دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

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

تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش کمبود آب (کودهای زیستی و نانواکسید 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:۱۳۹٤/۰۳/۲٦

چکیده

کودهای بیولوژیک یکی از منابع اصلی تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند. به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانواکسید 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 (*Psedomunas putida strain 186* و *Azotobacter chrocoocum strain 5*)، کاربرد توأم *G. mosseae* و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانواکسید روی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/٦ و 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 (٦٦۳/۲٦ گرم در مترمربع)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۳۰٤ گرم در روز)، طول دوره پر شدن (٤۱/۵ روز)، دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۵/٦ روز) و حداکثر وزن دانه (۰/۰۷۸ گرم) در حالت کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریز، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و آبیاری کامل به دست آمد. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی و چکمه‌زنی به ترتیب عملکرد دانه را ۲۲ و ٤۲ درصد کاهش داد و استفاده از کودهای بیولوژیک و نانواکسید 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. ۱۳۹٦. تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش کمبود آب (کودهای زیستی و نانواکسید روی) بر صفات مؤثر بر انباشت مواد در دانه تریتیکاله در شرایط مختلف قطع آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ٤۷-۳۱.

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

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، ۱۹٦٦). 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، ۲۰۰٤). گیاهان تلقیح شده با میکوریز نسبت به گیاهان بدون میکوریز، بعد از تنش خشکی سریع‌تر به حالت اولیه بر می‌گردند (الکراکی و همکاران، ۲۰۰٤) و از کارایی مصرف آب بالاتری نیز برخوردارند، زیرا میکوریز با تولید هیف ضمن افزایش فتوسنتز (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 تیومسک و واگنر (۱۹۹۹) در آرابیدوپسیس منتشر شد. این باکتری‌ها با افزایش کارایی استفاده از مواد غذایی در مناطق کم حاصلخیز و خشک (دانگ و همکاران، ۲۰۰٦) موجب افزایش مقاومت گیاهان به تنش کم آبی می‌شوند (مایاکا و همکاران، ۲۰۰٤). 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 فتوسنتز 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 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، ۲۰۰٦). گوسلینگ و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، میکوریز از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز 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 آسیمیلاسیون 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 وکیفی 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

(۱۹۸۸) نشان داد که مصرف آهن و روی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد شد. دواراجان و پالانیاپان (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 نانواکسید روی تحت شرایط محدودیت آبی بر روند رشد دانه و عملکرد تریتیکاله مورد بررسی قرار گیرد.

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.

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

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[4] و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی[5])، تیمار دوم شامل کودهای بیولوژیک در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، *G. mosseae*، باکتری‌های محرک رشد (*Psedomunas putida strain 186* و *Azotobacter chrocoocum strain 5*)، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد) و محلول‌پاشی با نانواکسید روی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) بودند.

قارچ میکوریز استفاده شده از گونه *mosseae* و باکتری *Psedomunas putida strain* 186 و *Azotobacter chrocoocum strain* 5 استفاده شدند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوران توران و بذر تریتیکاله رقم جوانیلو از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. برای محلول‌پاشی از سمپاش پشتی ۱۶ لیتری با فشار متناوب ۴/۵-۱ 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.

1 - Heading stage
2 - Booting stage

جدول ٣- مشخصات نانو اکسید روی مورد استفاده

وزن	١٠٠ g
خلوص	٩٩%
میانگین اندازه ذرات	< ٣٠ nm
سطح ویژه ذرات	> ٣٠ m^2/g
رنگ	پودری سفید

محلول‌پاشی با نانواکسید روی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ٦-٤ 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 (١٠٠ وات و ٤٠ کیلوهرتز به مدت ٣٠ دقیقه) این مواد پخش شده و محلول گردید (پراساد و همکاران، ٢٠١٢). 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 (٢٠٠١) انجام شد. در این راستا ٢٠ گرم قارچ در هر متر مربع خاک استفاده گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. هر واحد آزمایشی حاوی ٥ ردیف کاشت به طول ٢/٥ متر و با فاصله بین ردیفی ٢٠ سانتی‌متر و تراکم ٤٠٠ بذر در متر مربع بود. زمان کاشت ٢٢ اردیبهشت و زمان برداشت ٢٠ شهریور بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو مرحله انجام گرفت. کود اوره به میزان ٢٠٠ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ١٧ روز بعد از خوشه‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. در این مرحله ٦٠ 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 ١٣٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (رونانینی و همکاران، ٢٠٠٤). 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 ١) استفاده گردید رابطه (١).

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

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه 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، ١٩٩٢). 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) 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 ٢ و به صورت زیر استفاده شد (الیس و پاتیافیلهو، ١٩٩٢):

رابطه (٢) $EFP=MGW/GFR$

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 ٧٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ٧٢ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ٠/٠٠١ 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 ١٠ 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 ان صفت در تجزیه داده‌ها به کار گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ٤ توده بذری ٢٥٠ 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

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 نانواکسید 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 نانواکسید روی معنی‌دار بود (جدول ٤).

ارتفاع بوته: این صفت تحت تأثیر کودهای زیستی، نانواکسید روی و محدودیت آبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در آبیاری کامل (٨٢/٤١ سانتیمتر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریز (٨٢/٣٣ سانتیمتر) و محلول‌پاشی ٠/٩ گرم در لیتر نانواکسید روی (٨٤/٧٢ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ٥). کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در آبیاری تا ٥٠ درصد مرحله چکمه‌زنی (٧٣/٤٣ سانتیمتر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (٧٣ سانتیمتر) و عدم محلول‌پاشی (٧٠/٨ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ٥). چاکماکچی و همکاران (٢٠٠٧) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان و جلوگیری از عوامل بیماری زا افزایش دهند. کوپتا و همکاران (٢٠٠٦) 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 (٢٠٠٣) 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.

طول سنبله: این صفت تحت تأثیر کودهای زیستی، نانواکسید روی و محدودیت آبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین طول سنبله در آبیاری کامل (١٤/٧ سانتیمتر)، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد با میکوریز (١٤ سانتیمتر) و محلول‌پاشی ٠/٩ گرم در لیتر نانواکسید روی (١٤/٤٤ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ٥). کمترین طول سنبله به ترتیب در آبیاری تا ٥٠ درصد مرحله چکمه‌زنی (١١/٧٧ سانتیمتر)، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک (١٢/٤١ سانتیمتر) و عدم محلول‌پاشی (١١/٩٤ سانتیمتر) به دست آمد (جدول ٥). 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، ١٣٩٠). فردریک و همکاران (١٩٩٠) 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 ٠/٩ گرم در لیتر نانواکسید روی (٦٦٣/٢٦ گرم در مترمربع) و کمترین آن در آبیاری تا ٥٠ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و عدم محلول‌پاشی (١٩٨/٤٦ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ٦). 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 ٠/٩ گرم در لیتر نانواکسید 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 ١).

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد تریتیکاله

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته	طول سنبله	عملکرد	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	وزن ریشه	حجم ریشه	حداکثر وزن دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه
R	٢	٣٣٦٠/٥٩ **	٤١/٣٤ **	٢٨٠١/٨٣ **	٥٨/٣٤ **	٢٧/٢ **	٢١/٢٣ **	٤٦٨٢/١٤ **	٢٣٥٤٠٤/٧٩ **	٠/٠٠٠٠١ **	٠/٠٠٠٠٠٠٠٣ *	٦/٧ **	٢/٧ **
I	٢	٩٨٥/٢١ **	١٠٤/٤٦ **	٤٥٧١٥٤/٠٦ **	٢٨١٨/٢٧ **	١٦٩٢/٥٧ **	٥٠٧/٩٢ **	٢٨٩٢٥٦/٤٢ **	١٣٣٩٢٠٠/٨٦ **	٠/٠٠١ **	٠/٠٠٠٠٠٠٢ **	١٥/١٣ **	٨٦/٤٤ **
F	٣	٥٧٠/٢٨ **	١٥/٣٢ **	١٠١٥٩٦/٥٩ **	٢٣٧/١٢ **	٤٩٥/٢٨ **	١٧٢/٧٤ **	٨٩٨٢٩/٦٥ **	٣١٣٠٠٣/٣٧ **	٠/٠٠١ **	٠/٠٠٠٠٠٠٩ **	١٧/٣٢ **	١٨/٥٧ **
Zn	٣	١٢٦٢/٤١ **	٤٠/٤٥ **	١٠٩٢٣٨/٦٧ **	٥٠٣/٧٨ **	٩٥٧/٤٨ **	١١/٧٩ **	٥٤٠٢٩/٠٣ **	٩٩١٥٤/٧٩ **	٠/٠٠١ **	٠/٠٠٠٠٠٢ **	٤/٠٦ *	٠/٦٣ ns
F * I	٦	١٠/٢٩ ns	٠/١١ ns	٦٦٢٢/٠١ **	١/٥٥ **	٢١/٥٦ **	٣١/١٨ **	٩٥١/٨٨ **	١٥٨٥٢/٠٤ **	٠/٠٠٠٠٥ **	٠/٠٠٠٠٠٠٠٤ **	٥/٠٠٩ **	٨/٧١ **
Zn * I	٦	١٣/١٢ ns	٠/١٨ ns	٢٠١٢/٨١ **	١/٠٢ **	٥/٦ **	٩/٤٨ **	١٩٦٩/٥٧ **	٣٣٣٧/٥٨ **	٠/٠٠٠٠٠٣ ns	٠/٠٠٠٠٠٠٠٣ **	٢/١٣ ns	٦/٢ **
F * Zn	٩	٨/٥٦ ns	٠/٥٦ ns	١٨١٢/٢٦ **	٣/٠١ **	١٢/٧٢ **	٢٠/٠٩ **	٣٧٦/٦٨ **	١٥٥٢٤/٦٣ **	٠/٠٠٠٠١ **	٠/٠٠٠٠٠٠٠٢ *	١/٤٣ ns	٣/٥ **
F * Zn * I	١٨	٥/٩٨ ns	٠/١١ ns	٧٦٧/٦٦ **	٢/٤٢ **	٦/٥٨ **	٨/٥٩ **	٣٦٧/٧٥ **	٥٧٣٧/٩٢ **	٠/٠٠٠٠٠٦ **	٠/٠٠٠٠٠٠٠٣ **	٢/٣٤ *	٣/٨ **
e	٩٤	٧/٠٤	٠/٣٧	١/٣٩	٠/٠٩	٠/٣٤	٠/٠٣	١١/٩٨	٥٧٧/٧١	٠/٠٠٠٠٠٢	٠/٠٠٠٠٠٠٠١	١/٢٠٥	٠/٥٢
(%) CV	-	٣/٤٢	٤/٦٥	٠/٣٢	٠/٦٧	١/١٥	٠/٥٥	٠/٩٤	٣/٠٧	٢/٤٧	٣/٨	٤/٦٢	١/٩٢

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد Rتکرار، I محدودیت آبی، F کودهای بیولوژیک، Zn نانواکسید روی

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

		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)
محدودیت آبی	آبیاری کامل	۸۲/۴۱ a	۱۴/۷ a
	آبیاری تا ۵۰٪ مرحله سنبله‌دهی	۷۶/۸۷ b	۱۳ b
	آبیاری تا ۵۰٪ مرحله چکمه‌زنی	۷۳/۴۳ c	۱۱/۷۷ c
$LSD_{5\%}$		۱/۰۷	۰/۲۴
کودهای بیولوژیک	عدم کاربرد کود زیستی	۷۳ d	۱۲/۴۱ c
	G. mosseae	۷۶/۰۸ c	۱۳/۱۹ b
	باکتری‌های محرک رشد	۷۸/۸۸ b	۱۳/۰۲ b
	کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و میکوریز	۸۲/۳۳ a	۱۴ a
$LSD_{5\%}$		۱/۲۴	۰/۲۸
مقادیر محلول‌پاشی نانواکسید روی (گرم در لیتر)	صفر	۷۰/۸ d	۱۱/۹۴ d
	۰/۳	۷۵/۳۶ c	۱۲/۷۷ c
	۰/۶	۷۹/۴۱ b	۱۳/۴۷ b
	۰/۹	۸۴/۷۲ a	۱۴/۴۴ a
$LSD_{5\%}$		۱/۲۴	۰/۲۸

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

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 (روئستی 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 نقش مؤثر این باکتری‌های در تثبیت نیتروزن 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 نانواکسید 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

مثبتی وجود دارد (آنتونس و همکاران، ۲۰۰۶) طوری که تلقیح بذر گندم و ذرت با باکتری آزوسپریلیوم، 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 باکتری-های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید 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 محلول‌پاشی به دست آمد که حجم ریشه با تیمار آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسید 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 حالی‌که 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 الکترولیت 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 اب 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 و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی تریتیکاله بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است.

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 محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و کمترین آن (۲۶/۵۱ درصد) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسید 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.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو اکسید روی، کودهای بیولوژیک و محدودیت آبی بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد تریتیکاله

ترکیب تیماری	عملکرد (گرم در مترمربع)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	وزن ریشه (گرم در مترمربع)	حجم ریشه (سانتیمتر مکعب در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)
$I_1F_0Zn_0$	۳۱۷/۶ op	۴۵/۰۵ klm	۴۶/۴۲ pq	۳۰۷/۷۷ qrst	۶۹۲/۳ pqr	۳۱/۰۶ o-s
$I_1F_1Zn_0$	۴۱۰/۴ gh	۵۰/۵۳ ef	۴۸/۸ mn	۴۱۰ ij	۸۹۴/۷۷ hij	۳۵/۶ f-h
$I_1F_2Zn_0$	۳۸۸/۵۳ ij	۴۶/۲۸ ij	۴۸/۳۲ no	۴۲۲/۲ ghi	۱۰۶۱/۶۷ b	۳۷/۱۱ de
$I_1F_3Zn_0$	۴۵۰/۶۳ f	۵۳/۱۵ d	۵۵/۳ fgh	۴۵۸/۹ e	۹۱۱/۶ ghi	۳۴/۷۱ h-j
$I_1F_0Zn_1$	۳۲۶/۱ nop	۴۹/۲۴ g	۵۱/۴۶ l	۳۴۶/۷ mno	۸۴۰/۱۳ k	۲۶/۵۶ y
$I_1F_1Zn_1$	۴۸۸/۱ e	۵۱/۰۷ e	۵۴/۵۴ ghi	۴۵۰ efg	۱۰۱۲/۰۷ cd	۴۰/۰۸ b
$I_1F_2Zn_1$	۳۹۸/۴۶ hi	۵۰/۰۷ efg	۵۶/۱۸ f	۴۴۱/۱ efgh	۱۰۰۷/۱۷ cd	۳۶/۱ e-g
$I_1F_3Zn_1$	۵۵۸/۶۶ c	۵۵/۱۶ c	۵۸/۴۸ de	۴۸۸/۹ cd	۹۷۸/۷۳ de	۴۰/۸۲ ab
$I_1F_0Zn_2$	۴۰۷/۷ gh	۵۳/۶۳ d	۵۵/۵۴ fg	۳۷۲/۲ klmn	۷۹۶/۲۳ l	۳۱/۶ m-q
$I_1F_1Zn_2$	۴۹۲/۷ e	۵۵/۲۵ c	۵۴/۱۷ hij	۴۶۲/۲ de	۹۵۱/۵۳ ef	۳۵/۴۲ gh
$I_1F_2Zn_2$	۴۱۹/۲۳ g	۵۴/۹۵ c	۶۰/۹۱ c	۴۵۳/۳ ef	۹۴۹/۸ efg	۳۷/۷۴ cd
$I_1F_3Zn_2$	۵۷۶/۴۳ b	۵۷/۲۶ b	۶۴/۰۸ b	۵۰۴/۴۳ bc	۱۰۶۱/۱ b	۴۰/۲ b
$I_1F_0Zn_3$	۴۶۲ f	۵۴/۹ c	۵۹/۳۲ d	۴۶۴/۴۳ de	۹۳۲/۹ fgh	۳۲/۷ lm
$I_1F_1Zn_3$	۵۷۰/۸۶ bc	۵۷/۹۳ b	۶۰/۹۳ c	۵۲۰ b	۱۰۵۷/۰۳ b	۳۸/۴۹ c
$I_1F_2Zn_3$	۵۱۲/۳۳ d	۵۵/۴۸ c	۶۳/۴۴ b	۵۱۳/۳۳ bc	۱۰۴۵/۱۳ bc	۳۵/۲۸ gh
$I_1F_3Zn_3$	۶۶۳/۲۶ a	۶۱/۲ a	۶۸/۳۳ a	۵۵۲/۳۳ a	۱۱۱۳/۸۳ a	۴۱/۵ a
$I_2F_0Zn_0$	۲۵۵/۰۶ tuv	۳۸/۱۱ qr	۴۱/۵۶ uv	۲۳۵/۵۷ xy	۵۰۸/۶۷ w	۲۹/۵ tuv
$I_2F_1Zn_0$	۳۱۱/۵۳ pq	۴۳/۲۸ n	۴۴/۶۲ rs	۳۳۷/۸ op	۸۶۴/۰۳ jk	۳۲/۵۵ l-n
$I_2F_2Zn_0$	۲۹۲ r	۳۹/۰۶ q	۴۲/۳۲ tu	۳۰۱/۱ stu	۷۷۲/۲۳ lm	۳۳/۵۴ j-l
$I_2F_3Zn_0$	۳۴۴/۵۳ m	۴۵/۴۷ jkl	۴۸/۸۲ mn	۳۴۴/۴۳ nop	۶۵۶/۱۳ rst	۳۳/۵۵ j-l
$I_2F_0Zn_1$	۲۹۶/۵۶ qr	۴۱/۱۶ op	۴۴/۴۸ rs	۲۸۵/۵۳ tuvw	۵۸۷/۷ uv	۳۰/۶۲ p-t
$I_2F_1Zn_1$	۳۶۳/۲۶ l	۴۶/۲۴ ijk	۵۲/۴۳ kl	۳۹۰ jk	۹۰۸/۸ hi	۳۵/۴۹ f-h
$I_2F_2Zn_1$	۳۱۲/۱۶ pq	۴۱/۶۶ o	۴۷/۶۳ nop	۳۴۱/۱ op	۷۸۵/۵۷ lm	۳۱/۱۵ o-r
$I_2F_3Zn_1$	۳۹۹/۸ hi	۴۷/۸۷ h	۵۲/۶۴ kl	۴۱۵/۵۷ hij	۷۲۱/۸۷ nop	۳۵/۰۸ g-i
$I_2F_0Zn_2$	۳۳۴/۶ mno	۴۴/۹۴ lm	۴۳/۴۸ st	۳۱۶/۶۷ pqrs	۶۶۳/۷۷ rs	۳۱/۲۶ o-r
$I_2F_1Zn_2$	۳۸۳/۹ ijk	۴۷/۵۸ h	۵۳/۳ jk	۳۷۷/۷۷ kl	۸۷۹/۱۷ ij	۳۲/۲۳ m-o
$I_2F_2Zn_2$	۳۸۰/۶ jkl	۴۷/۰۴ hi	۵۴/۶۱ ghi	۳۵۵/۵۷ lmno	۷۳۱/۹ no	۳۴/۳۸ h-j
$I_2F_3Zn_2$	۴۵۰/۶ f	۴۹/۸۴ fg	۵۵/۱۲ fgh	۴۳۸/۹ efgh	۷۸۱/۵۳ lm	۳۶/۷۳ d-f
$I_2F_0Zn_3$	۳۷۱/۱ kl	۴۶/۸۷ hi	۵۱/۴۳ l	۳۵۲/۲ lmno	۷۵۳/۶ mn	۳۳/۹۷ i-k
$I_2F_1Zn_3$	۴۱۸/۹۶ g	۵۰/۹۱ ef	۵۸/۰۲ e	۴۳۰ fghi	۸۹۴/۴ hij	۳۱/۸۲ m-p
$I_2F_2Zn_3$	۴۱۸/۲۳ g	۴۹/۷۳ fg	۵۸/۵۳ de	۳۹۲/۲ jk	۷۸۰/۰۳ lm	۳۵/۱۹ g-i
$I_2F_3Zn_3$	۴۸۷/۱۳ e	۵۳/۱۱ d	۶۰/۸۵ c	۴۶۰ e	۹۳۱/۷۳ fgh	۳۶/۱۸ e-g
$I_3F_0Zn_0$	۱۹۸/۴۶ x	۳۱/۲۵ v	۳۵/۶ x	۲۰۵/۵۳ z	۴۴۳/۷۳ x	۳۰/۳۶ q-t
$I_3F_1Zn_0$	۲۱۹/۱۶ w	۳۳/۶۵ u	۳۹/۴۳ w	۲۷۵/۵۷ uvw	۶۹۴ opqr	۲۸/۴ vw
$I_3F_2Zn_0$	۲۱۰/۰۶ wx	۳۲/۷۳ u	۳۸/۸۲ w	۲۶۵/۵۷ vw	۵۸۸/۹ uv	۲۹/۴۸ t-v
$I_3F_3Zn_0$	۲۳۹/۴ v	۳۶/۷۸ s	۴۳/۸۳ s	۳۰۵/۵۷ qrst	۶۴۶/۹۷ st	۳۰/۳۹ q-t
$I_3F_0Zn_1$	۲۱۹/۰۳ w	۳۵/۲۶ t	۳۸/۳۴ w	۲۳۱/۱ yz	۵۰۸/۲ w	۲۸/۳ v-x
$I_3F_1Zn_1$	۲۵۸/۰۶ tu	۳۶/۹۶ rs	۴۵/۴۲ qr	۳۰۱/۱ stu	۶۹۲/۳ pqr	۲۹/۸۷ s-u
$I_3F_2Zn_1$	۲۴۱/۶۶ uv	۳۵/۳۷ t	۴۲/۳۱ tu	۲۹۰ stuv	۷۰۲/۷۷ opq	۳۰/۲۶ r-t
$I_3F_3Zn_1$	۳۲۰/۷ op	۳۸/۹۶ q	۴۸/۸۲ mn	۳۳۱/۱۳ opqr	۵۹۸/۱۳ u	۳۴ ij
$I_3F_0Zn_2$	۲۴۲/۹ uv	۳۶/۲۳ st	۴۰/۷۵ v	۲۱۴/۴۳ yz	۴۴۷/۹ x	۲۶/۵۱ y
$I_3F_1Zn_2$	۲۶۴/۲ st	۴۰/۴۲ p	۴۳/۵۱ st	۳۰۷/۸ qrst	۶۶۷/۴ qrs	۲۶/۷۷ y
$I_3F_2Zn_2$	۲۵۸/۱ tu	۳۸/۰۹ qr	۴۴/۳۲ rs	۳۰۳/۳۳ rstu	۶۴۱/۴ st	۲۷/۴۳ w-y
$I_3F_3Zn_2$	۳۴۱/۳۳ mn	۴۱/۹۸ o	۵۳/۶۱ ijk	۳۴۵/۵۳ no	۶۲۰/۹۷ tu	۳۲/۷۳ k-m
$I_3F_0Zn_3$	۲۸۰/۰۶ rs	۳۹/۱۵ q	۴۷/۲۵ op	۲۶۱/۱ wx	۵۵۸/۳ v	۲۸/۹۱ uv

$I_3F_1Zn_3$	۳۶۳/۷۳ l	۴۳/۸۵ mn	۴۹/۸۴ m	۳۴۴/۴۳ nop	۷۲۷/۲ nop	۳۱/۳۶ n-r
$I_3F_2Zn_3$	۲۹۲ r	۴۰/۳۸ p	۴۹/۷۷ m	۳۳۳/۳۳ opq	۶۸۹/۴۳ pqr	۲۷/۰۹ xy
$I_3F_3Zn_3$	۳۷۲/۰۳ jkl	۴۴/۹۳ lm	۵۴/۶ ghi	۳۷۴/۴۷ klm	۷۵۵/۱۷ mn	۲۹/۶۷ tu
$LSD_{\%5}$	۱۷/۴۲	۱/۲۱	۱/۲۳	۲۷/۸۱	۳۸/۹۶	۱/۲۶

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

I_1، I_2 و I_3 به ترتیب آبیاری کامل، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله خوشه‌دهی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی

F_0، F_1، F_2 و F_3 به ترتیب عدم کاربرد کود زیستی، *G. mosseae*، باکتری‌های محرک رشد، کاربرد توأم میکوریز و باکتری‌های محرک رشد

Zn_0، Zn_1، Zn_2 و Zn_3 به ترتیب صفر، ۰/۳، ۰/٦ و ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی

روند پر شدن دانه و صفات مرتبط با آن: نتایج تجزیه واریانس حاصل از تأثیر نانو اکسید 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 ٤).

حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن (۰/۰۷۸ گرم) و سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۳۰٤ گرم در روز) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و کمترین این صفات به ترتیب (۰/۰۳۷ گرم و ۰/۰۰۱۸ گرم در روز) در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه-زنی، 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 (گبیهو 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، ۱۹۹٦). بوثر 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 رشد و محلول‌پاشی نانواکسید روی می‌تواند توجیه کننده 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 نانواکسید روی از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد به طوری‌که با افزایش محدودیت آبی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به آبیاری کامل کاهش نشان داد. بیش‌ترین طول دوره (٤۱/۵ روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۵/٦ روز) در ترکیب تیماری حاصل از آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و کمترین طول دوره (۳۱/۹ روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۲۰/٦ 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 ۰/٦ گرم در لیتر نانواکسید 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

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، ۱۹۹٤). 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 می دهند. 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 نانواکسید روی مشخص گردید که محلول‌پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید 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).

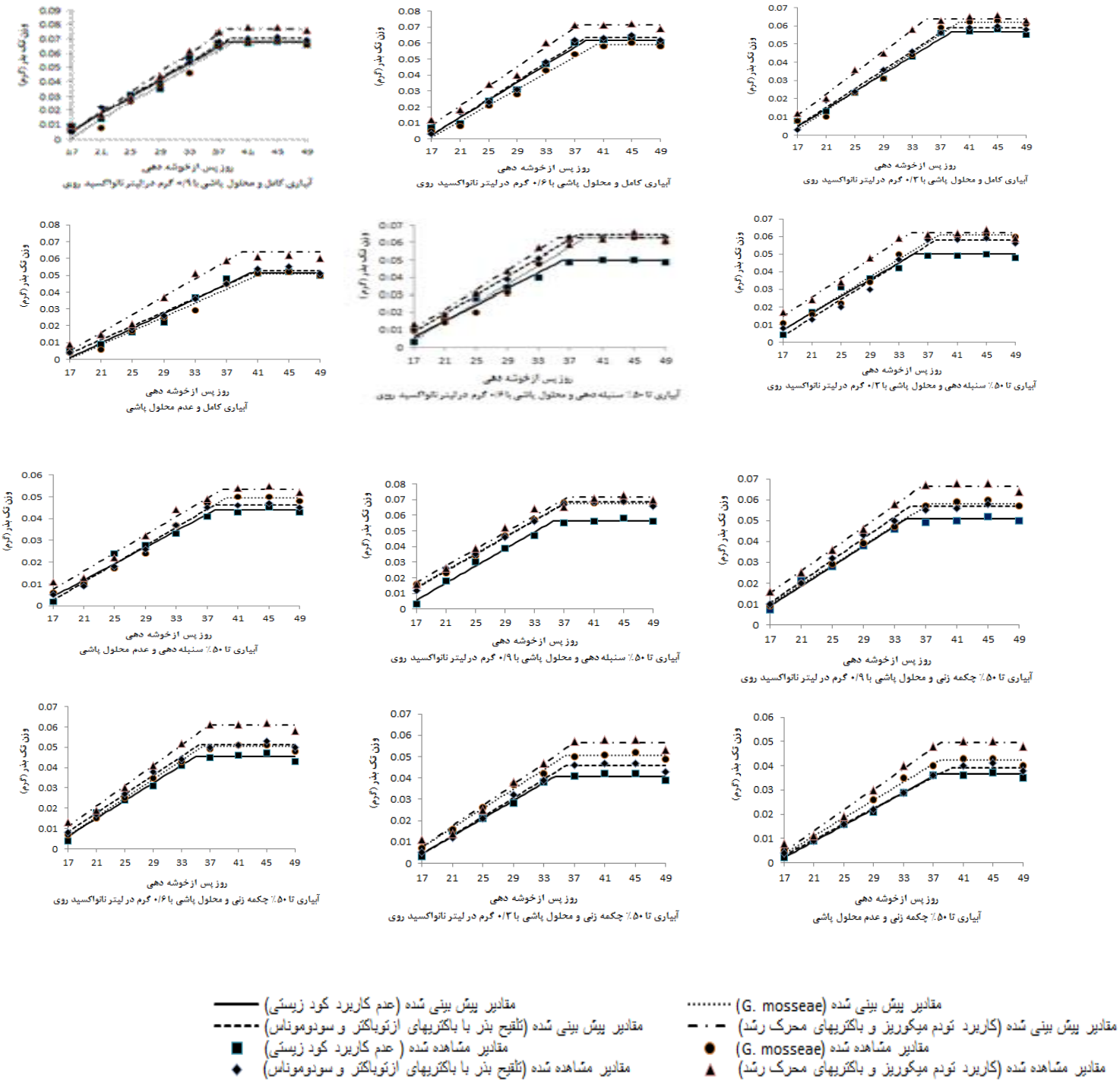
نتیجه‌گیری کلی

با افزایش محدودیت آبی عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانواکسید 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 ٤۲ درصدی عملکرد شده و استفاده توأم از کودهای بیولوژیک و نانواکسید 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 نانواکسید 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 توام میکوریز با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با نانواکسید 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.

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

ترکیب تیماری	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	معادله برازش شده
$I_1F_0Zn_0$	۰/۰۰۲۱ o-q	۲۴/۷۵ a-f	۳۷/۵۴ h-m	۰/۰۵۲ no	Y= -0.036+0.00218X
$I_1F_1Zn_0$	۰/۰۰۲۱ o-q	۲۴/۷۴ a-f	۳۷/۵۷h-m	۰/۰۵۲ no	Y= -0.0345+0.00206X
$I_1F_2Zn_0$	۰/۰۰۲۳۸ i-l	۲۳/۱۱ e-o	۳۸/۳۶ e-i	۰/۰۵۵ m	Y= -0.031+0.00214X
$I_1F_3Zn_0$	۰/۰۰۲۷ d-g	۲۲/۹ g-p	۳۸/۱۳ f-k	۰/۰۶۲ hij	Y= -0.0442+0.00286X
$I_1F_0Zn_1$	۰/۰۰۲۳۷ j-l	۲۴/۴ a-i	۳۸/۶۳ c-h	۰/۰۵۸ l	Y= -0.0362+0.00241X
$I_1F_1Zn_1$	۰/۰۰۲۶۳ e-h	۲۳/۹۲ a-k	۳۹/۳۲ b-e	۰/۰۶۳ ghi	Y= -0.0412+0.00261X
$I_1F_2Zn_1$	۰/۰۰۲۵۲ h-j	۲۳/۸۱ b-l	۳۸/۰۱ g-l	۰/۰۶ jkl	Y= -0.0384+0.00256X
$I_1F_3Zn_1$	۰/۰۰۲۷۵ d-f	۲۵/۰۵ a-d	۴۰/۴۶ ab	۰/۰۶۸۶ d	Y= -0.0479+0.00282X
$I_1F_0Zn_2$	۰/۰۰۲۷۷ c-e	۲۲/۷۲ h-p	۳۸/۳۵ e-i	۰/۰۶۳ ghi	Y= -0.044+0.00274X
$I_1F_1Zn_2$	۰/۰۰۲۵ h-k	۲۳/۹۷ a-k	۳۹/۶۴ b-d	۰/۰۶ jkl	Y= -0.0416+0.00251X
$I_1F_2Zn_2$	۰/۰۰۲۷۶ c-f	۲۳/۵۶ c-n	۳۸/۵۸ d-h	۰/۰۶۵ fg	Y= -0.0457+0.00283X
$I_1F_3Zn_2$	۰/۰۰۲۹۴ ab	۲۴/۴۹ a-h	۴۱/۰۶ a	۰/۰۷۲ b	Y= -0.0532+0.00311X
$I_1F_0Zn_3$	۰/۰۰۲۹۴ ab	۲۳/۱۲ e-o	۳۷/۵۶ h-m	۰/۰۶۸ de	Y= -0.0445+0.00295X
$I_1F_1Zn_3$	۰/۰۰۲۹ a-c	۲۳/۷۶ b-m	۳۹/۲۹ c-f	۰/۰۶۹ cd	Y= -0.0501+0.00304X
$I_1F_2Zn_3$	۰/۰۰۲۹۴ ab	۲۴/۱۲ a-j	۳۸/۳۶ e-i	۰/۰۷۱ bc	Y= -0.0446+0.00299X
$I_1F_3Zn_3$	۰/۰۰۳۰۴ a	۲۵/۶۵ a	۴۱/۵ a	۰/۰۷۸ a	Y= -0.0642+0.00308X
$I_2F_0Zn_0$	۰/۰۰۱۸۳ uv	۲۴/۵۵ a-g	۳۷/۹۱ g-m	۰/۰۴۵ pq	Y= -0.0279+0.00189X
$I_2F_1Zn_0$	۰/۰۰۲۰۱ q-s	۲۴/۸۳ a-e	۳۹/۷۹ bc	۰/۰۵ o	Y= -0.033+0.00209X
$I_2F_2Zn_0$	۰/۰۰۱۹۷ q-u	۲۳/۸۵ b-k	۳۸/۲۵ e-i	۰/۰۴۷ p	Y= -0.033+0.00209X
$I_2F_3Zn_0$	۰/۰۰۲۲۴ l-o	۲۴/۵۹ a-g	۳۸/۶۱ d-h	۰/۰۵۵ m	Y= -0.036+0.00245X
$I_2F_0Zn_1$	۰/۰۰۲۲۹ l-n	۲۱/۸۳ n-q	۳۷/۵۵ h-m	۰/۰۵ o	Y= -0.0334+0.00238X
$I_2F_1Zn_1$	۰/۰۰۲۵۲۶ hi	۲۴/۱۵ a-i	۳۸/۱۵ f-k	۰/۰۶۱ ijk	Y= -0.0363+0.00253X
$I_2F_2Zn_1$	۰/۰۰۲۵۲۶ hi	۲۳/۳۵ d-o	۳۸/۲۲ e-i	۰/۰۵۹ kl	Y= -0.0405+0.00259X
$I_2F_3Zn_1$	۰/۰۰۲۶۸ d-g	۲۳/۸۱ b-l	۳۴/۸۸ t	۰/۰۶۴ fgh	Y= -0.0329+0.00278X
$I_2F_0Zn_2$	۰/۰۰۲۱۱ o-q	۲۳/۸۱ b-l	۳۶/۹۸ k-q	۰/۰۵ o	Y= -0.0341+0.00233X
$I_2F_1Zn_2$	۰/۰۰۲۶۱ f-h	۲۴/۱۴ a-j	۳۸/۸۶ c-g	۰/۰۶۳ ghi	Y= -0.0414+0.00267X
$I_2F_2Zn_2$	۰/۰۰۲۶۵ e-h	۲۴/۵۴ a-g	۳۷/۸۳ g-m	۰/۰۶۵ fg	Y= -0.0367+0.00266X
$I_2F_3Zn_2$	۰/۰۰۲۸ b-d	۲۳/۵۳ c-n	۳۶/۲۷ o-s	۰/۰۶۶ ef	Y= -0.0397+0.00291X
$I_2F_0Zn_3$	۰/۰۰۲۵۳ hi	۲۳/۰۱ f-o	۳۶/۲۹ o-s	۰/۰۵۸ l	Y= -0.0407+0.00263X
$I_2F_1Zn_3$	۰/۰۰۲۷۱ d-g	۲۵/۴۶ ab	۳۷/۲۵ i-o	۰/۰۶۹ cd	Y= -0.0315+0.00268X
$I_2F_2Zn_3$	۰/۰۰۲۷۶ c-e	۲۴/۹ b-f	۳۶/۸۳ m-r	۰/۰۶۹ cd	Y= -0.0322+0.00269X
$I_2F_3Zn_3$	۰/۰۰۲۹۳ ab	۲۴/۸۵ a-e	۳۷/۳۵ i-o	۰/۰۷۳ b	Y= -0.0369+0.00305X
$I_3F_0Zn_0$	۰/۰۰۱۸ v	۲۰/۶۳ q	۳۱/۹۴ u	۰/۰۳۷ s	Y= -0.0265+0.00188X
$I_3F_1Zn_0$	۰/۰۰۱۸۴ t-v	۲۳/۳۴ d-o	۳۷/۳۶ i-o	۰/۰۴۳ qr	Y= -0.0278+0.00185X
$I_3F_2Zn_0$	۰/۰۰۱۸۶ s-v	۲۲ m-q	۳۸/۵۴ d-h	۰/۰۴۱ r	Y= -0.0243+0.00181X
$I_3F_3Zn_0$	۰/۰۰۱۹۸ q-t	۲۵/۱۶ a-c	۳۸/۲ e-j	۰/۰۵ o	Y= -0.0315+0.00213X
$I_3F_0Zn_1$	۰/۰۰۱۹۳ r-v	۲۱/۷۴ o-q	۳۵/۶۵ st	۰/۰۴۲ r	Y= -0.0309+0.00199X
$I_3F_1Zn_1$	۰/۰۰۲۱۹ n-p	۲۳/۷۷ b-m	۳۶/۳۲ n-s	۰/۰۵۲ no	Y= -0.0313+0.00228X
$I_3F_2Zn_1$	۰/۰۰۲۲۱ m-o	۲۱/۲۳ pq	۳۵/۸۵ q-t	۰/۰۴۷ p	Y= -0.0332+0.0022X
$I_3F_3Zn_1$	۰/۰۰۲۳۶ k-m	۲۴/۵۶ a-g	۳۷/۴۹ h-n	۰/۰۵۸ l	Y= -0.0338+0.00244X
$I_3F_0Zn_2$	۰/۰۰۲۰۵ p-r	۲۲/۹۳ g-p	۳۶/۰۷ p-s	۰/۰۴۷ p	Y= -0.0308+0.00218X
$I_3F_1Zn_2$	۰/۰۰۲۳۱ l-n	۲۲/۰۴ l-q	۳۵/۷ r-t	۰/۰۵۱ no	Y= -0.0325+0.0023X
$I_3F_2Zn_2$	۰/۰۰۲۳۸ i-l	۲۲/۲۲ k-q	۳۵/۳۲ st	۰/۰۵۳ mn	Y= -0.0313+0.00233X
$I_3F_3Zn_2$	۰/۰۰۲۵۷ gh	۲۴/۱ a-j	۳۶/۸۷ l-r	۰/۰۶۲ hij	Y= -0.0315+0.0025X
$I_3F_0Zn_3$	۰/۰۰۲۲۹ l-n	۲۲/۶۶ i-p	۳۴/۷۸ t	۰/۰۵۲ no	Y= -0.0314+0.00238X
$I_3F_1Zn_3$	۰/۰۰۲۳۶ k-m	۲۵/۴۳ ab	۳۷/۵۴ h-m	۰/۰۶ jkl	Y= -0.0303+0.00236X
$I_3F_2Zn_3$	۰/۰۰۲۵۹ gh	۲۲/۳۶ j-q	۳۴/۷۴ t	۰/۰۵۸ l	Y= -0.0334+0.00258X
$I_3F_3Zn_3$	۰/۰۰۲۷۲ d-g	۲۵ a-d	۳۷/۰۵ j-p	۰/۰۶۸ de	Y= -0.0294+0.00263X
$LSD_{\%5}$	۰/۰۰۰۲	۱/۷۷	۱/۱۶	۰/۰۰۲	-

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



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

منابع

پای‌گذار، ی.، ا. قنبری، م. حیدری و ا. توسلی. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتریفید (*Pennisetum glacum*) تحت تنش خشکی. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. سال سوم. شماره ۱۰: ۶۷-۷۸.

جباری، م.، ب. ع. سیاه سرو، م. رمرودی، 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: ۲۱٦-۲۲۲.

شریفی، م. ۱۳۷٦. 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. ۱٤۷-۱۳۳.

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. ۱۲٦ صفحه.

قوشچی، ف. ۱۳۷۹. تریتیکاله نخستین غله ساخته دست بشر. انتشارات کارنو. صفحه ۲۷-۱٤.

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 ۱۷٤. صفحه ۲٦-۱۸.

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 temperture. *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 grandular 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 *Aztobacter* inoculants onthe 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 brasilenseon* 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 abssisic 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 annus* 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. Ehdaie, 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 polymyxainduces changes in Arabidopsis thalianagene 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 nitrogeneconomy in wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions. *J. Environ. Prot. Ecol*. 18(1): 109-113.

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

Y. Kheirizadeh Arough[1], R.Seyed Sharifi[2], M. Sedghi[3], M. Barmaki[3]

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 chrocoococum strain 5 + Psedomunas 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/m^2), 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