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، به‌صورت 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 به‌عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپیریلوم لیپوفروم 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 به‌واسطه 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، به‌دلیل افزایش رقابت، سایه‌اندازی بوته‌ها بر همدیگر و افزایش پیری برگ‌ها، روند کاهشی نشان داد. در تمامی ترکیب‌های تیماری، بیشترین عملکرد دانه و انباشت ماده خشک کل در واحد سطح، به ترکیب تیماری تلقیح بذر با ازوسپریلوم 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 به‌دست آمد. بنابراین، نتایج این پژوهش نشان داد که به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی، محتوی 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 آزوسپریلوم انجام شود.

واژه‌های کلیدی: تلقیح، باکتری‌های افزاینده رشد، آزوسپیریلوم

مقدمه

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 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 وکاهش عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی شود (۴۹). حساسیت عملکرد نهایی به تنش

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

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

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 سنبلچه انتهایی و بعد از تمایز سنبلچه انتهایی) اظهار داشتند که اعمال تنش شوری قبل از تمایز سنبلچه انتهایی، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد پنجه را کاهش داد. در صورتی‌که، اعمال تنش شوری بعد از تمایز سنبلچه 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 برگی 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 غذایی مختلف برای گیاه)، و یا غیر مستقیم (تولید آنتی‌بیوتیک، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه و ایجاد مقاومت سیستمیک درگیاه) موجب افزایش رشد گیاه شوند (۲۲). تیپیگاند 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 *Pseudomonas putida strain 108* و *4* , 169 و *Pseuodomonas flourescens 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 به‌ترتیب 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 به‌دلیل 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 افزاینده رشد، تحت تنش شوری، موجب افزایش معنی‌دار در ارتفاع گیاه شد. بهاتارای و هس (۱۶) ازدیاد محصول در اثر پیش‌تیمار با آزوسپریلوم 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

آینده شود (۳۱). با عنایت بـه مـشکل شـوری در بخـش‌هـایی از مناطق تحت کشت گندم در اردبیل و این‌کـه سـطح زیـر کـشت گندم دیم و آبـی در سـال زراعـی ۹۱-۱۳۹۰ بـه‌ترتیـب ۸۳۰۰۰ هکتار و ۲۸۵۰۰۰ هکتار با میزان تولید ۷۳۱۸۰۰ تـن بـوده اسـت (۴) و به‌دلیل اهمیتی که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشـد در کاهش یا تعدیل اثر شوری دارد، پژوهش حاضر با هدف بررسـی تأثیر پیش‌تیمار بذر با بـاکتری‌هـای PGPR بـر عملکـرد کمـی و کیفی، محتوای کلروفیل و برخی شاخص‌هـای رشـدی گنـدم در سطوح مختلف شوری خاک در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد کمـی و کیفـی، محتـوای کلروفیـل و برخی شاخص‌های رشدی گندم در پاسخ به پیش‌تیمار بـذر بـا باکتری‌های PGPR در سطوح مختلف شوری خـاک، آزمایـشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلـی در سـال زراعی ۱۳۹۰ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شـامل تلقـیح بـذر بـا بـاکتری‌هـای ازتوبـاکتر کروکوکـوم اسـترین ۵، آزوسپیریلوم لیپوفروم استرینOF و سودوموناس پوتیدا اسـترین ۱۸۶ و بدون پیش‌تیمار بذر با باکتری بـه‌عنـوان شـاهد و عامـل دوم چهار سطح شوری (عدم اعمال شوری بـه‌عنـوان شـاهد و اعمال شوری‌های ۱۵، ۳۰ و۶۰ میلی‌مـولار در خـاک) از نمـک کلرید سدیم (معادل صفر، ۱/۳۸، ۲/۷۷ و ۵/۵۵ دسی‌زیمنس بـر متر) بود. باکتری‌های مورد استفاده از مؤسـسه تحقیقـات آب و خاک و رقم گندم کشت شده، رقم شـیرودی بـود کـه از ارقـام نیمه متحمل به شوری و از طـول دوره رشـدی ۱۱۵-۱۲۰ روزه برخوردار است و در منطقه در سطح وسیعی کشت می‌شـود، از شرکت کشت و صنعت مغـان تهیـه شـد. بـا اسـتفاده از نمـک NaClو نرم‌افزار Salt Calc مقدار نمک مورد نیاز برای هر یـک از سطوح شوری در خاک، در دو نوبت (بعد از کاشت و مرحله ۳-۴ برگی) همراه آب آبیاری اعمال گردید. برای حفظ شـوری در طول دوره رشد، در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شـده بود تا بعد از هر سه تا چهار نوبـت آبیـاری مجـدداً نمـک‌هـای احتمالی وارد شده به زیرگلدانی دوباره در آب حـل شـده و بـه داخل هر گلدان برگشت داده شود. خاک هر گلدان حاوی یـک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. پس از تهیه خاک یکدست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هـر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متـری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجـم یکـسانی از خـاک درون گلدان‌ها ریخته شد. برای تلقیح بذرها با باکتری‌های مورد نظـر، میزان هفت گرم مایـه تلقـیح کـه هـر گـرم آن دارای 10^{7} عـدد باکتری زنده و فعال بـود بـه همـراه محلـول صـمغ عربـی، بـه نسبت۱۰٪ وزنی- حجمی برای چسبندگی بهتر مایـه تلقـیح بـه بذرها، استفاده گردید. این مخلوط به‌مدت دو سـاعت در محـل خشک و تاریک قرار داده شد. سپس۴۰ عدد بذر در هر گلـدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بـذر در مترمربـع کـه تـراکم مطلـوب و توصیه شده برای رقم شیرودی است، به‌صورت ردیفـی کـشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌هـای بعـدی بـسته بـه شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجـام شـد. گلـدان‌هـا در شرایط گلخانه در دمای۲۰ تا۳۰ درجه سلسیوس بـا طـول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (بـا اسـتفاده از ترکیبـی از لامـپ‌هـای معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. مشخـصات فیزیکوشـیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

درصد پروتئین دانه به روش کجلدال (۱۱) اندازه‌گیری شـد و میزان کلروفیل برگ پرچم هر ۴ روز یک‌بـار توسـط دسـتگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) تعیـین گردیـد. بـرای بررسی شاخص‌های رشدی هر۱۰ روز یک‌بار نمونه‌بـرداری بـه روش تخریبی صورت گرفت. بدین صورت که هربـار دو بوتـه از هرگلدان انتخاب و کف‌بر گردید و بعد از انتقال به آزمایشگاه به‌مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون الکتریکی تهویـه‌دار در دمـای ۵±۷۰ درجـه سلـسیوس قـرار گرفتند. سپس، با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم تـوزین شدند. روند تغییرات وزن خشک کـل (Total dry mater, TDM)،

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

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):

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

$$RGR = (Lnw_2 - Lnw_1) / (t_2 - t_1) \quad [2]$$

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

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

در پایان دوره رشد، پس از خارج سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها به‌مدت 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 ۰/۰۰۱گرم توزین شد. حجم ریشه‌ها با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. به‌طوری‌که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به‌عنوان 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 به‌طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کار گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد.

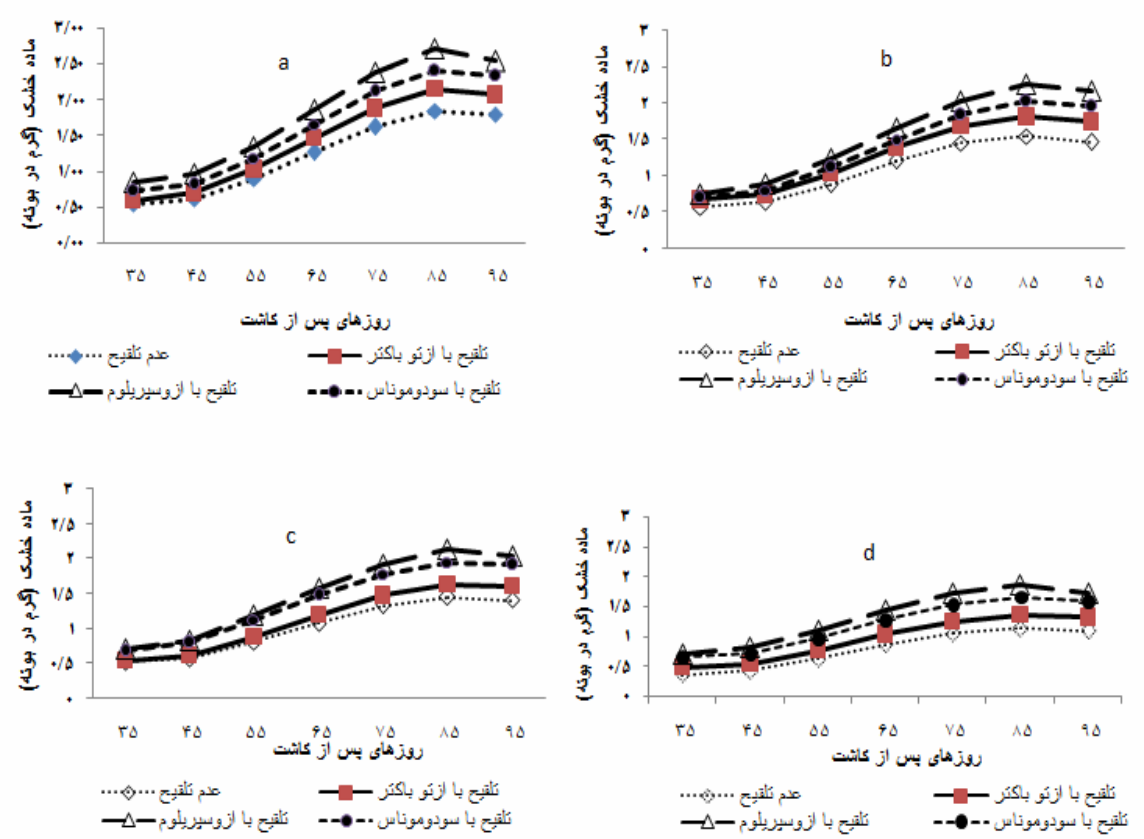
نتایج و بحث

شناخت و بررسی شاخص‌های رشد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. به‌طوری‌که 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 به‌دلیل 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، به‌دلیل 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 آزوسپیریلوم به‌طور معنی‌داری در تعدیل اثر شوری مؤثر بود



شکل ۱. روند تغییرات انباشت ماده خشک 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)

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

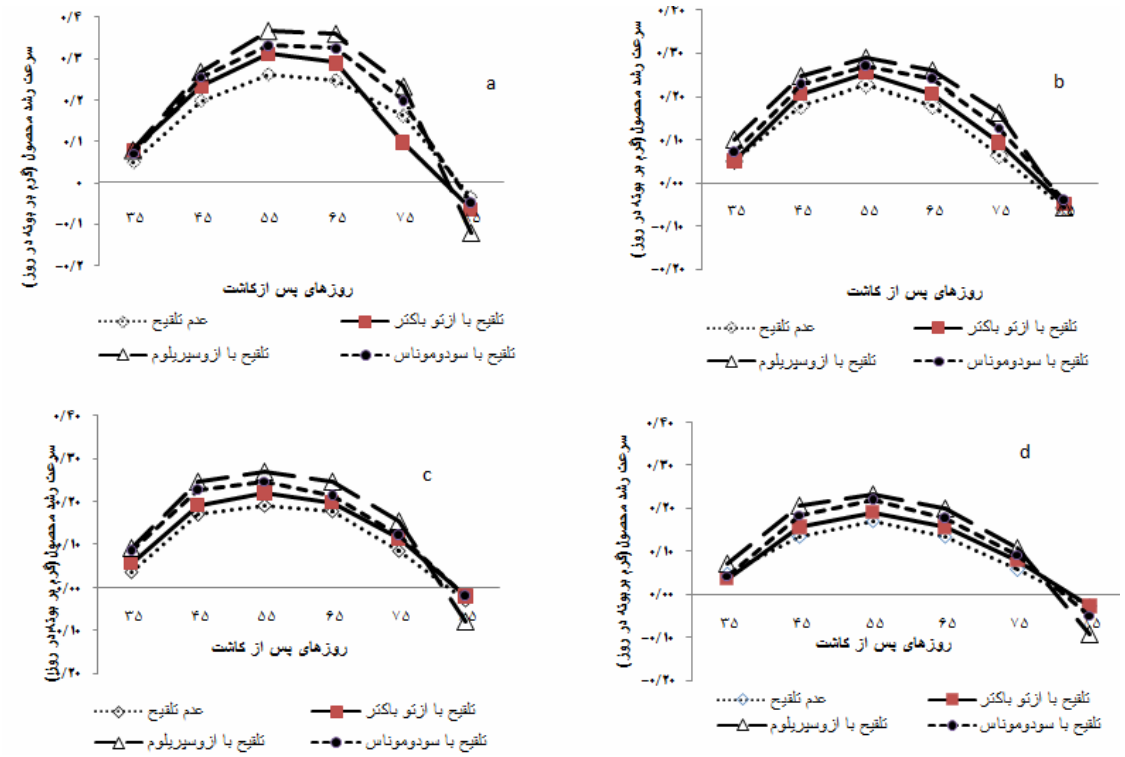
سرعت رشد محصول

این شاخص کارایی فتوسنتزی محصول را نشان می‌دهد و به‌صورت 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، به‌دلیل افزایش سطح برگ، CGR افزایش یافت. چنین روندی

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 وزن ۱۰۰ دانه	مربعات وزن خشک ریشه	حجم ریشه	پروتئین دانه	عملکرد تک بوته
تکرار	۲	۱/۰۵۳ ns	۰/۰۰۰۶۲ns	۰/۳۵۸ns	۰/۰۰۴۲۹ ns	۰/۰۳۳۷۶**	۰/۰۶۰۸ns	۰/۰۰۴۲ ns	۰/۰۰۰۱۸۹ns
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 *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪



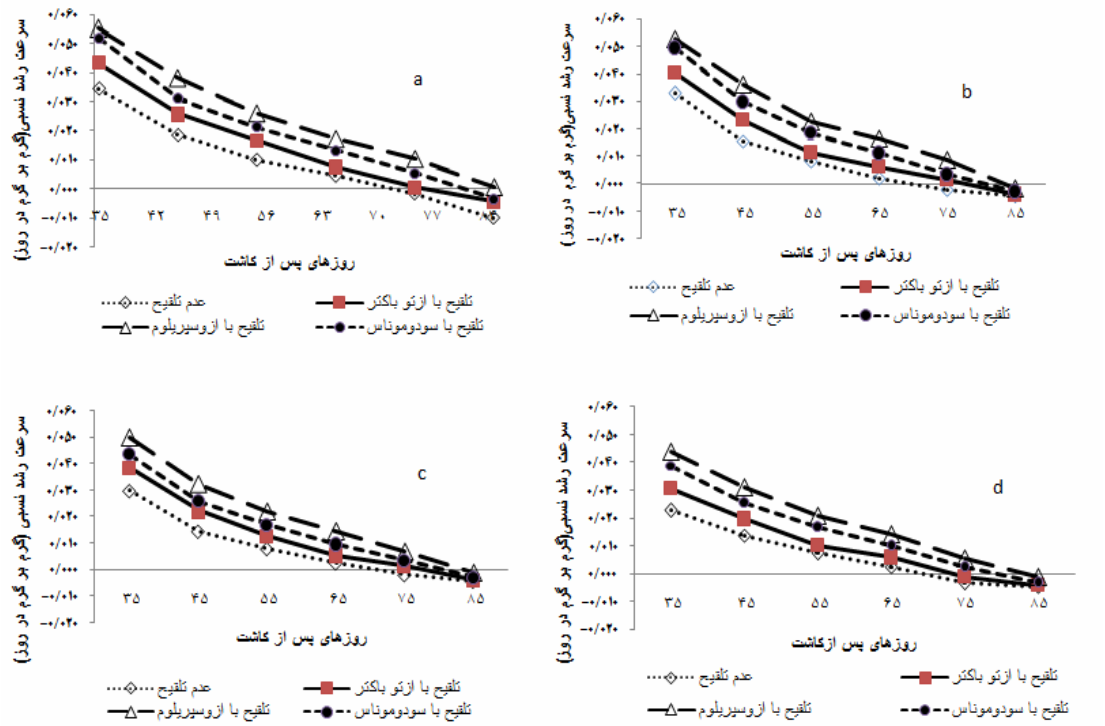
شکل ۲. نمودار روند سرعت رشد محصول در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۳۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۶۰ میلی‌مولار (d)

در تغییرات CGR با نتایج حاصل از مطالعات سایر پژوهشگران نیز مشابهت داشت (۱۰ و ۳۰). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، در تمامی ترکیب‌های تیماری، پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد تا ۵۵ روز پس از کاشت دارای بیشترین مقدار CGR بودند. در این بین، ترکیب تیماری عدم اعمال شوری× پیش‌تیمار بذر با آزوسپیریلوم دارای بیشترین مقدار CGR و ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار× عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد دارای کمترین مقدار

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

ترکیب تیماری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	وزن ریشه (گرم)	حجم ریشه	پروتئین دانه (٪)	عملکرد تک بوته (گرم)
عدم شوری×عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری	۵۰/۰۶۶ cf	۷/۴۲۰ e	۳/۳۵ ef	۰/۵۶۸ bcd	۴/۳۳ cdef	۱۱/۱۷ edf	۰/۶۳۶ ef
عدم شوری× پیش‌تیمار بذر با ازتوباکتر	۵۲/۴۸۳ d	۸/۳۶۶ b	۳/۴۸ de	۰/۶۱۱ b	۴/۶۰ cde	۱۱/۷۸ dc	۰/۶۶۰ e
عدم شوری× پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم	۵۷/۵۳۳ a	۸/۹۶۰ a	۴/۶۷ a	۰/۷۷۸ a	۶/۶۶ a	۱۲/۹۶ a	۱/۰۲ a
عدم شوری× پیش‌تیمار بذر با سودوموناس	۵۰/۸۹۳ gf	۷/۷۰۰ cd	۳/۶۶ c	۰/۶۲۱ b	۵/۵۳ b	۱۲/۵۱ ab	۰/۷۲۳ d
شوری ۱۵میلی‌مولار× عدم پیش‌تیمار	۴۷/۲۰۳ hi	۷/۱۹۶ gf	۳/۳۶ ef	۰/۴۷۱ e	۴/۱۳ def	۱۱/۰۶ efg	۰/۶۰۶ gf
شوری۱۵میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با ازتوباکتر	۴۹/۹۳۳ gf	۷/۷۵۳ c	۳/۴۵ b	۰/۵۶۱ bcd	۴/۲ def	۱۱/۶۶ dec	۰/۶۳۶ ef
شوری ۱۵ میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم	۵۶/۱۳۳ b	۸/۴۶۰ b	۴/۰۶ d	۰/۷۵۴ a	۴/۹۳ bc	۱۲/۵۶ ab	۰/۸۶۰ b
شوری۱۵میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با سودوموناس	۴۹/۷۱۰ g	۷/۵۳۰ ed	۳/۶۴ dc	۰/۵۹۸ bc	۴/۶۶ cd	۱۲/۲۴ bc	۰/۷۱۶ d
شوری ۳۰ میلی‌مولار×عدم پیش‌تیمار	۴۴/۷۴۶ j	۷/۰۶۰ gh	۳/۱۳ hg	۰/۳۶۷ f	۳/۸ f	۹/۶۶ h	۰/۵۳۳ h
شوری ۳۰ میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با ازتوباکتر	۴۸/۳۲۰ h	۷/۴۲۰ e	۳/۲۶ e	۰/۵۱۴ de	۳/۹۳ f	۱۰/۷۷ fg	۰/۵۶۶ hg
شوری ۳۰ میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم	۵۴/۱۰۰ c	۸/۲۷۳ b	۳/۹۶ c	۰/۷۲۵ a	۴/۱۳ def	۱۱/۴۵ de	۰/۸۰۶ c
شوری ۳۰میلی‌مولار پیش‌تیمار بذر با ×سودوموناس	۴۸/۲۴۳ h	۷/۳۵۶ ef	۳/۴۶ e	۰/۵۶۴ bcd	۴/۰۰ def	۱۱/۱۵ edf	۰/۶۲۳ ef
شوری ۶۰ میلی‌مولار×عدم پیش‌تیمار	۴۰/۶۶۳ k	۶/۵۵۶ i	۳/۲۶ fg	۰/۳۰۴ f	۲/۴۶ g	۹/۵۴ h	۰/۴۸۰ i
شوری ۶۰ میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با اتوباکتر	۴۶/۹۴۶ i	۷/۰۹۰ gh	۳/۳۴ ef	۰/۴۶۱ e	۲/۵۳ g	۸/۶۸ i	۰/۵۴۶ h
شوری میلی‌مولار۶۰× پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم	۵۲/۰۱۶ ed	۷/۶۸۳ cd	۳/۶۳ dc	۰/۷۰۹ a	۳/۹۳ ef	۱۰/۴۷۶ g	۰/۷۱۳ d
شوری ۶۰میلی‌مولار× پیش‌تیمار بذر با سودوموناس	۴۶/۶۳۶ i	۶/۹۳۳ h	۳/۳۵ f	۰/۵۳۱ cde	۲/۸۶ g	۹/۶۱ h	۰/۶۱۳ efg

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

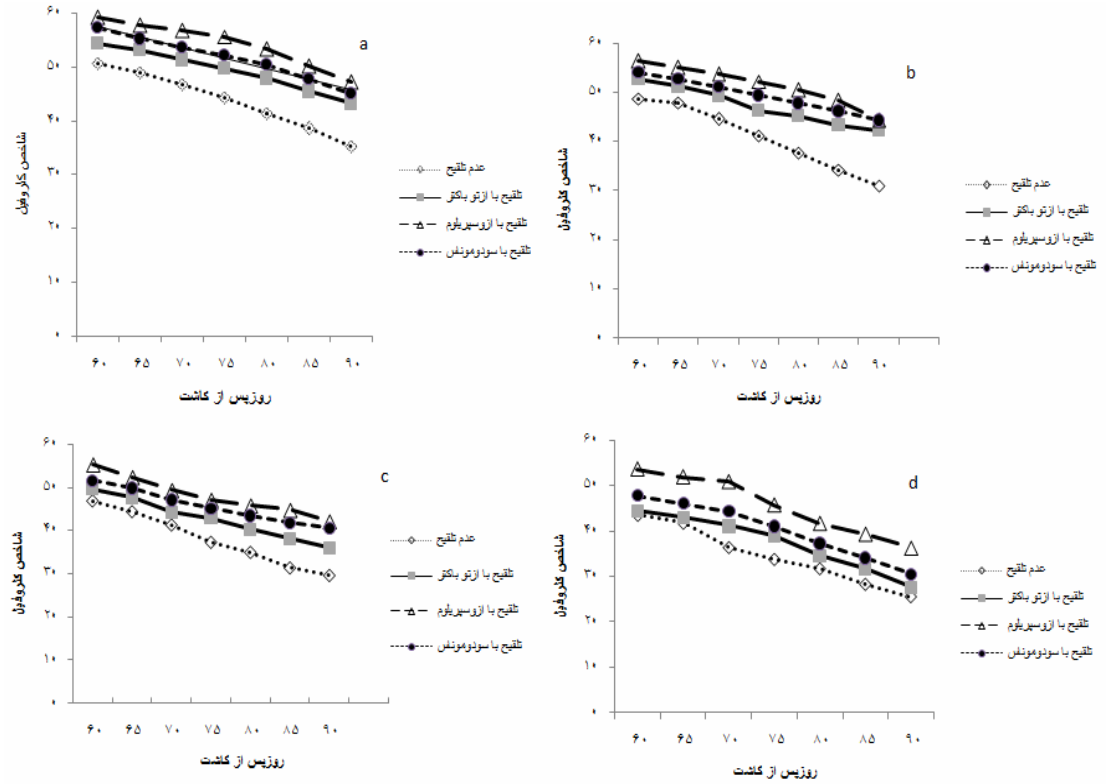


شکل ۳. روند سرعت رشد نسبی در پیش‌تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد در عدم اعمال شوری (a)، شوری ۱۵ میلی‌مولار (b)، شوری ۳۰ میلی‌مولار (c) و شوری ۶۰ میلی‌مولار (d)

در این مرحله بودند (شکل۲). 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 سیدروفر 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 میزان خود می‌رسد (شکل ۳). به نظر می‌رسد با گذشت زمان کاهش RGR به‌دلیل 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 آزوسپیریلوم (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



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)

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 کلروفیل‌سنج نوسان کمتری نشان داد. به‌طوری‌که 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 آزوسپیریلوم و بیشترین آن مربوط به سطح شاهد یا عدم پیش‌تیمار بذر با باکتری بود. بیشترین مقدار عدد کلروفیل‌سنج در پیش‌تیمار بذر با آزوسپریلوم و عدم اعمال شوری و کمترین آن در ترکیب تیماری عدم پیش‌تیمار بذر و بالاترین سطح شوری مشاهده شد (شکل ۴). افزایش غلظت یون‌های سمی، از جمله یون سدیم، در بافت برگی 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 به‌دلیل 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 کلروفیل‌سنج با تنش شوری کاهش یافت. دلفاین و همکاران (۱۷) بیان نمودند کاهش فتوسنتز تحت تنش شوری می‌تواند به‌علت کاهش در میزان

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.

کلروفیل باشد. دوبی (۱۸) بیان نمود که آنزیم کلروفیلاز ساختار کلروپلاست را متلاشی کرده و باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها شد. رائو و رائو (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 آزوسپیریلوم وکمترین 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.

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 آزوسپیریلوم 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 آزوسپیریلوم 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

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 وکمترین 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 معلوم 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 دادند که باکتری *Pseudomonas putida* GR12-2 که از باکتری‌های محرک رشد بوده و دارای توان تولید آنزیم ACC دآمیناز 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 (۲/۴۶سانتی‌مترمکعب) در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار و عدم پیش‌تیمار با باکتری بود (جدول ۳). برزوئی 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.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف شوری حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه (۱/۰۲گرم در بوته) در تلقیح بذر با آزوسپیریلوم × 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، 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 پیش‌تیمار بذر با آزوسپیریلوم 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.

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. 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. 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. عموآقائی و گ. امتیازی. ۱۳۸۴. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی 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. عموآقائی و گ. امتیازی. ۱۳۸۵. اثر آزوسپیریلوم و شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی 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 CO_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant Soil 218: 1-10.
15. Bashan, Y., H. Levanony and G. Mitiju. 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 (*Triricum aestivum* L.) cultivars to inculation with *Azospirllum* 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:* Pessarakli, 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 loweiring 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. Abbadi, 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 Azosprilium 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 Gingelley (*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 effectivness 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.