



تأثیر پوترسین و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای پر شدن دانه گندم در شرایط شوری

علیرضا محسنی محمدجانلو^۱، رئوف سیدشریفی^۲، سعید علی پور^۳

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و پوترسین بر عملکرد و اجزای پر شدن دانه گندم در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در چهار سطح (بدون شوری به عنوان شاهد و شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم (به ترتیب برابر ۳/۶۸، ۷/۳۷ و ۱۱/۰۵ دسی‌زیمنس بر متر و هدایت الکتریکی به ترتیب برابر با ۱۰/۰۷، ۱۲/۴۸ و ۱۴/۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا Glomus Intraradices) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به عنوان شاهد، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بودند. نتایج نشان داد که تحت شرایط شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین شاخص کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه را افزایش داد. بیش‌ترین سرعت پر شدن (۰/۰۲۱۷ گرم در روز)، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه (به ترتیب ۲۴/۱ و ۳۵/۵۷ روز)، وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۰/۷۱ گرم در بوته و ۱/۳۱۷ سانتی‌متر مکعب به ازای هر بوته) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقادیر آن‌ها در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و پوترسین به دست آمد. کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین در بالاترین سطح شوری (۱۲۰ میلی‌مولار)، عملکرد دانه را ۲۸/۵۷ درصد نسبت به عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی در همان سطح شوری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: میکوریزا، سودوموناس، فلاوباکتریوم، محتوای کلروفیل

محسنی محمدجانلو، ع. ر. سید شریفی و س. علی پور. ۱۴۰۱. تأثیر پوترسین و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای پر شدن دانه گندم در شرایط شوری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۴(۴۸): ۱۷-۳۳.

۱- دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. - مسئول مکاتبات. alirezamohseni.5687@gmail.com

۳- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (تامام و همدا، ۲۰۰۸) که ضمن کاهش محتوای کلروفیل و میزان فتوسنتز خالص، موجب می‌شود به دلیل فقدان مواد فتوسنتزی ذخیره شده در طول دوره پر شدن دانه، وزن دانه به نحو چشمگیری کاهش یابد (مونز و جامر، ۲۰۰۳).

وزن نهایی دانه به دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه و برهم کنش بین آنها بستگی دارد که در نهایت عملکرد دانه را تعیین می‌کنند (سدراس و اگلی، ۲۰۰۸). طولانی بودن دوره پر شدن دانه امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (سنگ تراش، ۲۰۱۰). پسرکلی (۱۹۹۹) اظهار داشت که شوری به علت اختلال در فرایند فتوسنتز در اثر سمیت یونی و کاهش سطح فتوسنتزی در اثر تنش اسمزی ناشی از شوری، موجب کاهش طول دوره و افزایش سرعت پر شدن دانه شد. شوری با کاهش اجزای عملکرد همچون تعداد کل سنبلچه، تعداد دانه در سنبله (رایکا و همکاران، ۱۹۹۴) تعداد و وزن دانه (اکرم و همکاران، ۲۰۰۲) منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. گریو و فرانکوئیز (۱۹۹۲) نیز تأثیر منفی و معنی‌دار شوری بر طول سنبله، تعداد سنبلچه و تعداد دانه در سنبلچه را گزارش کردند.

امروزه توجه به توسعه راهکارهای مختلف به منظور کاهش اثر زیان بار شوری، روش‌های مربوط به بالا بردن تحمل گیاهان رشد یافته در زمین‌های با غلظت بالای نمک، رشد روز افزونی داشته است و مکانیسم‌های مختلفی جهت ایجاد مقاومت گیاهان در برابر عوامل تنش‌زا پیشنهاد شده است که در بین آن‌ها کاربرد کودهای زیستی، نقش اساسی دارند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲). سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که در شرایط شوری، گرچه محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد ولی، کاربرد کودهای زیستی می‌تواند از کاهش بیشتر محتوای کلروفیل جلوگیری کند. کرامر و همکاران (۱۹۹۴) دلیل تعدیل اثر مخرب تنش شوری در شرایط پیش تیمار بذر با باکتری-های محرک رشد را، به توانایی تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین افزایش توان ریشه در جذب آب نسبت دادند. نادیم و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تنش شوری رنگیزه‌های فتوسنتزی (محتوای کلروفیل a, b و کارتنوئید) در ذرت را کاهش داد، ولی تلقیح با کودهای زیستی، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش داد. تلقیح گیاه جو با باکتری محرک رشد سودوموناس، توانست اثرات شوری را خنثی و از طریق افزایش تولید رنگیزه‌های

فتوسنتزی، رشد گیاه را بهبود دهد (همائید و همکاران، ۲۰۱۴). تحقیقات نشان داده است کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند مقاومت گیاه به تنش شوری را بهبود بخشد (گامارنو و همکاران، ۲۰۰۹). موجشی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند با کاربرد قارچ میکوریزا محتوای کلروفیل a, b و کل در تیمارهای تلقیح شده به ترتیب ۱۳/۷، ۳۳/۵ و ۱۷/۴ درصد نسبت عدم کاربرد قارچ میکوریزا افزایش نشان داد. بررسی‌های گروور و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا می‌تواند با جذب بیشتر آب، به رشد بهتر گیاه به‌خصوص تحت شرایط تنش، کمک کند. افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد در بررسی‌های اسرار و همکاران (۲۰۱۲) نیز عنوان شده است. خیری‌زاده آروق و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد سودوموناس پوتیدا و ازتوباکتر کروکوکوم ضمن افزایش وزن و حجم ریشه، با بهبود محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های پر شدن دانه، موجب افزایش عملکرد دانه تریتیکاله شد. باست و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تارهای کشنده و در نتیجه افزایش سطح ریشه‌ای می‌توانند موجب افزایش وزن ریشه شوند. کادر و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف ازتوباکتر با تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها به افزایش ۱۸ درصدی عملکرد گندم منجر شد.

در سال‌های اخیر استفاده از تنظیم کننده‌های رشدی مانند پلی‌آمین‌ها برای کاهش اثر تنش‌های محیطی در گیاهان مطرح شده است. پلی‌آمین‌ها گروهی از پلی‌کاتیون‌هایی با وزن مولکولی پایین هستند که در همه گیاهان حضور داشته (آتیا ۲۰۱۱) و نقش مهمی در فتوسنتز و بازگشت آسیب‌های دستگاه فتوسنتزی در اثر تنش دارد (اسفاکیانکی و همکاران، ۲۰۱۳). 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 (به ویژه 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 (طلعت و همکاران، ۲۰۰۵). به بیانی دیگر در شرایط تنش به علت بالا رفتن املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (گراتان و گریو، ۱۹۹۹). در چنین شرایطی کاربرد پوترسین با جلوگیری از اثر منفی یون‌های سدیم و کلر به

و پوترسین بر عملکرد، شاخص کلروفیل و مؤلفه‌های پر شدن دانه در شرایط شوری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتور اول شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم) و فاکتور دوم شامل کودهای زیستی (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم، کاربرد میکوریزا) و فاکتور سوم شامل محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۰/۵ و یک میلی‌مولار) بودند. خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در هر گلدان در جدول یک آورده شده است.

بهبود جذب عناصر و افزایش محتوای کلروفیل منجر می‌شود (زاید و همکاران، ۲۰۰۴). باتور و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند گونه‌های فعال اکسیژن مانند H₂O₂ می‌توانند موجب تخریب کلروفیل‌ها شوند ولی پلی‌آمین‌ها می‌توانند با اتصال به پروتئین کلروپلاست، مانع از فعالیت کلروفیلاز و تخریب کلروفیل شوند. نتایج یک بررسی در پنبه تحت تنش شوری نشان داد که کاربرد پوترسین موجب افزایش مواد معدنی از جمله فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم و افزایش مقاومت گیاه به شوری شد (حنفی احمد و همکاران، ۲۰۱۳).

گسترش روز افزون اراضی شور از مهمترین عوامل محیطی موثر در کاهش رشد و عملکرد گندم محسوب می‌شوند از این رو استفاده از روش‌هایی که موجب کاهش یا تعدیل اثر ناشی از شوری شوند ضروری به نظر می‌رسند. در این راستا به دلیل اهمیت کودهای زیستی و پوترسین در تعدیل بخشی از اثر ناشی از تنش و بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم این عوامل، موجب شد تا کاربرد کودهای زیستی

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

مشخصه	pH	بافت	عصاره اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	روی
مقادیر	۷/۸	لومی-شنی	۴۹	۱۴/۴	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۰۶	۸/۲۹	۲۰۲	۱/۸
						(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	

ارdebیل (بذر گواهی شده) تهیه و بعد از ورنالیزاسیون کشت شد. این رقم پا بلند، با تیپ رشد زمستانه و مقاوم به سرما و خوابیدگی و در گروه ارقام با کیفیت نانویی بسیار خوب قرار دارد. برای اعمال شوری از نرم افزار Salt Calc و نمک کلرید سدیم استفاده شد. در این نرم افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک در هر یک از سطوح شوری محاسبه و به خاک هر گلدان همراه آب آبیاری اضافه شد (حق بهاری و سید شریفی، ۱۳۹۲). به منظور تنظیم شوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر دو تا سه نوبت آبیاری، نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی دوباره در آبی که در هر مرحله آبیاری برای هر گلدان در نظر گرفته می‌شد حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده می‌شد. هیچ کود شیمیایی خاصی در طول اجرای آزمایش استفاده نشد. محلول‌پاشی پوترسین در دو مرحله (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از آبیستی یا چکمه‌ای شدن) انجام شد. به دلیل حلالیت بهتر پوترسین در آب، ابتدا در آب دیونیزه به صورت معلق درآمده و

شوری اولیه خاک ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا از نوع *Glomus intraradices* باکتری‌ها سودوموناس *Pseudomonas Putida Strain 186* و فلاوباکتریوم *Flavobacterim Spp* بود. مایه تلقیح باکتری‌های مورد نیاز، از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد که هر گرم آن دارای ۱۰۷ عدد باکتری زنده و فعال بود. از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط خشک و تاریک قرار داده شد. میکوریزا از شرکت زیست فناوری‌ان توران تهیه و به مقدار ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به استناد توصیه شرکت مذکور با خاک گلدان مخلوط شد. در این راستا دو گرم میکوریزا در هر گلدان استفاده شد. حدود ۲۰ کیلوگرم خاک به هر گلدان با قطر ۴۰ سانتیمتر اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتیمتری از خاک پر شدند. در هر گلدان ۴۰ عدد بذر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. گندم مورد کاشت رقم آبی گاسکوژن بود که از تعاونی تولیدی پیراقوم

را نشان می‌دهد (الیس و پیتافیلهو، ۱۹۹۲). با برآزش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t0 در قسمت دوم رابطه (۱) قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه ۲ به شرح زیر استفاده شد (الیس و پیتافیلهو، ۱۹۹۲).

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{EFP} = \text{MGW} / \text{GFR}$$

در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، MGW

حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است.

بعد از برداشت بوته‌ها، گلدان‌ها آبیاری شدند تا امکان خروج آسان‌تر ریشه‌ها فراهم شود. برای جدا سازی ریشه از خاک از روش شست و شو با آب استفاده شد. کل ریشه‌های هر گلدان برداشت و با تقسیم بر تعداد بوته‌های هر گلدان، وزن و حجم ریشه تک بوته به دست آمد. برای خشک شدن، ریشه‌ها در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. حجم ریشه‌ها با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی تعداد پنج بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از هر گلدان و از بین بوته‌های رقابت کننده برای برآورد صفات مختلف مانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و همچنین عملکرد تک بوته برداشت شد و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل (SPAD): بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر شاخص کلروفیل در هر سه مرحله (ظهور برگ پرچم، آبستنی و خوشه‌دهی) معنی‌دار شد (جدول ۲).

با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه) (این مواد پخش شده و محلول گردید (پراساد و همکاران، ۲۰۱۲). اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۶۵-۶۰ درصد نگهداری شدند. شاخص کلروفیل برگ پرچم در سه مرحله (ظهور برگ پرچم، آبستنی یا چکمه‌ای شدن و سنبله‌دهی) در سه نمونه از برگ پرچم هر گلدان توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502، مینولتا ژاپن) اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد.

به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه‌برداری ۱۵ روز بعد از سنبله‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام و در مجموع هشت مرتبه نمونه‌برداری انجام شد. در هر بار نمونه‌برداری دو سنبله از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه، دانه‌ها از سنبله جدا شده و به مدت دو ساعت در آن الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (رونائینی و همکاران، ۲۰۰۴). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دوتکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS به صورت رابطه ۱ استفاده گردید.

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{GW} = \begin{cases} a + bt_0 & t \leq T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases}$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان، b شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی که بیانگر سرعت پر شدن دانه است، t0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله (t < t0) سرعت پر شدن دانه

جدول ۲- میانگین مربعات شاخص کلروفیل و مولفه‌های پر شدن دانه تحت اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مراحل نمونه برداری SPAD						
		مرحله سنبله دهی	مرحله آبستنی	ظهور برگ پرچم	پر شدن	دوره موثر		
تکرار	۲	۱۵/۱۵ *	۲۰/۳۲ **	۱۸/۶۷ *	۸۵۲/۸**	۲۱۳۹/۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۳۱**
شوری	۳	۵۱۶/۶۳ **	۷۶۱/۸ **	۴۶۷/۶۸ **	۸۳/۷۷**	۶۴/۵۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۴۲**	۰/۰۰۰۰۹۴**
کود زیستی	۳	۴۹/۹۹ **	۷۰/۶۴ **	۷۵/۹۷ **	۸/۱۱**	۲/۹۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۰۱۲**
پوترسین	۲	۵۵/۸۹ **	۲۲/۵۶ **	۳۱/۹ **	۴/۰۴**	۴/۴۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۰۷۵**
شوری × کود زیستی	۹	۹/۴۴ **	۹/۳۶ **	۱۰/۳۶ *	۰/۴۱**	۰/۲۸**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۷۶**
شوری × پوترسین	۶	۷/۱۱ *	۳/۱۷ ns	۴/۹۷ ns	۰/۸۹**	۰/۳۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۸۱**
زیستی × کود × پوترسین	۶	۸/۶۳ *	۱۰/۰۹*	۱۱/۷۳ *	۰/۸۹**	۰/۴۴**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۹۱**
پوترسین × شوری	۱۸	۵/۷۹ *	۶/۶۱ *	۱۲/۶۲ **	۰/۵۱**	۰/۲۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۶۶**
شوری × کود زیستی								
اشتباه آزمایشی	۹۴	۳/۱۷	۳/۵۸	۵/۰۷	۰/۰۸۷	۰/۰۶۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات (%)		۵/۰۶	۴/۸۲	۵/۰۳	۱/۴	۷/۵	۹/۱۹	۲/۵۲

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

دسترسی بالاتر گیاه به نیتروژن به واسطه انجام عمل تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های محرک رشد نسبت داده‌اند (سید شریفی و نامور، ۱۳۹۴). از طرفی افزایش سطوح ایتیلن در شرایط تنش می‌تواند منجر به پیری برگ شود، ولی در حضور باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC دآمیناز، ساخت ایتیلن بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد (سیدشرفی و خاوازی، ۱۳۹۱). کنترل و لیندمن (۲۰۰۱) بیان داشتند با افزایش شوری، شاخص کلروفیل در گیاهان میکوریزایی همواره بالاتر و نوسانات کمتری در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی نشان داد. شوری می‌تواند اثر منفی بر آسیمیله شدن نیتروژن داشته باشد و میزان کلروفیل را کاهش دهد (علی دینار و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش کلروفیل با کاربرد غلظت دو میلی‌مولار پوترسین در افزایش محتوای کلروفیل آفتابگردان تحت تنش شوری گزارش شده است (موتولو و بوزکوک، ۲۰۱۳). راهداری و حسینی (۲۰۱۳) اظهار داشتند که مصرف ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و پوترسین در محلول غذایی، محتوای کلروفیل برگ گیاهچه گندم را تحت تنش شوری افزایش داد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل (۵۵/۲۳) در مرحله ظهور برگ پرچم، ۴۸/۲۶ در مرحله چکمه‌ای شدن و ۴۲/۷۶ در مرحله سنبله‌دهی در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین این مقادیر (به ترتیب ۳۷/۴۶، ۳۱/۸۳ و ۲۸/۷) در مرحله ظهور برگ پرچم، آبستنی و سنبله‌دهی در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین حاصل شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد بهبود شرایط تغذیه‌ای و محیطی توسط قارچ میکوریزا موجب افزایش توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود که این به احتمال زیاد بر شاخص کلروفیل نیز تأثیر می‌گذارد. در این آزمایش گرچه شاخص کلروفیل به جای محتوای کلروفیل مورد ارزیابی قرار گرفته است ولی با استفاده از شاخص کلروفیل می‌توان به طور سریع و بدون تخریب گیاه، به طور تقریبی به کلروفیل گیاه پی برد (بنی طرفی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۹). برخی محققان اثر مفید تلقیح باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را به

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص کلروفیل و مولفه‌های پرشدن دانه تحت اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین

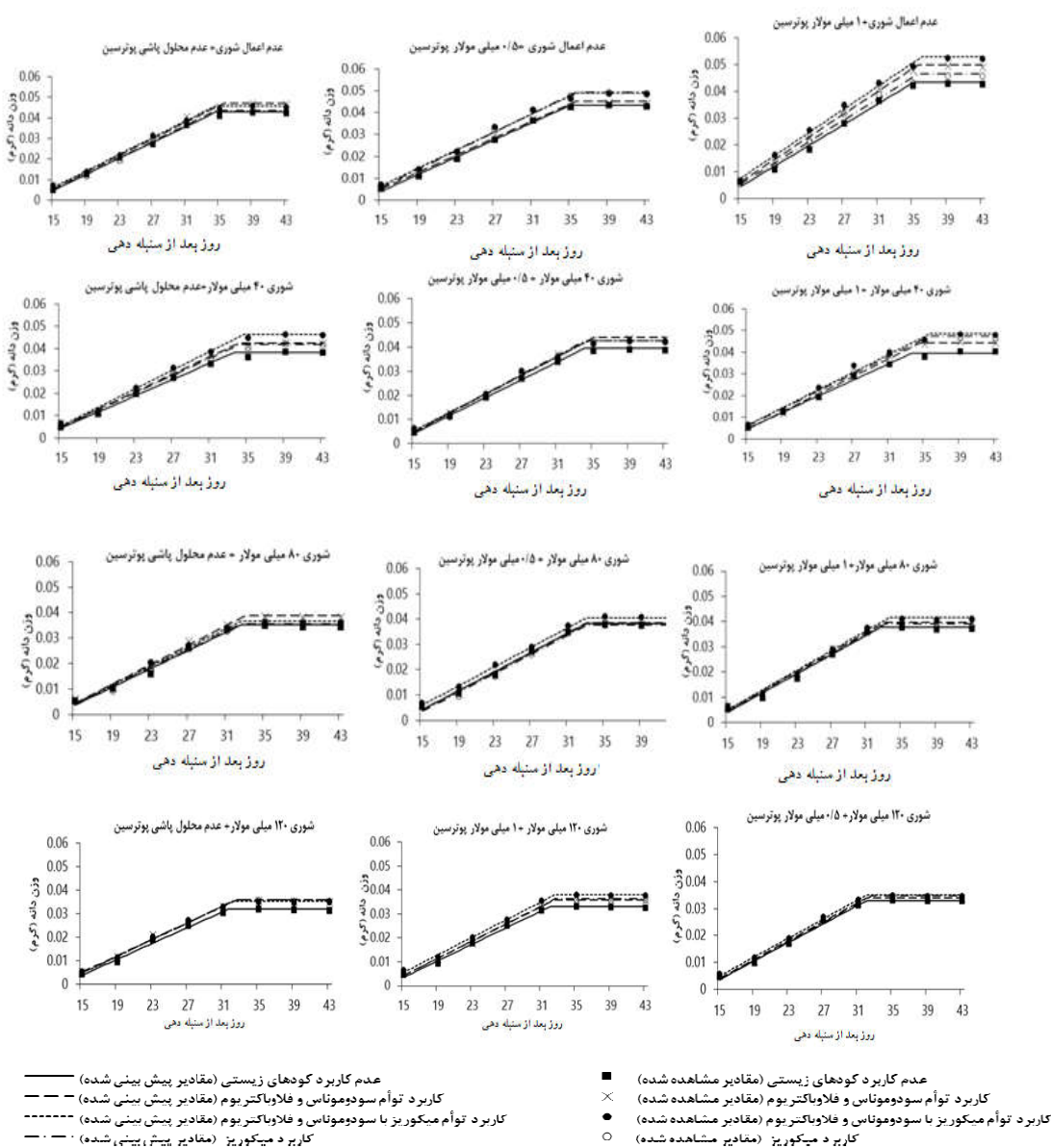
دوره موثر بر شدن دانه (روز)	دوره پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	وزن تک دانه (گرم)	مراحل نمونه برداری شاخص کلروفیل			ترکیبات تیماری
				سنبله دهی	مرحله آبیستی	ظهور برگ پرچم	
۲۱/۹۱f-i	۳۴/۱۱ef	۰/۰۰۱۹۵k-m	۰/۰۴۲۵ij	۳۷/۶۳e-k	۴۰/۸f-j	۴۵/۱f-o	S ₁ B ₁ P ₁
۲۳/۱۳bc	۳۵/۲۴fab	۰/۰۰۲۰۳e-g	۰/۰۴۷c-e	۳۹/۷b-f	۴۷/۴۶ab	۵۰/۱۳bc	S ₁ B ₂ P ₁
۲۲/۴acd	۳۴/۱۴ef	۰/۰۰۲۰۳e-g	۰/۰۴۵۶ef	۳۷/۸d-j	۴۶/۴۶a-c	۴۷/۷b-i	S ₁ B ₃ P ₁
۲۱/۹۵f-i	۳۴/۳۵c-e	۰/۰۰۱۹۸h-j	۰/۰۴۳۵g-i	۴۱/۴۳ab	۴۴/۳۳c-e	۴۸/۲۳b-f	S ₁ B ₄ P ₁
۲۲f-h	۳۴/۷۲c	۰/۰۰۱۹۷i-k	۰/۰۴۳۳g-i	۴۰/۱a-e	۴۱/۷۶e-h	۴۵/۴۶e-l	S ₁ B ₁ P ₂
۲۲/۸۴cd	۳۵/۱۷ab	۰/۰۰۱۹۵j-l	۰/۰۴۴۵f-h	۴۲/۷a	۴۲/۹d-f	۴۸b-h	S ₁ B ₂ P ₂
۲۳/۵۲b	۳۵/۱۹ab	۰/۰۰۰۲۰۶de	۰/۰۴۸۵bc	۳۸/۳۶c-i	۴۵/۳۳a-d	۴۸/۰۳b-g	S ₁ B ₃ P ₂
۲۳/۱۶bc	۳۵/۲۸ab	۰/۰۰۲۱۲bc	۰/۰۴۹۱b	۴۱/۰۶a-c	۴۸/۰۳a	۵۰/۹b	S ₁ B ₄ P ₂
۲۲f-h	۳۴/۵۹cd	۰/۰۰۱۹۵j-l	۰/۰۴۲۹hi	۴۱/۱۳a-c	۴۱/۶f-i	۴۶/۵۶c-j	S ₁ B ₁ P ₃
۲۳/۲۲bc	۳۵/۲۷ab	۰/۰۰۲۱۳b	۰/۰۴۹۵b	۳۹/۳b-g	۴۵/۲a-d	۵۰/۶۳b	S ₁ B ₂ P ₃
۲۴/۱a	۳۵/۵۷a	۰/۰۰۲۱۷a	۰/۰۵۲۳a	۴۲/۷۶a	۴۸/۲۶a	۵۵/۲۳a	PS ₁ B ₃ P ₃
۲۲/۹cd	۳۵/۱۹ab	۰/۰۰۲g-i	۰/۰۴۵۸ef	۳۸/۶۳b-g	۴۵/۴۶a-d	۴۸/۷۶b-e	S ₁ B ₄ P ₃
۲۰/۹۱k-m	۳۳/۱۵ij	۰/۰۰۱۸۳q-s	۰/۰۳۸۲mn	۳۱/۷۶r-v	۳۸/۹۶h-m	۴۲/۶۳l-s	S ₂ B ₁ P ₁
۲۱/۵۹h-j	۳۳/۶gh	۰/۰۰۱۹۷i-k	۰/۰۴۲۵ij	۳۴/۲۳n-s	۳۹h-m	۴۶/۵۶c-j	S ₂ B ₂ P ₁
۲۲/۰۴e-h	۳۴/۲۵d-e	۰/۰۰۲۰۹cd	۰/۰۴۶۱ef	۳۶/۳۶h-m	۴۱/۶۳f-i	۴۸/۰۳b-g	S ₂ B ₃ P ₁
۲۱/۶۵h-j	۳۳/۸fg	۰/۰۰۱۹۴k-m	۰/۰۴۲ij	۳۴/۲۳n-s	۳۹/۳۶h-m	۴۵/۲e-n	S ₂ B ₄ P ₁
۲۱/۰۱kl	۳۳/۵۶gh	۰/۰۰۱۸۵pq	۰/۰۳۸۸l-n	۳۲/۲۶p-u	۳۹/۴h-l	۴۲/۹k-r	S ₂ B ₁ P ₂
۲۲/۳۶ef	۳۴/۶۱cd	۰/۰۰۱۹۵j-l	۰/۰۴۳۶g-i	۳۴/۶۳l-r	۴۰/۱۳f-j	۴۶/۵۶c-j	S ₂ B ₂ P ₂
۲۲/۱۹e-g	۳۴/۰۸ef	۰/۰۰۱۹۱mn	۰/۰۴۲۴ij	۳۸/۳۳c-i	۳۹/۵g-k	۴۵/۷۶e-k	S ₂ B ₃ P ₂
۲۱/۲۸jk	۳۳/۶۴gh	۰/۰۰۱۹۸h-j	۰/۰۴۲۱ij	۳۷/۲۳e-l	۴۲/۵۶d-g	۴۷/۸۳b-i	S ₂ B ₄ P ₂
۲۱/۵ij	۳۳/۳۷hi	۰/۰۰۱۸۷op	۰/۰۴۰۲kl	۳۷/۳۶e-k	۳۹/۱۲h-m	۴۹/۶bc	S ₂ B ₁ P ₃
۲۱/۸۷g-i	۳۴/۴۶c-e	۰/۰۰۲۰۴ef	۰/۰۴۴۶fg	۳۷/۱۶f-l	۴۰/۱۳f-j	۴۴/۳۶h-p	S ₂ B ₂ P ₃
۲۳/۴b	۳۵/۱۴b	۰/۰۰۲۰۵e	۰/۰۴۸b-d	۴۰/۴۶a-d	۴۵/۴۳a-d	۴۹/۲۶b-d	S ₂ B ₃ P ₃
۲۳/۳bc	۳۵/۱۴b	۰/۰۰۲۰۱f-h	۰/۰۴۶۸de	۳۷/۸۳d-j	۴۴/۶b-e	۴۸/۰۳b-g	S ₂ B ₄ P ₃
۱۹/۳۱u-w	۳۲/۰۲r-u	۰/۰۰۱۸s-u	۰/۰۳۴۷q-s	۳۰/۴u-w	۳۴/۶p-t	۳۸/۴۶tu	S ₃ B ₁ P ₁
۲۰/۰۵n-q	۳۲/۶l-o	۰/۰۰۱۹۲l-n	۰/۰۳۸۵mn	۳۳/۸n-t	۳۸/۱۶j-n	۴۴/۴۶g-p	S ₃ B ₂ P ₁
۱۹/۶۴q-v	۳۲/۱۷q-t	۰/۰۰۱۸۴p-r	۰/۰۳۶۱o-q	۳۴/۱۶n-s	۳۷/۹j-o	۴۵/۳۶e-m	S ₃ B ₃ P ₁
۱۹/۳۳u-w	۳۲/۱۲q-u	۰/۰۰۱۸۱r-t	۰/۰۳۵qr	۳۴/۵۶l-r	۳۶/۹k-p	۴۴/۲i-p	S ₃ B ₄ P ₁
۱۹/۹۸o-r	۳۲/۷l-o	۰/۰۰۱۸۹no	۰/۰۳۷۷no	۳۰/۹۳t-w	۳۶/۳۶l-q	۴۲/۶۳l-s	S ₃ B ₁ P ₂
۱۹/۸۷p-t	۳۲/۷۴k-n	۰/۰۰۱۹۱mn	۰/۰۳۸mn	۳۴/۷۶k-q	۳۸/۹۶h-m	۴۳/۷j-q	S ₃ B ₂ P ₂
۲۱/۲۸jk	۳۲/۹۸i-l	۰/۰۰۱۹۲l-n	۰/۰۴۰۸jk	۳۵/۵۶i-o	۳۷/۹j-o	۴۴/۸۳f-p	S ₃ B ₃ P ₂
۱۹/۸۷p-t	۳۲/۹۳j-l	۰/۰۰۱۸۹no	۰/۰۳۷۶no	۳۱/۸r-v	۳۵/۴n-r	۴۱/۸۳l-t	S ₃ B ₄ P ₂
۱۹/۶۵q-v	۳۲/۳o-s	۰/۰۰۱۹۱mn	۰/۰۳۷۵n-p	۳۱t-w	۳۶/۳m-q	۴۰/۲۳q-u	S ₃ B ₁ P ₃
۲۰/۵۱mn	۳۲/۸۲j-m	۰/۰۰۱۹۳lm	۰/۰۳۹۶k-m	۳۴/۲۳n-s	۳۸/۲j-n	۴۶/۸۶c-j	S ₃ B ₂ P ₃
۲۰/۷۴lm	۳۳/۱۲i-k	۰/۰۰۱۹۷i-k	۰/۰۴۰۸jk	۳۶/۶۳g-n	۳۹/۸۶f-k	۴۵f-o	S ₃ B ₃ P ₃
۱۹/۷۶q-u	۳۲/۵۸l-p	۰/۰۰۱۹۵j-l	۰/۰۳۸۵mn	۳۵/۰۶j-p	۳۸/۶۶i-m	۴۴/۵g-p	S ₃ B ₄ P ₃
۱۸/۸۹w	۳۱/۳۶v	۰/۰۰۱۶۹z	۰/۰۳۱۹u	۲۸/۷w	۳۱/۸۳t	۳۷/۴۶u	S ₄ B ₁ P ₁
۲۰/۲۵n-p	۳۲/۰۴q-u	۰/۰۰۱۷۵w-y	۰/۰۳۵۴qr	۳۰/۴۶u-w	۳۲/۴r-t	۳۹/۲s-u	S ₄ B ₂ P ₁
۱۹/۵s-v	۳۱/۷۳uv	۰/۰۰۱۷۹t-v	۰/۰۳۴۹qr	۳۱/۹q-v	۳۵o-s	۴۱/۳p-t	S ₄ B ₃ P ₁
۱۹/۸۹p-t	۳۲/۰۸q-u	۰/۰۰۱۷۸t-w	۰/۰۳۵۴qr	۲۹/۱۶v-w	۳۴/۸p-t	۴۱/۸m-t	S ₄ B ₄ P ₁
۱۹/۳۲u-w	۳۱/۸۹tu	۰/۰۰۱۷۲yz	۰/۰۳۳۲s-u	۳۰/۶u-w	۳۴/۵۶p-t	۴۲/۲۳l-s	S ₄ B ₁ P ₂
۱۹/۴۵t-v	۳۱/۹۵s-u	۰/۰۰۱۷۶v-x	۰/۰۳۴۲r-t	۳۱/۵s-w	۳۵/۲n-s	۴۰/۳q-u	S ₄ B ₂ P ₂
۱۹/۵۵r-v	۳۱/۷۲uv	۰/۰۰۱۷۷u-x	۰/۰۳۴۶q-t	۳۰/۵۳u-w	۳۴/۹o-t	۴۱/۶n-t	S ₄ B ₃ P ₂
۱۹/۲۳vw	۳۲/۱۹p-t	۰/۰۰۱۷۸t-w	۰/۰۳۴۲r-t	۳۱/۹۳q-v	۳۲/۱۶st	۳۹/۲s-u	S ₄ B ₄ P ₂
۱۸/۹۵w	۳۱/۷۲uv	۰/۰۰۱۷۴w-y	۰/۰۳۳tu	۳۱/۴۳s-w	۳۳/۶۶q-t	۳۹/۹۶r-u	S ₄ B ₁ P ₃

۱۹/۹۴p-s	۳۲/۴۱n-r	۰/۰۰۱۸s-u	۰/۰۳۵۹pq	۳۰/۳u-w	۳۲/۷۳r-t	۳۷/۴۶u	S ₄ B ₂ P ₃
۲۰/۴۳m-o	۳۲/۴۴m-q	۰/۰۰۱۸۵pq	۰/۰۳۷۸n	۳۴/۴۳m-r	۳۶/۹۶k-p	۴۲/۸l-s	S ₄ B ₃ P ₃
۱۹/۵۲r-v	۳۲/۱۸p-t	۰/۰۰۱۸۳q-s	۰/۰۳۵۷qr	۳۳/۰۶o-u	۳۴/۵۳p-t	۴۱/۵۳o-t	S ₄ B ₄ P ₃
۰/۴۷	۰/۴		۰/۰۰۱۷	۲/۸۸	۳/۰۷	۳/۶۵	LSD

میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم دارند.

(۱۹۹۴) اظهار داشتند که شوری وزن دانه را از طریق کوتاهی دوره پر شدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد. مانس و جیمز (۲۰۰۳) اظهار داشتند که در شرایط شوری، طول دوره رشد رویشی و زایشی ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش شوری کاهش یافته که این کاهش موجب زودرسی و کاهش وزن دانه می‌شود. تدین و امام (۲۰۰۷) اظهار داشتند که در شرایط شوری، فتوستتزی گیاه در واحد سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش سرعت تبادل دی اکسید کربن و محدودیت گسترش برگ‌ها کاهش می‌یابد و این امر موجب کاهش مولفه های پر شدن دانه می‌شود. به نظر میرسد بخشی از کاهش وزن و طول دوره پر شدن دانه میتواند ناشی از اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه به دلیل تجمع املاح مضر در گیاه و هم چنین برهم خوردن تعادل یونی باشد. در این راستا خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) اظهار داشتند که شوری به دلیل اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه، تجمع املاح زیان‌بار در گیاه و هم چنین برهم خوردن تعادل یونی، موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌شود، ولی به نظر میرسد تلقیح بذر با باکتری در چنین شرایطی با تأمین عناصر غذایی و امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود. بهل و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا اثر متقابل مثبتی وجود دارد، از این رو کودهای زیستی می‌توانند با تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم سازند. نتایج مشابهی نیز توسط حق بهاری و سید شریفی (۱۳۹۲) گزارش شده است. آنان اظهار داشتند که با افزایش شوری عملکرد، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه گندم کاهش و عکس این حالت در تلقیح بذر با PGPR در تمامی پارامترهای مربوط به پر شدن دانه بدست آمد.

مؤلفه‌های پر شدن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری، کودهای زیستی، محلول‌پاشی با پوترسین و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر سرعت، حداکثر وزن تک بذر، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). در تمامی معادلات شیب خط برازش شده، همان سرعت پر شدن دانه است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به ترتیب ۰/۰۵۲۳ گرم، ۰/۰۲۱۷ گرم در روز، ۳۵/۵۷ و ۲۴/۱ روز) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین این مقادیر (به ترتیب ۰/۰۳۱۹ گرم، ۰/۰۱۶۹ گرم در روز، ۳۱/۳۶ و ۱۸/۸۹ روز) در ترکیب تیماری شوری ۱۲۰ میلی-مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی پوترسین به دست آمد (جدول ۳). روند پر شدن دانه در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی تقریباً مشابهی برخوردار بود. بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر خود رسید، پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به صورت یک خط افقی درآمد (شکل ۱). به نظر میرسد یکی از دلایل کاهش وزن دانه در شرایط شوری میتواند ناشی از کاهش کوتاهی طول دوره پر شدن دانه باشد زیرا در همان ترکیبات تیماری که طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه کم بود وزن دانه نیز از مقادیر حداکثری برخوردار بود (جدول ۳). از آنجایی که وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پر شدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه شوند به طور معنی‌داری وزن دانه را کاهش می‌دهند (مشی و همکاران، ۲۰۰۸). داداش‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه های با وزن کمتر دارند. در این راستا فرانکوئیس و همکاران



شکل ۱- تأثیر شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر روند پر شدن دانه گندم

و افزایش دوره مؤثر پر شدن دانه و در نهایت عملکرد بالاتر شده است (ملابیا و ویو ۲۰۰۱).

کاربرد پوترسین نیز احتمالاً به دلیل افزایش شاخص کلروفیل و ایجاد تأخیر در پیری گیاه موجب افزایش محافظت از سلول‌ها

جدول ۴- معادلات برازش شده برای سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم

معادله برازش شده			سطوح کودهای	سطوح شوری
سطوح پوترسین			زیستی	
P ₃	P ₂	P ₁		
Y= -0.0248+0.00195X	Y= -0.0254+0.00197X	Y= -0.0241+0.00194X	B ₁	
Y= -0.0257+0.00213X	Y= -0.024+0.00195X	Y= -0.0248+0.00203X	B ₂	S ₁
Y= -0.025+0.00217X	Y= -0.0242+0.00206X	Y= -0.0241+0.00203X	B ₃	
Y= -0.0245+0.002X	Y= -0.0259+0.00212X	Y= -0.0247+0.00198X	B ₄	
Y= -0.0231+0.00187X	Y= -0.0234+0.00185X	Y= -0.023+0.00183X	B ₁	
Y= -0.026+0.00204X	Y= -0.0244+0.00195X	Y= -0.0244+0.00197X	B ₂	S ₂
Y= -0.0243+0.00205X	Y= -0.0232+0.00191X	Y= -0.258+0.00209X	B ₃	
Y= -0.024+0.00201X	Y= -0.0248+0.00198X	Y= -0.0242+0.00194X	B ₄	
Y= -0.0244+0.00191X	Y= -0.0241+0.00189X	Y= -0.0233+0.0018X	B ₁	
Y= -0.024+0.00193X	Y= -0.0245+0.00191X	Y= -0.0244+0.00192X	B ₂	S ₃
Y= -0.0244+0.00197X	Y= -0.0228+0.00192X	Y= -0.0232+0.00184X	B ₃	
Y= -0.0252+0.00195X	Y= -0.0248+0.00189X	Y= -0.0232+0.00181X	B ₄	
Y= -0.0225+0.00174X	Y= -0.022+0.00172X	Y= -0.0214+0.00169X	B ₁	
Y= -0.0226+0.0018X	Y= -0.0222+0.00176X	Y= -0.021+0.00175X	B ₂	S ₄
Y= -0.0221+0.00185X	Y= -0.0215+0.00177X	Y= -0.022+0.00179X	B ₃	
Y= -0.0232+0.00183X	Y= -0.0231+0.00178X	Y= -0.0218+0.00178X	B ₄	

S₁، S₂، S₃ و S₄: به ترتیب عدم اعمال شوری، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولارB₁، B₂، B₃ و B₄: به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد توأم سودوموناس و فلاویباکتریوم، کاربرد میکوریز با سودوموناس و فلاویباکتریوم، کاربرد میکوریزP₁، P₂ و P₃: به ترتیب عدم محلول پاشی، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی مولار پوترسین

عملکرد و اجزای عملکرد، وزن و حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری، کودهای زیستی و محلول پاشی پوترسین و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه تک بوته، وزن و حجم ریشه معنی دار شد.

طول سنبله: مقایسه میانگین نشان داد بیشترین طول سنبله (۸/۴ سانتی متر) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز، سودوموناس و فلاویباکتریوم و محلول پاشی یک میلی مولار پوترسین و کمترین مقدار آن (۴/۳۹ سانتی متر) در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد. (جدول ۶). به نظر می رسد علت کاهش

طول سنبله ناشی از تاثیر سمیت یونهای Na⁺ و Cl⁻ بر روی کلیه ویژگیهای عملکردی باشد زیرا افزایش جذب سدیم موجب کاهش فتوسنتز و تقسیمات سلولی شده و تاثیر آن بر روی ویژگیهای عملکردی مشخص و بارز خواهد بود (بنده حق و همکاران ۱۳۸۳). ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با افزایش شوری، طول سنبله کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. بخشی از افزایش طول سنبله در شرایط استفاده از کودهای زیستی را، می توان به رابطه مثبتی که بین باکتریهای محرک رشد و میکوریز وجود دارد نسبت داد (بهل و همکاران، ۲۰۰۳). بدین صورت که باکتریهای محرک رشد به دلیل تشدید رشد ریشه و کمک به جذب بهینه آب و

جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها در اثر تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند. بررسی خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط تنش شوری موجب افزایش طول سنبله و عملکرد دانه گندم شد.

مواد غذایی، و قارچ با گسترش هیف‌های خود و نفوذ بهتر آن‌ها در خاک موجب می‌شود که به دلیل دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی، طول سنبله افزایش یابد (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳). اردکانی و همکاران (۱۳۷۹) افزایش طول سنبله گندم را در مقایسه با شاهد در اثر تلقیح با آزوسپیریلیوم، به افزایش

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه، وزن و حجم ریشه گندم تحت اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین

مربعات میانگین							
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن صد دانه	عملکرد دانه تک بوته	وزن ریشه	حجم ریشه
تکرار	۲	۲/۱۹ **	۸/۷۵ *	۰/۱۲ *	۰/۰۴ *	۰/۰۱ *	۰/۰۲۴ *
شوری	۳	۲۵/۸۴ **	۳۷۹/۴۱ **	۵/۱۳ **	۲/۱۷۲ **	۰/۴۹۱ **	۱/۳۳۷ **
کود زیستی	۳	۳/۶۲ **	۲۹/۹۱ **	۰/۳۱ **	۰/۲۷۴ **	۰/۰۴۳ **	۰/۰۸۱ **
پوترسین	۲	۴/۷۷ **	۵۵/۶ **	۰/۱۸ **	۰/۱۸۸ **	۰/۰۴۴ **	۰/۱۱۵ **
شوری × کود زیستی	۹	۰/۸ *	۴/۸۶ *	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۲۵ *	۰/۰۰۷ **	۰/۰۱۲ *
شوری × پوترسین	۶	۰/۴۷ ^{NS}	۷/۲۱ **	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۲۸ *	۰/۰۰۸ **	۰/۰۱۸ **
کود زیستی × پوترسین	۶	۰/۸۳ *	۵/۵۱ *	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۲۷ *	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}
شوری × کود زیستی × پوترسین	۱۸	۰/۶۵ *	۴/۱۳ *	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۲۳ **	۰/۰۰۵ *	۰/۰۱ *
اشتباه آزمایشی	۹۴	۰/۳۸	۲/۳۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۵۳	۷/۹۷	۴/۴۶	۸/۹	۱۲/۹۲	۸/۵۴

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

مقدار آن در بالاترین سطح شوری (۳/۸۱ گرم)، عدم کاربرد کود زیستی (۴/۱۵ گرم) و عدم محلول‌پاشی (۴/۲ گرم) حاصل شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی در مقایسه با عدم کاربرد آن شرایط به مراتب مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک فراهم کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه گردید. بخشی از افزایش وزن صد دانه در کاربرد کودهای زیستی می‌تواند ناشی از اثر این عوامل بر بهبود شاخص کلروفیل (جدول ۳) و افزایش وزن و حجم ریشه (جدول ۶) ناشی شود. در این راستا ایدریس (۲۰۰۳) نیز اثر مثبت باکتری ازتوباکتر و سودوموناس را بر وزن هزار دانه گندم گزارش کرده‌اند. خلیل‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) علت افزایش وزن صد دانه در کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط شوری را به بهبود وزن و حجم ریشه، افزایش شاخص کلروفیل و سطح برگ گندم نسبت دادند.

تعداد دانه در سنبله: بالاترین تعداد دانه در سنبله (۲۸/۳۳ عدد) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقدار آن (۱۳/۹ عدد) در بالاترین سطح شوری، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۶). بخشی از افزایش تعداد دانه در سنبله ناشی از اثر کودهای زیستی و پوترسین در افزایش وزن و حجم ریشه‌هاست (جدول ۶) که ضمن افزایش شاخص سبزیگی (جدول ۳)، به افزایش جذب آب و مواد غذایی کمک می‌کند. نتایج مشابهی نیز توسط خلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) مبنی بر افزایش تعداد دانه در سنبله در کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط شوری گزارش شده است آنان علت را به بهبود وزن و حجم ریشه و افزایش شاخص کلروفیل گندم نسبت دادند.

وزن صد دانه: مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که بیش‌ترین وزن صد دانه در تیمار عدم اعمال شوری (۴/۶۹ گرم)، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم (۴/۳۷ گرم) و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین (۴/۳۲ گرم) و کمترین

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه، وزن و حجم ریشه گندم تحت اثر شوری، کودهای زیستی و پوترسین

حجم ریشه (سانتی مترمکعب در بوته)	وزن ریشه (گرم در بوته)	عملکرد دانه تک بوته (گرم)	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله (سانتیمتر)	
۰/۹۶۲gh	۰/۴۲۱j-k	۱/۲۳h-m	۲۰/۶۶f-k	۶/۰۳e-j	S ₁ B ₁ P ₁
۱/۰۳۹e-g	۰/۵e-j	۱/۳۷d-i	۲۱/۰۶f-k	۶/۰۹e-j	S ₁ B ₂ P ₁
۱/۰۹۸c-f	۰/۵۱۱d-h	۱/۳۹d-h	۲۱/۱۳f-j	۶/۶۲c-g	S ₁ B ₃ P ₁
۱/۱۰۷c-e	۰/۴۸۵e-l	۱/۲۳h-m	۲۰/۸f-k	۶/۱۲e-j	S ₁ B ₄ P ₁
۱/۰۲۱e-g	۰/۴۷۴e-j	۱/۲۹f-l	۲۱f-k	۶/۸c-g	S ₁ B ₁ P ₂
۱/۱۳c-e	۰/۵۵۸b-e	۱/۳۸d-h	۲۳/۸c-e	۶/۷۸c-g	S ₁ B ₂ P ₂
۱/۲۶ab	۰/۶۰۶bc	۱/۶۷b	۲۴/۷۳b-d	۷/۶۲a-c	S ₁ B ₃ P ₂
۱/۲۰۶a-c	۰/۶۲۵ab	۱/۴۸c-e	۲۵/۹۳a-c	۶/۴۹e-h	S ₁ B ₄ P ₂
۱/۰۲۸e-g	۰/۴۲۳i-o	۱/۲۷f-l	۲۱/۵۳e-h	۶/۱e-j	S ₁ B ₁ P ₃
۱/۱۲۲c-e	۰/۵۸۱b-d	۱/۵۳b-d	۲۶/۴ab	۷/۸۶ab	S ₁ B ₂ P ₃
۱/۳۱۷a	۰/۷۱a	۱/۸۶a	۲۸/۳۳a	۸/۴a	PS ₁ B ₃ P ₃
۱/۱۶۷b-d	۰/۵۴۱b-f	۱/۴۳d-f	۲۲/۵۳d-f	۶/۶d-h	S ₁ B ₄ P ₃
۰/۸۲۲j-o	۰/۴۰۲l-q	۱/۱۶l-o	۱۹i-q	۵/۳۳i-n	S ₂ B ₁ P ₁
۰/۹۴۹g-i	۰/۴۲۴h-o	۱/۳f-k	۱۹/۱۳h-o	۶/۲e-i	S ₂ B ₂ P ₁
۰/۹۶۳gh	۰/۴۷۴e-l	۱/۴۷c-e	۲۱/۴e-i	۶/۵۵e-h	S ₂ B ₃ P ₁
۰/۹۷۷f-h	۰/۵۳c-g	۱/۲۹f-l	۱۹/۶۶h-m	۶/۰۳e-j	S ₂ B ₄ P ₁
۰/۸۹۷h-k	۰/۴۰۵l-q	۱/۳f-k	۱۹/۲۶h-n	۵/۸۲g-l	S ₂ B ₁ P ₂
۰/۸۳۳i-n	۰/۴۰۹l-p	۱/۲۶g-l	۱۹/۰۶h-p	۶/۵e-h	S ₂ B ₂ P ₂
۰/۹۵۹gh	۰/۴۳h-o	۱/۲۹f-l	۲۱/۰۶f-k	۶/۲۳e-i	S ₂ B ₃ P ₂
۰/۹۴۵g-j	۰/۴۶f-m	۱/۱۸j-n	۱۹/۲۶h-n	۵/۹۶f-k	S ₂ B ₄ P ₂
۱/۰۲۵e-g	۰/۴۷۳e-l	۱/۳۳e-j	۱۹/۹۳g-l	۶/۰۹e-j	S ₂ B ₁ P ₃
۱/۰۴۵e-g	۰/۵۰۸e-i	۱/۳۴e-j	۲۰/۶۶f-k	۶/۰۲e-j	S ₂ B ₂ P ₃
۱/۱۶۶b-d	۰/۵۵۶b-e	۱/۶۳bc	۲۴/۴۶b-d	۷/۵۷a-d	S ₂ B ₃ P ₃
۱/۰۵۶e-g	c-f-۰/۵۲۲	۱/۴۲d-g	۲۲/۴d-g	۶/۹۷b-e	S ₂ B ₄ P ₃
۰/۷۰۶o-t	۰/۳۳۴p-s	۰/۹۱s-t	۱۶/۶۶o-u	۴/۹۶l-n	S ₃ B ₁ P ₁
۰/۷۳n-t	۰/۳۵۲o-r	۱/۰۷m-r	۱۷/۶۶l-s	۵/۸۶g-l	S ₃ B ₂ P ₁
۰/۸۵۷h-m	۰/۳۷۵m-r	۰/۹۸p-t	۱۶/۹۳n-u	۵/۳i-n	S ₃ B ₃ P ₁
۰/۷۲n-t	۰/۳۵۵o-r	۰/۹۳q-t	۱۷/۲m-u	۵/۳۲i-n	S ₃ B ₄ P ₁
۰/۷۹۸k-p	۰/۴۰۲l-q	۱o-t	۱۷/۴۶l-t	۵/۳i-n	S ₃ B ₁ P ₂
۰/۸۰۱k-p	۰/۴۰۲l-q	۰/۹۳q-t	۱۶/۵۳q-v	۴/۹۳l-n	S ₃ B ₂ P ₂
۰/۷۷۶l-r	۰/۴۴۹g-n	۱/۲۱i-m	۱۹/۴h-n	۵/۶۴h-m	S ₃ B ₃ P ₂
۰/۷۷۲l-s	۰/۳۴۶o-s	۰/۹۷p-t	۱۸/۶۳k-q	۵/۱۲j-n	S ₃ B ₄ P ₂
۰/۷۷۴l-r	۰/۳۷۲n-r	۰/۹۳qt	۱۷/۴m-t	۴/۹۸k-n	S ₃ B ₁ P ₃
۰/۸۸۶h-l	۰/۴۵۵f-n	۱/۱۲l-p	۱۹/۴h-n	۶/۲۳e-i	S ₃ B ₂ P ₃
۰/۷۴۷m-t	۰/۳۷۴m-r	۱/۰۱o-t	۱۷/۹۳l-r	۵/۱۹j-n	S ₃ B ₃ P ₃
۰/۹۵۳g-i	۰/۴۹۲e-k	۱/۱۸j-n	۱۸/۹j-q	۶/۹۱b-f	S ₃ B ₄ P ₃
۰/۶۳۵t	۰/۲۲۷	۰/۸۴t	۱۳/۹w	۴/۳۹n	S ₄ B ₁ P ₁
۰/۶۵۶r-t	۰/۲۳۸t-v	۰/۹۲q-t	۱۵/۴s-w	۴/۸۹l-n	S ₄ B ₂ P ₁
۰/۶۶۸q-t	۰/۲۹۲r-v	۰/۸۸st	۱۵t-w	۴/۸۹l-n	S ₄ B ₃ P ₁
۰/۶۶r-t	۰/۲۳۳uv	۰/۸۸st	۱۴/۸۶uv	۴/۶۳n	S ₄ B ₄ P ₁
۰/۶۹۷p-t	۰/۲۶۶s-v	۰/۸۵t	۱۵/۷۳r-w	۵/۰۱k-n	S ₄ B ₁ P ₂
۰/۶۹۶p-t	۰/۲۳۹t-v	۰/۸۸s-t	۱۴/۱۳vw	۴/۶۳n	S ₄ B ₂ P ₂
۰/۷۳۷m-t	۰/۳۱۳r-u	۱/۰۳n-s	۱۶/۶p-v	۴/۹۳l-n	S ₄ B ₃ P ₂
۰/۶۴۲t	۰/۲۳۴uv	۰/۸۹st	۱۷n-u	۴/۸۹l-n	S ₄ B ₄ P ₂
۰/۶۳۹t	۰/۲۲۵v	۰/۸۶st	۱۵/۸۶r-w	۴/۶۵mn	S ₄ B ₁ P ₃
۰/۶۵st	۰/۲۶۷s-v	۰/۹۳qt	۱۴/۸u-w	۴/۴۷n	S ₄ B ₂ P ₃

۰/۷۸۶k-q	۰/۳۲۲q-t	۱/۰۸m-q	۱۷/۷۶l-s	۵/۸۳g-l	S ₄ B ₃ P ₃
۰/۷۵m-t	۰/۳۰۵r-v	۰/۹۴qt	۱۶/۷۳o-u	۵/۳i-n	S ₄ B ₄ P ₃
۰/۱۲۳	۰/۰۸۶	۰/۱۷	۲/۴۹	۱	LSD

میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم دارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، کودهای زیستی و پوترسین بر وزن صد دانه گندم

۴/۶۹a	عدم اعمال شوری	
۴/۴۲ b	۴۰ میلی مولار	سطوح شوری
۴/۱۲c	۸۰ میلی مولار	
۳/۸۱ d	۱۲۰ میلی مولار	
۰/۰۸	LSD 0.05	
۴/۱۵c	عدم کاربرد کود زیستی	
۴/۲۹ab	کاربرد توأم سودوموناس و فلاوباکتریوم	کود های زیستی
۴/۳۷a	کاربرد توأم میکوریز با سودوموناس و فلاوباکتریوم	
۴/۲۴ b	کاربرد میکوریز	
۰/۰۸	LSD 0.05	
۴/۲ b	عدم محلول پاشی	
۴/۲۶ ab	۰/۵ میلی مولار پوترسین	محلول پوترسین
۴/۳۲ a	۱ میلی مولار پوترسین	
۰/۰۷	LSD 0.05	

میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم دارند.

کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی پوترسین می تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف نماید. در این راستا دادش زاده و همکاران (۱۳۹۷) اظهار داشتند کاربرد میکوریزا و آزوسپریلیوم تحت شرایط تنش شوری با بهبود وضعیت وزن و حجم ریشه، افزایش محتوای کلروفیل و مولفه های پرشدن دانه موجب افزایش عملکرد دانه جو شد. از طرفی این احتمال وجود دارد که پوترسین از تولید آنزیم های لازم برای سنتز اتیلن جلوگیری کرده و موجب بهبود شاخص کلروفیل (جدول ۳) و در نهایت افزایش عملکرد دانه شود. در این زمینه حسینی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که مصرف پوترسین همه فعالیت های متابولیکی در گیاهان تحت تنش شوری را بهبود بخشیده و موجب مقاومت بیشتر و افزایش عملکرد گیاه نخود فرنگی تحت شرایط شوری شد. برخی محققان معتقدند کاربرد توأم میکوریز با باکتری محرک رشد در افزایش عملکرد می تواند ناشی از در دسترس بودن زیاد نیتروژن در خاک به دلیل باکتری های محرک رشد و سنتز فیتوهورمون، و ارتباط قارچ میکوریزا با باکتری های محرک رشد به دلیل سیستم هیفی میکوریزایی گسترده و تغییرات در فیزیولوژی و افزایش سیستم ریشه باشد که در نهایت موجب جذب بیشتر آب و مواد مغذی می شود (زائو و همکاران،

عملکرد دانه تک بوته: مقایسه میانگین نشان داد بیشترین

عملکرد تک بوته (۱/۸۶ گرم در بوته) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول پاشی یک میلی مولار پوترسین و کمترین آن (۰/۸۴ گرم در بوته) در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی پوترسین به دست آمد (جدول ۶). در سطوح شوری ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار، کاربرد توأم میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول پاشی پوترسین عملکرد دانه را به ترتیب ۴۰/۵۱، ۳۲/۹۶ و ۲۸/۵۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی افزایش داد (جدول ۶). به نظر میرسد کاربرد توأم میکوریزا با باکتری محرک رشد، اغلب جذب مواد مغذی غیر قابل دسترس را در گیاهان را تسهیل می کند و بنابراین موجب رشد گیاه می شود (دپونویز و همکاران، ۲۰۰۸). قارچ میکوریزی و باکتری محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور، موجب افزایش عملکرد می شوند. همچنین افزایش اجزای عملکرد نظیر افزایش وزن و تعداد دانه در هر سنبله (جدول ۶)، افزایش وزن و حجم ریشه از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی (جدول ۶) و بهبود مؤلفه های پر شدن دانه (جدول ۳ و شکل ۱) در حالت

می‌یابد. برزویی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که حجم ریشه با افزایش شوری کاهش یافت. این توسعه یا گسترش حجم ریشه را به افزایش هورمون‌های محرک رشد نسبت دادند (مستاجران و همکاران، ۱۳۸۴).

نتیجه‌گیری

شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی موثر در کاهش عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه است که با کاهش محتوای کلروفیل و طول دوره پر شدن دانه، در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه میشود. در چنین شرایطی یکی از راه کارهای مناسب برای بهبود عملکرد دانه استفاده از کودهای زیستی (همانند میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و همچنین استفاده از برخی تنظیم کننده‌های رشدی همچون پوترسین است. در این بررسی کاربرد توام میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی پوترسین در تمامی سطوح شوری با افزایش شاخص کلروفیل در هر سه مرحله نمونه برداری (مراحل ظهور برگ پرچم، آبستنی و سنبله‌دهی) و مولفه‌های پر شدن دانه (اعم از طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه)، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه حتی در بالاترین سطح از شوری شد. از این رو کاربرد کودهای زیستی و پوترسین می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد گندم تحت شرایط شوری توصیه شود.

۲۰۱۰). به نظر میرسد که پوترسین با خاصیت آنتی اکسیدانی و مهار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد، از اثر تنش شوری جلوگیری کرده و از آسیب سلولی و مرگ سلول‌ها ممانعت به عمل می‌آورد (هادی و همکاران، ۱۳۹۵).

وزن و حجم ریشه: بر اساس نتایج وزن ریشه و حجم ریشه با افزایش شوری کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۰/۷۱ گرم در بوته و ۱/۳۱۷ سانتی‌متر مکعب) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توام میکوریزا، سودوموناس و فلاوباکتریوم و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین و کمترین مقادیر این صفات (۰/۲۲ گرم در بوته و ۰/۳۳۵ سانتی‌متر مکعب) در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج بررسی تأثیر غلظت‌های نمک کلرید سدیم بر مورفولوژی ریشه گندم و جو نشان داد که با افزایش غلظت نمک، حجم ریشه در گندم و جو کاهش یافت (لال کاجانچی و همکاران ۲۰۰۷) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی پوترسین، حجم و وزن ریشه را افزایش داد. کلیگ و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که باکتری سودوموناس که از باکتری‌های محرک رشد بوده و دارای توان تولید آنزیم ACC دامیناز است موجب افزایش وزن خشک ریشه و رشد گیاهچه‌های کلزا در حضور غلظت بالای نمک NaCl شد. بوسینا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که وزن و طول ریشه گیاهان در شرایط استفاده از کودهای زیستی افزایش

منابع

- اردکانی، م.ر.، د. مظاهری، ف. د. مجد و ق. نورمحمدی. ۱۳۷۹. بررسی کارایی میکوریزا و استرپتومایسس در سطوح مختلف فسفر و تأثیر کاربرد آنها بر عملکرد و برخی صفات گندم. مجله علوم زراعی ایران. دوره ۲ شماره ۲: ۲۸-۱۷.
- برزویی، ا.، م. کافی، ح. ر. خزاعی، و م. ا. موسوی شلمانی. ۱۳۹۰. تأثیر شوری آب آبیاری بر صفات ریشه دو رقم حساس و مقاوم به شوری گندم و ارتباط آن با عملکرد دانه در شرایط گلخانه. روابط خاک و گیاه (علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای). دوره ۲ شماره ۸: ۹۵-۱۰۶.
- بنده‌حق، ع. ح. کاظمی، م. ولی زاده و ع. جوانشیر. ۱۳۸۳. مقاومت ارقام گندم بهاره نسبت به تنش شوری در مراحل رویشی و زایشی. علوم کشاورزی ایران. دوره ۳۵ شماره ۱: ۷۱-۶۱.
- حق بهاری، م و ر. سیدشریفی. ۱۳۹۲. اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایشنده رشد (PGPR) بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در سطوح مختلف شوری خاک. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. دوره ۶ شماره ۱ صفحات ۷۵-۶۵.
- خلیل‌زاده، ر. ر. سیدشریفی و ج. جلیلیان. ۱۳۹۶. برهمکنش سایکوسل و کودهای زیستی بر عملکرد و برخی خصوصیات آگروفیزیولوژیک گندم در شرایط شوری خاک. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. دوره ۱۰ شماره ۳ صفحات ۴۴۳-۴۲۵.

- خلیل‌زاده، ر.، سید شریفی و ج. جلیلیان. ۱۳۹۶. تأثیر سایکوسل و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی. مجله فرایند و کارکرد گیاهی. جلد ۶ شماره ۲۱ صفحات ۲۶۶-۲۴۷.
- خیری‌زاده آروق، ی و ر. سید شریفی. ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و روی بر عملکرد، روند تغییرات عملکرد کوانتومی، هدایت روزنه‌ای و برخی صفات فیزیولوژیک تربیتکاله در شرایط قطع آبیاری. مجله فرایند و کارکرد گیاهی. جلد ۷ شماره ۲۵ صفحات ۷۴-۵۷ داداش‌زاده، س.، ر. سیدشریفی و س. فرزانه. ۱۳۹۷. تأثیر کودهای زیستی و نانوآکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و مدل‌سازی برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو تحت سطوح تنش شوری. پژوهش‌های زراعی ایران. دوره ۱۶ شماره ۲ صفحات ۵۰۹-۴۹۳.
- ذبیحی، ح ر.، غ. ثواقبی، ر. فیروزآبادی، ک. خاوازی و ع. گنجعلی. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کاربرد سوبه‌هایی از سودوموناسهای فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). دوره ۲۳ شماره ۱: ۱۹۹-۲۰۸.
- سید شریفی، ر و ع. نامور. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. ۲۸۲ صفحه.
- مستأجران، ا.، ر. عموآقائی و گ. امتیازی، ۱۳۸۴. اثر آروسپیریولوم و اسیدیتیه قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۱۸ شماره ۳: ۲۶۰-۲۴۸.
- هادی، ه.، ر. سیدشریفی و ع. نامور، ۱۳۹۵. محافظ‌های گیاهی و تنش‌های غیرزیستی. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۳۴۱ صفحه.
- Akram, M., M. Hussain, S. Akhtar and E. Rasul. 2002. Impact of NaCl salinity on yield components of some wheat accessions/varieties. *Int Agric. Boil.* 1: 156-8
- Ali-Dinar, H.M., Gz. Ebert and P. Ludders, 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. *Gartenbauwissenschaft*, 64, 54-59.
- Asrar, A.A., G.M. Abdel-Fattah and K.M. Elhindi, 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under wellwatered and water stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. *Photosynthetica*, 50 (2): 305-316.
- Atiya, A.M., E. Poortvliet, R. Stromberg and A. Yngve, 2011. Polyamines in foods: development of a food database. *Food Nut Res.* 14 (55): 1-15.
- Banitarafi Zadeh, M., M. Shamili and M. Alavifazel, 2019. Relationship between SPAD and nitrogen rate in crop plants. 4th International Congress of Development Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran. 14-16 August, 2019. Shiraz, Iran.
- Behl, R.K., H. Sharma, V. Kumar and N. Narula, 2003. Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. *J. Agron and Crop Sci*, 89: 151-155.
- Bouthaina, A.E.G., A.M. Rhawhia, E.R. Tomader and E.S. Mona Morsy, 2010. Effect of some soil microorganisms on soil properties and wheat production under north sinai conditions. *J. Appl Sci Res*, 4(5): 559-579.
- Cantrell, I.C. and R.G. Linderman. 2001. Pre-inoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant Soil*, 233: 269-281.
- Ellis, R.H. and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Sci Res*, 2: 19-25.
- Francois, L.E., C. Grieve, E.V. Mass and S.M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agron. J.* 86: 100-107.
- Francisco, G., L. Jhon, S. Jifon, C. Micaela and P.S. James. 2002. Gas exchanges chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'sunburst' Mandarin grafted on different root stocks. *Plant Sci.* 35, 314-320.
- Gamalero, E., G. Berta and B.R. Glick. 2009. The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils. In: Khan MS, Zaidi A, Musarrat J (Eds). *Microbial strategies for crop improvement*. Dordrecht Heidelberg, London, Springer pp 1-22.
- Gramer, G.R., G.J. Alberico and C. Schmidt. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Aust. J. Plant Physiol.* 21(5): 675-682.
- Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *J. Hortic Sci*, 78: 127-157.
- Grover, M., S.K. Ali, Z. Sandhya, V. Abdul Rasul and B. Venkateswarlu, 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. *World J. Microb and Biotech*, 27 (5): 1231- 1240.

- Hanafy Ahmed, A.H., E. Darwish, S.A.F. Hamoda and M.G. Alobaidy, 2013. Effect of putrescine and humic acid on growth, yield and chemical composition of cotton plants grown under saline soil conditions. *Am-Eur J. Agric and Environ. Sci*, 13: 479-497.
- Hussein, M.M., H.M. Nadia, EL-Geready and M. EL-Desuki, 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of Pea plants (*Pisum sativum L.*). *J. Appl. Sci Res*, 2(9): 598-604.
- Idris, M, 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6 (6): 539-544.
- Jeffries, P., S. Gianinazi, S. Perotto, K. Turnau and J. M. Barea, 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol and Fert. Soils*, 37: 1-16.
- Kader, M.A., M.H. Main and M.S. Hoque, 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *J. Biol Sci*, 2: 259-261.
- Khalilzadeh, R., R. Seyed Sharifi and J. Jalilian, 2017. Physiological status and yield of salt stressed wheat (*Triticum aestivum L.*) plants affected by biofertilizer and cycocel application. *Arid Land Res. Manage.* 32, 71-90.
- Kheirizadeh Arough, Y., R. Seyed Sharifi, M. Sedghi and M. Barmaki, 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in Triticale under salinity condition. *Notu Botan Horti Agro Cluj-Napoca* 44(1):116-124.
- Lal Khajanchi, S.G., M. Setih, P.C. Sharma, A. Swarup and S.K. Gupta, 2007. Effect of NaCl concentration on growth, root morphology and photosynthetic pigment in wheat and barley under solution culture. *J. Agron*, 51: 194-206.
- Malabika, R. and R. Wu, 2001. Arginine decarboxylase transgene expression and analysis of environmental stress tolerance in transgenic rice. *Plant Sci*, 160: 869-875.
- Mashi, A., S. Galeshi, E. Zeinali and A. Noorinia, 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-less barley. *J. Agric Sci and Tech*, 14: 1-10.
- Moucheshi, A., M.T. Heidari and B. Assad, 2012. Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Inter J. Agric Sci*, 2: 35-47.
- Munns, R. and A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil*. 253: 201-218.
- Nadeem, S.M., Z.A. Zahir, M. Naveed, M. Arshad and S.M. Shahzad, 2006. Variatin in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. *Soil and Environ*, 25:78-84.
- Prasad, T.N., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T.S. Sreeprasad and P.R. Sajanlal, 2012. Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *J. Plant Nut*, 35, 905-927.
- Rahdari, P. and S.M. Hoseini. 2013. Roll of polyamines (spermidine and putrescine) on protein, chlorophyll and phenolic compounds in wheat (*Triticum aestivum L.*) under salinity stress. *J. Novel Appl Scie*, 2:746-751.
- Rayca, D., R. Pall and B.N. Johri. 1994. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rainfed wheat fields. *Soil Biol and Bioch*, 38:1111-1120.
- Ronanini, D.R., R. Savin and A.J. Hall. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus L.*) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Res*, 83: 79-90.
- Sadras, V.O. and D.B. Egli, 2008. Seed size variation in grain crops: allometric relationships 49 between rate and duration of seed growth. *Crop Sci*, 48:408-416.
- Sangtarash, M.H. 2010. Responses of different wheat genotypes to drought stress applied at different growth stages. *Pak J. Biol Sci*, 13:114-119.
- Seyed Sharifi, R., K. Khavazi. 2011. Effects of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield attributes of maize (*Zea mays L.*) hybrids. *J Food Agric Environ*. 9:496-500.
- Seyed Sharifi, R., R. Khalilzadeh and J. Jalilian. 2016. Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum L.*) under salinity stress. *Arch Agron and Soil Sci*, 63 (3): 308-318.

- Sfakianaki M., L. Sfichi and K. Kotzabasis. 2006. The involvement of LHCII-associated polyamines in the response of the photosynthetic apparatus to low temperature. *J. Photochem. and Photobiol B: Biol.* 84: 181-188.
- Tadayon, M.R. and Y. Emam. 2007. Physiologic and morphologic reactions in two variety barley for salinity stress and its relative with grain yield. *J. Agric Sci and Nat Res*, 1, 253-262. (in Persian).
- Talaat, I.M., M.A. Bekheta and M.H. Mahgoub, 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. *Inter J. Agric and Biol*, 7: 210-213.
- Tammam, A.M.F. and M. Hemeda, 2008. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar banysaifl. *Aust J. Crop Sci*, 115-125.
- Yang, M., L. Shi, F.S. Xu, J.W. Luand and Y.H. Wang, 2009, Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*, 19(1): 53-59.
- Zeid, I.M. 2004. Responses of been (*Phaseolus vulgaris*) to exogenous putrescine treatment under salinity stress *Pak. J. Biolog Sci* 7: 219-225.
- Zhu, X., F. Song and S. Liu, 2011. Arbuscular mycorrhiza impacts on drought stress of maize plants by lipid peroxidation, proline content and activity of antioxidant system. *J. Food, Agric and Environ*, 9: 583-587.

Effects of putrescine and bio fertilizers on yield and grain filling components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity condition

A. Mohseni Mohammadjanlou^۱, R. Seyed Sharifi^۲, S. Alipour^۳

Received: 2022-08-05 Accepted: 2023-02-13

Abstract

In order to study the effects of putrescine and bio-fertilizers on yield and grain filling components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress, an experimental as factorial was conducted based on randomized complete block design with three replications in Research Greenhouse of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili during 2017-2018. Experimental factors were included salinity in four levels [no-salinity as control treatment, salinity 40, 80 and 120 mM NaCl (equal 3.68, 7.37 and 11.05 dS.m⁻¹ respectively) and electrical conductivity of 10.07, 12.48 and 14.9 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ respectively], application of bio-fertilizers at four levels [no bio-fertilizer, application of both *Pseudomonas* and *Flavobacterium*, application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium*, mycorrhiza (*Glomus Intraradicese*) application] and putrescine foliar application in three levels (foliar application with water as control, foliar application of 0.5 and 1 mM. Results showed that application of both mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium* and foliar application of 1 mM putrescine increased chlorophyll index (SPAD), yield and yield components under salinity conditions. Maximum of grain filling rate (0.00217 g.day), grain filling period and effective grain filling period (24.1 and 35.57 days respectively), root volume and weight (0.71 g per plant and 1.317 cm³ per plant) were obtained in application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium* under no salinity condition and the minimum of values were obtained in 120 mM of salinity, no application of bio fertilizers and foliar application of putrescine. Application of mycorrhiza with *Pseudomonas* and *Flavobacterium* and foliar application of 1 mM putrescine at the highest salinity level (120 mM) increased grain yield by 28.57% compared to no application of bio fertilizers and no foliar application at the same salinity level.

Keywords: Chlorophyll content, *Flavobacterium*, Mycorrhiza, *Pseudomonas*.

^۱ Ph.D Student, Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^۲ Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^۳ Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.