

بررسی کاربرد کود بیولوژیک و نانو اکسید روی بر انتقال مجدد و شاخص سطح برگ گیاه تریتیکاله (*Triticosecale Witt.*) در شرایط شوری خاک

یونس خیری زاده آروق^۱، رئوف سیدشریفی^{۲*}، راضیه خلیل زاده^۱

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۹

چکیده

به منظور مطالعه عملکرد دانه، انتقال مجدد و شاخص سطح برگ تریتیکاله در واکنش به کاربرد کودهای بیولوژیک و نانو اکسید روی در شرایط شوری خاک، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری، شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی مولار)، کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد) و محلول پاشی با نانو اکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد با افزایش شوری عملکرد و شاخص سطح برگ کاهش ولی انتقال مجدد از کل اندام هوایی و ساقه افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد دانه و حداکثر شاخص سطح برگ در حالت کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد، محلول پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی و عدم اعمال شوری به دست آمد. بیشترین انتقال مجدد از ساقه و کل اندام هوایی در حالت شوری ۶۰ میلی مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد. اعمال شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی مولار، عملکرد دانه را به ترتیب ۸/۹، ۲۲/۱ و ۳۲/۳ درصد کاهش داد و استفاده توأم کودهای بیولوژیک و نانو اکسید روی به ترتیب ۴۰/۱، ۴۹/۷ و ۴۰ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کردند.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، تنش شوری، ریزمغذی‌ها، میکوریز

مقدمه

کروسر و همکاران (Croser et al., 2001) گزارش کردند که شوری موجب کاهش سطح برگ می‌شود. یکی از راه‌کارهای مناسب برای بهبود عملکرد و تخفیف اثر تنش در گیاهان زراعی استفاده از کودهای زیستی است. کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و همچنین قارچ‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی، مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آن‌ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص موجب جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌های گیاه و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش

تریتیکاله موفق‌ترین گیاه ساخت بشر از خانواده غلات است که از تلاقی گندم به‌عنوان والد مادری و چاودار به‌عنوان والد پدری ایجاد شده است (Lelley, 2006). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که با کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش میزان دسترسی ریشه به آب موجب می‌شود که گیاهان با تنش خشکی نیز مواجه شوند (El-bassiouny, 2005). عبید و همکاران (Abid et al., 2001) بیان کردند که شوری ناشی از کلرید سدیم در ذرت موجب کاهش میزان رشد نسبی و به تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد. نتیجه مشابهی نیز در برنج توسط آسچ و همکاران (Asch et al., 2000) گزارش شده است.

دیگر در غلات پس از مرحله گرده‌افشانی، دانه‌ها مقصدهای بسیار فعالی برای جذب کربن و نیتروژن می‌باشند (Ntanos and Koutroubas, 2002). در این گروه از گیاهان طی دوره‌ای از رشد، تجمع برخی از مواد تولیدشده در فتوسنتز بیشتر از میزان مصرف آن برای رشد توسط گیاه است. در این حالت مواد مازاد عمدتاً در ساقه انباشته‌شده و در مراحل بعدی رشد که معمولاً از دو تا سه هفته پس از گلدهی شروع می‌شود، به دانه انتقال می‌یابند که به این فرایند انتقال مجدد می‌گویند (Masoni et al., 2007). آسنگ و وان هرواردن (Asseng and Van Herwaarden, 2003) اظهار داشتند که در هر محیطی سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه به روابط منبع و مخزن در طول پر شدن دانه مربوط می‌شود. سیدشریفی و نظری (Seyed Sharifi and Nazarly, 2013) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و سهم مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه را کاهش داد. آنان علت را به ایجاد شرایط بهینه توسط باکتری‌ها و افزایش سهم فتوسنتز جاری به واسطه شاخص سطح برگ بالاتر نسبت دادند که موجب می‌شود بخش عمده‌ای از عملکرد دانه توسط فتوسنتز جاری تأمین‌شده و بخش کمتری به انتقال ماده خشک تخصیص یابد.

امروزه سطح اراضی شور در دنیا و ایران در حال گسترش هستند و در این راستا یکی از راه‌کارهای مناسب برای مقابله با این مشکل، افزایش تحمل گیاهان به شوری است. به دلیل دامنه وسیع کشت و کار تریپتیکاله و نقش کودهای بیولوژیک و نانوآکسید روی در تعدیل بخشی از اثرات ناشی از شوری خاک موجب گردید تا تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانوآکسید روی بر سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه و شاخص سطح برگ تریپتیکاله در شرایط شوری خاک موردبررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای موردبررسی شامل شوری خاک در چهار سطح (عدم اعمال شوری، شوری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌مولار به ترتیب معادل ۱/۸۵، ۳/۷ و ۵/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر)، کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد

کمی و کیفی محصول می‌شوند (Han et al., 2006). قارچ-های میکوریزی با بهبود وضعیت تغذیه‌ای و آبی گیاه، تولید هورمون‌های محرک رشد ریشه و گیاه، از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب توسط گسترش ریشه-های خود در خاک و تحریک تبادلات گازی از طریق افزایش ظرفیت مقصد (Dodd and Perez-Alfocea, 2012) و حفظ تعادل یونی در سیتوپلاسم (Borde et al., 2011) موجب بهبود تحمل گیاه میزبان در مواجهه با تنش شوری می‌گردند.

باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان مکمل و جایگزین کودهای شیمیایی شناخته می‌شوند که می‌توانند با افزایش حاصلخیزی خاک موجب افزایش عملکرد شوند (Javaid, 2010). اشرف الزمان و همکاران (Ashrafuzzaman et al., 2009) بیان نمودند که شواهد بسیاری مبنی بر توانایی باکتری‌های ریزوسفری در تولید و ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد از جمله اکسین و همچنین تأثیر آن‌ها بر مورفولوژی، تغذیه و رشد گیاهان وجود دارد.

روی، عنصر کم‌مصرف بسیار مهمی است که وجود آن برای فعالیت‌های متابولیکی در گیاهان ضروری است (Hasegawa et al., 2008). این عنصر برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است و در سنتز پروتئین‌ها و هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین به کار می‌رود (Alloway, 2004). یکی از راه‌های تأمین روی موردنیاز گیاهان محلول‌پاشی است. از ویژگی‌های این روش می‌توان به برطرف کردن سریع کمبود، جلوگیری از تثبیت عنصر در خاک، آسان‌تر بودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک اشاره کرد (Khoshgoftarmanesh, 2007) و در این راستا عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات در مقایسه با شکل متداول و مرسوم آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در نانو کودها عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل‌شده در خاک آزاد می‌شوند و همین امر منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی می‌شود (Naderi and Abedi, 2012). یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 1997) نشان دادند که مصرف روی موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و اجزا آن از جمله تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌شود.

عملکرد نهایی دانه را دو فرآیند فیزیولوژیک، یعنی فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده انباشته‌شده قبل از گلدهی تشکیل می‌دهند (Dordas and Sioulas, 2009). به بیانی

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 بذرهای میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای ۱۰۷ عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند قارچ میکوریز به میزان ۱۰ گرم در کیلوگرم خاک استفاده شد. هر گلدان تقریباً حاوی ۷۹۰ اسپور قارچ بود. ۴۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است، کشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی 65 ± 7 درصد نگهداری شدند. خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

کودهای بیولوژیک، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم سودوموناس و ازتوباکتر، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در سه سطح (عدم مصرف، مصرف ۰/۴ و ۰/۸ گرم در لیتر) بودند. قارچ میکوریز استفاده شده از نوع *Glomus mosseae* و باکتری‌ها از نوع *Azotobacter* *Pseudomonas putida* strain 186 و *chroocococum* strain 5 بودند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوران توران و بذر تریتیکاله رقم جوانیلو از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. مبدأ این رقم سیمیت است که از تیپ رشدی بهاره، متوسط رس با درصد پروتئین دانه ۱۱/۶ و متحمل به خوابیدگی و ریزش دانه و مناسب کشت برای اقلیم های معتدل و سرد 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. محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (بعد از اعمال شوری اول و مرحله قبل از چکمه-زنی) انجام شد. به دلیل حلال نبودن نانو اکسید روی در آب، ابتدا در آب دی‌یونیزه به صورت معلق درآمده و با استفاده از

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک

Table 1. Soil physicochemical properties

بافت Texture	درصد اشباع SP	pH	نیترژن فسفر پتاسیم روی				کربن آلی Organic Carbon	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهک CaCO ₃	مشخصه Characteristic
			Zn	K	P	N						
سیلتی لومی Silty loam	47	7.8	0.28	212	19.8	0.062	35	42	23	15	میزان Amount	

ساقه در عملکرد دانه با استفاده از روابط یک تا چهار برآورد گردید (Inoue et al., 2004; Khalilzadeh et al., 2017). میزان انتقال ماده خشک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (گرم در بوته) = میزان ماده خشک اندام هوایی (به جز دانه) - حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول [۱]

سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در تشکیل دانه (درصد) = (عملکرد دانه / میزان انتقال ماده خشک) $\times 100$ [۲]

برای برآورد میزان انتقال مجدد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، از یک هفته قبل از پر شدن دانه (معادل کد ۶۵ زادوکس) تا رسیدگی فیزیولوژیک (معادل کد ۹۳ زادوکس) هر چهار روز یک‌بار برداشت نمونه انجام گرفت. در هر بار نمونه‌برداری دو بوته از هر گلدان برداشت شد و به ساقه، برگ و سنبله تفکیک گردید. بوته‌ها به مدت ۷۲ ساعت به منظور تثبیت وزن خشک نهایی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد از بخش‌های رویشی به دانه و میزان مشارکت ذخایر

عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن خشک

ریشه

بیشترین عملکرد تک بوته (۳/۶۴ گرم در بوته)، تعداد دانه در سنبله (۶۰/۷ عدد) و وزن خشک ریشه (۰/۷۲ گرم در بوته) در عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۱/۶۵ گرم در بوته، ۳۹/۴۳ عدد و ۰/۳۱ گرم در بوته) در شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۳). بخشی از افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم اعمال شوری را می‌توان به افزایش شاخص سطح برگ در این تیمار به واسطه کاربرد باکتری‌های محرک رشد و میکوریز نسبت داد (شکل ۱) که به نظر می‌رسد این افزایش شاخص سطح برگ به دلیل افزایش فتوسنتز جاری موجب بهبود عملکرد شده است. بنقنایا (Ben Ghnaya, 2007) اظهار داشت سیستم فتوسنتزی و فعالیت آن تحت تأثیر عنصر روی قرار می‌گیرد و همزیستی میکوریزایی به دلیل افزایش پتانسیل جذب ریشه گیاه و یون‌های فلزی مانند روی و آهن موجب افزایش توان فتوسنتزی گیاه در طی پر شدن دانه می‌شوند. روئستی و همکاران (Roesty et al., 2006) اظهار داشتند که کودهای بیولوژیک از طریق ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب رشد گیاه شده و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند. رایت و همکاران (Wright et al., 1998) گزارش کردند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزی شده به قارچ‌های میکوریز 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. مادر و همکاران (Mader et al., 2011) گزارش کردند که در اثر تلقیح توأم بذر گندم با قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس، عملکرد دانه به میزان ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همان‌تاراجان و گری (Hemantaranjan and Gray, 1988) 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. بوساینا و همکاران (Bouthaina et al., 2010) گزارش کردند که وزن و طول ریشه گیاهان در شرایط استفاده از کودهای زیستی افزایش می‌یابد. مشاهده شده است که

میزان انتقال ماده خشک از ساقه در برداشت اول (گرم از بوته)

= وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - حداکثر وزن خشک ساقه [۳]

سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد) = (عملکرد دانه / انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه) $\times 100$ [۴]

برای بررسی شاخص سطح برگ هر ده روز یک‌بار نمونه برداری به روش تخریبی صورت گرفت. هر بار دو بوته از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه برگ‌های هر بوته جدا گردید و سطح برگ آن‌ها تعیین گردید. شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه پنج به صورت زیر برآورد شد (Khandkar et al., 1992; Kheirizadeh Arough et al., 2014):

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \quad [۵]$$

که در این رابطه a ، b و c ضرایب معادله و t فاصله بین مراحل نمونه‌برداری است.

در زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف بر شد و 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 تعیین وزن ریشه‌ها پس از خارج‌سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، کودهای بیولوژیک، محلول‌پاشی با نانوآکسید روی و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک ریشه، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال ماده خشک در عملکرد دانه، میزان انتقال ماده خشک از ساقه و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲).

بیش‌ترین میزان انتقال ماده خشک کل (۰/۹۸ گرم بر بوته) و انتقال مجدد از ساقه (۰/۷۳ گرم بر بوته) در ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی با نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و ساقه (به ترتیب با ۰/۴۷ گرم بر بوته و ۰/۲۱ گرم بر بوته) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی به دست آمد (جدول ۴). بلوم (Blum, 1998) اظهار داشت که فتوسنتز جاری به‌عنوان منبع مهم کربن برای پر شدن دانه معمولاً بعد از گلدهی در اثر پیری و تنش‌های مختلف کاهش می‌یابد. علاوه بر این گیاه در طول دوره پر شدن دانه سریع تنفس می‌کند و فتوسنتز برگ پرچم به‌تنهایی برای تأمین هم‌زمان نیاز تنفسی و پر شدن دانه کافی نیست؛ بنابراین مقدار قابل‌توجهی از کربوهیدرات موردنیاز دانه، از ذخایر ساقه قبل از گلدهی فراهم می‌شود. اعمال تنش و تحریک پیری در گیاه منجر به افزایش انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای ساقه به دانه می‌شود (Yang and Zhang, 2006).

تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد مورفولوژی ریشه-های گیاهان را از طریق ترشح مواد محرک رشد تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bashan et al., 2004). این میکروارگانیسم‌ها همچنین تعداد ریشه‌های جانبی را افزایش داده و تشکیل ریشه‌های موئینه را تحریک نموده و سطح ریشه‌ای بیشتری را برای افزایش جذب مواد غذایی فراهم می‌آورند (Mehdipour-Moghaddam et al., 2012). افزایش وزن ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر در حجم وسیع‌تری از خاک را امکان‌پذیر می‌سازد. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و میکوریز در این آزمایش و افزایش وزن ریشه، توان و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی تریپتیکاله بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است. پراساد و همکاران (Prasad et al., 2012) گزارش کردند که نانو اکسید روی رشد ریشه و اندام هوایی نخود را افزایش داد.

میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد و فرآیند انتقال مجدد تریپتیکاله

Table 2. Analysis of variance for the effect of nano zinc oxide, biofertilizers and salinity on yield, yield components and remobilization process of Triticale

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square)			
			عملکرد Yield	تعداد دانه Grains per spike	وزن خشک ریشه Root dry weight	انتقال مجدد از بخش‌های هوایی Remobilization from aboveground parts
Replication	تکرار	2	0.39**	84.15**	0.09**	0.03**
Salinity (S)	شوری	3	6.81**	821.04**	0.26**	0.63**
Biological Fertilizer (F)	کودهای بیولوژیک	3	2.25**	227.71**	0.05**	0.07**
Nano zinc oxide (Zn)	نانو اکسید روی	2	1.47**	226.91**	0.06**	0.09**
F × S	کودهای بیولوژیک × شوری	9	0.05**	5.55**	0.002**	0.003**
Zn × S	نانو اکسید روی × شوری	6	0.004**	3.05**	0.01**	0.003**
F × Zn	کودهای بیولوژیک × نانو اکسید روی	6	0.002**	0.708**	0.001**	0.001**
F × Zn × S	کودهای بیولوژیک × نانو اکسید روی × شوری	18	0.01**	1.23**	0.0006**	0.0006**
E	اشتباه آزمایشی	94	0.0008	0.169	0.0001	0.0001
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	1.16	0.83	3.03	1.92

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

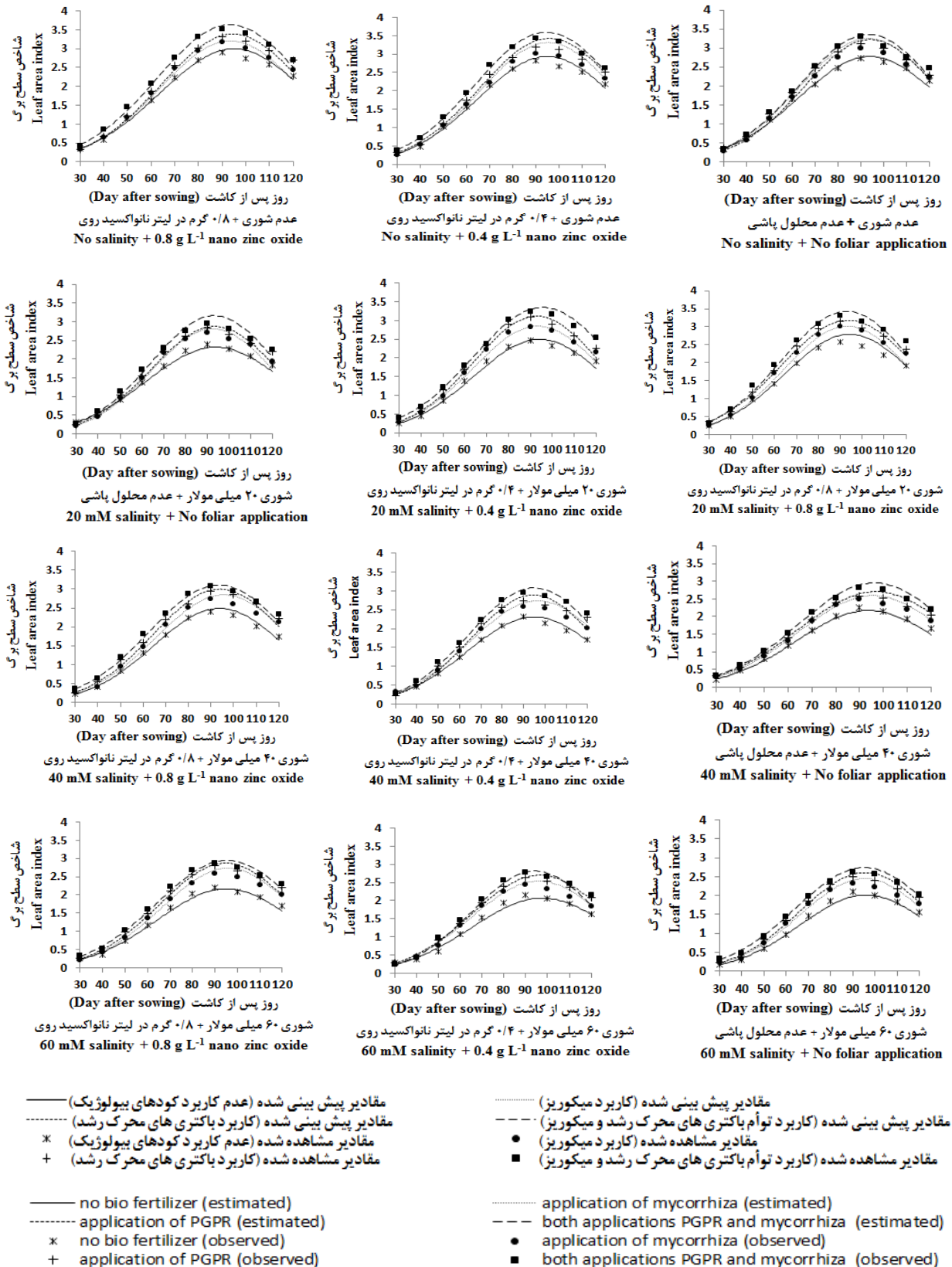
Source of variation	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (Mean square)		
			درجه آزادی	سهام انتقال ماده خشک در عملکرد دانه Contribution of dry matter remobilization to grain yield	انتقال ماده خشک از ساقه Dry matter remobilization from stem
Replication	تکرار	2	158.18**	0.018**	116.26**
Salinity (S)	شوری	3	3743.64**	0.51**	2347.78**
Biological Fertilizer (F)	کودهای بیولوژیک	3	679.05**	0.14**	599.51**
Nano zinc oxide (Zn)	نانواکسید روی	2	700.63**	0.12**	551.29**
F × S	کودهای بیولوژیک × شوری	9	15.48**	0.001**	7.66**
Zn × S	نانواکسید روی × شوری	6	39.87**	0.003**	28.6**
F × Zn	کودهای بیولوژیک × نانواکسید روی	6	11.56**	0.001**	10.2**
F × Zn × S	کودهای بیولوژیک × نانواکسید روی × شوری	18	3.96*	0.0003**	1.42*
E	اشتباه آزمایشی	94	1.95	0.00009	0.69
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	4.91	2.14	4.41

ns, * and **: non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively. ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات نانواکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر عملکرد، تعداد دانه در سنبله و وزن خشک ریشه تریبتیکاله
Table 3. Mean comparison for the effects of nano zinc oxide, biofertilizers and salinity on yield, grains per spike and root dry weight of Triticale

شوری Salinity	کود زیستی Bio-fertilizers	عملکرد (گرم بر بوته) Yield (g per plant)			تعداد دانه در سنبله Grains per spike			وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root dry weight (g per plant)		
		سطوح روی Zinc levels			سطوح روی Zinc levels			سطوح روی Zinc levels		
		Zn0	Zn1	Zn2	Zn0	Zn1	Zn2	Zn0	Zn1	Zn2
S0	F0	2.45±0.1	2.68±0.06	2.82±0.09	47±2	52.43±1.2	54.1±2	0.41±0.041	0.45±0.043	0.53±0.045
	F1	2.72±0.09	2.89±0.08	3.1±0.06	51.43±1.2	54.8±2	56.76±1.5	0.48±0.045	0.54±0.04	0.68±0.04
	F2	3.1±0.01	3.1±0.1	3.39±0.06	52.9±1.8	55.1±1.8	57.66±0.6	0.46±0.045	0.51±0.04	0.57±0.049
	F3	3.11±0.09	3.41±0.07	3.64±0.05	55.33±1.3	57.33±0.6	60.7±1	0.51±0.047	0.57±0.045	0.72±0.04
S1	F0	2.34±0.05	2.43±0.08	2.6±0.09	46.33±1.3	48.1±1.7	49.33±0.6	0.4±0.047	0.41±0.041	0.43±0.043
	F1	2.49±0.01	2.6±0.09	2.86±0.07	47.56±1.4	49.33±1.3	51.33±1.5	0.47±0.045	0.48±0.04	0.51±0.04
	F2	2.72±0.1	2.93±0.09	3±0.1	50.8±1.1	53.56±1.8	54±1.8	0.42±0.045	0.43±0.041	0.5±0.04
	F3	2.91±0.06	3.01±0.06	3.28±0.13	53.8±1.1	54.76±1.6	57.56±1.2	0.51±0.047	0.51±0.049	0.55±0.055
S2	F0	1.93±0.1	2.12±0.09	2.32±0.1	43.43±1.2	46.1±1	47.56±1	0.33±0.041	0.36±0.046	0.36±0.041
	F1	2.06±0.08	2.2±0.1	2.43±0.08	44.9±1.1	46.33±1.3	48.23±1.5	0.37±0.055	0.39±0.066	0.43±0.047
	F2	2.21±0.08	2.32±0.11	2.54±0.08	46.33±0.9	47.76±1	49.8±1.1	0.34±0.047	0.38±0.062	0.37±0.045
	F3	2.52±0.1	2.73±0.13	2.89±0.09	47.56±0.8	50.06±1.8	52.1±1.1	0.39±0.049	0.41±0.049	0.45±0.046
S3	F0	1.65±0.07	1.82±0.09	2.08±0.1	39.43±1	41.23±1.3	43.43±1.2	0.31±0.047	0.32±0.049	0.34±0.045
	F1	1.82±0.11	1.96±0.11	2.12±0.11	40.66±0.6	42.53±1.3	44.33±1.3	0.32±0.049	0.35±0.043	0.37±0.051
	F2	1.94±0.13	2.2±0.1	2.33±0.11	40.86±1.5	45±1.1	46±1.7	0.33±0.064	0.34±0.052	0.36±0.051
	F3	2.13±0.11	2.23±0.12	2.31±0.09	43.76±1.5	47.36±1.5	48.53±1.3	0.33±0.049	0.37±0.058	0.42±0.047
LSD _{0.05}		0.04			0.66			0.021		

S0, S1, S2 and S3 are no-salinity, salinity of 20, 40 and 60 mM, respectively. F0, F1, F2 and F3 are no bio fertilizer, application of mycorrhiza, PGPR, both applications PGPR and mycorrhiza, respectively. Zn0, Zn1 and Zn2 are without nano zinc oxide, and application of 0.4 and 0.8 g L⁻¹ nano zinc oxide, respectively.



شکل ۱. تأثیر نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و تنش شوری بر شاخص سطح برگ تریتیکاله

Fig. 1. Effect of nano zinc oxide, biofertilizers and salinity stress on leaf area index of Triticale

بخش بیشتری از وزن دانه به واسطه انتقال بیشتر ماده خشک تأمین می‌شود. کائو و همکاران (Kao et al., 2006) اظهار داشتند تنش شوری موجب کاهش فتوسنتز می‌شود، در چنین شرایطی عملکرد تا حد زیادی به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه بستگی دارد..

به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و میکوریز با تعدیل اثر ناشی از تنش شوری موجب افزایش شاخص سطح برگ (شکل ۱) و در نتیجه بهبود فتوسنتز جاری شده است. ولی در شرایط تنش شوری چون سهم فتوسنتز جاری به واسطه کاهش سطح برگ (شکل ۱) کاهش می‌یابد در نتیجه

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و ساقه تریتیکاله
Table 4. Mean comparison for the effects of nano zinc oxide, biofertilizers and salinity on dry matter remobilization from whole plant and stem of Triticale

شوری Salinity	کود زیستی Bio- fertilizers	انتقال ماده خشک کل (گرم بر بوته)			انتقال ماده خشک از ساقه (گرم بر بوته)		
		Remobilization from whole plant (g.pl ⁻¹)			Remobilization from stem (g per plant)		
		Zinc levels		سطوح روی	Zinc levels		سطوح روی
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	0.6±0.01	0.58±0.01	0.54±0.03	0.43±0.01	0.41±0.03	0.36±0.02
	F ₁	0.56±0.03	0.52±0.03	0.49±0.03	0.35±0.02	0.31±0.02	0.28±0.02
	F ₂	0.52±0.03	0.52±0.03	0.48±0.03	0.35±0.02	0.32±0.02	0.29±0.02
	F ₃	0.53±0.03	0.52±0.03	0.47±0.02	0.23±0.02	0.23±0.02	0.21±0.02
S ₁	F ₀	0.75±0.03	0.7±0.02	0.68±0.03	0.51±0.02	0.46±0.01	0.42±0.02
	F ₁	0.69±0.03	0.68±0.03	0.62±0.05	0.45±0.03	0.42±0.02	0.36±0.02
	F ₂	0.7±0.03	0.63±0.01	0.58±0.03	0.46±0.03	0.41±0.02	0.36±0.02
	F ₃	0.62±0.02	0.59±0.03	0.56±0.03	0.39±0.02	0.33±0.02	0.3±0.03
S ₂	F ₀	0.82±0.01	0.77±0.03	0.72±0.03	0.61±0.02	0.53±0.02	0.46±0.02
	F ₁	0.74±0.03	0.72±0.03	0.67±0.05	0.5±0.02	0.47±0.01	0.38±0.02
	F ₂	0.77±0.03	0.7±0.04	0.63±0.03	0.55±0.01	0.47±0.02	0.39±0.02
	F ₃	0.67±0.03	0.63±0.04	0.59±0.04	0.44±0.02	0.38±0.02	0.35±0.03
S ₃	F ₀	0.98±0.02	0.89±0.03	0.81±0.01	0.73±0.03	0.68±0.02	0.62±0.02
	F ₁	0.9±0.03	0.84±0.03	0.8±0.03	0.65±0.02	0.59±0.01	0.52±0.02
	F ₂	0.95±0.03	0.86±0.01	0.8±0.01	0.68±0.01	0.63±0.03	0.54±0.02
	F ₃	0.84±0.03	0.77±0.03	0.74±0.03	0.56±0.02	0.52±0.02	0.47±0.03
LSD _{0.05}		0.02			0.01		

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

S₀, S₁, S₂ and S₃ are no-salinity, salinity of 20, 40 and 60 mM, respectively. F₀, F₁, F₂ and F₃ are no bio fertilizer, application of mycorrhiza, PGPR, both applications PGPR and mycorrhiza, respectively. Zn₀, Zn₁ and Zn₂ are without nano zinc oxide, and application of 0.4 and 0.8 g L⁻¹ nano zinc oxide, respectively.

و عدم محلول‌پاشی با نانو اکسید روی و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب با ۱۳/۰۸ و ۵/۷۷ درصد) در ترکیب تیماری عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی مشاهده گردید (جدول ۵). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرایند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت تأثیر روابط منبع و

سهم انتقال مجدد ماده خشک و ذخایر ساقه در عملکرد دانه

بیش‌ترین سهم فرایند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (به ترتیب ۵۶/۵۵ و ۴۲/۰۸) در ترکیب تیماری شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک

دلیل که تجمع ماده خشک و سطح برگ توسط شوری به-طور پیوسته کاهش می‌یابد، ممکن است کاهش سطح برگ یکی از دلایل کاهش رشد در اثر شوری باشد. تنش شوری از طریق کاهش تکثیر سلولی و کاهش مدت تجمع ماده خشک موجب کوتاه شدن میان گره‌ها، کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی می‌شود. نتایج نشان داده است که بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک همبستگی مثبت وجود دارد، به طوری که افزایش شاخص سطح برگ گیاه به دلیل افزایش جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی گیاه موجب افزایش عملکرد اقتصادی می‌گردد (Sajedi and Ardakani, 2006). تنش اسمزی ناشی از شوری، آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌های برگ را افزایش داده و در نهایت منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (Croser et al., 2001). به نظر می‌رسد میکوریز نیز در شرایط عدم اعمال شوری با اثر مثبتی که در جذب روی دارد (Saia et al., 2012) و روی با نقشی که در ساخته شدن آنزیم‌های مسئول فتوسنتز و سوخت‌وساز دارد موجب بهبود شاخص سطح برگ در گیاه شده است.

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش تنش شوری عملکرد و شاخص سطح برگ کاهش و سهم انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه افزایش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه گردید. طوری که بیشترین عملکرد دانه در حالت کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد، محلول‌پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی و عدم اعمال شوری مشاهده گردید. بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته و ساقه در عملکرد دانه در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول‌پاشی و اعمال شوری ۶۰ میلی-مولار به-دست آمد و به نظر می‌رسد که در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش طول دوره رشد، تسریع پیری و ریزش برگ‌های پایینی، چون سهم فتوسنتز جاری به واسطه کاهش سطح برگ کاهش می‌یابد در نتیجه بخش بیشتری از وزن دانه به واسطه انتقال بیشتر ماده خشک تأمین می‌شود. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با نانو اکسید روی و کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در بهبود عملکرد و شاخص سطح برگ در شرایط تنش شوری مؤثر واقع شود.

مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Seyed Sharifi and Nazarly, 2013). به نظر می‌رسد که در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد. ولی در شرایط تنش، عدم دسترسی به عناصر غذایی ممکن است تعادل منبع و مخزن را به هم بزند و در چنین شرایطی قدرت مخزن بیش‌تر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (Abasspour, 2011). شربت‌خواری و همکاران (Sharbatkhari et al., 2015) اظهار داشتند که تنش شوری موجب افزایش میزان انتقال مجدد در گندم گردید

شاخص سطح برگ

بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ نشان داد که در تمام ترکیبات تیماری شاخص سطح برگ تا ۹۰ روز بعد از کاشت افزایش یافته و پس از آن روند نزولی داشت (شکل ۱). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در حالت عدم اعمال شوری، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریز و محلول‌پاشی ۰/۸ گرم در لیتر نانو اکسید روی شاخص سطح برگ (۳/۵۲) نسبت به حالت اعمال شوری ۶۰ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی (۲/۱)، ۶۷/۶ درصد بیشتر بود (شکل ۱). دلیل کاهش سطح برگ در حالت اعمال شوری نسبت به عدم اعمال آن را می‌توان به کاهش مواد فتوسنتزی برای رشد و توسعه سلول‌های برگ و افزایش پیری برگ در شرایط تنش نسبت داد (Betran et al., 2003). بومسما و وین (Boomsma and Vyn, 2008) علت افزایش سطح برگ تحت شرایط تنش شوری در گیاهان کلونیزه شده با میکوریز و باکتری‌های محرک رشد را به کاهش پیری برگ به واسطه افزایش تولید کلروفیل یا کاهش تخریب آن نسبت دادند. مستأجران و همکاران (Mostajeran et al., 2005) دلیل کاهش سطح برگ را به سمیت یونی حاصل از سدیم نسبت دادند و اثر مثبت باکتری‌های محرک رشد در تعدیل اثرات شوری را به توانایی تولید هورمون‌های گیاهی توسط این باکتری‌ها نسبت دادند. کاهش سطح برگ یکی از اولین واکنش‌های گیاهان در برابر تنش شوری است. به این

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و شوری بر سهم انتقال مجدد ماده خشک و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه تریتیکاله

Table 5. Mean comparison for the effects of nano zinc oxide, biofertilizers and salinity on contribution of dry

شوری Salinity	کود زیستی Bio- fertilizers	سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه (%)			سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)		
		Contribution of remobilization to grain yield (%)			Contribution of stem resources to grain yield (%)		
		Zinc levels		سطوح روی	Zinc levels		سطوح روی
		Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₀	Zn ₁	Zn ₂
S ₀	F ₀	24.61±1.4	21.89±0.9	19.13±1.5	17.56±1.5	15.56±1.5	12.76±1.1
	F ₁	20.59±1.5	17.96±1.3	15.98±1.1	13.12±1.2	10.71±1	9.01±0.8
	F ₂	16.73±1	16.78±1.3	14.13±1	11.26±0.6	10.33±0.9	8.54±0.7
	F ₃	17.05±1.3	15.24±1.1	13.08±0.8	7.4±0.8	6.74±0.7	5.77±0.6
S ₁	F ₀	31.95±1.6	28.81±1.9	26.16±1.7	21.88±1.5	18.94±1.5	16.17±1.3
	F ₁	27.69±1.2	26.12±1.8	21.88±1.6	18.06±0.8	16.14±1.3	12.58±1
	F ₂	25.76±1.8	21.51±1.4	19.35±1.4	17.17±1.5	14.01±1.1	12.02±1
	F ₃	21.27±1.3	19.16±1.3	17.09±1.4	13.38±0.9	10.97±0.9	9.17±1.2
S ₂	F ₀	41.68±2.1	36.22±2.5	30.99±2.1	31.04±2.6	24.94±2	19.82±1.8
	F ₁	35.92±2.6	32.79±2.4	27.89±2.7	24.27±1.9	21.42±1.9	15.67±1.3
	F ₂	34.75±2.2	30.11±2.1	24.8±1.7	24.83±1.8	20.24±1.8	15.36±1.3
	F ₃	26.6±1.9	23.05±1.7	20.63±1.7	17.48±1.5	13.91±1.4	12.12±1.6
S ₃	F ₀	56.55±6.4	47.3±3.3	39.02±2.5	42.08±2.5	36.18±3.3	29.76±2.3
	F ₁	47.74±3.7	42.64±3.2	37.71±2.8	34.53±3.5	29.98±2.8	24.53±2.2
	F ₂	48.5±4	39.04±1.2	34.52±1.4	35.03±2.3	28.64±2.3	23.24±2
	F ₃	39.51±3.5	34.6±3.2	32.28±2.5	26.34±2.3	23.36±2.1	20.47±2
LSD _{0.05}		2.26			1.35		

S₀, S₁, S₂ and S₃ are no-salinity, salinity of 20, 40 and 60 mM, respectively. F₀, F₁, F₂ and F₃ are no bio fertilizer, application of mycorrhiza, PGPR, both applications PGPR and mycorrhiza, respectively. Zn₀, Zn₁ and Zn₂ are without nano zinc oxide, and application of 0.4 and 0.8 g L⁻¹ nano zinc oxide, respectively.

در لیتر نانو اکسید روی

منابع

- Abasspour, S., 2011. Effects of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield and some agronomic characteristics of triticale. MSC thesis. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil Iran. [In Persian with English Summary].
- Abid, M., Qayyum, A., Dasti, A., Abdilwajid, R., 2001. Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of maize and properties of the soil. Journal of Research, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan, 12(1), 26-33.
- Alloway, B.J., 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association. (IZA), Belgium, 128p.
- Asch, F., Dingkuhn, M., Dorffling, K., 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field grown, irrigated rice. Plant and Soil. 218, 1-10.
- Ashrafuzzaman, M., Akhtar, H.F., Razi, M.I., Anamul, M.D.H., Zahurul, M.I., Shahidullah, S.M., Sariah, M., 2009. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology. 8(7), 1247-1252.

- Asseng, S., Van Herwaarden, A.F., 2003. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. *Plant and Soil*. 256, 217-239.
- Bashan, Y., Holguin, G., Bashan, L.E., 2004. *Azospirillum*-plant relationships: agricultural, physiological, molecular and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*. 50, 521-577.
- Ben Ghnaya, A., 2007. Morphological and physiological characteristics of rapeseed plants regenerated in vitro from thin cell layers in the presence of zinc. *Plant and Biology*. 330, 728-734.
- Betran, F.J., Beck, D., Banziger, M., Edmeades, G.O., 2003. Secondary traits in parental inbreeds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. *Field Crops Research*. 83, 51-65.
- Blum, A., 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. *Euphytica*. 100, 77-83.
- Boomsma, C.R., Vyn, T.J., 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research*. 108, 14-31.
- Borde, M., Dudhane, M., Jite, P., 2011. Growth photosynthetic activity and antioxidant responses of mycorrhizal and non-mycorrhizal bajra (*Pennisetum glaucum*) crop under salinity stress condition. *Crop Protection*. 30, 265-271.
- Bouthaina, A.E.G., Rhawhia, A.M., Tomader, E.R., Mona Morsy, E.S., 2010. Effect of some soil microorganisms on soil properties and wheat production under north sinai conditions. *Journal of Applied Sciences Research*. 4(5), 559-579.
- Croser, C., Renault, S., Franklin, J., Zwiazek, J., 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea morian*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana*. *Environmental Pollution*. 115, 6-16.
- Dodd, I.C., Perez-Alfocea, F., 2012. Microbial amelioration of crop salinity stress. *Experimental Botany*. 63(9), 3415-3428.
- Dordas, C. A., Sioulas, C., 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research*. 110, 35-43.
- El-bassiouny, H.S., 2005. Effect of nicotinamide and tryptophan on wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*. 7(4), 653-659.
- Han, H., Supanjani, K., Lee, D., 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*. 52(3), 130-136.
- Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fanclli, A.L., Da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis, T.A., Correa, B., 2008. Influence of macro-and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control*. 19, 36-43.
- Hemantaranjan, A., Gray, O.K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Nutrition*. 11, 1439-1452.
- Inoue, T., Inanaga, S., Sugimoto, Y., Eneji, A.E., 2004. Effect of drought on ear and flag leaf photosynthesis of two wheat Cultivars differing in drought resistance. *Photosynthetica*. 42, 559-565.
- Javaid, A., 2010. Effect of biofertilizer combined with different amendments on potted rice plants. University of the Punjab, Institute of Plant Pathology, Quid-e-Azam Campus, Lahore, Pakistan. 3 August.
- Kao, W.Y., Tsai, T., Tsai, H., Shih, C.N., 2006. Response of three glycine species to salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. 56, 120-125.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., Jalilian, J. 2017. Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by application of bio fertilizer and cycocel. *Arid Land Research and Management*. 1, 1-9.
- Khandkar, U. R., Jain, N.K., Shinde, D.A., 1992. Response of irrigated wheat to ZnS04 application in vertisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 40, 399-400.
- Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Barmaki, M., 2014. Effects of biofertilizers and nano zinc oxide on remobilization and some growth indices of triticale under water limitation condition. *Journal of Plant Echophysiology*. 26(7), 37-56. [In Persian with English Summary].
- Khoshgoftarmanesh, A.H. 2007. Principles of Plant Nutrition. Isfahan University of Technology press. 462 p. [In Persian].

- Lelley, T. 2006. Triticale: A low-input cereal with untapped potential. p. 398-430. In Singh, J.R., (Ed.) Genetic Resources Chromosome Engineering and Crop Improvement. CRC Taylor.
- 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., Fried, P.M., 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheaterice and wheateblack gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry*. 43, 609-619.
- Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M., Arduini, I. 2007. Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in durum wheat as affected by soiltype. *European Journal of Agronomy*. 26, 179-186.
- Mehdipour-Moghaddam, M.J., Emtiazi, G., Salehi, Z., 2012. Enhanced auxin production by *Azospirillum* pure cultures from plant root exudates. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14, 985-994.
- Mostajeran A., Amooaghaei R., and Emtiazi, G., 2005. The effect of *Azospirillum brasilense* and pH of irrigation water on yield, protein content and sedimentation rate of protein in different wheat cultivars. *Iranian Journal of Biology*. 18(3), 248-260. [In Persian with English Summary].
- Naderi, M.R., Abedi, A., 2012. Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. *Nanotechnology Journal*. 11(1), 18-26.
- Ntanos, D.A., Koutroubas, S.D., 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. 74, 93-101.
- Prasad, T. N., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreepasad, T.S., 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.
- Roesty, D., Gaur, R., 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.
- Saia, S., Ruisi, P., García-Garrido, J.M., Benítez, E., Amato, G., Giambalvo, D. 2012. Can arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant nitrogen capture from organic matter added to soil? 17th Nitrogen Workshop. 26-29 June. Wexford, Ireland.
- Sajedi, N., Ardakani, M.R. 2006. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 6(1): 99-110. [In Persian with English Summary].
- Seyed Sharifi, R., Nazarly, H. 2013. Effects of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield, fertilizer use efficiency and dry matter remobilization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with various levels of nitrogen fertilizer. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 3(23):27-45. [In Persian with English Summary].
- Sharbatkhari, M., Galeshi, S., Sadat Shobbar, Z., Soltani A., Nakhoda, B., 2015. Evaluation of physiological traits related to wheat stem reserve remobilization under terminal salinity. *Electric Journal of Crop Production*. 7(1), 25-44. [In Persian with English Summary].
- Wright, D.P., Scholes, J.D., 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.
- Yang, J., Zhang, J., 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*. 169, 223-236.
- Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Guttekin, I., Karanlik, S., Baggi, S.A., Cakmak, I., 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in weat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*. 20, 461-471.