

مطالعه عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی شاخص‌های رشدی گندم در پاسخ به پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های PGPR در سطوح مختلف شوری خاک

مینا حق بهاری^۱ و رئوف سید شریفی^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی شاخص‌های رشدی گندم در پاسخ به تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۰ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل شوری خاک در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار با استفاده از NaCl) و تلقیح بذر با PGPR (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپیریولوم لیوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶) بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط شوری خاک، عملکرد دانه تک بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰ دانه، طول سنبله و وزن ریشه به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح با باکتری افزایش یافت. در تمامی ترکیب‌های تیماری، انباشت ماده خشک کل تا ۸۵ روز بعد از کاشت افزایش سریعی یافت؛ ولی از ۸۵ روز بعد از کاشت تا زمان برداشت، به دلیل افزایش رقابت، سایه‌اندازی بوته‌ها بر همدیگر و افزایش پیری برگ‌ها، روند کاهش نشان داد. در تمامی ترکیب‌های تیماری، بیشترین عملکرد دانه و انباشت ماده خشک کل در واحد سطح، به ترکیب تیماری تلقیح بذر با آزوسپیریولوم در عدم اعمال شوری و کمترین آن به بالاترین سطح شوری و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت. روند مشابهی نیز در سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی به دست آمد. بنابراین، نتایج این پژوهش نشان داد که به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی دیگر از شاخص‌های رشد مانند بیوماس کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی محصول گندم در شرایط شوری خاک، می‌توان پیشنهاد نمود که تلقیح بذر گندم با آزوسپیریولوم انجام شود.

واژه‌های کلیدی: تلقیح، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، آزوسپیریولوم

مقدمه

مصرفی جهان، از دلایل اصلی توجه به زراعت این گیاه ارزشمند می‌باشد (۹).

شوری آب و خاک از مهم‌ترین موانع افزایش عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (۳۵) که می‌تواند موجب تغییر در الگوی رشد و کاهش عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی شود (۴۹). حساسیت عملکرد نهایی به تنش

سطح زیر کشت و تولید سالانه گندم در ایران و جهان بیش از سایر غلات می‌باشد (۹). ارزش غذایی زیاد، مقاومت در برابر آفات، تنوع و مرغوبیت فرآورده‌های آن، دامنه وسیع کشت، نیاز اندک به مواد غذایی در مقایسه با سایر گیاهان، سهولت امکان دسترسی به فرآورده‌های آن و تأمین بیش از نصف پروتئین

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

غذایی مختلف برای گیاه)، و یا غیر مستقیم (تولید آنتی‌بیوتیک، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه و ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه) موجب افزایش رشد گیاه شوند (۲۲). تیمیگانگ و زالسکا (۴۷) و عباسپور و همکاران (۵) در بررسی اثر شوری و پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دو رقم گندم ملاحظه کردند که پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های 4 و *Pseudomonas putida strain 108*، 169 و *Pseudomonas fluorescens 153* تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت. آنان اظهار داشتند که در شرایط غیر شور و پیش‌تیمار بذر با باکتری، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد پنجه به ترتیب تا حد ۲۶، ۲۳، ۲۹، ۲۸/۶ و ۲۳/۹ درصد در مقایسه با عدم پیش‌تیمار افزایش یافت.

عمر و همکاران (۴۰) در مطالعه تأثیر باکتری آزوسپریلیوم بر رشد و عملکرد دو رقم جو اظهار داشتند شوری عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی را کاهش و پیش‌تیمار با آزوسپریلیوم برازیلینس به دلیل تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین و جیبرلین به‌طور معنی‌داری بر رشد و عملکرد اثر مثبت داشت. ظهیر و همکاران (۴۸) نشان دادند که پیش‌تیمار بذر گندم با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، تحت تنش شوری، موجب افزایش معنی‌دار در ارتفاع گیاه شد. بهاتارای و هس (۱۶) از دیاد محصول در اثر پیش‌تیمار با آزوسپریلیوم را به افزایش تعداد دانه در هر سنبله نسبت دادند. ذبیحی و همکاران (۲) نشان دادند که با افزایش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش و با استفاده از پیش‌تیمار با باکتری سودوموناس پوتیدا، افزایش پیدا کرد. گرامر و همکاران (۲۳) دلیل تعدیل اثر مخرب تنش شوری را در شرایط پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد، به توانایی تولید هورمون‌های گیاهی و هم‌چنین افزایش توان ریشه در جذب آب نسبت دادند.

با توجه به این‌که شوری از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی است (۱ و ۴۳)، پیش‌بینی می‌شود که افزایش خاک‌های شور منجر به کاهش ۲۵٪ از اراضی قابل کشت در ۲۵ سال

شوری، همانند دیگر تنش‌های محیطی، تابعی از حساسیت هر یک از اجزای مختلف عملکرد نسبت به تنش است (۴۱). وزن خشک کل گیاه همانند عملکرد دانه در محیط شور کاهش می‌یابد (۶ و ۲۴). ماس و گریو (۳۲) اظهار داشتند که تنش شوری با تغییر در ظرفیت نهایی سنبله، موجب کاهش معنی‌داری در طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد دانه در سنبله گردید. فرانسیس و همکاران (۱۹) در بررسی اثر شوری بر رشد و اجزای عملکرد گندم در سه دوره مختلف فنولوژیک (اعمال شوری در تمام فصل رشد، قبل از تمایز سنبله انتهایی و بعد از تمایز سنبله انتهایی) اظهار داشتند که اعمال تنش شوری قبل از تمایز سنبله انتهایی، تعداد سنبله در سنبله و تعداد پنجه را کاهش داد. در صورتی‌که، اعمال تنش شوری بعد از تمایز سنبله انتهایی فقط به‌طور معنی‌داری تعداد دانه و وزن دانه را کاهش داد. فرانسیس و همکاران (۲۰) اظهار داشتند که تنش شوری موجب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش وزن دانه شد. ماس و پاس (۳۳) اظهار داشتند که شوری خاک، عملکرد گندم را قبل از مرحله خوشه رفتن، نسبت به مرحله پس از آن، بیشتر تحت تأثیر قرار داد.

درویشی و همکاران (۸) اظهار داشتند که در سطح متوسط شوری، میزان کلروفیل کاهش و در شوری بیشتر میزان آن افزایش یافت. آسک و همکاران (۱۴) گزارش کردند که افزایش غلظت یون‌های سمی، از جمله یون سدیم، در بافت برگ‌گی در اثر افزایش شوری محیط، موجب تخریب کلروفیل گردید. رائو و رائو (۴۲) گزارش کردند که شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر مقدار کلروفیل و کارتنوئید را کاهش داد و کاهش مقدار کلروفیل تحت شرایط شوری با فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیل‌از ارتباط داشت.

یکی از راهبردهای مقابله با شوری، پیش‌تیمار بذر با انواع مختلفی از باکتری‌های مفید خاک‌زی است (۳۷ و ۴۰). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) گروهی از باکتری‌ها هستند که می‌توانند به‌طور مستقیم (تثبیت نیتروژن، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و افزایش قابلیت جذب عناصر

بود تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری مجدداً نمک‌های احتمالی وارد شده به زیرگلدانی دوباره در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. خاک هر گلدان حاوی یک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. پس از تهیه خاک یکدست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها ریخته شد. برای تلقیح بذرها با باکتری‌های مورد نظر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی، به نسبت ۱۰٪ وزنی - حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها، استفاده گردید. این مخلوط به مدت دو ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. سپس ۴۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم شیروودی است، به صورت ردیفی کشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس با طول دوره روشنائی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. مشخصات فیزیوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

درصد پروتئین دانه به روش کج‌لدال (۱۱) اندازه‌گیری شد و میزان کلروفیل برگ پرچم هر ۴ روز یک‌بار توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) تعیین گردید. برای بررسی شاخص‌های رشدی هر ۱۰ روز یک‌بار نمونه‌برداری به روش تخریبی صورت گرفت. بدین صورت که هر بار دو بوته از هر گلدان انتخاب و کف‌بر گردید و بعد از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای 5 ± 70 درجه سلسیوس قرار گرفتند. سپس، با ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم توزین شدند. روند تغییرات وزن خشک کل (Total dry mater, TDM)،

آینده شود (۳۱). با عنایت به مشکل شوری در بخش‌هایی از مناطق تحت کشت گندم در اردبیل و این‌که سطح زیر کشت گندم دیم و آبی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به ترتیب ۸۳۰۰۰ هکتار و ۲۸۵۰۰۰ هکتار با میزان تولید ۷۳۱۸۰۰ تن بوده است (۴) و به دلیل اهمیتی که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در کاهش یا تعدیل اثر شوری دارد، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های PGPR بر عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی شاخص‌های رشدی گندم در سطوح مختلف شوری خاک در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی شاخص‌های رشدی گندم در پاسخ به پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های PGPR در سطوح مختلف شوری خاک، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۳۹۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آروسپیریوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و بدون پیش‌تیمار بذر با باکتری به‌عنوان شاهد و عامل دوم چهار سطح شوری (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و اعمال شوری‌های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار در خاک) از نمک کلرید سدیم (معادل صفر، ۱/۳۸، ۲/۷۷ و ۵/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. باکتری‌های مورد استفاده از مؤسسه تحقیقات آب و خاک و رقم گندم کشت شده، رقم شیروودی بود که از ارقام نیمه‌متحمل به شوری و از طول دوره رشدی ۱۱۵-۱۲۰ روزه برخوردار است و در منطقه در سطح وسیعی کشت می‌شود، از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد. با استفاده از نمک NaCl و نرم‌افزار Salt Calc مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری در خاک، در دو نوبت (بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگی) همراه آب آبیاری اعمال گردید. برای حفظ شوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شده

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	بافت	کربن آلی	نیتروژن	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
میزان	۷/۸	۴۷	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	لوم سیلتی	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹۰/۸۲	۲۱۲

می‌باشد. به طوری که به کمک اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد گیاه، بهتر می‌توان به نحوه توزیع مواد فتوسنتزی ساخته شده در اندام‌های مختلف دست یافت (۴۶).

ماده خشک کل

تولید ماده خشک علاوه بر زنده بودن گیاه، بیانگر رشد و توسعه آن نیز می‌باشد. در کلیه ترکیب‌های تیماری، در اوایل فصل رشد، سرعت تجمع ماده خشک کم و تدریجی بود. ولی با گذشت زمان و افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری به خود گرفت و بعد از آن به دلیل افزایش سن گیاه، پیری برگ و ریزش آنها از میزان افزایش ماده خشک کاسته شده و در انتها بسیار کاهش یافت. با توجه به شکل ۱ مشخص شد که با افزایش سطح شوری، بیوماس کل کاهش و با کاربرد باکتری افزایش یافت. بیشترین افزایش در ماده خشک در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × تلقیح بذر با آزوسپریلوم و کمترین در بالاترین سطح شوری و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید (شکل ۱- الف). آسک و همکاران (۱۴) اظهار داشتند که با گذشت زمان، به دلیل افزایش تجمع املاح در اندام‌های گیاهی، خسارت ناشی از سمیت یون‌ها در خیلی از موارد موجب کاهش رشد می‌گردد.

سمیت یون سدیم، تخریب کلروفیل و رنگ پریدگی برگ‌ها را به دنبال دارد (۱۴). هم‌چنین، به همراه کاهش سطح برگ در اثر شوری (۲۹) کاهش فتوسنتز و رشد گیاه اتفاق می‌افتد. عمر و همکاران (۴۰) در پیش‌تیمار بذر ارقام جو با باکتری‌های محرک رشد تحت تنش شوری اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم به طور معنی‌داری در تعدیل اثر شوری مؤثر بود

سرعت رشد نسبی (Relative growth rate, RGR) و سرعت رشد محصول (Crop growth rate, CGR) با استفاده از روابط زیر برآورد شد (نقل از ۴۴):

$$TDM = (a + bt + ct^2 + dt^3) \quad [1]$$

$$RGR = (\ln w_2 - \ln w_1) / (t_2 - t_1) \quad [2]$$

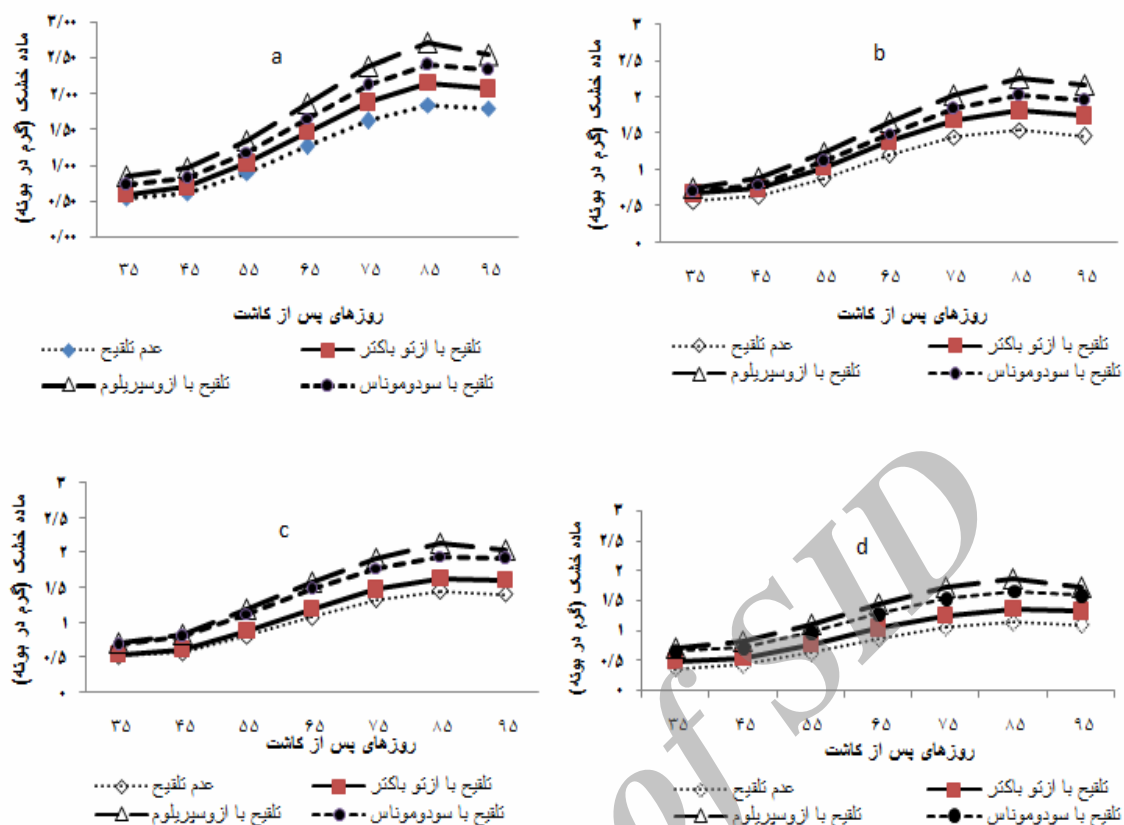
$$CGR = (W_2 - W_1) / GA(t_2 - t_1) \quad [3]$$

در این روابط، GA سطح اشغالی تک بوته، W_2 و W_1 به ترتیب وزن خشک اولیه و ثانویه تک بوته، t_2 و t_1 به ترتیب زمان نمونه‌برداری اولیه و ثانویه (روز) و a ، b ، c ، d ضرایب معادله است.

در پایان دوره رشد، پس از خارج سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند 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. به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور گردید. در زمان رسیدگی، تعداد ۸ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه برداشت گردید. سپس صفات مختلف مانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد تک بوته در ۸ بوته که به طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شناخت و بررسی شاخص‌های رشد از اهمیت زیادی برخوردار



شکل ۱. روند تغییرات انباشت ماده خشک در پیش‌تیمار بدر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۳۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۶۰ میلی‌مولار (d)

ریشه اجتنی در شرایط نامساعد (جدول ۳) منجر به بهبود رشد گیاه می‌شوند.

سرعت رشد محصول

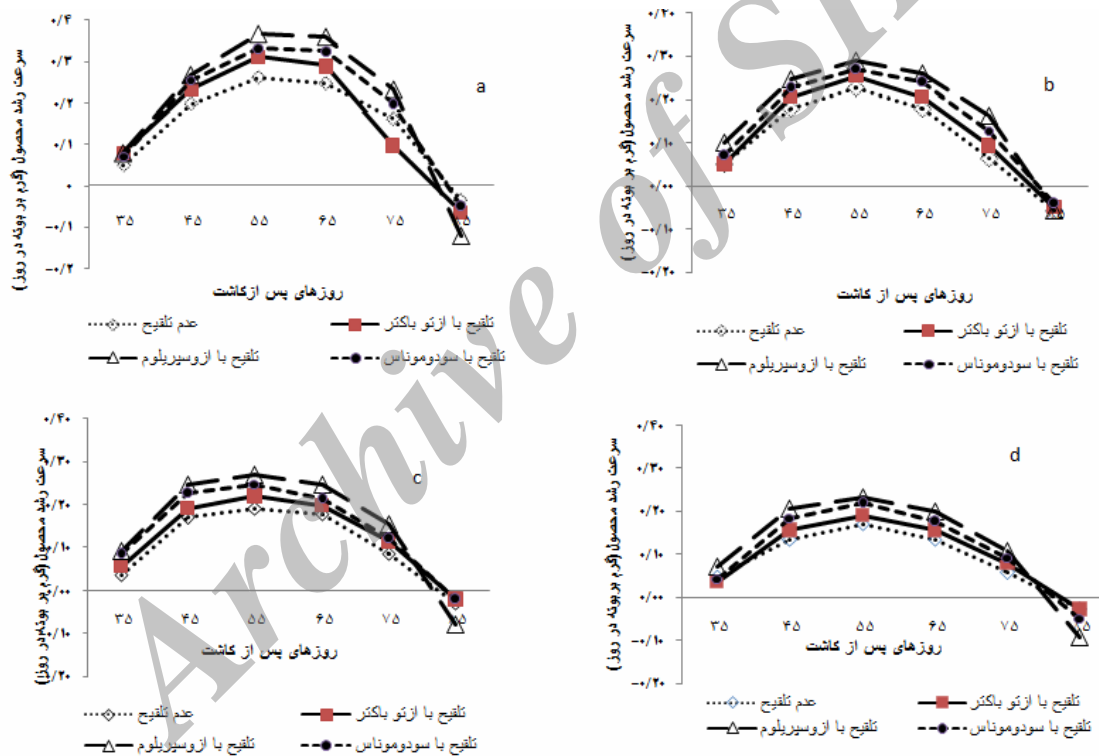
این شاخص کارایی فتوسنتزی محصول را نشان می‌دهد و به صورت تجمع ماده خشک در واحد زمان و در واحد سطح بیان می‌شود (۱۲). بررسی سرعت رشد محصول نشان داد که روند تغییرات CGR در کلیه تیمارها از روند مشخصی پیروی می‌کند. CGR در تمامی تیمارها در اوایل فصل رشد، ابتدا افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود رسید. پس از آن با شیب تندی کاهش یافته و در نهایت منفی شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد از ابتدای رشد تا نزدیکی‌های مرحله گرده‌افشانی، به دلیل افزایش سطح برگ، CGR افزایش یافت. چنین روندی

و منجر به افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی تحت شرایط تنش در مقایسه با تیمار شاهد گردید. عبید و همکاران (۱۳) اظهار داشتند که شوری به دلیل کاهش فتوسنتز، منجر به کاهش تجمع ماده خشک گیاه می‌شود. در کل، با افزایش میزان شوری، وزن خشک کل در تمامی ترکیب‌های تیماری کاهش یافت، که به نظر می‌رسد یکی از دلایل آن کاهش میزان فتوسنتز و اثر سمیت یونی بر رشد گیاه است. باکتری‌های محرک رشد با تعدیل اثر تنش شوری، موجب کاهش کمتر ماده خشک شدند که با گزارش مک ویلیام (۳۴) مطابقت دارد. با توجه به این‌که تحمل به شوری در یک گیاه عمدتاً از طریق توانایی آن در حفظ رشد و نمو خود تحت شرایط تنش تعیین می‌گردد، چنین به نظر می‌رسد که باکتری‌های آزوسپیریلوم با تولید هورمون‌های رشد، کمک به جذب بهینه آب و املاح از طریق توسعه و گسترش

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر شوری و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	میانگین		مربعات		
					وزن ۱۰۰ دانه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	پروتئین دانه	عملکرد تک بوته
تکرار	۲	۱/۰۵۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۲ ^{ns}	۰/۳۵۸ ^{ns}	۰/۰۰۴۲۹ ^{ns}	۰/۰۳۳۷۶ ^{**}	۰/۰۶۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۸۹ ^{ns}
باکتری	۳	۱۷۸/۰۸۸ ^{**}	۳/۵۹ ^{**}	۲۷/۹۴ ^{**}	۱/۶۶۱ ^{**}	۰/۲۰۳۷۵ ^{**}	۳/۷۱۴ ^{**}	۵/۳۵۶ ^{**}	۰/۱۹۲ ^{**}
شوری	۳	۸۳/۵۸ ^{**}	۲/۲۸ ^{**}	۱۵/۱۸ ^{**}	۰/۴۴۸ ^{**}	۰/۰۴۶۷۸۸ ^{**}	۱۱/۴۶۹ ^{**}	۱۶/۱۶۲ ^{**}	۰/۶۵۹ ^{**}
شوری×باکتری	۹	۲/۸۵ ^{**}	۰/۰۵۶ ^{**}	۸/۷۱۴ ^{ns}	۰/۰۴۸۰ ^{**}	۰/۰۵۲۷۹۰۸ [*]	۳/۳۳۸ ^{**}	۰/۴۱۷ [*]	۰/۰۵۵۳ ^{**}
خطا	۳۰	۰/۴۷	۰/۰۱۷	۰/۱۷۸	۰/۰۰۹۶۸	۰/۰۰۱۷۹	۰/۱۴۵	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰۷۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱/۳۸۲	۱/۷۴۸	۲/۲۵۶	۲/۷۶	۷/۴۱	۹/۱۳۸	۳/۵۴	۴/۰۳۴

** و * : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪



شکل ۲. نمودار روند سرعت رشد محصول در پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی مولار (b)، شوری ۳۰ میلی مولار (c) و شوری ۶۰ میلی مولار (d)

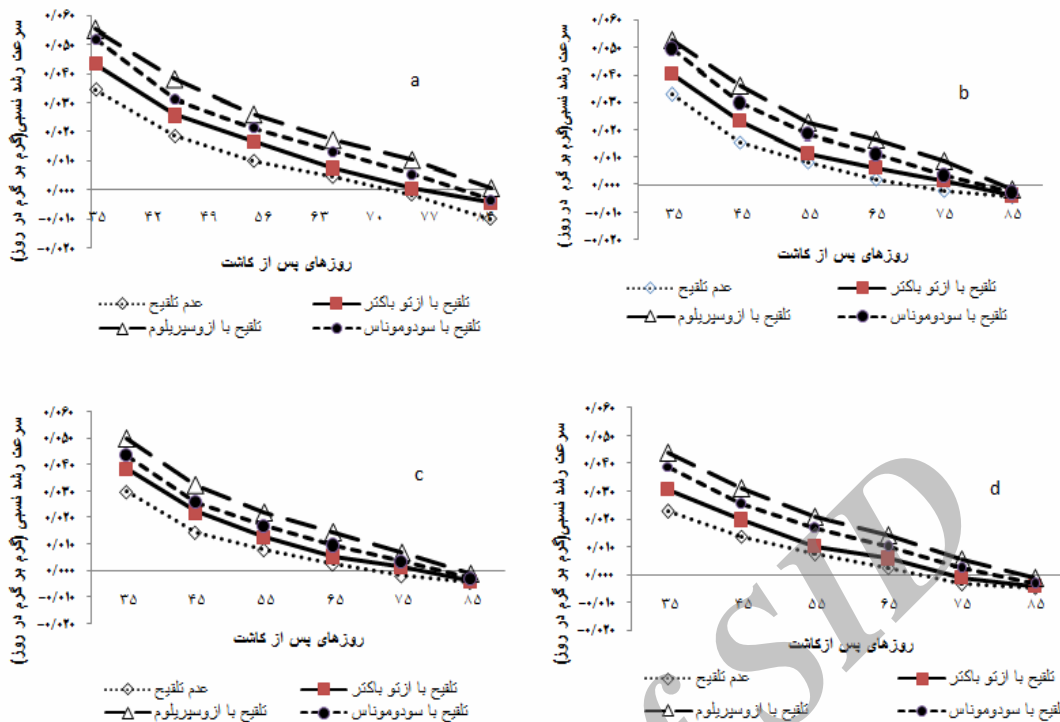
بیشترین مقدار CGR بودند. در این بین، ترکیب تیماری عدم اعمال شوری×پیش تیمار بذر با آزوسپیریوم دارای بیشترین مقدار CGR و ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی مولار×عدم پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد دارای کمترین مقدار

در تغییرات CGR با نتایج حاصل از مطالعات سایر پژوهشگران نیز مشابهت داشت (۱۰ و ۳۰). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، در تمامی ترکیب‌های تیماری، پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد تا ۵۵ روز پس از کاشت دارای

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری صفات مورد ارزیابی تحت سطوح مختلف شوری و پیش تیمار بذری با باکتری‌های محرک رشد

عملکرد تک بوته (گرم)	پروتئین دانه (%)	حجم ریشه	وزن ریشه (گرم)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	طول سنبله (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ترکیب تیماری
۰/۱۳۱ ^{ef}	۱۱/۱۷ ^{eff}	۲/۳۳ ^{cdef}	۰/۵۱۸ ^{bcd}	۳/۳۵ ^{ef}	۷/۴۰ ^e	۵۰/۰۱۳ ^{ef}	عدم شوری × عدم پیش تیمار بذری با باکتری
۰/۱۶ ^e	۱۱/۷۸ ^{de}	۲/۶۰ ^{cde}	۰/۶۱۱ ^b	۳/۴۸ ^{de}	۸/۳۶ ^b	۵۷/۴۸ ^d	عدم شوری × پیش تیمار بذری با ازتوباکتر
۱/۰۲ ^a	۱۲/۹۶ ^a	۶/۶۶ ^a	۰/۷۷۸ ^a	۴/۶۷ ^a	۸/۹۶ ^a	۵۷/۵۳ ^a	عدم شوری × پیش تیمار بذری با آروسپریلوم
۰/۷۲۳ ^d	۱۲/۵۱ ^{ab}	۵/۵۳ ^b	۰/۶۶۱ ^b	۳/۶۶ ^c	۷/۷۰ ^{cd}	۵۰/۸۹ ^{gh}	عدم شوری × پیش تیمار بذری با سودوموناس
۰/۶۰۶ ^{gf}	۱۱/۰۶ ^{efg}	۴/۱۳ ^{def}	۰/۴۹۱ ^c	۳/۳۶ ^{ef}	۷/۱۹ ^{gh}	۴۷/۲۰ ^{hi}	شوری ۱۵ میلی مولار × عدم پیش تیمار
۰/۱۳۱ ^{ef}	۱۱/۶۶ ^{dec}	۴/۲ ^{def}	۰/۵۶۱ ^{bcd}	۳/۴۵ ^b	۷/۷۵ ^c	۴۹/۹۳ ^{gh}	شوری ۱۵ میلی مولار × پیش تیمار بذری با ازتوباکتر
۰/۸۶ ^b	۱۲/۵۶ ^{ab}	۴/۹۳ ^{bc}	۰/۷۵۴ ^a	۴/۰۶ ^d	۸/۴۶ ^b	۵۶/۱۳۳ ^b	شوری ۱۵ میلی مولار × پیش تیمار بذری با آروسپریلوم
۰/۷۱۶ ^d	۱۲/۲ ^{abc}	۴/۶۶ ^{cd}	۰/۵۸۸ ^{bc}	۳/۶۴ ^{de}	۷/۵۳ ^{cd}	۴۹/۷۱ ^g	شوری ۱۵ میلی مولار × پیش تیمار بذری با سودوموناس
۰/۵۳۳ ^h	۹/۶۶ ^h	۳/۸ ^f	۰/۳۶۷ ^f	۳/۱۳ ^{hg}	۷/۰۶ ^{gh}	۴۴/۷۴ ^j	شوری ۳ میلی مولار × عدم پیش تیمار
۰/۵۶۶ ^{hg}	۱۰/۷۷ ^{fg}	۳/۹۳ ^f	۰/۵۱۴ ^{de}	۳/۲۶ ^e	۷/۴۰ ^e	۴۷/۳۲ ^h	شوری ۳ میلی مولار × پیش تیمار بذری با ازتوباکتر
۰/۸۰۶ ^c	۱۱/۴۵ ^{de}	۴/۱۳ ^{def}	۰/۷۲۵ ^a	۳/۹۶ ^c	۸/۶۷ ^b	۵۴/۱۰ ^c	شوری ۳ میلی مولار × پیش تیمار بذری با آروسپریلوم
۰/۶۲۳ ^{ef}	۱۱/۱۵ ^{eff}	۴/۰ ^{def}	۰/۵۶۴ ^{bcd}	۳/۴۶ ^e	۷/۳۵ ^{ef}	۴۸/۲۴ ^{hi}	شوری ۳ میلی مولار × پیش تیمار بذری با سودوموناس
۰/۴۸ ⁱ	۹/۵۴ ^h	۷/۴۶ ^g	۰/۳۰ ^f	۳/۲۶ ^{fg}	۶/۵۶ ⁱ	۴۰/۶۶ ^k	شوری ۱۰ میلی مولار × عدم پیش تیمار
۰/۵۴۱ ^h	۸/۶۸ ⁱ	۲/۵۳ ^g	۰/۴۶۱ ^e	۳/۳۴ ^{ef}	۷/۰۹ ^{gh}	۴۶/۸۴ ⁱ	شوری ۱۰ میلی مولار × پیش تیمار بذری با ازتوباکتر
۰/۷۱۳ ^d	۱۰/۴۶ ^g	۳/۹۳ ^{ef}	۰/۷۰۹ ^a	۳/۶۳ ^{de}	۷/۶۸ ^{cd}	۵۲/۰۱ ^{cd}	شوری ۱۰ میلی مولار × پیش تیمار بذری با آروسپریلوم
۰/۶۱۳ ^{efg}	۹/۶۱ ^h	۷/۸۶ ^g	۰/۵۳۱ ^{cde}	۲/۳۵ ^f	۶/۹۳ ^h	۴۶/۶۳ ⁱ	شوری ۱۰ میلی مولار × پیش تیمار بذری با سودوموناس

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.



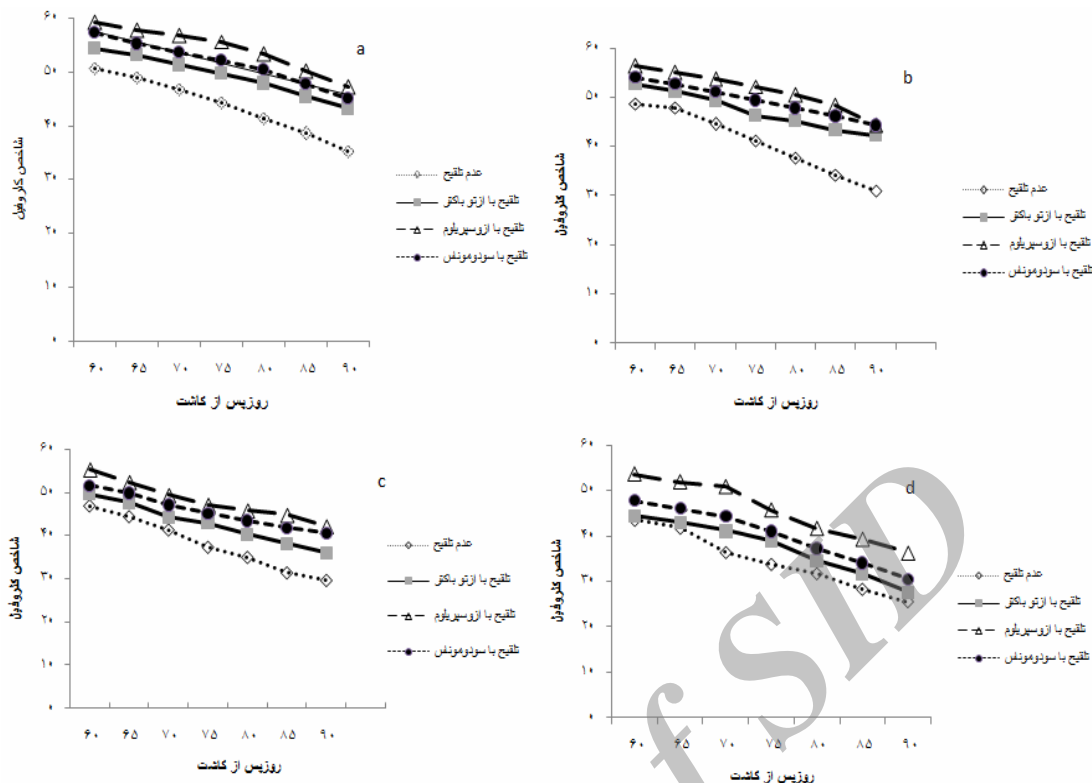
شکل ۳. روند سرعت رشد نسبی در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۳۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۶۰ میلی‌مولار (d)

میزان خود می‌رسد (شکل ۳). به نظر می‌رسد با گذشت زمان کاهش RGR به دلیل افزوده شدن بافت‌های ساختاری گیاه باشد که جزو بافت‌های فعال متابولیک نمی‌باشند و چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. در ضمن، در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های تحتانی گیاه نیز دلیل دیگری بر کاهش سرعت رشد نسبی با گذشت زمان است. بیشترین میزان سرعت رشد نسبی به ترکیب تیماری عدم اعمال شوری × پیش‌تیمار بذر با آزوسپیریولوم (شکل ۳) و کمترین آن به ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار × عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت (شکل ۳). ولی با افزایش میزان شوری، سرعت رشد نسبی کاهش یافت که با یافته‌های هیل (۲۷) مطابقت داشت. وی دلیل کاهش میزان رشد نسبی در شرایط تنش شوری را به اثر مخرب شوری بر سیستم فتوسنتزی گیاه و کاهش بیوماس کل در واحد سطح نسبت داد. با کاربرد باکتری، مقدار RGR طی فصل رشد از مقدار بیشتری برخوردار بود که با یافته‌های سینگ (۴۶) منطبق بود. نتایج مشابهی نیز

در این مرحله بودند (شکل ۲). سید شریفی (۴۴) در بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر ارقام ذرت با باکتری‌های محرک رشد اظهار داشت که پیش‌تیمار بذر با ازتوباکتر از سرعت رشد محصول بالاتری در تمامی ارقام مورد بررسی در مقایسه با عدم پیش‌تیمار بذر برخوردار بود. وی علت احتمالی افزایش رشد محصول را به تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر نسبت داد.

سرعت رشد نسبی

ماده خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در فواصل متوالی نمونه‌برداری، بیانگر سرعت رشد نسبی محصول می‌باشد و معمولاً برحسب گرم بر گرم وزن خشک در روز بیان می‌گردد (۱۲). بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف شوری و باکتری‌های محرک رشد نشان داد که RGR با افزایش سن گیاه به‌طور مداوم کاهش یافته و در انتهای فصل به کمترین



شکل ۴. روند تغییرات کلروفیل برگ پرچم در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۳۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۶۰ میلی‌مولار (d)

بالاترین سطح شوری مشاهده شد (شکل ۴). افزایش غلظت یون‌های سمی، از جمله یون سدیم، در بافت برگ در اثر افزایش شوری محیط، موجب تخریب کلروفیل می‌گردد (۱۴). هم‌چنین، عامل دیگری که بر غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ یا در واحد وزن آن مؤثر است، سطح برگ می‌باشد که تابع میزان شوری محیط است. در سطوح متوسط شوری، کاهش سطح برگ اندک است. بنابراین تخریب کلروفیل به دلیل سمیت یون‌های سدیم موجب کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌گردد (۳۶). ولی در سطوح بالاتر شوری، سطح برگ به شدت کاهش یافته و علی‌رغم تخریب مولکول‌های کلروفیل توسط یون‌های سدیم، غلظت مولکول‌های باقی‌مانده در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (۱۴). جمیل و همکاران (۲۸) گزارش کردند که سطح برگ و میزان عدد کلروفیل سنج با تنش شوری کاهش یافت. دلفاین و همکاران (۱۷) بیان نمودند کاهش فتوسنتز تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش در میزان

مبنی بر بیشتر بودن سرعت رشد نسبی در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد توسط سید شریفی (۴۴) در ذرت گزارش شده است.

محتوای کلروفیل

تأثیر شوری بر محتوای کلروفیل برگ پرچم نیز مؤثر بود و با افزایش شوری میزان کلروفیل کاهش یافت (شکل ۴). نتایج نشان داد در اثر پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد، روند تغییرات عدد کلروفیل سنج نوسان کمتری نشان داد. به طوری که میزان کاهش در محتوای کلروفیل در پیش‌تیمار بذر با باکتری کمتر بود (شکل ۴). در تمامی سطوح شوری، کمترین نوسان مربوط به پیش‌تیمار بذر با آزوسپیریوم و بیشترین آن مربوط به سطح شاهد یا عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری بود. بیشترین مقدار عدد کلروفیل سنج در پیش‌تیمار بذر با آزوسپیریوم و عدم اعمال شوری و کمترین آن در ترکیب تیماری عدم پیش‌تیمار بذر و

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر باکتری و شوری بر تعداد دانه در سنبله

تیمار	تعداد دانه در سنبله
عدم تلقیح	۱۷/۳۹ ^d
تلقیح با ازتو باکتر	۱۷/۷۸ ^c
تلقیح با آزوسپریلوم	۲۰/۷۹ ^a
تلقیح با سودوموناس	۱۸/۹۱ ^b
عدم اعمال شوری	۱۹/۸۹ ^a
شوری ۱۵ میلی‌مولار	۱۹/۳۱ ^b
شوری ۳۰ میلی‌مولار	۱۸/۳۳ ^c
شوری ۶۰ میلی‌مولار	۱۷/۳۳ ^d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

طول سنبله و تعداد دانه در سنبله

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف شوری حاکی از آن است که بیشترین طول سنبله (۸/۹۶ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و تلقیح با آزوسپریلوم و کمترین آن (۶/۵۵۶ سانتی‌متر) در بالاترین سطح شوری و عدم تلقیح بذر با باکتری به‌دست آمد (جدول ۳). ذبیحی و همکاران (۲) نشان دادند که با افزایش شوری، طول سنبله کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. آنان علت را به کاهش گسترش ریشه و عدم توانایی آن در دسترسی به منابع غذایی ریزوسفر نسبت دادند. روند مشابهی نیز در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با تلقیح بذر با باکتری‌ها مشاهده گردید (جدول ۴).

وزن ۱۰۰ دانه

بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۴/۶۷ گرم) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری و تلقیح بذر با آزوسپریلوم و کمترین آن (۳/۲۶ گرم) در ترکیب تیماری عدم تلقیح بذر با باکتری و شوری ۶۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. افزایش وزن ۱۰۰ دانه در گیاه در اثر تلقیح با باکتری را می‌توان به نقش مثبت باکتری‌های محرک

کلروفیل باشد. دویی (۱۸) بیان نمود که آنزیم کلروفیلاز ساختار کلروپلاست را متلاشی کرده و باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها شد. راثو و راثو (۴۲) گزارش کردند که تنش شوری میزان کلروفیل کل گیاه را با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز کاهش داد.

براساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب این دو عامل بر ارتفاع بوته، طول سنبله، دانه در سنبله، وزن ۱۰۰ دانه، درصد پروتئین دانه، حداکثر وزن دانه، سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه و عملکرد تک بوته معنی‌دار گردید (جدول ۲).

ارتفاع بوته

با افزایش سطح شوری، ارتفاع بوته کاهش یافت. بیشترین ارتفاع بوته (۵۷/۵ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری در تلقیح بذر با آزوسپریلوم و کمترین آن (۴۰/۶۶ سانتی‌متر) در بالاترین سطح شوری و عدم تلقیح بذر با باکتری به‌دست آمد (جدول ۳). ظهیر و همکاران (۴۸) نشان دادند که تحت تنش شوری، تلقیح بذر گندم با باکتری‌های افزاینده رشد موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد.

دادند که باکتری *Pseudomonas putida* GR12-2 که از باکتری‌های محرک رشد بوده و دارای توان تولید آنزیم ACC دامیناز است باعث افزایش وزن خشک ریشه و رشد کلزا در حضور غلظت زیاد نمک NaCl شد. هامائویی و همکاران (۲۵) دریافتند که در شرایط شور، آزوسپیریلوم تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن و رشد ریشه نخود را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد اختلاف معنی‌داری از نظر وزن ریشه با شاهد ایجاد کرد. بیشترین وزن ریشه در تیمار عدم مصرف کلرید سدیم، مربوط به پیش‌تیمار بذر با باکتری آزوسپیریلوم و کمترین آن مربوط به عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد بود (جدول ۳) که با یافته‌های هامائویی و همکاران (۲۵) مطابقت داشت. آنان دلیل این امر را به توانایی باکتری‌های محرک رشد نسبت دادند. کاربرد باکتری‌های محرک رشد سبب تعدیل اثر مخرب شوری با افزایش سطح فعال ریشه از طریق رشد بیشتر ریشه شد و با افزایش شدت شوری، وزن ریشه در تمامی ترکیب‌های تیماری کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت آن با به هم خوردن توازن یونی در ریزوسفر و هم‌چنین درون ریشه مرتبط باشد که موجب می‌شود فرایند جذب آب، بزرگ شدن سلول و در نتیجه رشد سلول‌ها کند شود (۱۲).

با افزایش سطح شوری، حجم ریشه کاهش و با پیش‌تیمار افزایش یافت. بیشترین حجم ریشه (۶/۶۶ سانتی‌مترمکعب) در عدم اعمال شوری و پیش‌تیمار با آزوسپیریلوم و کمترین آن (۲/۴۶ سانتی‌مترمکعب) در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار و عدم پیش‌تیمار با باکتری بود (جدول ۳). برزویی و همکاران (۳) گزارش کردند که حجم ریشه با افزایش شوری کاهش یافت. در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که پیش‌تیمار غلات با آزوسپیریلوم سبب افزایش حجم و تعداد ریشه شده است (۱۵). مستأجران و همکاران (۱۱) این توسعه یا گسترش حجم ریشه را به افزایش هورمون‌های محرک رشد نسبت دادند.

رشد در گسترش ریشه اعم از وزن و حجم (جدول ۳) که به جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آن به گیاه کمک می‌نماید نسبت داد که در نهایت به بهبود رشد و افزایش فتوسنتز گیاه منجر می‌شود.

درصد پروتئین دانه

با افزایش سطح شوری، درصد پروتئین دانه کاهش یافت. بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۲/۹۶) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری در تلقیح بذر با آزوسپیریلوم و کمترین آن (۹/۵۴) در بالاترین سطح شوری (۶۰ میلی‌مولار) و عدم تلقیح بذر با باکتری به‌دست آمد (جدول ۳). که با یافته‌های خرم‌دل و همکاران (۷) و کافی و استوارت (۲۹) مطابقت داشت. حمدی و همکاران (۲۶) در بررسی سازوکارهای تحمل به شوری و اثر متقابل تلقیح بذر با *Azospirillum brasilense* در ارقام ذرت رشد کرده در شرایط تنش شوری نشان دادند که تحمل به شوری در ارقام تلقیح شده افزایش یافت و به افزایش پروتئین محلول در بخش هوایی و پروتئین کل ریشه در تیمارهای تحت تنش شوری منجر گردید. به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد توانسته‌اند با کمک به تثبیت نیتروژن، موجب افزایش تولید پروتئین در شرایط تنش شوری شده و تا حدی آثار نامطلوب شوری را تخفیف دهند.

وزن و حجم ریشه

براساس نتایج حاصل گردید که وزن ریشه با افزایش شوری خاک در تمامی ترکیب‌های تیماری کاهش یافت که با نتایج گزارش شده توسط گرامر و همکاران (۲۳)، سینگ (۴۶) و اوکن و همکاران (۳۸) مطابقت داشت. در بین ترکیب‌های تیماری، پیش‌تیمار بذر با باکتری آزوسپیریلوم در تیمار عدم مصرف کلرید سدیم، بیشترین وزن ریشه را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار نیز مربوط به عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار بود (جدول ۳). گلیک و همکاران (۲۱) نشان

عملکرد دانه

عملکرد و اجزای عملکرد کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققین گزارش شده است (۲۲، ۳۹ و ۴۵).

نتیجه‌گیری

با افزایش سطح شوری، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم کاهش و در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح، در بهبود عملکرد کمی و کیفی تأثیر داشته است. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در پیش‌ تیمار بذر با آزو اسپیریوم و بدون اعمال شوری و کمترین آن در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری و بالاترین سطح شوری برآورد گردید. بنابراین، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند با کاهش یا تعدیل اثر شوری، در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه در شرایط تنش شوری مؤثر واقع شود.

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف شوری حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه (۱/۰۲ گرم در بوته) در تلقیح بذر با آزو اسپیریوم × عدم اعمال شوری و کمترین آن (۰/۴۸ میلی‌گرم در بوته) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری در بالاترین سطح شوری (۶۰ میلی‌مولار) حاصل گردید (جدول ۳). در این آزمایش، تلقیح بذر گندم با باکتری به‌دلیل کمک به گسترش و توسعه سیستم ریشه‌ای بهتر، موجب شده گیاه مواد غذایی بیشتری جذب کرده و عملکرد را افزایش دهد. به‌طوری‌که در بررسی مقایسه میانگین صفات مربوط به ریشه (جدول ۳)، مشاهده گردید که تلقیح بذر گندم با باکتری باعث افزایش وزن و حجم ریشه شده است و به نظر می‌رسد همین امر به‌دلیل افزایش جذب مواد غذایی، دلیل دیگر افزایش عملکرد تک بوته تحت چنین شرایطی باشد. ذبیحی و همکاران (۲) و خرم‌دل و همکاران (۷) نشان دادند که با افزایش شوری،

منابع مورد استفاده

۱. اکبری مقدم، ه.، غ. ر. اعتصام، م. کوهکن و ه. رستمی. ۱۳۸۱. ارزیابی اثرات تنش شوری روی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان. هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه نهال و بذر کرج، ۱۲-۱۴ شهریور.
۲. ذبیحی، ح. ر. غ. ر. ثواقبی، ک. خاوازی و ع. گنجعلی. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کاربرد سویه‌هایی از سودوموناس‌های فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳(۱): ۱۹۹-۲۰۸.
۳. برزوئی، ا. م. کافی، ح. ر. خزائی، م. و 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. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۸): ۹۵-۱۰۷.
۴. بی‌نام. ۱۳۹۲. خبرنامه گندم. وزارت جهاد کشاورزی، شماره مسلسل ۲۲.
۵. عباس‌پور، ه.، ه. ر. ذبیحی، س. ی. موفق و ه. اکبری. ۱۳۸۳. کارایی باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله دانش کشاورزی ۳(۴): ۸۲۴-۸۲۸.
۶. مستأجران، ا.، ر. عمواقائی و گ. امتیازی. ۱۳۸۴. اثر آزو اسپیریوم و اسیدپته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست‌شناسی ایران ۱۸(۳): ۲۴۸-۲۶۰.
۷. خرم‌دل، س. ع. کوچکی، م. نصیری محلاتی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶: ۲۸۵-۲۹۴.
۸. درویشی، ب. ک. پوستینی و ر. توکل افشاری. ۱۳۸۴. واکنش فتوسنتزی چهار رقم یونجه بومی ایران نسبت به تنش شوری. مجله

علوم کشاورزی ایران ۳۶(۶): ۵۱-۵۶.

۹. کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی (جلد اول: غلات). مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۱۰. لباسچی، م. ح.، ع. رضایی و م. کریمی. ۱۳۷۳. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد یولاف و ارقام جو. مجله پژوهش و سازندگی ۲۴: ۴۶-۵۱.
۱۱. مستأجران، ا.، ر. عمواقائی و گ. امتیازی. ۱۳۸۵. اثر آزوسپیریلوم و شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست‌شناسی گیاهی ۲۴(۲): ۵۱-۶۴.
۱۲. هاشمی دزفولی، ا. ح.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۷ ص.
13. Abid, M.A., A. Qayyum, A. Dasti and R. Abdulwajid. 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of maize (*Zea mays* L.) and properties of the soil. J. Res. (Sci.), Bahauddin Zakariya Univ. 12(1): 26-33.
14. Asch, F., M. Dingkuhn and K. Droffling. 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant Soil 218: 1-10.
15. Bashan, Y., H. Levanony and G. Mitju. 1989. Changes in proton efflux of intact wheat root induced by *A. brasilense* Cd. Can. J. Microbiol. 35: 691-697.
16. Bhattarai, T. and D. Hess. 1993. Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp of Nepales origin. Plant Soil 151: 67-76.
17. Delfine, S., A. Alvino, M.C. Villana and F. Loreto. 1999. Restriction to carbon dioxide and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. Plant Physiol. 199: 1101-1106.
18. Dubey, R.S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. PP. 857-875. In: Pessaraki, M. (Ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker, New York.
19. Francois, L.E., C.M. 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.
20. Francois, L.E., E. Mass, T.J. Donovan and V.L. Youangs. 1986. Effect of salinity on grain quality and vegetative growth and germination of semi dwarf and durum and wheat. Agron. J. 78: 1053-1058.
21. Glick, B.R., D.M. Penrose and L.I. Jiping. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth- promoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 63-68.
22. Glick, B.R., D. Penrose and M. Wendo. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnol. Adv. 19: 135-138.
23. 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.
24. Hall, A.E. 2001. Crop Responses to Environment. University of California, Riverside, California, CRC Press, USA, 248 p.
25. Hamaoui, B., J.M. Abadi, S. Burdman, A. Rashid, S. Sarig and Y. Okon. 2001. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. Agronomie 21: 553-560.
26. Hamdi, M.A., M.A.K. Shaddad and M.M. Doaa. 2004. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. Plant Growth Regul. 44: 165-174.
27. Hill, S. 1992. Physiology of nitrogen fixation in free living heterotrophs. In: Stacey, G., R.H. Burris and H.J. Evans (Eds.), Biological Nitrogen Fixation, Chapman and Hall, New York.
28. Jamil, M., U.R. Shafiq, L. Kui, K. Jeong Man, K. Hyun-Soon and R. Eui Shik. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Agric. Sci. 64 (2): 111-118.
29. Kafi, M. and D.A. Stewart. 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. Agron. Food Sci. 12(1): 77-85.
30. Karimi, M.M. and K.H. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42: 13-20.
31. Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. J. Biochem. Biophys. 444: 139-158.
32. Mass, E.V. and C.M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. Crop Sci. 30: 1309-1313.
33. Mass, E.V. and J.A. Poss. 1989. Salt sensitivity of cow pea at various growth stages. Irrig. Sci. 10: 313-320.
34. McWilliam, J.R. 1986. The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. Aust. J. Plant Physiol. 13: 1-13.

35. Munns, R. and A. Termaat. 2002. Whole plant responses to salinity. *Plant Physiol.* 13: 143-160.
36. Munns, R. and R.A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant Soil* 253: 201-218.
37. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
38. Okon, Y., L.S. Albercht and R.H. Buriss. 1977. Methods of growing spirillum lipoferum with plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 85-88.
39. Okon, Y. and C.A. Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of Azospirillum: An evaluation of 20 years of worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1591-1601.
40. Omar, M.N.A., M.E.H. Osman and I.A. Abd El-Daim. 2007. Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stresses using of Azospirillum brasilense. *Plant Soil* 44: 133-147.
41. Pessarakli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, Inc., 188 p.
42. Rao, G.G. and G.R. Rao. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus spring*) and Gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian J. Exp. Biol.* 19: 768-770.
43. Sadat Noori, S.A. and T. McNeilly. 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth of *Triticum aestivum*. *Genet. Resour. Crop Evol.* 47: 285-291.
44. Seyed Sharifi, R. 2011. Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *J. Food, Agric. Environ.* 3 & 4: 393-397.
45. Singh, B.R. and D.P. Singh. 1994. Effect of moisture stress on morphological parameters and productivity of poaceous crops. Agro Botanical Publishers, India, pp. 241-246.
46. Tesar, M.B. 1984. Physiological Basis of Crop Growth and Development. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, pp. 291-321.
47. Tippingand, E.M. and I. Zaleska. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of pseudomonas putida under genotobiotic conditions. *Can. J. Microbiol.* 33: 390-395.
48. Zahir, Z.A., U. Ghoni, M. Naveed, S.M. Nadeem and H.N. Asghar. 2009. Comparative effectiveness of pseudomonas and serratia sp. containing ACC-diaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. *J. Microbiol.* 191(5): 415-424.
49. Zahran, H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under sever condition in arid climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 63(4): 968-989.