



مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و هشت، ۱۳۹۶

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش کمبود آب (کودهای زیستی و نانوآکسید روی) بر صفات مؤثر بر انباشت مواد در دانه تریتیکاله در شرایط مختلف قطع آبیاری

یونس خیری‌زاده آروق^۱، رئوف سیدشریفی^۲، محمد صدقی^۳، مرتضی برمکی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶

چکیده

کودهای بیولوژیک یکی از منابع اصلی تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند. به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانوآکسید روی بر عملکرد و صفات وابسته به رشد دانه تریتیکاله در شرایط قطع آبیاری، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل محدودیت آبی در سه سطح (آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه به عنوان سطح شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی)، کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، *G. mosseae*، باکتری‌های محرک رشد (*Pseudomonas putida strain 186* و *Azotobacter chroococum strain 5*)، کاربرد توأم *G. mosseae* و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانوآکسید روی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر) بودند. از یک مدل خطی دو تکه‌ای برای کمی کردن شاخص‌های مربوط به پر شدن دانه استفاده گردید. نتایج نشان داد با افزایش محدودیت آبی عملکرد، سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد (۶۶۳/۲۶ گرم در مترمربع)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۳۰۴ گرم در روز)، طول دوره پر شدن (۴۱/۵ روز)، دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۵/۶ روز) و حداکثر وزن دانه (۰/۰۷۸ گرم) در حالت کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریز، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و آبیاری کامل به دست آمد. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله سنبله-دهی و چکمه‌زنی به ترتیب عملکرد دانه را ۲۲ و ۴۲ درصد کاهش داد و استفاده از کودهای بیولوژیک و نانوآکسید روی به ترتیب ۵۲ و ۵۳ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کرد.

واژه‌های کلیدی: پر شدن دانه، روی، میکوریز، باکتری‌های محرک رشد، مدل خطی

خیری‌زاده آروق، س. ر. سید شریفی، م. صدقی و م. برمکی. ۱۳۹۶. تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش کمبود آب (کودهای زیستی و نانوآکسید روی) بر صفات مؤثر بر انباشت مواد در دانه تریتیکاله در شرایط مختلف قطع آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۴۷-۳۱.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران -مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: Raouf_ssharifi@yahoo.com

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که در جو رشد کرده تحت شرایط خشکی، هیف‌های میکوریز چهار درصد از آب موجود در ساختار هیفی را به گیاه منتقل می‌کنند. در منابع متعدد اثر مثبت کودهای آلی بر گسترش قارچ‌های میکوریز، تشدید فرایندهای متابولیکی در داخل خاک، ریشه و شاخ و برگ گیاهان تأکید شده است (گریندلر و همکاران، ۲۰۰۶). گوسلینگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، میکوریز از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوستتوز و تثبیت کربن در طول فصل، رشد را افزایش می‌دهد. یاداو و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که تلقیح با گونه‌هایی از ازتوباکتر موجب افزایش ارتفاع، بیوماس و عملکرد دانه گندم شد. کادر و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف ازتوباکتر موجب تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم شد. با کاربرد باکتری، میزان آسمیلاسیون افزایش یافته و موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و پر شدن دانه افزایش می‌یابد (عباس پور و همکاران، ۱۳۹۱).

روی از عناصر کم مصرف ضروری است که در تولید مثل گیاهان زراعی، سنتز پروتئین‌ها و هورمون گیاهی اکسین به کار می‌رود (استمپر و همکاران، ۱۹۹۸). یکی از اثرات تنش خشکی بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است. با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم مصرف از طریق محلول‌پاشی، می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (پایگزار و همکاران، ۱۳۸۸). در این راستا استفاده از نانوکودها به عنوان جایگزینی برای کودهای مرسوم، علاوه بر انحلال‌پذیری بیشتر و قابلیت نفوذ بهتر در غشای سلولی (مظاهری‌نیا و همکاران، ۲۰۱۰) موجب می‌شوند که عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد شوند. از این رو ضمن کاهش شدید آبشویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشترین مواد غذایی خواهند بود (نادری و عابدی، ۱۳۹۱). سجادی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد ریزمغذی روی با تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها و نگه‌داری عنصر پتاسیم در سلول‌های روزنه، می‌تواند موجب بهبود مقاومت گیاه به تنش خشکی شود و کمبود آن می‌تواند موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی شود (جمالی و همکاران، ۱۳۹۰). بگوم و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند کاربرد روی در برنج تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و بیولوژیکی، محتوای پروتئین و غلظت عنصر روی را در دانه و اندام هوایی افزایش داد. بررسی‌های همانترانجان و گرای

تریتیکاله (*Triticale Spp*) گیاهی از تیره غلات بوده و انتظار می‌رود سطح زیر کشت آن به دلایل متعددی نظیر سازگاری وسیع به شرایط نامساعد محیطی، واکنش بسیار خوب به تنش شوری و مقاومت به بیماری‌های شایع در گندم افزایش یابد (قوشچی، ۱۳۷۹). خشکی و تنش حاصل از آن یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را به خصوص در مناطق خشک با محدودیت رو به رو می‌سازد (ابراهات و راسل، ۱۹۶۶). بخش عمده‌ای از اقلیم ایران خشک و نیمه‌خشک است و در چنین شرایطی انتقال مواد غذایی در گیاه دچار اختلال می‌شود ولی برخی از موجودات مفید خاک‌زی مانند میکوریز با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، تولید در گیاهان را تحت شرایط تنش بهبود می‌بخشند (الکراکی و همکاران، ۲۰۰۴). گیاهان تلقیح شده با میکوریز نسبت به گیاهان بدون میکوریز، بعد از تنش خشکی سریع‌تر به حالت اولیه بر می‌گردند (الکراکی و همکاران، ۲۰۰۴) و از کارایی مصرف آب بالاتری نیز برخوردارند، زیرا میکوریز با تولید هیف ضمن افزایش فتوستتوز (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳)، موجب بهبود مقاومت به تنش‌های خشکی و شوری شده و سطح جذب رطوبت را برای گیاه افزایش می‌دهد (میرزاخانی و همکاران، ۲۰۰۹). اولین گزارش در مورد افزایش مقاومت گیاهان به محدودیت آبی تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد توسط تیموسک و واگنر (۱۹۹۹) در آراییدوپسیس منتشر شد. این باکتری‌ها با افزایش کارایی استفاده از مواد غذایی در مناطق کم حاصلخیز و خشک (دانگ و همکاران، ۲۰۰۶) موجب افزایش مقاومت گیاهان به تنش کم آبی می‌شوند (مایاگا و همکاران، ۲۰۰۴). این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در شرایط طبیعی معمولاً پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردند (چاکماکچی و همکاران، ۲۰۰۷). پانوار (۱۹۹۱) گزارش کرد که در گندم تلقیح شده با باکتری *Azospirillum* و قارچ *Glomus fasciculatum*، به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز، میزان فتوستتوز و عملکرد دانه افزایش یافت. هادج (۲۰۰۰) گزارش کرد که کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های موجود در خاک با ترشح اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی هورمون‌ها موجب تشدید رشد و تکثیر آن‌ها می‌شود. خلوتی

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. اقلیم محل اجرای آزمایش از نوع نیمه خشک سرد می‌باشد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و مشخصات اقلیمی سال آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

(۱۹۸۸) نشان داد که مصرف آهن و روی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد شد. دواراجان و پالانیپان (۱۹۹۵) اظهار داشتند که روی در افزایش انتقال ماده خشک به دانه و وزن دانه مؤثر است. با توجه به روند گسترش تنش خشکی و نقش کودهای بیولوژیک و ریزمغذی روی در تعدیل اثرات تنش خشکی و کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص برهم‌کنش توأم این عوامل موجب گردید تا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر کاربرد کودهای بیولوژیک و نانو اکسید روی تحت شرایط محدودیت آبی بر روند رشد دانه و عملکرد تریتیکاله مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایش

مشخصه	pH	عصاره اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	بافت	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
مقادیر	۸/۷	(درصد)					لومی	(درصد)	میلی‌گرم در کیلوگرم		
	۴۹	۱۴/۴	۲۳	۴۲	۳۵		۰/۶۲	۰/۰۶	۸/۲۹	۲۱۲	

جدول ۲- متوسط دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۹۳

ماه‌های سال	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)	میانگین دمای روزانه (سانتی‌گراد)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
اردیبهشت	۲۲/۴	۸/۱	۱۵/۳	۳۵/۴
خرداد	۲۵	۱۰/۵	۱۷/۸	۲۴/۵
تیر	۲۵/۵	۱۳/۳	۱۹/۴	۱۲/۲
مرداد	۲۶/۴	۱۳/۲	۱۹/۸	۰/۴
شهریور	۲۵/۸	۱۱/۸	۱۸/۸	۰/۶

قارچ میکوریز استفاده شده از گونه *mosseae* و باکتری *Azotobacter Pseudomonas putida strain 186* و *chroococum strain 5* استفاده شدند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوری توران و بذر تریتیکاله رقم جوانیلو از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. برای محلول‌پاشی از سمپاش پستی ۱۶ لیتری با فشار متناوب ۱-۴/۵ بار استفاده گردید. نانو اکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۳ درج شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل محدودیت آبی در سه سطح (آبیاری کامل در تمام دوره رشدی گیاه به عنوان سطح شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی^۴ و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی^۵)، تیمار دوم شامل کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، *G. mosseae*، باکتری‌های محرک رشد (*Pseudomonas putida strain 186*) و *Azotobacter chroococum strain 5*)، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) بودند.

1 - Heading stage

2 - Booting stage

$$GW = \begin{cases} \alpha \cdot t - bt_0 & t < t_0 \\ \alpha + bt & t > t_0 \end{cases}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه است، 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 (الیس و پاتیافیلهو، ۱۹۹۲). با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست 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 مؤثر پر شدن دانه از رابطه ۲ و به صورت زیر استفاده شد (الیس و پاتیافیلهو، ۱۹۹۲):

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

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. برای مطالعه خصوصیات ریشه در خطوط اصلی هر کرت قبل از کاشت پلاستیک‌هایی قرار داده شد و تراکم کاشت در داخل پلاستیک‌ها مشابه تراکم دیگر خطوط کشت در نظر گرفته شد. برای تعیین وزن و حجم 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. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور گردید. در زمان رسیدگی تعداد ۱۰ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده برای برآورد صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله برداشت گردید و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه داده‌ها به کار گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۴ توده بذری ۲۵۰ تایی وزن گردید و مجموع آن‌ها به عنوان وزن هزاردانه یادداشت گردید. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از

جدول ۳- مشخصات نانو اکسید روی مورد استفاده

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

محلول‌پاشی با نانواکسید روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۶-۴ برگی و مرحله قبل از چکمه‌زنی) انجام شد. به دلیل حلال نبودن اکسید روی در آب، ابتدا نانواکسید روی 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 (پراساد و همکاران، ۲۰۱۲). 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 بذرها استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریز به روش استاندارد و توصیه شده جیانینازی و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. در این راستا ۲۰ گرم قارچ در هر متر مربع خاک استفاده گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. هر واحد آزمایشی حاوی ۵ ردیف کاشت به طول ۲/۵ متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. زمان کاشت ۲۲ اردیبهشت و زمان برداشت ۲۰ شهریور بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو مرحله انجام گرفت. کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۱۷ روز بعد از خوشه‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. در این مرحله ۶۰ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه در خطوط اصلی هر کرت از بین بوته‌های رقابت کننده به تصادف انتخاب گردید. هر بار پنج خوشه از هر کرت 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 (رونابینی و همکاران، ۲۰۰۴). به منظور تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS به صورت زیر (رابطه ۱) استفاده گردید (رابطه ۱).

طول سنبله: این صفت تحت تأثیر کودهای زیستی، نانوآکسید روی و محدودیت آبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین طول سنبله در آبیاری کامل (۱۴/۷ سانتیمتر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریز (۱۴ سانتیمتر) و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی (۱۴/۴۴ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ۵). کمترین طول سنبله به ترتیب در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی (۱۱/۷۷ سانتیمتر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۱۲/۴۱ سانتیمتر) و عدم محلول‌پاشی (۱۱/۹۴ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که در این پژوهش طول سنبله متأثر از ارتفاع بوته می‌باشد طوری که در منابع متعدد همبستگی مثبت معنی‌داری بین ارتفاع بوته و طول سنبله بیان شده است (جباری و همکاران، ۱۳۹۰). فردریک و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشتند در حالت محدودیت آبی چون گیاه سعی می‌کند برای مقابله با تنش کم آبی دوره رشدی خود را کوتاه‌تر کند از این رو ارتفاع بوته کاهش می‌یابد.

عملکرد کل: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد در آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی (۶۶۳/۲۶ گرم در مترمربع) و کمترین آن در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی (۱۹۸/۴۶ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۶). از آنجا که عملکرد دانه تابعی از اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد، بنابراین افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و همچنین وزن هزار دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. بخشی از روند تغییرات عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد (شکل ۱).

حذف اثر حاشیه‌ای برآورد 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

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر محدودیت آبی، کودهای بیولوژیک، محلول‌پاشی با نانوآکسید روی و اثر ترکیب تیماری این سه عامل بر عملکرد، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، وزن و حجم ریشه معنی‌دار گردید، ولی در مورد ارتفاع بوته و طول سنبله فقط اثر اصلی محدودیت آبی، کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانوآکسید روی معنی‌دار بود (جدول ۴).

ارتفاع بوته: این صفت تحت تأثیر کودهای زیستی، نانوآکسید روی و محدودیت آبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در آبیاری کامل (۸۲/۴۱ سانتیمتر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریز (۸۲/۳۳ سانتیمتر) و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی (۸۴/۷۲ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ۵). کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی (۷۳/۴۳ سانتیمتر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (۷۳ سانتیمتر) و عدم محلول‌پاشی (۷۰/۸ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ۵). چاکماچی و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان و جلوگیری از عوامل بیماری‌زا افزایش دهند. کوپتا و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد گیاه با تأمین مقدار زیادی رطوبت قابل جذب برای گیاه موجب افزایش رشد و ارتفاع بوته‌ها می‌شوند. بل 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 میکوریز وجود دارد نسبت داد.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد تریبتیکاله

میانگین مربعات													درجه آزادی	منابع تغییرات
طول دوره پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	حداکثر وزن دانه	حجم ریشه	وزن ریشه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد	طول سنبله	ارتفاع بوته			
۲/۷ **	۶/۷ **	۰/۰۰۰۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۰۱ **	۲۳۵۴۰۴/۷۹ **	۴۶۸۲/۱۴ **	۲۱/۲۳ **	۲۷/۲ **	۵۸/۳۴ **	۲۸۰/۱۸۳ **	۴۱/۳۴ **	۳۳۶۰/۵۹ **	۲	R	
۸۶/۴۴ **	۱۵/۱۳ **	۰/۰۰۰۰۰۲ **	۰/۰۰۱ **	۱۳۳۹۲۰/۸۶ **	۲۸۹۲۵۶/۴۲ **	۵۰۷/۹۲ **	۱۶۹۲/۵۷ **	۲۸۱۸/۲۷ **	۴۵۷۱۵۴/۰۶ **	۱۰۴/۴۶ **	۹۸۵/۲۱ **	۲	I	
۱۸/۵۷ **	۱۷/۳۲ **	۰/۰۰۰۰۰۰۹ **	۰/۰۰۱ **	۳۱۳۰۰۳/۳۷ **	۸۹۸۲۹/۶۵ **	۱۷۲/۷۴ **	۴۹۵/۲۸ **	۲۳۷/۱۲ **	۱۰۱۵۹۶/۵۹ **	۱۵/۳۲ **	۵۷۰/۲۸ **	۳	F	
۰/۶۳ ns	۴/۰۶ *	۰/۰۰۰۰۰۰۲ **	۰/۰۰۱ **	۹۹۱۵۴/۷۹ **	۵۴۰۲۹/۰۳ **	۱۱/۷۹ **	۹۵۷/۴۸ **	۵۰۳/۷۸ **	۱۰۹۲۳۸/۶۷ **	۴۰/۴۵ **	۱۲۶۲/۴۱ **	۳	Zn	
۸/۷۱ **	۵/۰۰۹ **	۰/۰۰۰۰۰۰۴ **	۰/۰۰۰۰۵ **	۱۵۸۵۲/۰۴ **	۹۵۱/۸۸ **	۳۱/۱۸ **	۲۱/۵۶ **	۱/۵۵ **	۶۶۲۲/۰۱ **	۰/۱۱ ns	۱۰/۲۹ ns	۶	F * I	
۶/۲ **	۲/۱۳ ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳ **	۰/۰۰۰۰۳ ns	۳۳۳۷/۵۸ **	۱۹۶۹/۵۷ **	۹/۴۸ **	۵/۶ **	۱/۰۲ **	۲۰۱۲/۸۱ **	۰/۱۸ ns	۱۳/۱۲ ns	۶	Zn * I	
۳/۵ **	۱/۴۳ ns	۰/۰۰۰۰۰۰۲ *	۰/۰۰۰۰۱ **	۱۵۵۲۴/۶۳ **	۳۷۶/۶۸ **	۲۰/۰۹ **	۱۲/۷۲ **	۳/۰۱ **	۱۸۱۲/۲۶ **	۰/۵۶ ns	۸/۵۶ ns	۹	F * Zn	
۳/۸ **	۲/۳۴ *	۰/۰۰۰۰۰۰۳ **	۰/۰۰۰۰۰۰۶ **	۵۷۳۷/۹۲ **	۳۶۷/۷۵ **	۸/۵۹ **	۶/۵۸ **	۲/۴۲ **	۷۶۷/۶۶ **	۰/۱۱ ns	۵/۹۸ ns	۱۸	F * Zn * I	
۰/۵۲	۱/۲۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۵۷۷/۷۱	۱۱/۹۸	۰/۰۳	۰/۳۴	۰/۰۹	۱/۳۹	۰/۳۷	۷/۰۴	۹۴	e	
۱/۹۲	۴/۶۲	۳/۸	۲/۴۷	۳/۰۷	۰/۹۴	۰/۵۵	۱/۱۵	۰/۶۷	۰/۳۲	۴/۶۵	۳/۴۲	-	(%) CV	

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد R تکرار، I محدودیت آبی، F کودهای بیولوژیک، Zn نانو اکسید روی

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی محدودیت آبی، کودهای بیولوژیک و مقادیر نانوآکسید روی بر ارتفاع بوته و طول سنبله تربتی‌کاله

طول سنبله (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		
۱۴/۷ a	۸۲/۴۱ a	آبیاری کامل	محدودیت آبی
۱۳ b	۷۶/۸۷ b	آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله‌دهی	
۱۱/۷۷ c	۷۳/۴۳ c	آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی	
		LSD _{5%}	
۱۲/۴۱ c	۷۳ d	عدم کاربرد کود زیستی	کودهای بیولوژیک
۱۳/۱۹ b	۷۶/۰۸ c	<i>G. mosseae</i>	
۱۳/۰۲ b	۷۸/۸۸ b	باکتری‌های محرک رشد	
۱۴ a	۸۲/۳۳ a	کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریز	
		LSD _{5%}	
۱۱/۹۴ d	۷۰/۸ d	صفر	مقادیر محلول‌پاشی نانوآکسید روی (گرم در لیتر)
۱۲/۷۷ c	۷۵/۳۶ c	۰/۳	
۱۳/۴۷ b	۷۹/۴۱ b	۰/۶	
۱۴/۴۴ a	۸۴/۷۲ a	۰/۹	
		LSD _{5%}	

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

نقش مؤثر این باکتری‌های در تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل حساس رشدی نظیر ساقه‌دهی و خوشه‌دهی نسبت دادند.

تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۶۱/۲ عدد) و نیز وزن هزار دانه (۶۸/۳۳ گرم) در آبیاری کامل، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریزی و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۲۵ عدد) و وزن هزار دانه (۳۵/۶ گرم) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری کامل و تلقیح بذر با کودهای زیستی افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی به خصوص در مرحله پر شدن دانه، موجب بهبود میزان مواد ذخیره شده در دانه و همین امر منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است. کارلیر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند موجب افزایش ۶ درصدی وزن هزار دانه، ۱۳ درصدی تعداد سنبله و ۳۰ درصدی تعداد دانه در سنبله شود. برخی تحقیقات نشان داده اند که بین قارچ‌های میکوریز و باکتری‌های محرک رشد اثر متقابل

بدین صورت که آبیاری کامل با افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه موجب می‌شود که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. نتایج مشابهی نیز توسط سینگ و پاتل (۱۹۹۶) گزارش شده است. بخش دیگری از افزایش عملکرد در شرایط آبیاری کامل و کاربرد باکتری‌های محرک رشد و میکوریز را می‌توان به برهم‌کنش مثبتی که میان آن‌ها وجود دارد نسبت داد بدین صورت که 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 (رونستی و همکاران، ۲۰۰۶) و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند. رایت و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان میکوریزی شده به قارچ‌های میکوریز 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. بررسی شریفی (۱۳۷۶) نشان داد که اعمال تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش طول دوره گرده افشانی تا رسیدگی، تعداد سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌گردد. کایا و همکاران (۲۰۰۲) بهبود عملکرد و اجزای عملکرد را به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به

شاخص برداشت: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۴۱/۵ درصد) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین آن (۲۶/۵۱ درصد) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و محلول پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانوآکسید روی به دست آمد (جدول ۶). شاخص برداشت صفتی وابسته به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد و چون در آبیاری کامل طول دوره پر شدن دانه‌ها و عملکرد دانه بیشتر می‌باشد از این رو به نظر می‌رسد در این حالت شاخص برداشت نیز بیشتر شود.

مثبتی وجود دارد (آنتونس و همکاران، ۲۰۰۶) طوری که تلقیح بذر گندم و ذرت با باکتری آزوسپیریلیوم، استقرار میکوریز بر روی آنها را افزایش می‌دهد (ابراهیم و همکاران، ۱۹۹۰).

وزن و حجم ریشه: بیشترین وزن (۵۵۲/۳۳ گرم در مترمربع) و حجم ریشه (۱۱۱۳/۸۳ سانتیمتر مکعب در مترمربع) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین وزن (۲۰۵/۵۳ گرم در مترمربع) و حجم ریشه (۴۴۳/۷۳ سانتیمتر مکعب در مترمربع) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول پاشی به دست آمد که حجم ریشه با تیمار آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و محلول پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانوآکسید روی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). پانوار (۱۹۹۱) در گندم تلقیح شده با میکوریز و باکتری آزوسپیریلیوم، گزارش کرد که باکتری‌ها عمدتاً رشد ریشه را تشدید می‌کنند، در حالی که قارچ میکوریز وزن اندام هوایی را افزایش می‌دهد. سانچز بلانکو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تحت شرایط خشکی، زیست توده ریشه و اندام‌های هوایی گیاه رزماری میکوریزی شده در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش یافت. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت میکوریزی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجه همزیستی با میکوریز (جنس گلوموس) افزایش یافت. آن‌ها این موضوع را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقدار الکتروولیت در ریشه‌ها و ظرفیت بالای چنین گیاهانی برای تنظیم اسمزی نسبت دادند. بنرجی و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش سطح ریشه گیاه می‌شوند و ساریگ و همکاران (۱۹۹۲) افزایش سطح ریشه را عامل اصلی افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه گزارش کردند. افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر در حجم وسیعتری از خاک را امکان پذیر می‌سازد. به نظر می‌رسد که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و میکوریز در این آزمایش و افزایش وزن و حجم ریشه، توان کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی تریپتیکاله بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با

عملکرد تریتیکاله

شاخص برداشت (درصد)	حجم ریشه (سانتیمتر مکعب در مترمربع)	وزن ریشه (گرم در مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد (گرم در مترمربع)	ترکیب تیماری
۳۱/۰۶ o-s	۶۹۲/۳ pqr	۳۰۷/۷۷ qrst	۴۶/۴۲ pq	۴۵/۰۵ klm	۳۱۷/۶ op	I ₁ F ₀ Zn ₀
۳۵/۶ f-h	۸۹۴/۷۷ hij	۴۱۰ ij	۴۸/۸ mn	۵۰/۵۳ ef	۴۱۰/۴ gh	I ₁ F ₁ Zn ₀
۳۷/۱۱ de	۱۰۶۱/۶۷ b	۴۲۲/۲ ghi	۴۸/۳۲ no	۴۶/۲۸ ij	۳۸۸/۵۳ ij	I ₁ F ₂ Zn ₀
۳۴/۷۱ h-j	۹۱۱/۶ ghi	۴۵۸/۹ e	۵۵/۳ fgh	۵۳/۱۵ d	۴۵۰/۶۳ f	I ₁ F ₃ Zn ₀
۲۶/۵۶ y	۸۴۰/۱۳ k	۳۴۶/۷ mno	۵۱/۴۶ l	۴۹/۲۴ g	۳۲۶/۱ nop	I ₁ F ₀ Zn ₁
۴۰/۰۸ b	۱۰۱۲/۰۷ cd	۴۵۰ efg	۵۴/۵۴ ghi	۵۱/۰۷ e	۴۸۸/۱ e	I ₁ F ₁ Zn ₁
۳۶/۱ e-g	۱۰۰۷/۱۷ cd	۴۴۱/۱ efgh	۵۶/۱۸ f	۵۰/۰۷ efg	۳۹۸/۴۶ hi	I ₁ F ₂ Zn ₁
۴۰/۸۲ ab	۹۷۸/۷۳ de	۴۸۸/۹ cd	۵۸/۴۸ de	۵۵/۱۶ c	۵۵۸/۶۶ c	I ₁ F ₃ Zn ₁
۳۱/۶ m-q	۷۹۶/۲۳ l	۳۷۲/۲ klmn	۵۵/۵۴ fg	۵۳/۶۳ d	۴۰۷/۷ gh	I ₁ F ₀ Zn ₂
۳۵/۴۲ gh	۹۵۱/۵۳ ef	۴۶۲/۲ de	۵۴/۱۷ hij	۵۵/۲۵ c	۴۹۲/۷ e	I ₁ F ₁ Zn ₂
۳۷/۷۴ cd	۹۴۹/۸ efg	۴۵۳/۳ ef	۶۰/۹۱ c	۵۴/۹۵ c	۴۱۹/۲۳ g	I ₁ F ₂ Zn ₂
۴۰/۲ b	۱۰۶۱/۱ b	۵۰۴/۴۳ bc	۶۴/۰۸ b	۵۷/۲۶ b	۵۷۶/۴۳ b	I ₁ F ₃ Zn ₂
۳۲/۷ lm	۹۳۲/۹ fgh	۴۶۴/۴۳ de	۵۹/۳۲ d	۵۴/۹ c	۴۶۲ f	I ₁ F ₀ Zn ₃
۳۸/۴۹ c	۱۰۵۷/۰۳ b	۵۲۰ b	۶۰/۹۳ c	۵۷/۹۳ b	۵۷۰/۸۶ bc	I ₁ F ₁ Zn ₃
۳۵/۲۸ gh	۱۰۴۵/۱۳ bc	۵۱۳/۳۳ bc	۶۳/۴۴ b	۵۵/۴۸ c	۵۱۲/۳۳ d	I ₁ F ₂ Zn ₃
۴۱/۵ a	۱۱۱۳/۸۳ a	۵۵۲/۳۳ a	۶۸/۳۳ a	۶۱/۲ a	۵۶۳/۲۶ a	I ₁ F ₃ Zn ₃
۲۹/۵ tuv	۵۰۸/۶۷ w	۲۳۵/۵۷ xy	۴۱/۵۶ uv	۳۸/۱۱ qr	۲۵۵/۰۶ tuv	I ₂ F ₀ Zn ₀
۳۲/۵۵ l-n	۸۶۴/۰۳ jk	۳۳۷/۸ op	۴۴/۶۲ rs	۴۳/۲۸ n	۳۱۱/۵۳ pq	I ₂ F ₁ Zn ₀
۳۳/۵۴ j-l	۷۷۲/۲۳ lm	۳۰۱/۱ stu	۴۲/۳۲ tu	۴۲/۰۶ q	۲۹۲ r	I ₂ F ₂ Zn ₀
۳۳/۵۵ j-l	۶۵۶/۱۳ rst	۳۴۴/۴۳ nop	۴۸/۸۲ mn	۴۵/۴۷ jkl	۳۴۴/۵۳ m	I ₂ F ₃ Zn ₀
۳۰/۶۲ p-t	۵۸۷/۷ uv	۲۸۵/۵۳ tuv	۴۴/۴۸ rs	۴۱/۱۶ op	۲۹۶/۵۶ qr	I ₂ F ₀ Zn ₁
۳۵/۴۹ f-h	۹۰۸/۸ hi	۳۹۰ jk	۵۲/۴۳ kl	۴۶/۲۴ ijk	۳۶۳/۲۶ l	I ₂ F ₁ Zn ₁
۳۱/۱۵ o-r	۷۸۵/۵۷ lm	۳۴۱/۱ op	۴۷/۶۳ nop	۴۱/۶۶ o	۳۱۲/۱۶ pq	I ₂ F ₂ Zn ₁
۳۵/۰۸ g-i	۷۲۱/۸۷ nop	۴۱۵/۵۷ hij	۵۲/۶۴ kl	۴۷/۸۷ h	۳۹۹/۸ hi	I ₂ F ₃ Zn ₁
۳۱/۲۶ o-r	۶۶۳/۷۷ rs	۳۱۶/۶۷ pqrs	۴۳/۴۸ st	۴۴/۹۴ lm	۳۳۴/۶ mno	I ₂ F ₀ Zn ₂
۳۲/۲۳ m-o	۸۷۹/۱۷ ij	۳۷۷/۷۷ kl	۵۳/۳ jk	۴۷/۵۸ h	۳۸۳/۹ ijk	I ₂ F ₁ Zn ₂
۳۴/۳۸ h-j	۷۳۱/۹ no	۳۵۵/۵۷ lmno	۵۴/۶۱ ghi	۴۷/۰۴ hi	۳۸۰/۶ jkl	I ₂ F ₂ Zn ₂
۳۶/۷۳ d-f	۷۸۱/۵۳ lm	۴۳۸/۹ efgh	۵۵/۱۲ fgh	۴۹/۸۴ fg	۴۵۰/۶ f	I ₂ F ₃ Zn ₂
۳۳/۹۷ i-k	۷۵۳/۶ mn	۳۵۲/۲ lmno	۵۱/۴۳ l	۴۶/۸۷ hi	۳۷۱/۱ kl	I ₂ F ₀ Zn ₃
۳۱/۸۲ m-p	۸۹۴/۴ hij	۴۳۰ fghi	۵۸/۰۲ e	۵۰/۹۱ ef	۴۱۸/۹۶ g	I ₂ F ₁ Zn ₃
۳۵/۱۹ g-i	۷۸۰/۰۳ lm	۳۹۲/۲ jk	۵۸/۵۳ de	۴۹/۷۳ fg	۴۱۸/۲۳ g	I ₂ F ₂ Zn ₃
۳۶/۱۸ e-g	۹۳۱/۷۳ fgh	۴۶۰ e	۶۰/۸۵ c	۵۳/۱۱ d	۴۸۷/۱۳ e	I ₂ F ₃ Zn ₃
۳۰/۳۶ q-t	۴۴۳/۷۳ x	۲۰۵/۵۳ z	۳۵/۶ x	۳۱/۲۵ v	۱۹۸/۴۶ x	I ₃ F ₀ Zn ₀
۲۸/۴ v-w	۶۹۴ opqr	۲۷۵/۵۷ uvw	۳۹/۴۳ w	۳۳/۶۵ u	۲۱۹/۱۶ w	I ₃ F ₁ Zn ₀
۲۹/۴۸ t-v	۵۸۸/۹ uv	۲۶۵/۵۷ vw	۳۸/۸۲ w	۳۲/۷۳ u	۲۱۰/۰۶ wx	I ₃ F ₂ Zn ₀
۳۰/۳۹ q-t	۶۶۶/۹۷ st	۳۰۵/۵۷ qrst	۴۳/۸۳ s	۳۶/۷۸ s	۲۳۹/۴ v	I ₃ F ₃ Zn ₀
۲۸/۳ v-x	۵۰۸/۲ w	۲۳۱/۱ yz	۳۸/۳۴ w	۳۵/۲۶ t	۲۱۹/۰۳ w	I ₃ F ₀ Zn ₁
۲۹/۸۷ s-u	۶۹۲/۳ pqr	۳۰۱/۱ stu	۴۵/۴۲ qr	۳۶/۹۶ rs	۲۵۸/۰۶ tu	I ₃ F ₁ Zn ₁
۳۰/۲۶ r-t	۷۰۲/۷۷ opq	۲۹۰ stuv	۴۲/۳۱ tu	۳۵/۳۷ t	۲۴۱/۶۶ uv	I ₃ F ₂ Zn ₁
۳۴ ij	۵۹۸/۱۳ u	۳۳۱/۱۳ opqr	۴۸/۸۲ mn	۳۸/۹۶ q	۳۲۰/۷ op	I ₃ F ₃ Zn ₁
۲۶/۵۱ y	۴۴۷/۹ x	۲۱۴/۴۳ yz	۴۰/۷۵ v	۳۶/۲۳ st	۲۴۲/۹ uv	I ₃ F ₀ Zn ₂
۲۶/۷۷ y	۶۶۷/۴ qrs	۳۰۷/۸ qrst	۴۳/۵۱ st	۴۰/۴۲ p	۲۶۴/۲ st	I ₃ F ₁ Zn ₂
۲۷/۴۳ w-y	۶۴۱/۴ st	۳۰۳/۳۳ rstu	۴۴/۳۲ rs	۳۸/۰۹ qr	۲۵۸/۱ tu	I ₃ F ₂ Zn ₂
۳۲/۷۳ k-m	۶۲۰/۹۷ tu	۳۴۵/۵۳ no	۵۳/۶۱ ijk	۴۱/۹۸ o	۳۴۱/۳۳ mn	I ₃ F ₃ Zn ₂
۲۸/۹۱ uv	۵۵۸/۳ v	۲۶۱/۱ wx	۴۷/۲۵ op	۳۹/۱۵ q	۲۸۰/۰۶ rs	I ₃ F ₀ Zn ₃

۳۱/۳۶ n-r	۷۲۷/۲ nop	۳۴۴/۴۳ nop	۴۹/۸۴ m	۴۳/۸۵ mn	۳۶۳/۷۳ l	I ₃ F ₁ Zn ₃
۲۷/۰۹ xy	۶۸۹/۴۳ pqr	۳۳۳/۳۳ opq	۴۹/۷۷ m	۴۰/۳۸ p	۲۹۲ r	I ₃ F ₂ Zn ₃
۲۹/۶۷ tu	۷۵۵/۱۷ mn	۳۷۴/۴۷ klm	۵۴/۶ ghi	۴۴/۹۳ lm	۳۷۲/۰۳ jkl	I ₃ F ₃ Zn ₃
۱/۲۶	۳۸/۹۶	۲۷/۸۱	۱/۲۳	۱/۲۱	۱۷/۴۲	LSD _{5%}

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

I₁, I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله خوشه‌دهی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی
F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم کاربرد کود زیستی، *G. mosseae*، باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد
Zn₀, Zn₁, Zn₂ و Zn₃ به ترتیب صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی

رشد و محلول‌پاشی نانوآکسید روی می‌تواند توجه‌کننده بخشی از افزایش وزن دانه و به تبع از آن عملکرد دانه باشد.

طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه: روند پر شدن دانه در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی نمو بذر تقریباً مشابهی برخوردار بود. بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در تیمارهای مختلف به صورت خطی افزایش یافت و به میزان حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به صورت خط افقی در آمد (شکل ۱). معادلات رگرسیونی برازش شده نشان داد که بین تیمارهای مختلف آبیاری، کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانوآکسید روی از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد به طوری که با افزایش محدودیت آبی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به آبیاری کامل کاهش نشان داد. بیش‌ترین طول دوره (۴۱/۵ روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۵/۶ روز) در ترکیب تیماری حاصل از آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین طول دوره (۳۱/۹ روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۰/۶ روز) در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی به دست آمد. بیش‌ترین طول دوره پر شدن دانه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانوآکسید روی نداشت (جدول ۷). روند پر شدن دانه به وسیله یک منحنی سیگموئیدی توجیه می‌شود و در این منحنی سه مرحله رشد بطئی، رشد خطی و رسیدگی فیزیولوژیک قابل تمایز است (عباس-پور و سیدشریفی، ۱۳۹۳). در مرحله رشد بطئی، اگرچه فقط ۵ درصد وزن دانه تشکیل می‌شود، ولی نقش کلیدی در وزن نهایی دانه دارد. هر عاملی از جمله انواع تنش‌های محیطی که این دوره را

روند پر شدن دانه و صفات مرتبط با آن: نتایج تجزیه واریانس حاصل از تأثیر نانو آکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی نشان داد که از نظر صفات حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و دوره مؤثر پر شدن دانه بین ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴).

حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن (۰/۰۷۸ گرم) و سرعت پر شدن دانه (۰/۰۳۰۴ گرم در روز) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید روی و کمترین این صفات به ترتیب (۰/۰۳۷ گرم و ۰/۰۱۸ گرم در روز) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی به دست آمد. (جدول ۷). به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز و اثرات هم‌افزایی که بین این کودهای بیولوژیک وجود دارد (بل و همکاران، ۲۰۰۳) با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند. افزایش وزن دانه از طریق طول دوره و سرعت پر شدن دانه (گیهجو و همکاران، ۱۹۸۲) میسر است. بعد از تثبیت دانه در مرحله گرده افشانی، وزن دانه مهم‌ترین عامل در تعیین میزان عملکرد گندم محسوب می‌شود (شکیبا و همکاران، ۱۹۹۶). بوئر و همکاران (۱۹۸۵) در ارزیابی مولفه‌های مؤثر بر وزن دانه بیان داشتند که سرعت انباشت مواد در دانه نسبت به طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه اثر بیشتری دارد. کوماری و والارمسی (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند و به نظر می‌رسد بالا بودن سرعت پر شدن دانه در شرایط آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک

با افزایش محدودیت آبی عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول‌پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی و چکمه‌زنی به ترتیب باعث کاهش ۲۲ و ۴۲ درصدی عملکرد شده و استفاده توأم از کودهای بیولوژیک و نانو اکسید روی به ترتیب ۵۲ و ۵۳ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کرده‌اند طوری که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در حالت کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید روی و آبیاری کامل و کمترین آن‌ها در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول‌پاشی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی مشاهده گردید. همچنین مشاهده گردید عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و محدودیت آبی با مصرف روی و کودهای زیستی افزایش یافته است. به نظر می‌رسد کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانو اکسید روی با تعدیل اثرات محدودیت آبی می‌تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط محدودیت آبی مؤثر واقع شود.

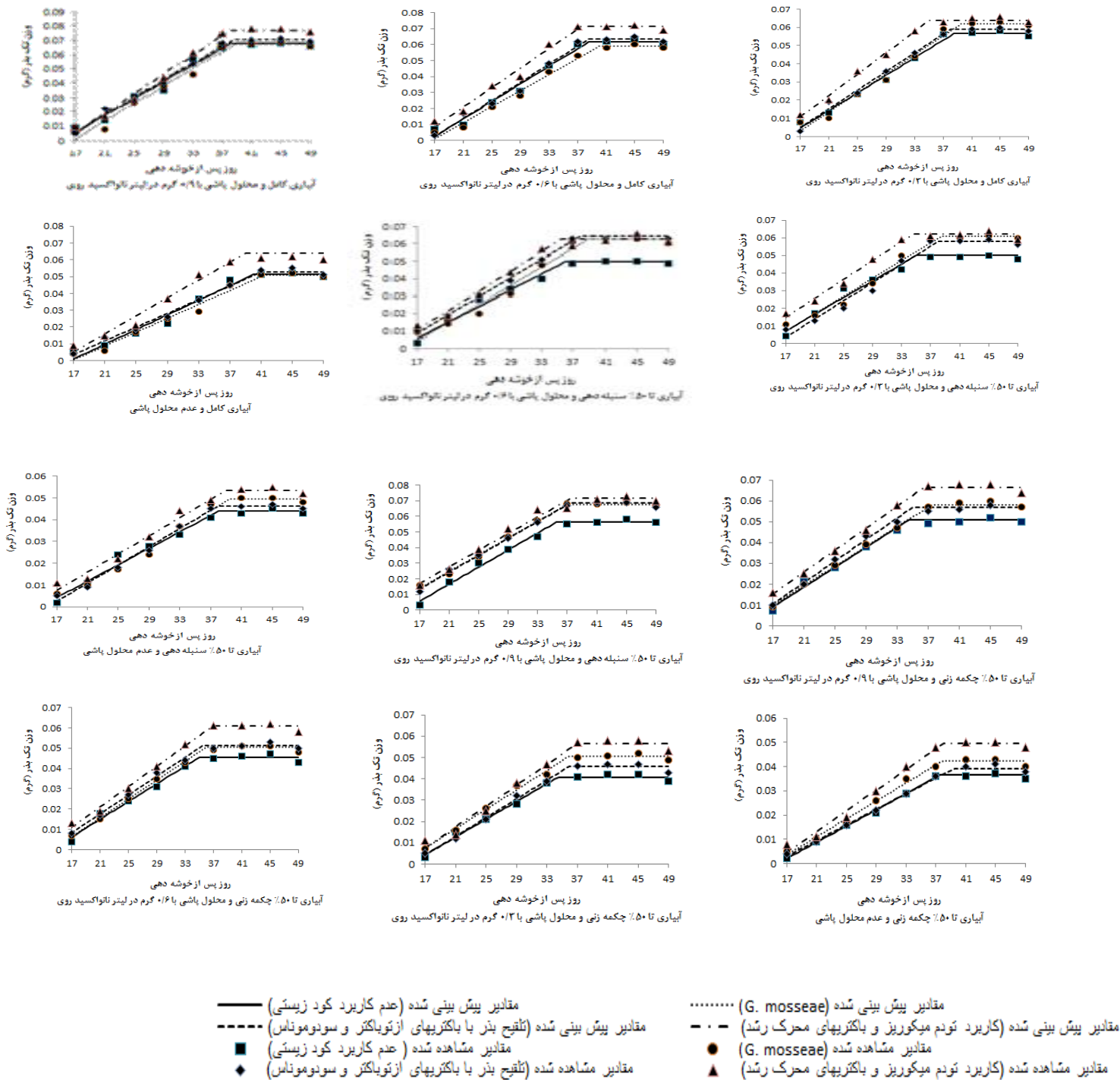
کوتاه‌تر کند موجب کاهش تعداد سلول‌های اندوسپرم و در نتیجه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (کری و جونز، ۱۹۷۹). سرعت و دوره پر شدن دانه در تعیین وزن دانه و عملکرد گندم در طول دوره رشد خطی اهمیت زیادی دارد (داگیود و برول، ۱۹۹۴). تنش‌های محیطی از جمله خشکی از طریق کاهش دوره پر شدن دانه‌ها موجب کاهش وزن آن‌ها می‌شوند. ماس و گریو (۱۹۹۰) اظهار داشتند که تنش‌های محیطی با کاهش طول دوره پر شدن دانه، به طور معنی‌داری وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهند. از لحاظ تأثیر کودهای بیولوژیک بر روی سرعت و طول دوره پر شدن دانه مشاهده شد که کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با قارچ میکوریز بیش‌ترین تأثیر را بر روی این صفات داشته است. همچنین از لحاظ محلول‌پاشی با نانو اکسید روی مشخص گردید که محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید روی بیشترین و عدم محلول‌پاشی کمترین تأثیر را بر روی سرعت و طول دوره پر شدن دانه داشت. در ابتدای مراحل پر شدن دانه بین تیمارهای مختلف اختلاف چندانی از نظر وزن خشک دانه وجود ندارد ولی با گذشت زمان از آغاز پر شدن دانه اختلاف در وزن خشک دانه بین تیمارها افزایش یافت (شکل ۱).

نتیجه‌گیری کلی

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول پاشی نانواکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر وزن تک بذر، دوره مؤثر، سرعت و طول دوره پر شدن دانه تریپتیکاله

معادله برازش شده	حداکثر وزن دانه (گرم)	طول دوره پر شدن دانه (روز)	دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	ترکیب تیماری
Y = -0.036+0.00218X	۰/۰۵۲ no	۳۷/۵۴ h-m	۲۴/۷۵ a-f	۰/۰۰۲۱ o-q	I ₁ F ₀ Zn ₀
Y = -0.0345+0.00206X	۰/۰۵۲ no	۳۷/۵۷h-m	۲۴/۷۴ a-f	۰/۰۰۲۱ o-q	I ₁ F ₁ Zn ₀
Y = -0.031+0.00214X	۰/۰۵۵ m	۳۸/۳۶ e-i	۲۳/۱۱ e-o	۰/۰۰۲۳۸ i-l	I ₁ F ₂ Zn ₀
Y = -0.0442+0.00286X	۰/۰۶۲ hij	۳۸/۱۳ f-k	۲۲/۹ g-p	۰/۰۰۲۷ d-g	I ₁ F ₃ Zn ₀
Y = -0.0362+0.00241X	۰/۰۵۸ l	۳۸/۶۳ c-h	۲۴/۴ a-i	۰/۰۰۲۳۷ j-l	I ₁ F ₀ Zn ₁
Y = -0.0412+0.00261X	۰/۰۶۳ ghi	۳۹/۳۲ b-e	۲۳/۹۲ a-k	۰/۰۰۲۶۳ e-h	I ₁ F ₁ Zn ₁
Y = -0.0384+0.00256X	۰/۰۶۳ jkl	۳۸/۰۱ g-l	۲۳/۸۱ b-l	۰/۰۰۲۵۲ h-j	I ₁ F ₂ Zn ₁
Y = -0.0479+0.00282X	۰/۰۶۸۶ d	۴۰/۴۶ ab	۲۵/۰۵ a-d	۰/۰۰۲۷۵ d-f	I ₁ F ₃ Zn ₁
Y = -0.044+0.00274X	۰/۰۶۳ ghi	۳۸/۳۵ e-i	۲۲/۷۲ h-p	۰/۰۰۲۷۷ c-e	I ₁ F ₀ Zn ₂
Y = -0.0416+0.00251X	۰/۰۶۳ jkl	۳۹/۶۴ b-d	۲۳/۹۷ a-k	۰/۰۰۲۵ h-k	I ₁ F ₁ Zn ₂
Y = -0.0457+0.00283X	۰/۰۶۵ fg	۳۸/۵۸ d-h	۲۳/۵۶ c-n	۰/۰۰۲۷۶ c-f	I ₁ F ₂ Zn ₂
Y = -0.0532+0.00311X	۰/۰۷۲ b	۴۱/۰۶ a	۲۴/۴۹ a-h	۰/۰۰۲۹۴ ab	I ₁ F ₃ Zn ₂
Y = -0.0445+0.00295X	۰/۰۶۸ de	۳۷/۵۶ h-m	۲۳/۱۲ e-o	۰/۰۰۲۹۴ ab	I ₁ F ₀ Zn ₃
Y = -0.0501+0.00304X	۰/۰۶۹ cd	۳۹/۲۹ c-f	۲۳/۷۶ b-m	۰/۰۰۲۹ a-c	I ₁ F ₁ Zn ₃
Y = -0.0446+0.00299X	۰/۰۷۱ bc	۳۸/۳۶ e-i	۲۴/۱۲ a-j	۰/۰۰۲۹۴ ab	I ₁ F ₂ Zn ₃
Y = -0.0642+0.00308X	۰/۰۷۸ a	۴۱/۵ a	۲۵/۶۵ a	۰/۰۰۳۰۴ a	I ₁ F ₃ Zn ₃
Y = -0.0279+0.00189X	۰/۰۴۵ pq	۳۷/۹۱ g-m	۲۴/۵۵ a-g	۰/۰۰۱۸۳ uv	I ₂ F ₀ Zn ₀
Y = -0.033+0.00209X	۰/۰۵ o	۳۹/۷۹ bc	۲۴/۸۳ a-e	۰/۰۰۲۰۱ q-s	I ₂ F ₁ Zn ₀
Y = -0.033+0.00209X	۰/۰۴۷ p	۳۸/۲۵ e-i	۲۳/۸۵ b-k	۰/۰۰۱۹۷ q-u	I ₂ F ₂ Zn ₀
Y = -0.036+0.00245X	۰/۰۵۵ m	۳۸/۶۱ d-h	۲۴/۵۹ a-g	۰/۰۰۲۲۴ l-o	I ₂ F ₃ Zn ₀
Y = -0.0334+0.00238X	۰/۰۵ o	۳۷/۵۵ h-m	۲۱/۸۳ n-q	۰/۰۰۲۲۹ l-n	I ₂ F ₀ Zn ₁
Y = -0.0363+0.00253X	۰/۰۶۱ ijk	۳۸/۱۵ f-k	۲۴/۱۵ a-i	۰/۰۰۲۵۲۶ hi	I ₂ F ₁ Zn ₁
Y = -0.0405+0.00259X	۰/۰۵۹ kl	۳۸/۲۲ e-i	۲۳/۳۵ d-o	۰/۰۰۲۵۲۶ hi	I ₂ F ₂ Zn ₁
Y = -0.0329+0.00278X	۰/۰۶۴ fgh	۳۴/۸۸ t	۲۳/۸۱ b-l	۰/۰۰۲۶۸ d-g	I ₂ F ₃ Zn ₁
Y = -0.0341+0.00233X	۰/۰۵ o	۳۶/۹۸ k-q	۲۳/۸۱ b-l	۰/۰۰۲۱۱ o-q	I ₂ F ₀ Zn ₂
Y = -0.0414+0.00267X	۰/۰۶۳ ghi	۳۸/۸۶ c-g	۲۴/۱۴ a-j	۰/۰۰۲۶۱ f-h	I ₂ F ₁ Zn ₂
Y = -0.0367+0.00266X	۰/۰۶۵ fg	۳۷/۸۳ g-m	۲۴/۵۴ a-g	۰/۰۰۲۶۵ e-h	I ₂ F ₂ Zn ₂
Y = -0.0397+0.00291X	۰/۰۶۶ ef	۳۶/۲۷ o-s	۲۳/۵۳ c-n	۰/۰۰۲۸ b-d	I ₂ F ₃ Zn ₂
Y = -0.0407+0.00263X	۰/۰۵۸ l	۳۶/۲۹ o-s	۲۳/۰۱ f-o	۰/۰۰۲۵۳ hi	I ₂ F ₀ Zn ₃
Y = -0.0315+0.00268X	۰/۰۶۹ cd	۳۷/۲۵ i-o	۲۵/۴۶ ab	۰/۰۰۲۷۱ d-g	I ₂ F ₁ Zn ₃
Y = -0.0322+0.00269X	۰/۰۶۹ cd	۳۶/۸۳ m-r	۲۴/۹ b-f	۰/۰۰۲۷۶ c-e	I ₂ F ₂ Zn ₃
Y = -0.0369+0.00305X	۰/۰۷۳ b	۳۷/۳۵ i-o	۲۴/۸۵ a-e	۰/۰۰۲۹۳ ab	I ₂ F ₃ Zn ₃
Y = -0.0265+0.00188X	۰/۰۳۷ s	۳۱/۹۴ u	۲۰/۶۳ q	۰/۰۰۱۸ v	I ₃ F ₀ Zn ₀
Y = -0.0278+0.00185X	۰/۰۴۳ qr	۳۷/۳۶ i-o	۲۳/۳۴ d-o	۰/۰۰۱۸۴ t-v	I ₃ F ₁ Zn ₀
Y = -0.0243+0.00181X	۰/۰۴۱ r	۳۸/۵۴ d-h	۲۲ m-q	۰/۰۰۱۸۶ s-v	I ₃ F ₂ Zn ₀
Y = -0.0315+0.00213X	۰/۰۵ o	۳۸/۲ e-j	۲۵/۱۶ a-c	۰/۰۰۱۹۸ q-t	I ₃ F ₃ Zn ₀
Y = -0.0309+0.00199X	۰/۰۴۲ r	۳۵/۶۵ st	۲۱/۷۴ o-q	۰/۰۰۱۹۳ r-v	I ₃ F ₀ Zn ₁
Y = -0.0313+0.00228X	۰/۰۵۲ no	۳۶/۳۲ n-s	۲۳/۷۷ b-m	۰/۰۰۲۱۹ n-p	I ₃ F ₁ Zn ₁
Y = -0.0332+0.0022X	۰/۰۴۷ p	۳۵/۸۵ q-t	۲۱/۲۳ pq	۰/۰۰۲۲۱ m-o	I ₃ F ₂ Zn ₁
Y = -0.0338+0.00244X	۰/۰۵۸ l	۳۷/۴۹ h-n	۲۴/۵۶ a-g	۰/۰۰۲۳۶ k-m	I ₃ F ₃ Zn ₁
Y = -0.0308+0.00218X	۰/۰۴۷ p	۳۶/۰۷ p-s	۲۲/۹۳ g-p	۰/۰۰۲۰۵ p-r	I ₃ F ₀ Zn ₂
Y = -0.0325+0.0023X	۰/۰۵۱ no	۳۵/۷ r-t	۲۲/۰۴ l-q	۰/۰۰۲۳۱ l-n	I ₃ F ₁ Zn ₂
Y = -0.0313+0.00233X	۰/۰۵۳ mn	۳۵/۳۲ st	۲۲/۲۲ k-q	۰/۰۰۲۳۸ i-l	I ₃ F ₂ Zn ₂
Y = -0.0315+0.0025X	۰/۰۶۲ hij	۳۶/۸۷ l-r	۲۴/۱ a-j	۰/۰۰۲۵۷ gh	I ₃ F ₃ Zn ₂
Y = -0.0314+0.00238X	۰/۰۵۲ no	۳۴/۷۸ t	۲۲/۶۶ i-p	۰/۰۰۲۲۹ l-n	I ₃ F ₀ Zn ₃
Y = -0.0303+0.00236X	۰/۰۶۳ jkl	۳۷/۵۴ h-m	۲۵/۴۳ ab	۰/۰۰۲۳۶ k-m	I ₃ F ₁ Zn ₃
Y = -0.0334+0.00258X	۰/۰۵۸ l	۳۴/۷۴ t	۲۲/۳۶ j-q	۰/۰۰۲۵۹ gh	I ₃ F ₂ Zn ₃
Y = -0.0294+0.00263X	۰/۰۶۸ de	۳۷/۰۵ j-p	۲۵ a-d	۰/۰۰۲۷۲ d-g	I ₃ F ₃ Zn ₃
-	۰/۰۰۲	۱/۱۶	۱/۷۷	۰/۰۰۰۲	LSD ₉₅

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



شکل ۱_ تأثیر نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر روند پر شدن دانه تریتیکاله

منابع

پای گزار، ی. ا.، قنبری، م.، حیدری و ا. ا. توسلی. ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتریفید (*Pennisetum glaucum*) تحت تنش خشکی. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. سال سوم. شماره

۷۸-۶۷ :۱۰

- جباری، م.، ب. ع. سیاه سرو، م. رمودی، ش. ع. کوهکن و ف. ذوالفقاری. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل همبستگی و ضرایب مسیر صفات مورفولوژیک مرتبط با عملکرد لاین‌های دابل هاپلوئید جو در شرایط تنش خشکی و نرمال. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). شماره ۹۳: صفحه ۱۱۹-۱۱۲.
- جمالی، ج.، ش. انتشاری و م. حسینی. ۱۳۹۰. بررسی تعدیل اثر تنش خشکی با کاربرد عناصر پتاسیم و روی در ذرت. فصل نامه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دوره ۳. شماره ۳: ۲۱۶-۲۲۲.
- شریفی، م. ۱۳۷۶. بررسی مراحل نمو سه رقم گندم در تاریخ‌های مختلف کاشت تحت شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه شهید چمران اهواز.
- عباس‌پور، س و ر. سیدشریفی. ۱۳۹۳. تأثیر مقدار نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR بر عملکرد کمی و کیفی، خصوصیات ریشه، سرعت ظهور برگ و طول دوره پر شدن دانه تریتیکاله. فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۳. شماره ۸: ۱۴۷-۱۳۳.
- عباس‌پور، س.، ر. سیدشریفی و م. برمکی. ۱۳۹۱. تأثیر مقدار نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی. ۱۲۶ صفحه.
- قوشچی، ف. ۱۳۷۹. تریتیکاله نخستین غله ساخته دست بشر. انتشارات کارنو. صفحه ۲۷-۱۴.
- نادری، م و ا. عابدی. ۱۳۹۱. کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و پالایش آلاینده‌های زیست محیطی (ترجمه). ماهنامه فناوری نانو. سال یازدهم. فروردین ۹۱. شماره ۱. پیاپی ۱۷۴. صفحه ۲۶-۱۸.
- Al-Karaki, G. N., B. McMichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*. 14: 263-269.
- Antunes, P. M., D. Deaville and M.J. Goss. 2006. Effect of two AMF life strategies on tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. *Mycorrhiza*. 16: 167-173
- Banerjee, M.R., L. Yesmin and J.K. Vessey. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In: (Ed. Rai, M. K.) pp.137-181. Handbook of microbial biofertilizers. Food Production Press. U.S.A.
- Bauer, A. A., B. Frand and A.L. Black. 1985. Estimation of spring wheat grain dry matter assimilation on from air temperature. *Agron. J.* 77: 743-752.
- Begum, M., M. Noor, H. Miah and M.D. Mainul Basher. 2003. Effect of rate and method of zinc application on growth and yield of Aus Rice. *Pak. J. Biol. Sci.* 6(7): 688-692.
- Behl, R. K., H. Sharma, V. Kumar and N. Narula. 2003. Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. *J. Agron. Crop Sci.* 89: 151-155.
- Cakmakci, R. I., M. F. Donmez and U. Erdogan. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. *Turk. J. Agric. For.* 31: 189-199.
- Carlier, E., M. Rovera, A. R. Jaume and S. B. Rosas. 2008. Improvement of growth, under field conditions, of wheat inoculated with *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *Aurantiaca*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24: 2653-2658.
- Copetta, A., G. Lingua and G. Berta. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of granular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum*. *Mycorrhiza*. 16: 485-494.
- Daguid, S. D and A. L. Brule-Bable. 1994. Rate and duration of grain filling in five spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 74: 681-686.
- Dang, T. H., G. X. Cai, S. L. Guo, M. D. Hao and L. K. Heng. 2006. Effects of nitrogen management on yield and water use efficiency of rain fed wheat and maize in Northwest China. *Pedosphere*. 16(4): 495-504.
- Devarajan, R and S. D. Palaniappan. 1995. Zinc and molybdenum on yield and nutrition of soybean. *Mad. Agric. J.* 82: 188-189.
- Eberhart, S. A and W. A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Ellis, H. R and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. *Seed Sci.* 2: 19-25.
- Feng, G., F. S. Zhang, X. L. Li, C. Y. Tian, C. Tang and Z. Rengel. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*. 12: 185-190.

- Fredrick, J. R., F. E. Below and J. D. Hesketh. 1990. Carbohydrate, nitrogen and dry matter accumulation and partitioning of maize hybrids under drought stress. *Ann. Bot.* 66: 407-415.
- Gebeyhou, G., D. R. Knott and R. J. Baker. 1982. Rate and duration of filling in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22: 337-340.
- Gianinazzi, S., H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter. 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: *Mycorrhiza*, 13: 53-54. Lovato, P. Book review.
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass and G. D. Bending. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. *Agric., Ecosyst. Environ.* 113: 17-35.
- Gryndler, M., J. Larsen, H. Hrselova, V. Rezacova, H. Gryndlerova and J. Kubat. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. *Mycorrhiza*. 16(3): 159-166.
- Hemantaranjan, A and O. K. Gray. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain of quality *triticum aestivum* L. *J. Plant Nutr.* 20: 461-471.
- Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiol. Ecol.* 32: 91-96.
- Ibrahim, M. A., W. F. Campbell, L. A. Rupp and E. B. Allen. 1990. Effects of mycorrhizae on sorghum growth, photosynthesis and stomatal conductance under drought conditions. *Arid Soil Res. Rehabil.* 4: 99-107.
- Jeffries, P., S. Gianinazi, S. Perotto, K. Turnau and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fertil. Soils.* 37: 1-16.
- Kader, M. K., H. Mmian and M. S. Hoyue. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. *J. Biol. Sci.* 2(4): 250-261.
- Kaya, Y. K., R. Z. Arisoy and A. Gocmen. 2002. Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. *Pak. J. Bot.* 1: 142-144.
- Khalvati, M. A., Y. Hu, A. Mozafar and U. Schmidhalter. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relation and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biol.* 7: 706-712.
- Kumari, S. L and G. Valarmathi. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Agric. J.* 85: 210-211.
- Mass, E. V and C. M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt stressed wheat. *Crop Sci.* 30: 1309-1313.
- Mayaka, S., T. Tirosh and B. R. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Sci.* 166: 525-530
- Mazaherinia, S., A. R. Astaraei, A. Fotovat and A. Monshi. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Appl. Sci. J.* 7(1): 36- 40.
- Mirzakhani, M., M.R. Ardakani, A. Aeeneband, A. H. Shirani Rad and F. Rejali. 2009. Effects of dual inoculation of *Azotobacter* and mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some characteristics of spring safflower. *Inter. J. Civil Environ. Eng.* 1: 39-43.
- Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian J. Plant Physiol.* 34: 357-361.
- Prasad, T. N., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T. S. Sreeprasad and P. R. Sajanlal. 2012. Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *J. Plant Nutr.* 35: 905-927.
- Quarrie, S. A and H. G. Jones. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. *Ann. Bot.* 44: 323-332.
- Roesty, D., R. Gaur and B. N. Johri. 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 Biol. Biochem.* 38: 1111-1120.
- Ronanini, D. R., R. Savin and A. J. Hall. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crop Res.* 83: 79-90.
- Sajadi, N.A., H. Madani and A. Sajedi. 2009. Effect of mycorrhiza and zinc on some agronomical traits and ear characteristics in maize (KSC704) under drought stress. *Proceedings of International conf on energy and enviro.* 19: 2070- 3740.

- Sanchez-Blanco, M. J., T. Ferrandez, M. A. Morales, A. Morte and J. J. Alarcon. 2004. Variations in water status, gas exchange and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. *J. Plant Physiol.* 161: 675-682.
- Sarig, S., Y. Okon and A. Blum. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulics conductivity of Sorghum bicolor roots. *J. Plant Nutr.* 15: 805-819.
- Shakiba, M. R., B. M. Ehdai, A. Madore and J. G. Waines. 1996. Contribution of interned reserves to grain yield in tall and semidwarf spring wheat. *J. Genet. Plant Breed.* 50: 91-100.
- Singh, J and Patel. 1996. Dry matter distribution different parts of wheat under water stress at various growth stage. *Field Crop Abstr.* Vol 49. No 11: 10-16.
- Stampar, F., M. Hudina, K. Dolenc and V. Usenik. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica borkh.*). In: Anac, D. and P. Martin- Prével. Improved crop quality by nutrient management. Pp: 91-94.
- Timmusk, S and E. G. H. Wagner. 1999. The plant growth-promoting rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* induces changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression: a possible connection between biotic and abiotic stress responses. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 12: 951-959.
- Wright, D. P., J. D. Scholes and D. J. Read. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. *Plant, Cell Environ.* 21: 209-216.
- Yadav, K. S., D. P. Singh, S. Sunita, N. Neeru, K. Lakshminarayana, S. Suneja and N. Narula. 2000. Effect of *Azotobacter chroococcum* on yield and nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions. *J. Environ. Prot. Ecol.* 18(1): 109-113.

Effects of stabilizer water deficient (biofertilizers and nano zinc oxide) on effective traits at accumulative assimilate of grain of *triticale* under water withholding

Y. Kheirizadeh Arough¹, R.Seyed Sharifi², M. Sedghi³, M. Barmaki³

Received: 2015-05-30 Accepted: 2015-09-17

Abstract

Biological fertilizers are one of the most important supply source of nutrients in sustainable agriculture. In order to study the effect of biofertilizers and Nano zinc oxide foliar application on yield and traits related to grain growth of *triticale* under water withholding condition, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research farming of Faculty of Agriculture Science, University of Mohaghegh Ardabili in 2014. Factors experiment were included water withholding in three levels (Full irrigation, irrigation to%50 of heading and booting stages), biofertilizers in four levels (non-use of biofertilizer, *G. mosseae*, application of *Azotobacter chroococum* strain 5 + *Pseudomonas putida* strain 186, application of PGPR+*G. mosseae*) and Nano zinc oxide in four levels (non-foliar application and foliar application of 0.3, 0.6 and 0.9 g/lit). A two part linear model was used to quantifying the grain filling parameters. Results showed with increasing water limitation, yield, rate grain filling and the maximum of grain weight decreased. Means comparison showed that maximum of yield (663.26 g/m²), rate grain filling (0.00304 g/day), grain filling period (41.5 day), effective grain filling period (25.6 day) and the maximum of grain weight (0.078 g) were obtained at application of PGPR+Mycorrhiza, foliar application of 0.9 g/lit nano zinc oxide and full irrigation. Results showed that irrigation withholding in heading and booting stages respectively%22 and%42 reduced from grain yield and use of biofertilizers and nano zinc oxide compensated%52 and%53 respectively from yield reduction.

Keywords: Grain Filling, zinc, mycorrhiza, plant growth promoting rhizobacteria, linear model

1- Ph.D student of Crop Physiology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Associate Prof of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Assistant prof of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran