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: ۱۳۹٤/۱۰/۰٦، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر میکوریزا، باکتری های 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، ٤۰ و ٦۰ میلی‌مولار)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸٦ و ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) و محلول پاشی با نانواکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۰/٤ 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 (۳/٦٤ گرم در بوته)، سرعت پر شدن (۰/۰۰۱۹٦ گرم در روز)، طول دوره پر شدن (۵۲/۷۵ روز) و دوره موثر پر شدن (۳٦/٦۲ 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 (۹۹/٤۸ 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 ٦۰ میلی‌مولار به دست آمد. اعمال شوری ۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی‌مولار عملکرد دانه را به ترتیب ۸/۹، ۲۲/۱۱ و ۳۲/۳٤ درصد کاهش داد و استفاده توأم کودهای بیولوژیک و نانواکسید روی به ترتیب ٤۰/۱۷، ٤۹/۷٤ و ٤۰ 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

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 بیماری های گیاهی و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم بازده و از سوی دیگر واجد خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم از قبیل پتانسیل بالای عملکرد و کیفیت مطلوب دانه می باشد (Horlein and Valentine, 1995). بیشتر تریتیکاله‌های هگزاپلوئید دارای۲۰-۱۵ درصد پروتئین می‌باشند (Rakha *et al.*, 2011).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

شوری به عنوان یکی از تنش های 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 (۱۹۹٤) گزارش کردند که در اثر شوری تعداد کل سنبلچه‌ها، 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 میکوری زا می‌توانند به رشد بهتر گیاه به خصوص تحت شرایط تنش کمک کنند. خاوازی و همکاران (۱۳۸٤) 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 می یابد و علت را به افزایش جذب عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی، مس و همچنین بهبود روابط آبی گیاه نسبت دادند. Giri و Mukerji (۲۰۰٤) 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 آزادزی در خاک هستند که با ساخت و رهاسازی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، راه کارهای مناسبی را برای مبارزه بیولوژیکی فراهم می‌نمایند (علیپور و ملکوتی، ۱۳۸۲). بررسی‌های Bacilio و همکاران (۲۰۰٤) 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 بوسیله‌ی 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 فیزیولوژیکی 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 تریتیکاله 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 نانواکسید روی بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

عملکرد و صفات موثر بر انباشت مواد در دانه تریتیکاله در 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، ٤۰ و ٦۰ 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 نانواکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ٠/٤و ٠/٨ گرم در لیتر) بودند. قارچ میکوریزا استفاده شده از نوع *Glomus mosseae* و باکتری‌ها *Psedomunas putida strain* 186 و *Azotobacter chrocoocum strain* 5 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. نانواکسید 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 ٦-٤ برگی و مرحله دوم دو هفته بعد از اعمال شوری اول) اعمال گردید. محلول پاشی با نانواکسید روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (بعد از اعمال شوری اول و مرحله قبل از چکمه‌زنی) انجام شد. به دلیل حلال نبودن نانواکسید روی در آب، ابتدا در آب دی‌یونیزه به صورت معلق در آمده و با استفاده از لرزش و ارتعاشات دستگاه اولتراسونیک (۱۰۰ وات و ٤۰ 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 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 ٤۰ سانتی‌متری اضافه شد و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان ها ریخته شد. ٤۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ٤۰۰ 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 دمای۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی١٦-١۵ ساعت در طول دوره زایشی (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی٧±٦۵ 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.

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

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

جدول ۱- مشخصات نانواکسید روی مورد استفاده

وزن	خلوص	میانگین اندازه ذرات	سطح ویژه ذرات	رنگ
۱۰۰ g	۹۹ %	< ۳۰ nm	> ۳۰ $m^2.g^{-1}$	پودری سفید

جدول۲- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	pH	درصد اشباع	بافت
	(درصد)						(میلی گرم بر کیلوگرم)					
میزان	۱۵	۲۳	٤۲	۳۵	۰/٦۲	۰/۰٦۲	۱۹/۸	۲۱۲	۰/۲۸	۷/۸	٤۷	سیلتی لومی

t_0 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 t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت 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 پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 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):

رابطه (۲) $EFP=MGW/GFR$

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، ٤ 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 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 نانواکسید 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 نانواکسید 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 (۱٤۱/۸۳ سانتی‌متر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریزا (۱۳۵/٤ سانتی‌متر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی (۱۳٤/۹۵ سانتی متر) و کم‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب در شوری ٦۰ میلی‌مولار (۱۲۱/۲۷ سانتی‌متر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۱۲٦/۸ سانتی‌متر) و عدم محلول پاشی (۱۲۷/۹٤ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ٤). Turan و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد به دلیل اهمیتی که در تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های ایندول استیک اسید و سیتوکنین دارند نقش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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

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 **	۸٤/۱۵ **	۵/۰۱ **
S	۳	۲۷۰٤/۹٤ **	۵۲/۳۳ **	٦/۸۱ **	۸۲۱/۰٤ **	۱۷۳/۱٤ **
F	۳	٤۹٤/۸۹ **	٤۲/۹٤ **	۲/۲۵ **	۲۲۷/۷۱ **	۱٤/۳۲ **
Zn	۲	۵۹۰/۸۸ **	۲٤/٤۹ **	۱/٤۷ **	۲۲٦/۹۱ **	۱۸/۱٤ **
F × S	۹	۵/۰۲ ns	۰/٤۰۰٦ ns	۰/۰۵۸ **	۵/۵۵ **	۱/۲ **
Zn × S	٦	٤/۲٤ ns	۰/۰۵۹ ns	۰/۰۰٤ **	۳/۰۵ **	۰/۱۳٤ ns
F × Zn	٦	۲/۱۷ ns	۰/۲۸۲ ns	۰/۰۰۲ *	۰/۷۰۸ **	۰/۰۹٦ ns
F × Zn × S	۱۸	۲/۸۵ ns	۰/۲۷۵ ns	۰/۰۱۱ **	۱/۲۳ **	۰/۱۸۲ ns
Error	۹٤	۳۹/۱۸	۰/۳۲۳	۰/۰۰٦٤	۸/۲۵	۰/۱٤۸
CV (٪)	-	٤/۷۷	٤/۷۱	۳/۱٦	۵/۸۳	۵/۳۹

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	۹۳۳/٦٤ **	۰/۹۱ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ *	۱۲/٦۲ **	۵/۷٤ **
S	۳	۱۳۲۸۱/٦۲ **	۷/۷۹ **	۰/۰۰۰۰۰۰۳ **	۲۳/۳ **	۱۵/۳ **
F	۳	۲۳۸۷/۸۳ **	۲/۰۷ **	۰/۰۰۰۰۰۰٤ **	۵/٦۸ **	۱/۱۳ *
Zn	۲	۱٤۲۷/۸۲ **	۱/۸۹ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ **	۱۲/۱ **	۱/۵٤ *
F × S	۹	۲۹۳/۳۱ **	۰/۰۷ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ **	۵/۸۳ **	۲/۵۷ **
Zn × S	٦	٤۳/۵۳ **	۰/۰۱ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵ **	۰/۵۳ ns	۰/۸۷ *
F × Zn	٦	۷۲/۰۲ **	۰/۰۲ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰٤ **	۳/۷۱ **	۱/٤۳ **
F × Zn × S	۱۸	٤۱/۳۷ **	۰/۰۳ **	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ **	٤/۸۱ **	۰/۹۷ **
Error	۹٤	۷/٤۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹	۳/۱۸۳	٦/۷٦۱
CV (٪)	-	٤/۷٦	۱/۱۸	٦/۷	۵/۲۸	۵/۱۵

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

اساسی در بهبود صفات مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته گندم دارند. Cho و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که استفاده از قارچ میکوریزا موجب افزایش رشد سورگوم در شرایط شوری می شود. 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. 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).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، کودهای بیولوژیک و مقادیر نانواکسید روی بر ارتفاع بوته، پرولین و طول سنبله تریتیکاله

		پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله اصلی (سانتی‌متر)
محلول‌پاشی نانواکسید روی (گرم در لیتر)	عدم محلول پاشی	٦/٥٩^{c}	١٢٧/٩٤^{c}	١١/٣٨^{c}
	٠/٤	٧/٠٥^{b}	١٣١/١٨^{b}	١٢^{b}
	٠/٨	٧/٨^{a}	١٣٤/٩٥^{a}	١٢/٨^{a}
$LSD_{5\%}$		٠/١٥	٠/٩٤	٠/٢٣
کودهای بیولوژیک	عدم کاربرد کودهای بیولوژیک	٦/٤١^{d}	١٢٦/٨^{d}	١٠/٧٣^{d}
	کاربرد میکوریزا	٦/٨٤^{c}	١٣٠/٢^{c}	١١/٦٦^{c}
	کاربرد توأم ازتوباکتر و سودوموناس	٧/٥٥^{b}	١٣٣/٠٤^{b}	١٢/٦٥^{b}
	کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا	٧/٧٨^{a}	١٣٥/٤^{a}	١٣/٢^{a}
$LSD_{5\%}$		٠/١٨	١/٠٩	٠/٢٦
سطوح شوری	عدم شوری	٤/١^{d}	١٤١/٨٣^{a}	١٣/٤٦^{a}
	٢٠ میلی‌مولار	٧/١٤^{c}	١٣٣/٨١^{b}	١٢/٤٥^{b}
	٤٠ میلی‌مولار	٨/١٧^{b}	١٢٨/٥٢^{c}	١١/٧٣^{c}
	٦٠ میلی‌مولار	٩/١٨^{a}	١٢١/٢٧^{d}	١٠/٦^{d}
$LSD_{5\%}$		٠/١٨	١/٠٩	٠/٢٦

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

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

طول سنبله اصلی: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین طول سنبله اصلی در عدم اعمال شوری (۱۳/٤٦ سانتی‌متر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریزا (۱۳/۲ سانتی متر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی (۱۲/۸ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ٤). کم‌ترین طول سنبله اصلی به ترتیب در شوری ٦۰ میلی‌مولار (۱۰/٦ سانتی‌متر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۱۰/۷۳ سانتی‌متر) و عدم محلول پاشی (۱۱/۳۸ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ٤). علت کاهش طول سنبله در شرایط شوری را می‌توان به تأثیر سمیت ناشی از یون‌های Na و Cl نسبت داد که در شرایط شوری افزایش جذب سدیم، موجب کاهش فتوسنتز و تقسیمات سلولی شده و تأثیر آن بر ویژگی‌های عملکردی مشخص و بارز خواهد بود (بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳). ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با افزایش شوری، طول سنبله کاهش و در حالت تلقیح با باکتری افزایش پیدا کرد. 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 آزوسپیریلیوم گزارش کردند و دلیل آن را به افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها در اثر تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

پرولین: نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان پرولین در شوری ٦۰ میلی‌مولار (۹/۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریزا (۷/۷۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی (۷/۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (جدول ٤). کم ترین میزان پرولین به ترتیب در عدم اعمال شوری (٤/۱ میلی گرم در گرم وزن تر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (٦/٤۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و عدم محلول پاشی (٦/٥۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (جدول ٤). همچنین اثر ترکیب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

تیماری شوری در کود زیستی نشان داد که بیش‌ترین میزان پرولین در شوری ٦٠ 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 حفظ کننده 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 (۳/٦٤ گرم در بوته) و تعداد دانه در سنبله (٦٠/٧ عدد) در عدم اعمال شوری، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۱/٦٥ گرم در بوته و ۳۹/٤۳ عدد) در شوری ٦٠ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ٦). 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 نانواکسید روی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همچنین بخشی از روند تغییرات عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه 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 آسیمیلات‌ها، 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 ٤۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. Hemantaranjan و Gray (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 (۹۹/٤۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در ترکیب تیماری شوری ٦٠ میلی‌مولار، کاربرد توأم میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی و کم‌ترین این صفت (۲٥/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در عدم اعمال شوری، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ٦). Slama و همکاران (۲۰۰٦) 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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

شوری	پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر)			
	کود زیستی			
	عدم کاربرد کودهای بیولوژیک	کاربرد میکوریزا	کاربرد توأم ازتوباکتر و سودوموناس	کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزا
عدم شوری	۳/۸۲ g	۳/۹۱ g	٤/۳۱ g	٤/۹ g
شوری ۲۰ میلی‌مولار	۵/۸۵ f	٦/٦۱ e	۷/۹۸ cd	۸/۱ cd
شوری ٤۰ میلی‌مولار	۷/٦۱ d	۷/۹ cd	۸/۲٤ c	۸/۹٦ b
شوری ٦۰ میلی‌مولار	۸/۳۷ bc	۸/۹٦ b	۹/٦۷ a	۹/۷۲ a
$LSD_{0.05}$	۰/٦۱			

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

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول پاشی نانواکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر عملکرد، تعداد دانه در سنبله و قند محلول تریتیکاله

سطوح شوری	کود زیستی	عملکرد (گرم در بوته)			تعداد دانه در سنبله			قند محلول (میلی‌گرم 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	۲/٤۵ no	۲/٦۸ j	۲/۸۲ h	٤۷ qr	۵۲/٤۳ hi	۵٤/۱ ef	۲۵/۱۱ z	۳۲/۰۱ z	۳۵/۱۷ z
	F_1	۲/۷۲ ij	۲/۸۹ fg	۳/۱ d	۵۱/٤۳ jk	۵٤/۸ d	۵٦/۷٦ 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	۵۷/٦٦ b	۳٤/۲۹ z	۳۸/٦۸ w-z	٤۰/۳۷ v-y
	F_3	۳/۱۱ d	۳/٤۱ b	۳/٦٤ a	۵۵/۳۳ d	۵۷/۳۳ bc	٦۰/۷ a	۳۹/٦۷ v-y	٤۰/۵۵ v-y	٤۱/۵۲ u-x
S_1	F_0	۲/۳٤ p	۲/٤۳ o	۲/٦ k	٤٦/۳۳ rs	٤۸/۱ no	٤۹/۳۳ m	٤۲/۵۸ t-w	٤۳/۹۸ t-v	٤۵/۷۵ s-u
	F_1	۲/٤۹ mn	۲/٦ k	۲/۸٦ gh	٤۷/۵ opq	٤۹/۳۳ m	۵۱/۳۳ k	٤۰/٤۷ v-y	٤٦/۵۹ r-t	۵۰/٦۷ qr
	F_2	۲/۷۲ ij	۲/۹۳ f	۳ e	۵۰/۸ k	۵۳/۵٦ fg	۵٤ f	٤۵/۲٤ s-u	۵۱/۱۸ q	۵۸/۲۸ m-o
	F_3	۲/۹۱ f	۳/۰۱ e	۳/۲۸ c	۵۳/۸ f	۵٤/۷٦ de	۵۷/۵٦ b	۵۱/۹۸ pq	۵۵/۹۷ op	٦۳/۰۱ kl
S_2	F_0	۱/۹۳ t	۲/۱۲ r	۲/۳۲ p	٤۳/٤۳ v	٤٦/۱ s	٤۷/۵٦ opq	٤۸/۵٤ q-s	٤۸/٦۷ q-s	۵۱/۸۵ pq
	F_1	۲/۰٦ s	۲/۲ q	۲/٤۳ o	٤٤/۹ t	٤٦/۳۳ rs	٤۸/۲۳ no	۵۷/٦ no	٦۹/۳٦ is	۷۸/٦۱ g
	F_2	۲/۲۱ q	۲/۳۲ p	۲/۵٤ l	٤٦/۳۳ rs	٤۷/۷٦ op	٤۹/۸ lm	۵٦/۰٦ op	٦۳/٤۷ kl	٦۱/٤٤ l-n
	F_3	۲/۵۲ lm	۲/۷۳ i	۲/۸۹ fg	٤۷/۵ opq	۵۰/۰٦ l	۵۲/۱ ij	٦۲/۰۱ l-n	۷۳/۹۳ h	۸۱/۷۹ fg
S_3	F_0	۱/٦۵ v	۱/۸۲ u	۲/۰۸ rs	۳۹/٤۳ y	٤۱/۲۳ x	٤۳/٤۳ v	۵۷/۷۲ no	٦۲/٤۳ k-m	٦٦/٤٤ jk
	F_1	۱/۸۲ u	۱/۹٦ t	۲/۱۲ r	٤۰/٦٦ x	٤۲/۵۳ w	٤٤/۳۳ tu	٦۵/۷۵ j-l	۷۱/۲۸ hi	۹٤/۲۹ bc
	F_2	۱/۹٤ t	۲/۲ q	۲/۳۳ p	٤۰/۸٦ x	٤۵ t	٤٦ s	۸۳/٦۸ ef	۸۹/۹۷ cd	۹۳/۸۲ bc
	F_3	۲/۱۳ r	۲/۲۳ q	۲/۳۱ p	٤۳/۷٦ uv	٤۷/۳٦ pq	٤۸/۵۳ n	۸۷/۵۹ de	۹۷/۱۸ ab	۹۹/٤۸ a
$LSD_{0.05}$		۰/۰٤			۰/٦٦			٤/٤۲		

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

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی‌مولار، ٤۰ میلی‌مولار و ٦۰ میلی‌مولار. F_0، F_1، F_2 و F_3 به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn_0، Zn_1 و Zn_2 به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/٤ و ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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 ^{jkl}	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.

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). Naseem و Bano (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 سیتوکنین و جیبرلین در گیاهان میکوریزایی است. افزایش در میزان این هورمون‌ها به ویژه سیتوکنین 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 می شوند. Khalafallah و Abo-Ghalia (۲۰۰۸) علت افزایش معنی‌دار فتوسنتز را به‌واسطه کاربرد میکوریزا به بهبود تنظیم اسمزی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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

		طول دوره پر شدن دانه (روز)			دوره موثر پر شدن دانه (روز)		
سطوح شوری	کود زیستی	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

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی‌مولار، ۴۰ میلی‌مولار و ۶۰ میلی‌مولار. F_0، F_1، F_2 و F_3 به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn_0، Zn_1 و Zn_2 به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی

(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 نانواکسید 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 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 این‌رو کودهای بیولوژیک می‌توانند با تأمین عناصر غذایی، ضمن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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

تنش شوری	کود زیستی	معادله برازش شده: 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

S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری، شوری ۲۰ میلی‌مولار، ٤۰ میلی‌مولار و ٦۰ میلی‌مولار. F_0، F_1، F_2 و F_3 به ترتیب عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد. Zn_0، Zn_1 و Zn_2 به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/٤ و ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی

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 نانواکسید روی می تواند 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 نانواکسید روی از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد به طوری‌که 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 (۳٦/٦۲ روز) در ترکیب تیماری حاصل از عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانواکسید روی و کم‌ترین طول دوره (٤۸/۱۸ روز) و دوره موثر پر شدن دانه (۳۰/۸۲ روز) در ترکیب تیماری شوری ٦۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۸). Mass وGrieve (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می دهند. 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

جدول ۱۰- همبستگی بین صفات مورد مطالعه

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱									
۲	۰/۸۷۳**	۱								
۳	۰/۹۰۸**	۰/۸۸۹**	۱							
٤	۰/۸۹٦**	۰/۸۷٥**	۰/۹۷٦**	۱						
٥	۰/۸۷٦**	۰/۸۸٥**	۰/۹٥٦**	۰/۹٤۲**	۱					
٦	۰/۷۸**	۰/۸٥٥**	۰/۸٤۸**	۰/۸۱۷**	۰/۸۳۷**	۱				
۷	۰/٤۹٦**	۰/٤۲٦**	۰/٥۲٤**	۰/٥٤٦**	۰/٤۹٥**	۰/۳۳٦**	۱			
۸	۰/٤۷۷**	۰/۳۸۹**	۰/٤۳۹**	۰/٤٦٦**	۰/٤۰٥**	۰/۰۹٤ns	۰/۳۷۸**	۱		
۹	-۰/٥٥۹**	-۰/۳۱٤**	-۰/٤۹۷**	-۰/٥**	-۰/٤۲٤**	-۰/۲۸۱**	-۰/۳۳۹ **	-۰/۲٦٥**	۱	
۱۰	-۰/٤۷٥**	-۰/۲٦۸**	-۰/٤۷۷**	-۰/٤۸٥**	-۰/۳۷٦**	-۰/۲۳٤**	-۰/٤۳٥**	-۰/۱٥٦ns	۰/۸٥۷**	۱

۱. ارتفاع بوته، ۲. طول سنبله، ۳. عملکرد تک بوته، ٤. تعداد دانه در سنبله، ٥. وزن صد دانه، ٦. 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 غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد**

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

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 معنی‌دار و با صفات پرولین و قند محلول همبستگی منفی و معنی‌داری دارند. همچنین بین پرولین و قند محلول همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش شوری عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی با نانواکسید 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، ٤۰ و ٦۰ میلی-مولار به ترتیب باعث کاهش ۸/۹، ۲۲/۱۱ و ۳۲/۳٤ درصدی عملکرد شده و استفاده توأم از کودهای بیولوژیک و نانواکسید روی به ترتیب ٤۰/۱۷، ٤۹/۷٤ و ٤۰ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کردند. به نظر می‌رسد کاربرد توام میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانواکسید روی با تعدیل اثرات شوری می‌تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط تنش شوری موثر واقع شود. پیشنهاد می‌شود که اثر این فاکتورها بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تریتیکاله در شرایط مزرعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

اردکانی، م. ر.، مجد، ف.، مظاهری، د. و نور محمدی، ق. (۱۳۸۰) بررسی کارایی آزوسپیریلوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر ۳۲. مجله علوم زراعی ایران. (۱) ۳ : ٦۹-٥٦.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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- ٦۱.

خاوازی، ک.، اسدی‌رحمانی، ه. و ملکوتی، م.ج. (۱۳۸٤) ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. انتشارات سنا. ۲۷۹-۲۷٤.

ذبیحی، ح. ر.، ثواقبی، غ. ر.، خاوازی، 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. (۱۳۸٤) 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 -٤۳.

ملکوتی، م. ج. و تهرانی، م. م. (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. مرکز نشر آموزش کشاورزی. ۱۷٦ 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., Rodrguez, 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 (*Brssica 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 byreactive 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., Rcbers, 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 grandifloraunder* field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza 14: 307-312.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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 Pesudo-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 annus L.*) exposed to brif interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research 83: 79-90.

Ruız-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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A. and Tokuda, S. (2004) Physiologycal responses of cabbage plug seedlings to water stress during low-temprature 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 filing 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]

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 Arough[1], Raouf Seyed Sharifi[*2]

[1] Ph.D student of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
[2] Proffesor, 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 filing 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. Factoral 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 chrocoocoum strain 5 + Psedomunas 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.7.0]