

تأثیر اندومیکوریزا، باکتری‌های محرک رشد و تغذیه برگی با نانواکسید روی بر صفات موثر بر پر شدن دانه تریتیکاله (*Triticale*) در شرایط شوری خاک

یونس خیری‌زاده آروق و رئوف سیدشریفی*

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر میکوریزا، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی با نانواکسید روی بر صفات موثر بر پر شدن دانه تریتیکاله در شرایط شوری خاک، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری، شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و محلول پاشی با نانواکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد با افزایش شوری، عملکرد تک بوته، اجزای عملکرد، سرعت پر شدن، طول دوره پر شدن و دوره مؤثر پر شدن کاهش یافت. در حالی که میزان پرولین و قند محلول افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد تک بوته (۳/۶۴ گرم در بوته)، سرعت پر شدن (۰/۱۹۶ گرم در روز)، طول دوره پر شدن (۵۲/۷۵ روز) و دوره مؤثر پر شدن (۳۶/۶۲ روز) در حالت کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی و عدم اعمال شوری به دست آمد. بیش‌ترین میزان قند محلول (۹۹/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در حالت کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی و شوری ۶۰ میلی‌مولار به دست آمد. اعمال شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار عملکرد دانه را به ترتیب ۸/۹، ۲۲/۱۱ و ۳۲/۳۴ درصد کاهش داد و استفاده توأم کودهای بیولوژیک و نانواکسید روی به ترتیب ۴۰/۱۷، ۴۹/۷۴ و ۴۰ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کرد. بر اساس این نتایج به نظر می‌رسد کاربرد کودهای بیولوژیک و محلول پاشی با نانواکسید روی می‌تواند برای سودمندی تولید تریتیکاله تحت شرایط شوری خاک توصیه شود.

واژگان کلیدی: پرولین، تنش، عملکرد، کودهای بیولوژیک، PGPR

مقدمه

بازده و از سوی دیگر واجد خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم از قبیل پتانسیل بالای عملکرد و کیفیت مطلوب دانه می‌باشد (Horlein and Valentine, 1995). بیشتر تریتیکاله‌های هگزاپلوئید دارای ۲۰-۱۵ درصد پروتئین می‌باشند (Rakha et al., 2011).

تریتیکاله گیاه جدیدی از تلاقی گندم و چاودار است (Maluszynski et al., 2001). این گیاه از یک سو دارای خصوصیات مطلوب چاودار از جمله رشد سریع، مقاومت در مقابل بیماری‌های گیاهی و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Raouf_ssharifi@yahoo.com

گیاهی، راه کارهای مناسبی را برای مبارزه بیولوژیکی فراهم می‌نمایند (علیپور و ملکوتی، ۱۳۸۲). بررسی‌های *Bacilio* و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و برگ و عملکرد گیاه شد. Mishra و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که در شرایط تنش شوری، باکتری‌های محرک رشد می‌توانند بوسیله مکانیسم‌های مختلفی مانند سنتز فیتوهورمون‌های (اکسین، سیتوکنین، جیبرلین)، محلول کردن موادی مانند فسفر، تولید سیدروفورها، جذب عناصر و تثبیت نیتروژن، تاثیر مثبتی بر تحمل گیاه به شرایط تنش، بهبود عملکرد و رشد گیاه داشته باشند.

تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش بسزایی دارد و در این میان عنصر روی یکی از عناصر کم مصرف و ضروری در تغذیه گیاهی می‌باشد. ضمن آن که در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین مشارکت دارد (Prasad, 1984). آهکی بودن خاک‌های زراعی، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان و عدم مصرف کودهای محتوی این عنصر از جمله دلایل اصلی کمبود روی در خاک‌های کشور است (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). اگر چه نیاز گیاهان به روی اندک است، ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های بیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی متأثر خواهند شد (Baybordi and Mamedov, 2010). افزایش غلظت روی احتمالاً می‌تواند اثرات منفی شوری را با محدود کردن جذب سدیم و کلر و یا انتقال آن در گیاه کاهش دهد. Devarajan و Palaniappn (۱۹۹۵) اظهار داشتند که روی در افزایش انتقال ماده خشک به دانه و افزایش وزن دانه موثر است.

گسترش خاک‌های شور و اهمیت ترتیکاله به عنوان یکی از غلات دو منظوره، نقش کودهای زیستی و ریز مغذی روی در بهبود عملکرد و تعدیل اثرات ناشی از شوری از جمله عواملی بودند که موجب گردید تا تأثیر کودهای بیولوژیک (میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی بر

شوری به عنوان یکی از تنش‌های اساسی در کشاورزی مطرح است که اثر سوء فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و در نهایت اقتصادی بر تولید محصولات کشاورزی دارد (Yamaguchi and Blumwald, 2005). Rayca و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که در اثر شوری تعداد کل سنبلیچه‌ها، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه‌های گرده فعال و قدرت باروری و پر شدن دانه کاهش می‌یابد. Van و Clijsters (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش شوری میزان قند محلول را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. Szabados و Savoure (۲۰۰۹) نیز تجمع پرولین را در شرایط تنش‌های خشکی و شوری گزارش کردند.

مکانیسم‌های مختلفی جهت ایجاد مقاومت گیاهان در برابر عوامل تنش‌زا پیشنهاد شده است که در بین آن‌ها کاربرد کودهای زیستی، نقش اساسی دارند (Yang et al., 2009). کودهای زیستی استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که در افزایش دسترسی و جذب مواد غذایی توسط گیاهان، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و هزینه‌های تولید اهمیت قابل توجهی دارند (Singh and Purohit, 2011). بررسی‌های Grover و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و نیز قارچ میکوری‌زا می‌توانند به رشد بهتر گیاه به خصوص تحت شرایط تنش کمک کنند. خاوازی و همکاران (۱۳۸۴) علت رشد بهتر گیاه و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی توسط قارچ‌های میکوریزا را، به تحریک مواد تنظیم کننده رشد، افزایش فتوسنتز و تنظیم فشار اسمزی توسط این قارچ‌ها نسبت دادند. بررسی‌های Al-Karaki (۲۰۰۰) نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزایی، رشد گیاهان را در شرایط شوری افزایش می‌یابد و علت را به افزایش جذب عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی، مس و همچنین بهبود روابط آبی گیاه نسبت دادند. Mukerji و Giri (۲۰۰۴) اظهار داشتند که هیف‌های قارچ در زیر نواحی تهی اطراف ریشه گسترش یافته و با جذب آب و مواد غذایی در محدوده وسیعی از سطح ریشه، موجب کاهش اثرات ناشی از تنش شوری می‌شوند.

باکتری‌های محرک رشد نیز گروهی از جانداران آزادی در خاک هستند که با ساخت و رهاسازی تنظیم‌کننده‌های رشد

به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریزا به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. خاک هر گلدان حاوی یک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. پس از تهیه خاک یکدست، ۲۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان (با قطر ۳۵ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متری) تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری اضافه شد و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها ریخته شد. ۴۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است، کشت شد. میانگین وزن هزار دانه این رقم حدود ۵۲ گرم می‌باشد. زمان کاشت ۲۰ شهریور ماه بود. 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 صورت دستی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت در طول دوره زایشی (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی 7 ± 65 درصد نگهداری شدند. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۲۱ روز بعد از خوشه‌دهی (۲۰ دی ماه) در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. هر بار دو خوشه از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini et al., 2004). به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS بر اساس رابطه ۱ استفاده گردید.

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

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه،

عملکرد و صفات موثر بر انباشت مواد در دانه تریتیکاله شرایط شوری خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری در چهار سطح (عدم اعمال شوری، شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار)، کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد سودوموناس و ازتوباکتر، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و محلول پاشی با نانوآکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر) بودند. قارچ میکوریزا استفاده شده از نوع *Glomus mosseae* و باکتری‌ها *Pseudomonas Azotobacter chroococcum strain 5* و *putida strain 186* بودند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، قارچ میکوریزا از شرکت زیست فناوران توران و بذر تریتیکاله رقم جوانیلو از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. نانوآکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ درج شده است.

شوری در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله اول در ۶-۴ برگی و مرحله دوم دو هفته بعد از اعمال شوری اول) اعمال گردید. محلول پاشی با نانوآکسید روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (بعد از اعمال شوری اول و مرحله قبل از چکمه‌زنی) انجام شد. به دلیل حلال نبودن نانوآکسید روی در آب، ابتدا در آب دی‌یونیزه به صورت معلق در آمده و با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳۰ دقیقه) این مواد پخش شده و محلول گردید (Prasad et al., 2012). برای تلقیح بذرها، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها

جدول ۱- مشخصات نانو اکسید روی مورد استفاده

وزن	خلوص	میانگین اندازه ذرات	سطح ویژه ذرات	رنگ
۱۰۰ g	۹۹ %	< ۳۰ nm	> ۳۰ m ² .g ⁻¹	پودری سفید

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	روی		بافت
									pH	درصد اشباع	
میزان	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۶۲	۱۹/۸	۲۱۲	۰/۲۸	۷/۸	سیلتی لومی

داده‌های حاصل از آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری، کودهای بیولوژیک، محلول پاشی با نانو اکسید روی و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله، قند محلول، وزن صد دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه معنی‌دار گردید ولی در مورد ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی و پرولین اثر اصلی شوری، کودهای بیولوژیک و محلول پاشی با نانو اکسید روی معنی‌دار بود. همچنین اثر ترکیب تیماری شوری در کود زیستی برای صفت پرولین معنی‌دار بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته در عدم اعمال شوری (۱۴۱/۸۳ سانتی‌متر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریزا (۱۳۵/۴ سانتی‌متر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی (۱۳۴/۹۵ سانتی‌متر) و کم‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب در شوری ۶۰ میلی‌مولار (۱۲۱/۲۷ سانتی‌متر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۱۲۶/۸ سانتی‌متر) و عدم محلول پاشی (۱۲۷/۹۴ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۴). Turan و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد به دلیل اهمیتی که در تثبیت نیترژن و تولید هورمون‌های ایندول استیک اسید و سیتوکینین دارند نقش

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 را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش 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 فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه ۲ و به صورت زیر استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992):

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

در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. میزان پرولین برگ پرچم با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و مقدار قند محلول به روش فنول سولفوریک (Dubois et al., 1956) تعیین شد.

برای تعیین وزن صد دانه، ۴ توده بذری ۲۵ تایی وزن گردید و میانگین آن‌ها با ضرب در عدد چهار، به عنوان وزن صد دانه یادداشت گردید. در زمان رسیدگی (۱۰ اسفند ماه) به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف‌بر شد و ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر نانواکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با آن در تربتیکاله

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	طول سنبله اصلی	عملکرد تک بوته	تعداد دانه در سنبله
پرولین					
R	۲	۷۱/۰۰۵**	۰/۲۹۸ ^{ns}	۰/۳۹**	۸۴/۱۵**
S	۳	۲۷۰۴/۹۴**	۵۲/۳۳**	۶/۸۱**	۸۲۱/۰۴**
F	۳	۴۹۴/۸۹**	۴۲/۹۴**	۲/۲۵**	۲۲۷/۷۱**
Zn	۲	۵۹۰/۸۸**	۲۴/۴۹**	۱/۴۷**	۲۲۶/۹۱**
F × S	۹	۵/۰۲ ^{ns}	۰/۴۰۶ ^{ns}	۰/۰۵۸**	۵/۵۵**
Zn × S	۶	۴/۲۴ ^{ns}	۰/۰۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۴**	۳/۰۵**
F × Zn	۶	۲/۱۷ ^{ns}	۰/۲۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۷۰۸**
F × Zn × S	۱۸	۲/۸۵ ^{ns}	۰/۲۷۵ ^{ns}	۰/۰۱۱**	۱/۲۳**
Error	۹۴	۳۹/۱۸	۰/۳۲۳	۰/۰۰۶۴	۸/۲۵
(%) CV	-	۴/۷۷	۴/۷۱	۳/۱۶	۵/۸۳

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

R تکرار، S شوری، F کودهای بیولوژیک، Zn نانواکسید روی، Error اشتباه آزمایشی، CV ضریب تغییرات

ادامه جدول ۳ -

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		قند محلول	وزن صد دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه
طول دوره پر شدن دانه					
R	۲	۹۳۳/۶۴**	۰/۹۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳*	۱۲/۶۲**
S	۳	۱۳۲۸۱/۶۲**	۷/۷۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳**	۲۳/۳**
F	۳	۲۳۸۷/۸۳**	۲/۰۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴**	۵/۶۸**
Zn	۲	۱۴۲۷/۸۲**	۱/۸۹**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷**	۱۲/۱**
F × S	۹	۲۹۳/۳۱**	۰/۰۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۵/۸۳**
Zn × S	۶	۴۳/۵۳**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵**	۰/۵۳ ^{ns}
F × Zn	۶	۷۲/۰۲**	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴**	۳/۷۱**
F × Zn × S	۱۸	۴۱/۳۷**	۰/۰۳**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱**	۴/۸۱**
Error	۹۴	۷/۴۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹	۳/۱۸۳
(%) CV	-	۴/۷۶	۱/۱۸	۶/۷	۵/۲۸

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

R تکرار، S شوری، F کودهای بیولوژیک، Zn نانواکسید روی، Error اشتباه آزمایشی، CV ضریب تغییرات

بدین صورت که باکتری‌های محرک رشد با تولید ترکیباتی موجب می‌شوند که ترشحات ریشه گیاهان افزایش یافته و باعث تحریک و رشد هیف‌های قارچ و نفوذ بهتر آن‌ها در ریشه گیاهان می‌شوند (Jeffries et al., 2003). از طرف دیگر قارچ‌های میکوریزا با افزایش فعالیت باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Linderman, 1992). کمبود ناشی از روی به دلیل اختلال در متابولیسم بافت سلولی و خسارت به پروتئین‌های غشا، کلروفیل، آنزیم‌ها و ایندول استیک موجب ممانعت از رشد گیاه می‌شود (Cakmak, 2000).

اساسی در بهبود صفات مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته گندم دارند. Cho و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که استفاده از قارچ میکوریزا موجب افزایش رشد سورگوم در شرایط شوری می‌شود. نتایج نشان داده است که استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب بهبود رشد غلات و لگوم‌ها در شرایط تنش شوری می‌شود (Nadeem et al., 2010b). Behl و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند بخشی از افزایش ارتفاع بوته در شرایط استفاده از کودهای زیستی را می‌توان به رابطه مثبتی که بین باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا وجود دارد نسبت داد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، کودهای بیولوژیک و مقادیر نانو اکسید روی بر ارتفاع بوته، پرولین و طول سنبله تریکاله

طول سنبله اصلی (سانتی متر)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پرولین (میلی گرم در گرم وزن تر)		
۱۱/۳۸ ^c	۱۲۷/۹۴ ^c	۶/۵۹ ^c	عدم محلول پاشی	محلول پاشی نانو اکسید روی (گرم در لیتر)
۱۲ ^b	۱۳۱/۱۸ ^b	۷/۰۵ ^b	۰/۴	
۱۲/۸ ^a	۱۳۴/۹۵ ^a	۷/۸ ^a	۰/۸	
۰/۲۳	۰/۹۴	۰/۱۵		LSD _{5%}
۱۰/۷۳ ^d	۱۲۶/۸ ^d	۶/۴۱ ^d	عدم کاربرد کودهای بیولوژیک	
۱۱/۶۶ ^c	۱۳۰/۲ ^c	۶/۸۴ ^c	کاربرد میکوریزا	کودهای بیولوژیک
۱۲/۶۵ ^b	۱۳۳/۰۴ ^b	۷/۵۵ ^b	کاربرد توأم از تو باکتر و سودوموناس	
۱۳/۲ ^a	۱۳۵/۴ ^a	۷/۷۸ ^a	کاربرد توأم باکتری های محرک رشد و میکوریزا	
۰/۲۶	۱/۰۹	۰/۱۸		LSD _{5%}
۱۳/۴۶ ^a	۱۴۱/۸۳ ^a	۴/۱ ^d	عدم شوری	
۱۲/۴۵ ^b	۱۳۳/۸۱ ^b	۷/۱۴ ^c	۲۰ میلی مولار	سطوح شوری
۱۱/۷۳ ^c	۱۲۸/۵۲ ^c	۸/۱۷ ^b	۴۰ میلی مولار	
۱۰/۶ ^d	۱۲۱/۲۷ ^d	۹/۱۸ ^a	۶۰ میلی مولار	
۰/۲۶	۱/۰۹	۰/۱۸		LSD _{5%}

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند

طول سنبله کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. آنان علت را به کاهش گسترش ریشه و عدم توانایی ریشه در دسترسی به منابع غذایی ریزوسفر در شرایط شوری نسبت دادند. اردکانی و همکاران (۱۳۸۰) افزایش طول سنبله گندم را در مقایسه با شاهد در اثر تلقیح با آزو اسپیریلیوم گزارش کردند و دلیل آن را به افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه ها در اثر تولید هورمون های گیاهی و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

پرولین: نتایج نشان داد بیشترین میزان پرولین در شوری ۶۰ میلی مولار (۹/۱۸ میلی گرم در گرم وزن تر)، کاربرد توأم باکتری های محرک رشد با میکوریزا (۷/۷۸ میلی گرم در گرم وزن تر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی (۷/۸ میلی گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (جدول ۴). کمترین میزان پرولین به ترتیب در عدم اعمال شوری (۴/۱ میلی گرم در گرم وزن تر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۶/۴۱ میلی گرم در گرم وزن تر) و عدم محلول پاشی (۶/۵۹ میلی گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (جدول ۴). همچنین اثر ترکیب

Alpaslan و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند افزایش غلظت روی می تواند اثر منفی شوری را با محدود کردن جذب سدیم و کلر و یا انتقال آن ها در گیاه تخفیف دهد.

طول سنبله اصلی: مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین طول سنبله اصلی در عدم اعمال شوری (۱۳/۴۶ سانتی متر)، کاربرد توأم باکتری های محرک رشد با میکوریزا (۱۳/۲ سانتی متر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی (۱۲/۸ سانتی متر) به دست آمد (جدول ۴). کمترین طول سنبله اصلی به ترتیب در شوری ۶۰ میلی مولار (۱۰/۶ سانتی متر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۱۰/۷۳ سانتی متر) و عدم محلول پاشی (۱۱/۳۸ سانتی متر) به دست آمد (جدول ۴). علت کاهش طول سنبله در شرایط شوری را می توان به تأثیر سمیت ناشی از یون های Na و Cl نسبت داد که در شرایط شوری افزایش جذب سدیم، موجب کاهش فنوستت و تقسیمات سلولی شده و تأثیر آن بر ویژگی های عملکردی مشخص و بارز خواهد بود (بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳). ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با افزایش شوری،

نسبت داد (جدول ۷ و ۸). بدین صورت که در حالت عدم اعمال شوری سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب گردید که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. کودهای بیولوژیک از طریق ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب رشد گیاه شده (Roesty *et al.*, 2006) و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند. Wright و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند. Mader و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در اثر تلقیح توأم بذر گندم با قارچ میکوریزا و سودوموناس، عملکرد دانه به میزان ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. Gray و Hemantaranjan (۱۹۸۸) علت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در اثر کاربرد روی را به تأثیر این عنصر در افزایش کلروفیل برگ و غلظت ایندول استیک اسید نسبت دادند.

قند محلول: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان قند محلول (۹۹/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کم‌ترین این صفت (۲۵/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در عدم اعمال شوری، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۶). Slama و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که در شرایط تنش شوری میزان قندهای محلول افزایش می‌یابد. هنگامی که پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد تجمع قندها احتمالاً در تنظیم اسمزی نقش اصلی را ایفا می‌کنند (Sato *et al.*, 2004). افزایش قندهای محلول در گیاهان تحت تنش در برقراری آماس و جلوگیری از پلاسمولیز موثر است (Munne and Alegre, 1999). افزایش قندهای محلول در زمان

تیماری شوری در کود زیستی نشان داد که بیش‌ترین میزان پرولین در شوری ۶۰ میلی‌مولار و کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا (۹/۷۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کم‌ترین آن (۳/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در عدم اعمال شوری و عدم کاربرد کودهای بیولوژیک به دست آمد (جدول ۵). پرولین علاوه بر نقش اسمولیتی که در تعادل اسمزی دارد، در پایداری ساختارهای زیر سلولی (غشاها و پروتئین‌ها)، خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و تنظیم پتانسیل ردوکس در شرایط تنش نقش دارد. همچنین، می‌تواند به‌عنوان محلول سازگار پروتئینی، کاهش‌دهنده pH سیتوپلاسمی و حفظ‌کننده نسبت $NADP^+/NADPH$ مناسب در متابولیسم، عمل کند (Ashraf and Foolad, 2007). Ruiz-Lozano و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که همزیستی میکوریزایی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان را به وسیله افزایش پرولین تحت تأثیر قرار می‌دهد. Gusain و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان پرولین می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار پرولین و قند محلول در گندم شده است (Khalafallah and Abo-Ghalia, 2008).

عملکرد تک بوته و تعداد دانه در سنبله: بیش‌ترین

عملکرد تک بوته (۳/۶۴ گرم در بوته) و تعداد دانه در سنبله (۶۰/۷ عدد) در عدم اعمال شوری، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۱/۶۵ گرم در بوته و ۳۹/۴۳ عدد) در شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۶). از آنجایی که عملکرد دانه تابعی از اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله می‌باشد، به نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر ترکیب تیماری عدم شوری، کاربرد توأم کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همچنین بخشی از روند تغییرات عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر شوری در کودهای بیولوژیک بر میزان پرولین برگ پرچم تربتیگاله

پرولین (میلی گرم در گرم وزن تر)				شوری
کود زیستی				
کاربرد توأم از توپاکتر و رشد و میکوریزا	کاربرد توأم از توپاکتر و سودوموناس	کاربرد میکوریزا	عدم کاربرد کودهای بیولوژیک	
۴/۹ ^g	۴/۳۱ ^g	۳/۹۱ ^g	۳/۸۲ ^g	عدم شوری
۸/۱ ^{cd}	۷/۹۸ ^{cd}	۶/۶۱ ^e	۵/۸۵ ^f	شوری ۲۰ میلی مولار
۸/۹۶ ^b	۸/۲۴ ^c	۷/۹ ^{cd}	۷/۶۱ ^d	شوری ۴۰ میلی مولار
۹/۷۲ ^a	۹/۶۷ ^a	۸/۹۶ ^b	۸/۳۷ ^{bc}	شوری ۶۰ میلی مولار
۰/۶۱				LSD _{0.05}

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

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول پاشی نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر عملکرد، تعداد دانه در سنبله و

قند محلول تربتیگاله

سطوح شوری	کود زیستی	عملکرد (گرم در بوته)			تعداد دانه در سنبله			قند محلول (میلی گرم در گرم وزن تر)		
		سطوح روی			سطوح روی			سطوح روی		
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	۲/۴۵ ^{no}	۲/۶۸ ^j	۲/۸۲ ^h	۴۷ ^{qr}	۵۲/۴۳ ^{hi}	۵۴/۱ ^{ef}	۲۵/۱۱ ^z	۳۲/۰۱ ^z	۳۵/۱۷ ^z
	F ₁	۲/۷۲ ^{ij}	۲/۸۹ ^{fg}	۳/۱ ^d	۵۱/۴۳ ^{jk}	۵۴/۸ ^d	۵۶/۷۶ ^c	۲۷/۰۸ ^z	۳۷/۱۲ ^{x-z}	۳۷/۰۳ ^{yz}
	F ₂	۳/۱ ^d	۳/۱ ^d	۳/۳۹ ^b	۵۲/۹ ^{gh}	۵۵/۱ ^d	۵۷/۶۶ ^b	۳۴/۲۹ ^z	۳۸/۶۸ ^{w-z}	۴۰/۳۷ ^{v-y}
	F ₃	۳/۱۱ ^d	۳/۴۱ ^b	۳/۶۴ ^a	۵۵/۳۳ ^d	۵۷/۳۳ ^{bc}	۶۰/۷ ^a	۳۹/۶۷ ^{v-y}	۴۰/۵۵ ^{v-y}	۴۱/۵۲ ^{u-x}
S ₁	F ₀	۲/۳۴ ^p	۲/۴۳ ^o	۲/۶ ^k	۴۶/۳۳ ^{rs}	۴۸/۱ ^{no}	۴۹/۳۳ ^m	۴۲/۵۸ ^{t-w}	۴۳/۹۸ ^{t-v}	۴۵/۷۵ ^{s-u}
	F ₁	۲/۴۹ ^{mn}	۲/۶ ^k	۲/۸۶ ^{gh}	۴۷/۵ ^{opq}	۴۹/۳۳ ^m	۵۱/۳۳ ^k	۴۰/۴۷ ^{v-y}	۴۶/۵۹ ^{r-t}	۵۰/۶۷ ^{qr}
	F ₂	۲/۷۲ ^{ij}	۲/۹۳ ^f	۳ ^e	۵۰/۸ ^k	۵۳/۵۶ ^{fg}	۵۴ ^f	۴۵/۲۴ ^{s-u}	۵۱/۱۸ ^q	۵۸/۲۸ ^{m-o}
	F ₃	۲/۹۱ ^f	۳/۰۱ ^e	۳/۲۸ ^c	۵۳/۸ ^f	۵۴/۷۶ ^{de}	۵۷/۵۶ ^b	۵۱/۹۸ ^{pq}	۵۵/۹۷ ^{op}	۶۳/۰۱ ^{kl}
S ₂	F ₀	۱/۹۳ ^t	۲/۱۲ ^r	۲/۳۲ ^p	۴۳/۴۳ ^v	۴۶/۱ ^s	۴۷/۵۶ ^{opq}	۴۸/۵۴ ^{q-s}	۴۸/۶۷ ^{q-s}	۵۱/۸۵ ^{pq}
	F ₁	۲/۰۶ ^s	۲/۲ ^q	۲/۴۳ ^o	۴۴/۹ ^t	۴۶/۳۳ ^{rs}	۴۸/۲۳ ^{no}	۵۷/۶ ^{no}	۶۹/۳۶ ^{is}	۷۸/۶۱ ^g
	F ₂	۲/۲۱ ^q	۲/۳۲ ^p	۲/۵۴ ^l	۴۶/۳۳ ^{rs}	۴۷/۷۶ ^{op}	۴۹/۸ ^{lm}	۵۶/۰۶ ^{op}	۶۳/۴۷ ^{kl}	۶۱/۴۴ ^{l-n}
	F ₃	۲/۵۲ ^{lm}	۲/۷۳ ⁱ	۲/۸۹ ^{fg}	۴۷/۵ ^{opq}	۵۰/۰۶ ^l	۵۲/۱ ^{ij}	۶۲/۰۱ ^{l-n}	۷۳/۹۳ ^h	۸۱/۷۹ ^{fg}
S ₃	F ₀	۱/۶۵ ^v	۱/۸۲ ^u	۲/۰۸ ^{rs}	۳۹/۴۳ ^y	۴۱/۲۳ ^x	۴۳/۴۳ ^v	۵۷/۷۲ ^{no}	۶۲/۴۳ ^{k-m}	۶۶/۴۴ ^{jk}
	F ₁	۱/۸۲ ^u	۱/۹۶ ^t	۲/۱۲ ^r	۴۰/۶۶ ^x	۴۲/۵۳ ^w	۴۴/۳۳ ^{tu}	۶۵/۷۵ ^{j-l}	۷۱/۲۸ ^{hi}	۹۴/۲۹ ^{bc}
	F ₂	۱/۹۴ ^t	۲/۲ ^q	۲/۳۳ ^p	۴۰/۸۶ ^x	۴۵ ^t	۴۶ ^s	۸۳/۶۸ ^{ef}	۸۹/۹۷ ^{cd}	۹۳/۸۲ ^{bc}
	F ₃	۲/۱۳ ^r	۲/۲۳ ^q	۲/۳۱ ^p	۴۳/۷۶ ^{uv}	۴۷/۳۶ ^{pq}	۴۸/۵۳ ⁿ	۸۷/۵۹ ^{de}	۹۷/۱۸ ^{ab}	۹۹/۴۸ ^a
LSD _{0.05}		۰/۰۴			۰/۶۶			۴/۴۲		

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

S₀, S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی مولار، ۴۰ میلی مولار و ۶۰ میلی مولار. F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn₀ و Zn₁ و Zn₂ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول پاشی نانواکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر وزن صد دانه و سرعت پر شدن دانه تریتیکاله

سطوح شوری	کود زیستی	وزن صد دانه (گرم)			سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)		
		سطوح روی			سطوح روی		
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	۵/۲۱ ^{ijkl}	۵/۱۹ ^{ijkl}	۵/۲۷ ^{hij}	۰/۰۰۱۵۷ ^{uv}	۰/۰۰۱۶۹ ^{o-q}	۰/۰۰۱۸ ^{g-j}
	F ₁	۵/۲۶ ^{hijk}	۵/۴۲ ^{fg}	۵/۶۱ ^{de}	۰/۰۰۱۷۲ ^{l-o}	۰/۰۰۱۷۳ ^{k-o}	۰/۰۰۱۸۴ ^{d-g}
	F ₂	۵/۶۹ ^{cd}	۵/۷۸ ^c	۵/۹۲ ^b	۰/۰۰۱۹۲ ^{ab}	۰/۰۰۱۸۴ ^{d-g}	۰/۰۰۱۸۶ ^{c-e}
	F ₃	۵/۵۲ ^{ef}	۵/۹۱ ^b	۶/۱۵ ^a	۰/۰۰۱۸۲۳ ^{d-h}	۰/۰۰۱۹۲ ^{ab}	۰/۰۰۱۹۶ ^a
S ₁	F ₀	۴/۶۴ ^{vwx}	۴/۸۸ ^{rs}	۵/۱۲ ^{lmn}	۰/۰۰۱۵ ^{w-z}	۰/۰۰۱۵۳ ^{v-x}	۰/۰۰۱۶۱ ^{s-u}
	F ₁	۴/۹۲ ^{qr}	۵/۲ ^{ijkl}	۵/۳۲ ^h	۰/۰۰۱۶۶ ^{p-r}	۰/۰۰۱۷ ^{n-p}	۰/۰۰۱۸۶ ^{c-e}
	F ₂	۵/۰۱ ^{opq}	۵/۲۹ ^{hi}	۵/۴۲ ^{fg}	۰/۰۰۱۸۰۶ ^{f-i}	۰/۰۰۱۷۵ ^{k-n}	۰/۰۰۱۷۴ ^{k-n}
	F ₃	۵/۰۸ ^{mno}	۵/۳۱ ^h	۵/۵۸ ^e	۰/۰۰۱۸۲۶ ^{d-g}	۰/۰۰۱۸۵ ^{d-f}	۰/۰۰۱۹ ^{bc}
S ₂	F ₀	۴/۴ ^{xy}	۴/۶۳ ^{wx}	۵/۰۴ ^{nop}	۰/۰۰۱۵۵ ^{vw}	۰/۰۰۱۴۸ ^{x-z}	۰/۰۰۱۵۷ ^{uv}
	F ₁	۴/۵۵ ^{wx}	۴/۷۴ ^{tuv}	۵ ^{opq}	۰/۰۰۱۶ ^{tu}	۰/۰۰۱۵۴ ^{vw}	۰/۰۰۱۶۰۶ ^{s-u}
	F ₂	۴/۶۶ ^{uvw}	۴/۹۸ ^{pq}	۴/۹۸ ^{pq}	۰/۰۰۱۶۳ ^{r-t}	۰/۰۰۱۶۵ ^{q-s}	۰/۰۰۱۷۶ ^{i-l}
	F ₃	۵ ^{opq}	۵/۰۴ ^{nop}	۵/۱۷ ^{klm}	۰/۰۰۱۸۷ ^{cd}	۰/۰۰۱۸۲ ^{e-h}	۰/۰۰۱۷۷ ^{h-k}
S ₃	F ₀	۳/۷ ^z	۴/۱۲ ^y	۴/۴۵ ^x	۰/۰۰۱۳۹ ^z	۰/۰۰۱۴۶ ^{yz}	۰/۰۰۱۴۵ ^{yz}
	F ₁	۴/۰۸ ^y	۴/۴۵ ^x	۴/۵۹ ^{wx}	۰/۰۰۱۵۱ ^{w-y}	۰/۰۰۱۶۶ ^{p-r}	۰/۰۰۱۶۱ ^{s-u}
	F ₂	۴/۵۵ ^{wx}	۴/۶۶ ^{uvw}	۴/۷۶ ^{tu}	۰/۰۰۱۵۱۶ ^{wx}	۰/۰۰۱۵۳ ^{vw}	۰/۰۰۱۷۱ ^{m-o}
	F ₃	۴/۶۶ ^{uvw}	۴/۸۱ st	۴/۹۳ ^{qr}	۰/۰۰۱۷۴ ^{k-n}	۰/۰۰۱۶۳ ^{r-t}	۰/۰۰۱۷۵ ^{j-m}
LSD _{0.05}		۰/۰۹			۰/۰۰۰۰۴		

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

هورمون‌ها به ویژه سیتوکینین می‌تواند با انتقال یون‌های مؤثر در باز شدن روزنه‌ها و تنظیم سطح کلروفیل، موجب بالارفتن سرعت فتوسنتز و در نهایت افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها در گیاهان شود (Nemat-Alla *et al.*, 2008). نتایج تحقیقات Marschner و Dell (۱۹۹۴) نشان داد که قارچ‌های میکوریزی با افزایش قندهای محلول باعث افزایش معنی‌دار فتوسنتز گیاهان می‌شوند. Khalafallah و Abo-Ghalia (۲۰۰۸) علت افزایش معنی‌دار فتوسنتز را به‌واسطه کاربرد میکوریزا به بهبود تنظیم اسمزی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مکانیسم‌های دفاعی و تخفیف صدمات اکسیداتیو ایجاد شده به وسیله شوری نسبت دادند.

وزن صد دانه و سرعت پر شدن دانه: نتایج نشان داد

بیش‌ترین وزن صد دانه (۶/۱۵ گرم) و سرعت پر شدن دانه

تنش با توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای فتوسنتزی و تجزیه قندهای نامحلول انجام می‌گیرد (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴). تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش‌های محیطی با افزایش میزان قندهای محلول باعث بهبود رشد گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی شد (Bano *et al.*, 2013). Bano و Naseem (۲۰۱۴) اظهار داشتند که تلقیح بذر گیاهان با باکتری‌های محرک رشد، موجب افزایش غلظت قندهای محلول گردید. Kapoor و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند قارچ‌های میکوریزا به وسیله‌ی هیدرولیز نشاسته باعث افزایش قندهای محلول گیاهان می‌زبان می‌شوند. دلیل دیگر برای تأثیر این قارچ‌ها در افزایش محتوای قندهای محلول، افزایش مقدار هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین در گیاهان میکوریزایی است. افزایش در میزان این

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول پاشی نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه تریتیکاله

سطوح شوری	کود زیستی	طول دوره پر شدن دانه (روز)			دوره موثر پر شدن دانه (روز)		
		سطوح روی			سطوح روی		
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	۵۰/۶۵ ^{c-i}	۵۱/۲۹ ^{b-g}	۵۰/۴۳ ^{e-k}	۳۴/۹۶ ^{b-g}	۳۳/۶۶ ^{h-q}	۳۲/۹۱ ^{m-r}
	F ₁	۵۰/۵۴ ^{c-j}	۵۱/۴۴ ^{b-d}	۵۱/۲۵ ^{b-g}	۳۴/۷۶ ^{b-i}	۳۵/۲ ^{b-e}	۳۴/۴۲ ^{b-k}
	F ₂	۵۰/۴۴ ^{e-k}	۴۹/۶۶ ^{j-o}	۵۰/۴۸ ^{e-j}	۳۱/۴۲ ^{tu}	۳۴/۳ ^{b-l}	۳۴/۶۴ ^{b-j}
	F ₃	۵۱/۴۷ ^{bc}	۵۱/۹۱ ^{ab}	۵۲/۷۵ ^a	۳۵/۴۷ ^{ab}	۳۵/۰۶ ^{b-f}	۳۶/۶۲ ^a
S ₁	F ₀	۵۰/۴۹ ^{e-j}	۵۰/۷۸ ^{c-i}	۵۱/۰۲ ^{b-i}	۳۴/۶۳ ^{b-j}	۳۴/۶۵ ^{b-j}	۳۵/۲ ^{b-e}
	F ₁	۵۰/۷۴ ^{c-i}	۵۰/۷ ^{c-i}	۵۱/۳۲ ^{b-g}	۳۴/۰۷ ^{d-n}	۳۴/۶۸ ^{b-j}	۳۲/۶۲ ^{p-t}
	F ₂	۵۱/۳ ^{b-g}	۵۱/۱۲ ^{b-h}	۵۱/۲۴ ^{b-g}	۳۲/۴۷ ^{q-t}	۳۴/۸۷ ^{b-h}	۳۵/۵ ^{ab}
	F ₃	۵۱/۳۵ ^{b-f}	۵۰/۹۸ ^{b-i}	۴۹/۴۵ ^{l-o}	۳۴/۳ ^{b-l}	۳۴/۸۸ ^{b-h}	۳۵/۱۴ ^{b-e}
S ₂	F ₀	۴۹/۲۳ ^{n-p}	۵۰/۶۸ ^{c-i}	۵۰/۲۵ ^{h-m}	۳۱/۸۶ ^{r-u}	۳۴/۱۶ ^{c-m}	۳۲/۴۸ ^{q-t}
	F ₁	۵۱/۳۸ ^{b-e}	۵۱/۱۱ ^{b-h}	۵۱/۰۵ ^{b-i}	۳۳/۹۶ ^{e-o}	۳۵/۳۵ ^{bc}	۳۵/۲۸ ^{b-d}
	F ₂	۵۰/۶۳ ^{c-i}	۵۰/۵۵ ^{c-j}	۵۰/۲۵ ^{h-m}	۳۳/۷۴ ^{g-p}	۳۳/۸۷ ^{f-p}	۳۲/۸۳ ^{n-r}
	F ₃	۵۰/۳۷ ^{g-l}	۵۰/۷۸ ^{c-i}	۴۹/۶۶ ^{j-o}	۳۱/۱۹ ^u	۳۲/۷۸ ^{o-s}	۳۴/۸۹ ^{b-h}
S ₃	F ₀	۴۸/۱۸ ^q	۵۰/۱۳ ⁱ⁻ⁿ	۵۰/۵ ^{d-j}	۳۰/۸۲ ^u	۳۱/۴۳ ^{tu}	۳۳/۱۱ ^{l-r}
	F ₁	۴۹/۳۸ ^{m-p}	۴۸/۵ ^{pq}	۴۹/۶۵ ^{j-o}	۳۳/۳۴ ^{k-q}	۳۱/۸۷ ^{r-u}	۳۳/۴۷ ^{j-q}
	F ₂	۴۹/۰۷ ^{o-q}	۵۰/۲۶ ^{h-m}	۴۹/۶۵ ^{j-o}	۳۲/۹۶ ^{m-r}	۳۵/۲۱ ^{b-d}	۳۱/۴۶ ^{tu}
	F ₃	۴۹/۵ ^{k-o}	۵۰/۴۳ ^{f-k}	۴۹/۶۲ ^{j-o}	۳۱/۵۴ ^{s-u}	۳۴/۴۲ ^{b-k}	۳۳/۵۸ ^{i-q}
LSD _{0.05}		۰/۹۴			۱/۲۵		

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

S₀, S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی‌مولار، ۴۰ میلی‌مولار و ۶۰ میلی‌مولار. F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn₀, Zn₁ و Zn₂ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی

مرحله دوم که بعد از رسیدگی وزنی است، وزن دانه تغییر نمی‌کند (Sedghi et al., 2008). وزن دانه به مقدار انتقال مواد فتوسنتزی وابسته است که این میزان به سرعت و طول دوره انتقال مواد پرورده بستگی دارد و به عنوان سرعت و دوره پر شدن دانه شناخته می‌شود (Jongkaettana et al., 1993). Behl و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا اثرات متقابل مثبتی وجود دارد، از این رو کودهای بیولوژیک می‌توانند با تأمین عناصر غذایی، ضمن

(۰/۰۰۱۹۶ گرم در روز) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی و کم‌ترین این صفات (به ترتیب ۳/۷ گرم و ۰/۰۰۱۳۹ گرم در روز) در شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد. (جدول ۷). مدل تغییرات وزن دانه را می‌توان به دو مرحله تفکیک کرد. در مرحله اول، وزن دانه تا رسیدن به رسیدگی وزنی به طور خطی افزایش می‌یابد و در

جدول ۹- معادلات برازش شده برای سرعت و طول دوره پر شدن دانه تریتیکاله

		معادله برازش شده		
تنش شوری	کود زیستی	سطوح روی (Zn)		
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	Y= -0.0306+0.00158X	Y= -0.0342+0.00172X	Y= -0.037+0.00179X
	F ₁	Y= -0.0314+0.00173X	Y= -0.033+0.00175X	Y= -0.0426+0.00186X
	F ₂	Y= -0.0376+0.00191X	Y= -0.0397+0.00187X	Y= -0.0362+0.00188X
	F ₃	Y= -0.0391+0.00184X	Y= -0.0406+0.00195X	Y= -0.038+0.00198X
S ₁	F ₀	Y= -0.0229+0.00141X	Y= -0.0228+0.00145X	Y= -0.0288+0.00158X
	F ₁	Y= -0.0308+0.00167X	Y= -0.0257+0.00162X	Y= -0.0362+0.00186X
	F ₂	Y= -0.0359+0.0018X	Y= -0.0235+0.00157X	Y= -0.0318+0.00178X
	F ₃	Y= -0.0329+0.00184X	Y= -0.0042+0.00189X	Y= -0.036+0.00187X
S ₂	F ₀	Y= -0.028+0.00157X	Y= -0.0259+0.00149X	Y= -0.028+0.00154X
	F ₁	Y= -0.0295+0.0016X	Y= -0.0208+0.00143X	Y= -0.021+0.00149X
	F ₂	Y= -0.029+0.00164X	Y= -0.0294+0.00165X	Y= -0.0326+0.00178X
	F ₃	Y= -0.0376+0.00188X	Y= -0.0342+0.00182X	Y= -0.0285+0.00179X
S ₃	F ₀	Y= -0.0216+0.00129X	Y= -0.0189+0.00136X	Y= -0.0185+0.00139X
	F ₁	Y= -0.0262+0.00151X	Y= -0.0308+0.00171X	Y= -0.0279+0.00162X
	F ₂	Y= -0.0264+0.00153X	Y= -0.0259+0.00155X	Y= -0.0353+0.00183X
	F ₃	Y= -0.035+0.00183X	Y= -0.0269+0.00163X	Y= -0.0303+0.00178X

S₀, S₁, S₂ و S₃ به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی‌مولار، ۴۰ میلی‌مولار و ۶۰ میلی‌مولار. F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn₀, Zn₁ و Zn₂ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی

به طوری که با افزایش شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به عدم اعمال شوری کاهش نشان داد. بیش‌ترین طول دوره (۵۲/۷۵ روز) و دوره موثر پر شدن دانه (۳۶/۶۲ روز) در ترکیب تیماری حاصل از عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کم‌ترین طول دوره (۴۸/۱۸ روز) و دوره موثر پر شدن دانه (۳۰/۸۲ روز) در ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۸). Grieve و Mass (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهند. Fischer (۲۰۱۱) ارتباط بسیار نزدیکی بین طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه را گزارش کرد. از لحاظ تأثیر کودهای بیولوژیک بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه

افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم سازند. افزایش وزن دانه از طریق طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه (Gebeyhou *et al.*, 1982) میسر است. Dias و Lidon (۲۰۰۹) گزارش کردند که تأثیر سرعت پر شدن دانه بر عملکرد گندم بیشتر از طول دوره پر شدن دانه می‌باشد. به نظر می‌رسد بالا بودن سرعت پر شدن دانه در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی نانوآکسید روی می‌تواند بخشی از افزایش وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه را توجیه نماید.

طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه: معادلات رگرسیونی برازش شده (جدول ۹) نشان داد که بین تیمارهای مختلف شوری، کودهای بیولوژیک و محلول پاشی با نانوآکسید روی از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد

جدول ۱۰- همبستگی بین صفات مورد مطالعه

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
									۱
								۱	۰/۸۷۳**
							۱	۰/۸۸۹**	۰/۹۰۸**
						۱	۰/۹۷۶**	۰/۸۷۵**	۰/۸۹۶**
					۱	۰/۹۴۲**	۰/۹۵۶**	۰/۸۸۵**	۰/۸۷۶**
				۱	۰/۸۳۷**	۰/۸۱۷**	۰/۸۴۸**	۰/۸۵۵**	۰/۷۸**
			۱	۰/۳۳۶**	۰/۴۹۵**	۰/۵۴۶**	۰/۵۲۴**	۰/۴۲۶**	۰/۴۹۶**
		۱	۰/۳۷۸**	۰/۰۹۴ ^{NS}	۰/۴۰۵**	۰/۴۶۶**	۰/۴۳۹**	۰/۳۸۹**	۰/۴۷۷**
	۱	-۰/۲۶۵**	-۰/۳۳۹**	-۰/۲۸۱**	-۰/۴۲۴**	-۰/۵**	-۰/۴۹۷**	-۰/۳۱۴**	-۰/۵۵۹**
۱	۰/۸۵۷**	-۰/۱۵۶ ^{NS}	-۰/۴۳۵**	-۰/۲۳۴**	-۰/۳۷۶**	-۰/۴۸۵**	-۰/۴۷۷**	-۰/۲۶۸**	-۰/۴۷۵**

۱. ارتفاع بوته، ۲. طول سنبله، ۳. عملکرد تک بوته، ۴. تعداد دانه در سنبله، ۵. وزن صد دانه، ۶. سرعت پر شدن دانه، ۷. طول دوره پر شدن دانه، ۸. دوره مؤثر پر شدن دانه، ۹. پرولین، ۱۰. قند محلول
^{NS} و * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتیجه گیری کلی

با افزایش شوری عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی با نانو اکسید روی در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. نتایج نشان داد که اعمال شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی-مولار به ترتیب باعث کاهش ۸/۹، ۲۲/۱۱ و ۳۲/۳۴ درصدی عملکرد شده و استفاده توأم از کودهای بیولوژیک و نانو اکسید روی به ترتیب ۴۰/۱۷، ۴۹/۷۴ و ۴۰ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کردند. به نظر می رسد کاربرد توأم میکوریز با باکتری های محرک رشد و محلول پاشی با نانو اکسید روی با تعدیل اثرات شوری می تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط تنش شوری موثر واقع شود. پیشنهاد می شود که اثر این فاکتورها بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تربیتکاله در شرایط مزرعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

مشاهده شد که کاربرد توأم باکتری های محرک رشد با قارچ میکوریزا بیشترین تأثیر را بر روی این صفات داشته است. همچنین از لحاظ محلول پاشی با نانو اکسید روی مشخص گردید که محلول پاشی با ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی بیشترین و عدم محلول پاشی کمترین تأثیر را بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه داشت. به نظر می رسد که طولانی بودن مرحله پر شدن دانه فرصت کافی برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه افزایش عملکرد را فراهم می سازد.

همبستگی بین صفات مورد مطالعه: جدول ضریب

همبستگی (جدول ۱۰) نشان دهنده این است که صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین صفات مربوط به پر شدن دانه با همدیگر همبستگی مثبت و معنی دار و با صفات پرولین و قند محلول همبستگی منفی و معنی داری دارند. همچنین بین پرولین و قند محلول همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد.

منابع

اردکانی، م. ر.، مجد، ف.، مظاهری، د. و نور محمدی، ق. (۱۳۸۰) بررسی کارایی آزو سبیریلوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر ۳۲. مجله علوم زراعی ایران. (۱) ۳: ۵۶-۶۹.

- بنده حق، ع.، کاظمی، ح.، ولی زاده، م. و جوانشیر، ع. (۱۳۸۳) مقاومت ارقام گندم بهاره نسبت به تنش شوری در مراحل رویشی و زایشی. مجله علوم کشاورزی ایران. (۱) ۱۳۵: ۷۱-۶۱.
- خواوازی، ک.، اسدی رحمانی، ه. و ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۴) ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. انتشارات سنا. ۲۷۹-۲۷۴.
- ذبیحی، ح.، ر.، ثواقبی، غ.، ر.، خواوازی، ک. و گنجعلی، ع. (۱۳۸۸) بررسی تأثیر کاربرد سویه‌های از سودوموناس‌های فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). (۱) ۲۳: ۱۰۷-۹۵.
- علیپور، ز. و ملکوتی، م. (۱۳۸۲) نقش باکتری‌های محرک رشد در رشد و سلامت گیاه. نشریه فنی شماره ۳۰۹. موسسه تحقیقات آب و خاک. ۱۲ صفحه.
- قربانلی، م. و نیاکان، م. (۱۳۸۴) بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. ۳: ۵۹-۴۳.
- ملکوتی، م. ج. و تهرانی، م. م. (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. مرکز نشر آموزش کشاورزی. ۱۷۶ صفحه.
- Al-Karaki, G. N. (2000) Growth of plant mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza* 10: 51-54.
- Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikili, Y. and Ozcan, H. (1999) Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicon esculentum* L. Mill. c.v.lale) grown under salinity. *Turkish Journal of Botany* 23: 1-6.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
- Bacilio, M., Rodriguez, H., Moreno, M., Hernandez, J. P. and Bashan, Y. (2004) Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. *Biology and Fertility of Soils* 40: 188-193.
- Bano, Q., Ilyas, N., Bano, A., Zafar, N., Akram, A. and Ul Hassan, F. (2013) Effect of *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 45: 13-20.
- Bates, L., Waldren, S. R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
- Baybordi, A. and Mamedov, G. (2010) Evaluation of application methods for efficiency of zinc and iron for Canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae* 2(1): 94-103.
- Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V. and Narula, N. (2003) Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science* 89: 151-155.
- Cakmak, I. (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist* 146: 185-205.
- Cho, K., Toler, H., Lee, J., Owenley, B., Stutz, J. C., Moore, J. L. and Auge, R. M. (2006) Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. *Journal of Plant Physiology* 163: 517-528.
- Devarajan, R. and Palaniappan, S. D. (1995) Zinc and molybdenum on yield and nutrition of soybean. *The Madras Agricultural Journal* 82: 188-189.
- Dias, A. S. and Lidon, F. C. (2009) Evaluation of grain filling rate and duration in beard and durum wheat under heat stress after anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195: 137-147.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, I. K., Rbers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350-356.
- Ellis, H. R. and Pieta-Filho, C. (1992) The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. *Seed Science Research* 2: 19-25.
- Fischer, R. A. (2011) Wheat physiology: a review of recent developments, *Crop and Pasture Science* 62: 95-114.
- Gebeyhou, G., Knott, D. R. and Baker, R. J. (1982) Rate and duration of filling in durum wheat cultivars. *Crop Science* 22: 337-340.
- Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M. and Haselwandter, K. (2001) Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: *Mycorrhiza* 13: 53-54. Lovato, P. Boo review.
- Giri, B. and Mukerji, K. G. (2004) Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza* 14: 307-312.

- Grover, M., Ali, S. K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V. and Venkateswarlu, B. (2010) Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27(5): 1231-1240.
- Gusain, Y. S., Singh, U. S. and Sharma, A. K. (2015) Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology* 14: 764-773.
- Hemantaranjan, A. and Gray, O. K. (1988) Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Nutrition* 11: 1439-1452.
- Horlein, A. J. and Valentine, J. (1995) *Triticale* (X. Triticosecale). PP. 187-225. In: Williams, J. T. (Ed.), *Cereals and Pseudo-Cereals*, Chapman and Hall, London.
- Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K. and Barea, J. M. (2003) The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37: 1-16.
- Jongkaettana, S., Geng, S., Hill, J. E. and Miler, B. C. (1993) Within panicle variability of grain in rice cultivars with different maturities. *Journal of Agronomy and Crop Science* 171(4): 236-242.
- Kapoor, R., Evelin, H., Mathur, P. and Giri, B. (2013) Arbuscular mycorrhiza: Approaches for abiotic stress tolerance in crop plants for sustainable agriculture. In: *Plant acclimation to environmental stress* (Eds. Tuteja, N. and Gill, SS). Pp. 359-401. Springer LLC.
- Khalafallah, A. A. and Abo-Ghalia, H. H. (2008) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research* 4: 559-569.
- Linderman, R.G. (1992) Vesicular–arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: Bethlenfalvay, G. J., Linderman, R. G, editors. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison, Wis: ASA. Pp: 1-26.
- Mader, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H. S., Sharma, A. K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B. N. and Fried, P. M. (2011) Inoculation of root microorganisms for sustainable wheaterice and wheateblack gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry* 43: 609-619.
- Maluszynski, M., Szarejko, I., Barriga, P. and Balcerzyk, A. (2001) Heterosis in crop mutant crosses and production of high yielding lines using doubled haploid systems. *Euphytica* 120: 387-398.
- Marschner, H. and Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 89-102.
- Mass, E. V. and Grieve, C. M. (1990) Spike and leaf development in salt stressed wheat. *Crop Science* 30: 1309-1313.
- Mishra, M., Kumar, U., Mishra, P. K. and Prakash, V. (2010) Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. Growth and germination under salinity. *Advances in Biological Research* 4(2): 92-96.
- Munne, S. and Alegre, L. (1999) Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinallis* L. *Journal Plant Physiology* 154: 759-766.
- Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M. and Ashraf, M. (2010b) Microbial ACC-deaminase: prospects and applications for inducing salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29: 360-393.
- Naseem, H. and Bano, A. (2014) Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize. *Journal of Plant Interactions* 9: 689-701.
- Nemat-Alla, M. M., Badawi, A. M., Hassan, N. M., El-Bastawisy, Z. M. and Badran, E. G. (2008) Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 90: 8-18.
- Prasad, A. S. (1984) Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Feed Processing* 43: 2829-2834.
- Prasad, T. N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T. S. and Sajanlal, P. R. (2012) Effect of nanoscale zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition* 35: 905-927.
- Rakha, A., Aman, P. and Andersson, R. (2011) Dietary fiber in triticale grain: variation in content, comparison, and molecular weight distribution of extractable components. *Journal of Cereal Science* 54: 324-331.
- Rayca, D., Pall, R. and Johri, B. N. (1994) Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rainfed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1111-1120.
- Roesty, D., Gaur, R. and Johri, B. N. (2006) Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1111-1120.
- Ronanini, D. R., Savin, R. and Hall, A. J. (2004) Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research* 83: 79-90.
- Ruiz-Lozano, J. M., Azcon, R. and Gomez, M. (1995) Effects of arbuscular mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance: physiological and nutritional plant responses. *Applied and Environmental Microbiology* 61: 456-460.

- Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A. and Tokuda, S. (2004) Physiological responses of cabbage plug seedlings to water stress during low-temperature storage in darkness. *Scientia Horticulturae* 101: 349-357.
- Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Namvar, A., Khandan-e-Bejandi, T. and Molaei, P. (2008) Responses of sunflower yield and grain filling period to plant density and weed interference. *Research Journal of Biological Sciences* 3(9): 1048-1053.
- Singh, T. and Purohit, S. S. (2011) *Biofertilizers Technology*. Agrobios (India). ISBN. 13:978-81-7754-382-7.
- Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A. and Abdelly, C. (2006) Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany* 56: 231-238.
- Szabados, L. and Savoure, A. (2009) Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science* 15(2): 89-97.
- Turan, M., Gulluce, M., Cakmakci, R., Oztas, T and. Sahin, F. (2010) The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. *World Congress of Soil Science, Soil solution for a changing world* 1-6 August, Brisbane Australia.
- Van, A. F. and Clijsters, H. (1990) Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell and Environment* 13 (3): 195-206.
- Wright, D. P., Scholes, J. D. and Read, D. J. (1998) Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. *Plant, Cell and Environment* 21: 209-216.
- Yamaguchi, T. and Blumwald, E. (2005) Developing salt tolerance crop plants: challenges and opportunities. *Trends Plant Science* 12: 615-620.
- Yang, M., Shi, L., Xu, F. S., Lu, J. W. and Wang, Y. H. (2009) Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere* 19(1): 53-59.

Effects of endo-mycorrhiza, plant growth promoting rhizobacteria and foliar application with nano zinc oxide on effective traits at grain filling of *Triticale* under soil salinity condition

Younes Kheirizadeh Arough¹, Raouf Seyed Sharifi^{*2}

¹ Ph.D student of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

² Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

(Received: 27/12/ 2015, Accepted: 09/05/2016)

Abstract

In order to evaluate the effects of mycorrhiza, plant growth promoting rhizobacteria and nano zinc oxide foliar application on effective traits at grain filling of *triticale* under soil salinity condition, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research greenhouse of Faculty of Agriculture Sciences, University of Mohaghegh Ardabili in 2014. Factorial experiment included soil salinity in four levels (non-salinity, salinity 20, 40 and 60 mM NaCl), biofertilizers in four levels (no application of biofertilizers, application of mycorrhiza, Azotobacter chroococum strain 5 + Pseudomonas putida strain 186, both application PGPR + mycorrhiza) and nano zinc oxide in three levels (without nano zinc oxide, application of 0.4 and 0.8 g lit⁻¹). Results showed that grain yield per plant, yield components, grain filling rate, grain filling period and effective grain filling period decreased with increasing of soil salinity. Whereas proline and soluble sugars content increased. Means comparison showed that the highest of yield per plant (3.64 g. plant⁻¹), grain filling rate (0.00196 g day⁻¹), grain filling period (52.75 days) and effective grain filling period (36.62 days) were obtained at both applications of PGPR and mycorrhiza, foliar application 0.8 g lit⁻¹ nano zinc oxide and no-salinity. The highest content of soluble sugars (99.48 mg g⁻¹ FW) was obtained at both applications of PGPR and mycorrhiza, foliar application 0.8 g.lit⁻¹ nano zinc oxide and salinity of 60 mM. Salinity of 20, 40 and 60 mM NaCl decreased 8.9%, 22.11% and 32.34% respectively from grain yield and application of biofertilizers and nano zinc oxide compensated 40.17%, 49.74% and 40% respectively from yield reduction. Based on the results, it seems that application of biofertilizers and nano zinc oxide can be recommended for profitable *triticale* production under soil salinity condition.

Keywords: Proline, Stress, Yield. Bio Fertilizers, PGPR

*Corresponding Author, Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com