{a-e}	۲/۷۰۱ ^{e-k}	۰/۰۴۵ ^{d-i}	۰/۰۰۱۴۹ ^{e-j}
S ₂ ×B ₄ ×F ₄	۱/۱۳۶ ^{a-e}	۲/۷۷۵ ^{b-f}	۰/۰۵۳ ^{a-c}	۰/۰۰۱۵۹ ^{a-c}
S ₃ ×B ₁ ×F ₁	۰/۵۶۳ ^u	۱/۹۷۹ ^b	۰/۰۳۳ ^u	۰/۰۰۱۳۳ ^{qr}
S ₃ ×B ₂ ×F ₁	۰/۶۷۳ ^{t-u}	۲/۰۳۴ ^{ab}	۰/۰۳۹ ^{m-s}	۰/۰۰۱۴۲ ^p
S ₃ ×B ₃ ×F ₁	۰/۶۵۵ ^{t-u}	۲/۰۵۴ ^{a-z}	۰/۰۴۴ ^{e-k}	۰/۰۰۱۵۵ ^{d-i}
S ₃ ×B ₄ ×F ₁	۰/۸۴ ^{b-r}	۲/۱۴۷ ^{a-z}	۰/۰۴ ^{j-q}	۰/۰۰۱۴۳ ^{j-o}
S ₃ ×B ₁ ×F ₂	۰/۶۳۳ ^{tu}	۲/۲۶۴ ^{c-y}	۰/۰۳۹ ^{l-s}	۰/۰۰۱۴ ^{i-p}
S ₃ ×B ₂ ×F ₂	۰/۷۹۶ ^{q-r}	۲/۵۲۹ ^{i-p}	۰/۰۳۹ ^{m-s}	۰/۰۰۱۳۹ ^{m-r}
S ₃ ×B ₃ ×F ₂	۰/۷۴۹ ^{q-t}	۲/۵۷۱ ^{f-m}	۰/۰۳۶ ^{o-t}	۰/۰۰۱۳۶ ^{o-r}
S ₃ ×B ₄ ×F ₂	۰/۷۶۳ ^{o-t}	۲/۲۲۳ ^{a-z}	۰/۰۴۳ ^{g-m}	۰/۰۰۱۴۷ ^{g-k}
S ₃ ×B ₁ ×F ₃	۰/۶۸۶ ^{t-u}	۲/۴۱۲ ^{n-u}	۰/۰۳۵ ^u	۰/۰۰۱۳۷ ^{n-r}
S ₃ ×B ₂ ×F ₃	۰/۶۴۳ ^{tu}	۲/۱۲۴ ^{a-z}	۰/۰۳۵ ^{s-u}	۰/۰۰۱۳۶ ^{o-r}
S ₃ ×B ₃ ×F ₃	۰/۷ ^{t-t}	۲/۰۹۷ ^{a-z}	۰/۰۳۸ ^{o-t}	۰/۰۰۱۴۱ ^{k-p}
S ₃ ×B ₄ ×F ₃	۰/۹۷۶ ^{f-l}	۲/۴۳۷ ^{l-s}	۰/۰۴۲ ^{i-o}	۰/۰۰۱۴۷ ^{h-l}
S ₃ ×B ₁ ×F ₄	۰/۷۸ ^{n-s}	۲/۳۴۷ ^{o-z}	۰/۰۳۸ ^{o-t}	۰/۰۰۱۴۷ ^{o-r}
S ₃ ×B ₂ ×F ₄	۰/۹۷ ^{f-m}	۲/۳۵۵ ^{n-w}	۰/۰۴۲ ^{i-o}	۰/۰۰۱۴۳ ^{j-o}
S ₃ ×B ₃ ×F ₄	۰/۹۷ ^{f-m}	۲/۴۳۲ ^{l-s}	۰/۰۴۶ ^{d-i}	۰/۰۰۱۵۵ ^{c-e}
S ₃ ×B ₄ ×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

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی - کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا. F₁, F₂, F₃ و F₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی پوترسین، محلول پاشی نانواکسید روی، محلول پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر تعدیل کننده های تنش (ورمی کمپوست، 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
محلول پاشی 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

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار. B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی-کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا. F₁, F₂, F₃ و F₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی پوترسین، محلول پاشی نانواکسید روی، محلول پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری 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	۳۸/۲۶ ^{cd}	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	۳۵/۸۳ ^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	۲۶/۷۳ ^e	۲۷/۷۳ ^{de}	۲۸/۴۹ ^{cd}	۲۹/۴۶ ^{bc}
LSD	۱/۴۹۳			

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار. F₁, F₂, F₃ و F₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی پوترسین، محلول پاشی نانواکسید روی، محلول پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

انتقال ماده خشک و سهم آن در عملکرد دانه

برهمکنش توام تعدیل کننده های تنش و کود آلی در سطوح مختلف شوری بر انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه و سهم این فرایندها در عملکرد دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد (جدول ۷). کاربرد توام تعدیل کننده های تنش و کود آلی در بالاترین سطح شوری (۸۰ میلی مولار) از کم ترین مقدار انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی (۰/۵۷۸ گرم در بوته) و ساقه (۰/۴۰۳ گرم در بوته) و سهم این فرایندها در عملکرد دانه (به ترتیب ۳۲/۵۹ و ۲۲/۶۸

درصد) و از کاهش به ترتیب ۲۱/۹۷، ۲۴/۸۱، ۶۴/۱۳ و ۶۸/۴۳ درصدی این صفات نسبت به عدم کاربرد تعدیل کننده های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری برخوردار بود (جدول ۸). به نظر می رسد در شرایط شوری، کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه، موجب کاهش وزن دانه ها می شود که در چنین وضعیتی گیاه به منظور جلوگیری از کاهش بیش از حد وزن دانه ها، انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی به دانه را افزایش می دهد، اما کاربرد ورمی کمپوست در چنین شرایطی از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود شاخص سطح برگ، با توسعه اندام های فتوسنتز کننده منجر به افزایش تولید و ذخیره مواد پرورده شده که ضمن کمک به فتوسنتز جاری و افزایش سهم این فرآیند در عملکرد دانه، موجب می شود تا سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش یابد (جدول های ۴ و ۸) (جهانگیری نیا 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 به دلیل برخورداری از شبکه هیفی و گسترش دامنه فعالیت ریشه، سطح جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه افزایش می دهد 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 به واسطه محلول پاشی پوترسین را، می توان به جلوگیری از تولید آنزیم های لازم برای سنتز اتیلن و تاخیر در پیری برگ ها (به عنوان 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 بیش تری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها 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 به نظر می رسد محلول پاشی پوترسین از طریق بهبود فتوسنتز جاری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه جو شده است (جدول های ۴ و ۸). نریمانی و سیدشریفی (۱۴۰۲) اظهار داشتند نانواکسید روی تحت تنش شوری، از طریق افزایش فتوسنتز جاری، موجب افزایش طول دوره پر شدن دانه و کاهش انتقال ماده خشک گندم می شود.

میزان فتوسنتز جاری و سهم آن در عملکرد دانه

برهم کنش توام تعدیل کننده های تنش و کود آلی (ورمی کمپوست، 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 معنی دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد توام تعدیل کننده های تنش و کود آلی تحت شوری ۸۰ میلی مولار،

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 مجدداً 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. زمانی که 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 نانوآکسید روی تحت تنش شوری موجب بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های گندم شد (جهانبخش و همکاران ۱۴۰۱، 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 نانوآکسیدروی مشاهده شد که از افزایش ۳۴/۲ 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

مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (جدول‌های ۴ و ۸) (آقای 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. آقای 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

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

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

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر تعدیل کننده‌های تنش (ورمی کمپوست، 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	فوتوسنتز جاری	سهم فوتوسنتز جاری در عملکرد	عملکرد دانه
(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم در بوته)	(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم در بوته)	(درصد)	(گرم بر بوته)
S ₁ ×B ₁ ×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 ×B ₂ ×F ₁	۰/۵۷۶ ^{o-t}	۳۲/۶۷ ^{q-u}	۰/۴۱۳ ^{t-r}	۲۳/۴۲ ^{n-r}	۱/۱۸ ^{d-i}	۶۷/۳۳ ^{e-i}	۱/۷۹۵ ^{c-j}
S ₁ ×B ₃ ×F ₁	۰/۵۶۷ ^{t-y}	۳۶/۶۴ ^{t-w}	۰/۴۰۵ ^{t-x}	۲۶/۱۷ ^{q-u}	۱/۰۲۶ ^{k-p}	۶۳/۳۶ ^{c-f}	۱/۸۲۶ ^{a-h}
S ₁ ×B ₄ ×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 ×B ₁ ×F ₂	۰/۵۸۸ ^{t-w}	۳۲/۶۶ ^{q-u}	۰/۴۳۵ ^{s-v}	۲۳/۳۳ ^{q-q}	۱/۲۰۷ ^{f-j}	۶۷/۳۴ ^{e-i}	۱/۷۵۵ ^{e-l}
S ₁ ×B ₂ ×F ₂	۰/۵۴۵ ^{a-z}	۲۸/۵۷ ^{v-y}	۰/۳۹۹ ^{a-z}	۲۰/۹۳ ^{t-u}	۱/۳۶ ^{a-c}	۷۱/۴۳ ^{a-d}	۱/۹ ^{a-d}
S ₁ ×B ₃ ×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 ×B ₄ ×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 ×B ₁ ×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 ×B ₂ ×F ₃	۰/۵۳۹ ^{t-z}	۲۷/۵۹ ^{u-y}	۰/۳۹۴ ^{s-v}	۲۰/۱۷ ^{q-u}	۱/۴۱۵ ^{d-d}	۷۲/۴۱ ^{a-e}	۱/۹۱۵ ^{a-c}
S ₁ ×B ₃ ×F ₃	۰/۵۵۲ ^{a-z}	۲۹/۴۱ ^{u-y}	۰/۴۰۳ ^{a-z}	۲۱/۴۷ ^{q-u}	۱/۳۲۳ ^{a-f}	۷۰/۵۹ ^{a-e}	۱/۸۷۵ ^{a-f}
S ₁ ×B ₄ ×F ₃	۰/۵۳۸ ^{a-z}	۲۷/۳۹ ^{v-w}	۰/۳۹۳ ^{a-z}	۱۹/۹۶ ^{t-v}	۱/۴۲۷ ^{a-c}	۷۲/۶۱ ^{a-d}	۱/۹۲۱ ^{a-c}
S ₁ ×B ₁ ×F ₄	۰/۵۵۷ ^{a-z}	۲۹/۳۳ ^{u-w}	۰/۴۰۹ ^{t-w}	۲۱/۵۱ ^{p-u}	۱/۳۴۲ ^{a-c}	۷۰/۷ ^{b-e}	۱/۸۸۸ ^{a-e}
S ₁ ×B ₂ ×F ₄	۰/۵۳۵ ^{a-z}	۲۷/۳۸ ^{v-y}	۰/۳۹۱ ^{a-z}	۲۰/۱۰ ^{s-v}	۱/۴۱۶ ^{ab}	۷۲/۶۷ ^{a-d}	۱/۹۴۱ ^{ab}
S ₁ ×B ₃ ×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 ×B ₄ ×F ₄	۰/۵۰۷ ^c	۲۲/۷۷ ^y	۰/۳۶۹ ^c	۱۸/۷۷ ^v	۱/۴۵۸ ^a	۷۴/۲۳ ^{ab}	۱/۹۶۵ ^a
S ₂ ×B ₁ ×F ₁	۰/۶۷۴ ^{b-e}	۴۴/۲۸ ^{c-e}	۰/۴۸۲ ^{c-e}	۳۱/۶۷ ^{c-g}	۰/۸۴۳ ^{t-u}	۵۵/۷۲ ^{u-w}	۱/۵۱۸ ^{t-w}
S ₂ ×B ₂ ×F ₁	۰/۶۴۴ ^{f-j}	۴۱/۲۸ ^{f-l}	۰/۴۶۱ ^{d-l}	۲۹/۹۲ ^{h-j}	۰/۹۰۹ ^{o-s}	۵۸/۷۲ ^{n-s}	۱/۵۷۲ ^{p-v}
S ₂ ×B ₃ ×F ₁	۰/۶۲۶ ^{e-h}	۳۸/۷۲ ^{e-l}	۰/۴۵۲ ^{e-h}	۲۷/۹۶ ^{e-l}	۰/۹۸۴ ^{n-s}	۶۱/۲۸ ^{n-s}	۱/۵۹۹ ^{n-u}
S ₂ ×B ₄ ×F ₁	۰/۶۱۴ ^{f-h-k}	۳۷/۳۷ ^{i-o}	۰/۴۴۲ ^{f-m}	۲۷/۱۵ ^{i-l}	۱/۰۲۱ ^{k-p}	۶۲/۶۳ ^{h-q}	۱/۶۶۴ ^{j-q}
S ₂ ×B ₁ ×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 ×B ₂ ×F ₂	۰/۵۹۹ ^{m-q}	۳۷/۶۷ ^{i-o}	۰/۴۴۱ ^{t-r}	۲۶/۴۱ ^{k-m}	۰/۹۹۴ ^{t-p}	۶۲/۳۳ ^{k-q}	۱/۵۹۳ ^{o-u}
S ₂ ×B ₃ ×F ₂	۰/۶۰۳ ^{l-p}	۳۵/۷۹ ^{m-r}	۰/۴۳۲ ^{p-q}	۲۵/۶۴ ^{l-n}	۱/۰۷۳ ^{l-n}	۶۴/۲۱ ^{h-m}	۱/۶۸۹ ^{h-p}
S ₂ ×B ₄ ×F ₂	۰/۵۷۶ ^{o-t}	۳۱/۶۴ ^{t-v}	۰/۴۱۳ ^{t-u}	۲۲/۶۳ ^{o-t}	۰/۲۴۱ ^{b-d}	۶۸/۳۶ ^{d-h}	۱/۸۴۷ ^{a-g}
S ₂ ×B ₁ ×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 ×B ₂ ×F ₃	۰/۶۰۳ ^{l-p}	۳۵/۵۲ ^{m-q}	۰/۴۳۳ ^{p-q}	۲۵/۵۱ ^{l-n}	۱/۰۸۷ ^{l-o}	۶۴/۴۸ ^{i-m}	۱/۶۷۶ ^{j-q}
S ₂ ×B ₃ ×F ₃	۰/۵۸۳ ^{p-u}	۳۷/۴۸ ^{i-p}	۰/۴۱۳ ^{s-v}	۲۶/۵۵ ^{k-m}	۰/۹۹۷ ^{t-q}	۶۲/۵۲ ^{j-q}	۱/۵۸۷ ^{o-v}
S ₂ ×B ₄ ×F ₃	۰/۵۸۹ ^{m-s}	۳۳/۶۷ ^{o-t}	۰/۴۲۳ ^{q-r}	۲۴/۱۸ ^{m-o}	۱/۱۵۳ ^{g-l}	۶۶/۳۳ ^{f-k}	۱/۷۲۹ ^{j-n}
S ₂ ×B ₁ ×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}	۱/۶۵۳ ^{k-s}
S ₂ ×B ₂ ×F ₄	۰/۵۸۶ ^{t-w}	۳۱/۶۷ ^{i-u}	۰/۴۱۸ ^{s-w}	۲۲/۵۹ ^{o-t}	۱/۲۶۲ ^{c-h}	۶۸/۳۳ ^{d-f}	۱/۸۱۶ ^{c-i}
S ₂ ×B ₃ ×F ₄	۰/۵۹۴ ^{n-s}	۳۴/۲۱ ^{p-t}	۰/۴۲۴ ^{q-s}	۲۴/۵۳ ^{m-p}	۱/۱۳۵ ^{g-k}	۶۵/۷۹ ^{f-j}	۱/۷۲۹ ^{g-n}
S ₂ ×B ₄ ×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 ×B ₁ ×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 ×B ₂ ×F ₁	۰/۶۴۴ ^{a-c}	۴۱/۶۸ ^b	۰/۴۶۹ ^{b-c}	۳۰/۳۵ ^b	۰/۸۹۶ ^{uv}	۵۸/۳۳ ^x	۱/۴۱۶ ^{wx}
S ₃ ×B ₃ ×F ₁	۰/۶۹۱ ^{a-d}	۴۱/۰۸ ^{bc}	۰/۴۹۹ ^{b-d}	۲۹/۵۳ ^{bc}	۰/۹۹۵ ^{uv}	۵۸/۹۲ ^{wx}	۱/۴۳۹ ^{v-x}
S ₃ ×B ₄ ×F ₁	۰/۶۴۴ ^{c-f}	۴۴/۱۰ ^{b-d}	۰/۴۶۳ ^{c-e}	۳۱/۸۳ ^{b-d}	۰/۸۰۶ ^{s-x}	۵۵/۹۷ ^x	۱/۴۹۶ ^{u-w}
S ₃ ×B ₁ ×F ₂	۰/۶۸۵ ^{e-i}	۴۸/۲۶ ^{d-h}	۰/۴۸۹ ^{f-i}	۳۴/۴۴ ^{d-h}	۰/۷۳۱ ^{p-t}	۵۱/۷۴ ^{t-v}	۱/۵۳۹ ^{q-w}
S ₃ ×B ₂ ×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 ×B ₃ ×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 ×B ₄ ×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 ×B ₁ ×F ₃	۰/۶۸۱ ^{ab}	۴۷/۲۵ ^{d-f}	۰/۴۸۷ ^{ab}	۳۳/۷۹ ^{e-i}	۰/۷۵۹ ^{l-p}	۵۲/۷۵ ^{p-v}	۱/۶۸۴ ^{i-p}
S ₃ ×B ₂ ×F ₃	۰/۶۵۵ ^{d-f}	۴۳/۴ ^{c-f}	۰/۴۷۶ ^{c-f}	۳۱/۵۸ ^{b-e}	۰/۸۴۸ ^{t-u}	۵۶/۵۴ ^{t-w}	۱/۴۹ ^{t-w}
S ₃ ×B ₃ ×F ₃	۰/۶۹۴ ^{f-i}	۳۹/۳۶ ^{i-m}	۰/۴۷۳ ^{e-h}	۲۸/۶۲ ^{h-k}	۰/۹۹۳ ^{t-p}	۶۰/۶۴ ^{k-o}	۱/۶۴۱ ^{k-s}
S ₃ ×B ₄ ×F ₃	۰/۵۹۷ ^{j-n}	۳۶/۶۸ ^{k-p}	۰/۴۲۹ ^{b-p}	۲۶/۳۶ ^{j-m}	۱/۰۲۳ ^{k-p}	۶۳/۳۲ ^{j-o}	۱/۶۵۱ ^{k-r}
S ₃ ×B ₁ ×F ₄	۰/۶۶۱ ^{f-i}	۴۴/۸۹ ^{c-f}	۰/۴۸۲ ^{b-k}	۳۲/۷۶ ^{c-f}	۰/۸۰۸ ^{s-u}	۵۵/۱۱ ^{t-w}	۱/۴۴۶ ^{v-x}
S ₃ ×B ₂ ×F ₄	۰/۶۲۵ ^{g-j}	۳۹/۸۶ ⁱ⁻ⁿ	۰/۴۴۲ ^{j-m}	۲۸/۶۴ ^{h-k}	۰/۹۳۷ ^{n-r}	۶۰/۱۴ ^{m-s}	۱/۵۸۸ ^{o-u}
S ₃ ×B ₃ ×F ₄	۰/۶۱۳ ^{m-r}	۳۶/۹۴ ^{l-p}	۰/۴۴۱ ^{p-q}	۲۶/۵۸ ^{k-m}	۱/۰۲۸ ^{l-q}	۶۳/۰۶ ^{j-n}	۱/۶۲ ^{l-t}
S ₃ ×B ₄ ×F ₄	۰/۵۷۸ ^{t-v}	۳۲/۵۹ ^{q-u}	۰/۴۰۳ ^{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

S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم اعمال شوری، شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار، B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد ورمی -کمپوست، کاربرد میکوریزا، کاربرد توام ورمی کمپوست و میکوریزا، F₁, F₂, F₃ و F₄ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی پوترسین،

محلول پاشی نانواکسید روی، محلول پاشی توام پوترسین و نانواکسید روی. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری بر

اساس آزمون LSD با هم ندارند.

نتیجه گیری

تحت بالاترین سطح شوری، کاربرد تعدیل کننده های تنش و کود آلی (ورمی کمپوست، میکوریزا، پوترسین و نانو اکسید 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 تعدیل کننده های تنش و کود آلی در همین سطح از سطوح شوری افزایش دهد. به نظر می رسد که کاربرد تعدیل کننده های تنش و کود آلی می تواند با بهبود فتوسنتز جاری و مولفه های 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 می باشد که نویسندگان مراتب قدردانی خود را از یکایک همکاران دخیل ارجمند در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام می دارند.

منابع

- آقای، ف.، سیدشریفی، ر. و نریمانی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد، محتوای کلروفیل و مولفه های پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک. کاربرد یونیکونازول و کودهای زیستی. به زراعی کشاورزی. (۲): ۲۶۹-۲۸۲.
- بابایی، خ.، سید شریفی، ر. و پیرزاد، ع. ۱۳۹۹. اثر کودهای بیولوژیک و نانو اکسید آهن و روی بر عملکرد کوانتومی و روند پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک. دانش کشاورزی و تولید پایدار. (۳۰): ۷۴-۹۳.
- برنجانی، ش.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ. و شکوفه فر، ع. ۱۴۰۰. اثر سوپرچاذب و سوپه های میکوریزا بر عملکرد کمی و انتقال مجدد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کمبود آب. فیزیولوژی گیاهان زراعی. (۵۰): 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 در گیاه زراعی نخود. پژوهش های حبوبات ایران. (۲): ۱۱۱-۴۹.
- جهانبخش گده کهریز، س.، خیری، م. و رئیسی ساداتی، س.ی. ۱۴۰۱. اثر پوترسین بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گندم در واکنش به تنش کم آبی. علوم گیاهان زراعی ایران. (۴): ۵۳-۲۹.

- 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. ۴(۸): 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. ۱۱(۳): 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. ۲۹۲ ص.
- 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. ۳۸(۲): 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. ۱۵(۳): 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.

Beyk-Khormizi, A., Hosseini Sarghein, S., Sarafriz-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.

- 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 foliar and soil application of zinc on grain filling, yield and some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Russian Journal 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 waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Physical Sciences*. 5: 964-1973.

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 Zn densities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58(11): 6767-6773.

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

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 Sarlou¹ 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.