تأثیر نانو اکسید روی و تلقیح بذر تریتیکاله (*Triticale*) با باکتری‌های افزاینده رشد بر عملکرد دانه و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک

رئوف سید شریفی* و حسین کمری

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۷)

چکیده:

کاربرد باکتری های افزاینده رشد و محلول پاشی با نانواکسید روی روشی مناسب و ارزان برای افزایش عملکرد تریتیکاله است. در این راستا به منظور بررسی تأثیر نانو اکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد بر میزان مشارکت انتقال مجدد ماده خشک و ذخایر ساقه در عملکرد دانه، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک تریتیکاله، آزمایشی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل محلول پاشی با نانو اکسید روی در پنج سطح (عدم محلول پاشی به عنوان شاهد، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) و چهار سطح تلقیح بذر شامل عدم تلقیح بذر با باکتری به عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرینOF و سودوموناس پوتیدا استرین۹ بودند. بیش‌ترین مشارکت انتقال مجدد ماده خشک و ذخایر ساقه در عملکرد دانه در عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها و عدم محلول پاشی نانو اکسید روی به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد، محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای، بیوماس کل و سرعت رشد محصول در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و ازتوباکتر × محلول‌پاشی یک گرم در لیتر نانو اکسید روی و کم‌ترین آن‌ها در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد × عدم محلول پاشی با نانو اکسید روی به دست آمد. از این رو به منظور افزایش عملکرد دانه، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک نظیر زیست توده کل و سرعت رشد محصول می‌توان پیشنهاد کرد که تلقیح بذر تریتیکاله با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم × محلول پاشی یک گرم در لیتر نانو اکسید روی به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: انتقال ماده خشک، باکتری‌های محرک رشد، تریتیکاله، هدایت روزنه ای، روی

مقدمه:

تریتیکاله هیبریدی از گروه غلات دانه ریز مابین گندم و چاودار است. علوفه تولیدی این گیاه حداقل 20 درصد بیشتر از گندم و کیفیت علوفه بهتر از گندم و چاودار است (Koch and Paisley, 2004). این گیاه علاوه بر تولید علوفه، در تولید الکل و مصارف غذایی نیز کاربرد دارد (Briggs, 2001). این ویژگی ضرورت توجه به گسترش سطح زیر کشت و افزایش تولید در واحد سطح را در این گیاه بیش از پیش نمایان می‌سازد. امروزه یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش کمی و کیفی عملکرد، استفاده بالقوه از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی همانند باکتری‌های افزاینده رشد است که می توانند به روش‌های مختلف موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. این گروه از باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

شود (Cakmakci *et al*., 2007). از میان این باکتری‌ها آزوسپریلیوم *(Azosprillium)*، ازتوباکتر *(Azotobacter)* و سودوموناس (*Psedomunas*) به دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده‌اند (Mishra *et al*., 1998). تأثیر مثبت تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر ارتفاع بوته، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه در انواع مختلفی از غلات ثابت شده است (Bashan *et al*., 2004؛ Yasari and Patwardhan, 2007؛ Yadav *et al*., 2000، Zemrany *et al*, 2006). Wu و همکاران (۲۰۰۵) افزایش سرعت رشد محصول را به واسطه تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های محرک رشد به توانایی باکتری‌ها در افزایش دسترسی به عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند. ریز مغذی روی نیز یکی دیگر از عناصر تغذیه ای در بهبود عملکرد تریتیکاله است که در مقادیر بسیار کم برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مثل فتوسنتز و سنتز پروتئین نیاز است (Marschner, 1995). کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک، خاک‌های شنی و فرسایش یافته و به خصوص در خاک‌های آهکی (Welch *et al*., 1991)، خاک‌های سدیمی و غرقابی (Takker and Walker 1993) شیوع بیش‌تری دارد. کشت مداوم، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره، آبشویی، pH قلیایی و عدم مصرف عناصر ریز مغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است. یکی از راه‌های تأمین روی مورد نیاز گیاهان محلول پاشی است. از ویژگی‌های این روش می‌توان به بر طرف کردن سریع کمبود، جلوگیری از تثبیت عنصر در خاک، آسان‌تر بودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک، کمی مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی ناشی از آنها اشاره کرد (خوش گفتار منش، ۱۳۸٦). بررسی‌های Mohamad و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد کاربرد روی به روش‌های مختلف به خصوص روش محلول پاشی، عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد. ضیائیان و ملکوتی (۱۳۷۸) در بررسی تاثیر مقادیر مختلف روی بر تجمع ماده خشک و غلظت این عنصر در بذر، گزارش کردند که با افزایش مصرف روی، عملکرد ماده خشک و غلظت روی در بذر افزایش یافت. Yilmaz و همکاران (۱۹۹۷) در گندم؛ Begum و همکاران (۲۰۰۳) در برنج اظهار داشتند که مصرف روی موجب افزایش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه در این گیاهان شد. کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز ناشی از کمبود روی می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز خالص منجر شود (Welch, 1995). مقاومت روزنه‌ای در برابر عبور Co_2 یا به عبارتی همان کاهش هدایت روزنه‌ای ناشی از بسته شدن نسبی روزنه‌ها می‌باشد که در جهت جلوگیری از هدر رفت آب به وقوع می‌پیوندد (Sulinlftn *et al*., 1994). روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها به دلیل نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه دارد. این عنصر در بیوسنتز کلروفیل مورد نیاز است (Salardini and Mojtahedi, 1978) و با تولید هورمون ایندول استیک اسید ضمن جلوگیری از تخریب کلروفیل منجر به افزایش کلروفیل‌های a و b شده و از این طریق به افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه منجر می‌شود (Hemantaranjan and Grag, 1988). بررسی‌های Vankhadeh (۲۰۰۲) نشان داد که محتوای کلروفیل برگ و وزن خشک گیاه در تیمارهای حاوی روی افزایش یافت. Lucy و همکاران (۲۰۰٤) افزایش محتوی کلروفیل برگ را از مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد بیان نمودند. براساس بررسی‌های Amer و همکاران (۲۰۰۲) باکتری‌های افزاینده رشد هم به تنهایی و هم در تلفیق با کودهای شیمیایی می‌تواند موجب افزایش قرائت کلروفیل‌متر یا اسپد (SPAD) گردد.

در مرحله خوشه‌دهی و گرده افشانی، مواد فتوسنتزی تولیدی گیاه بیش‌تر از نیاز گیاه بوده و این مواد مازاد به ساقه منتقل شده و به صورت انواع کربوهیدرات ذخیره می‌شود (Chaturvedi and Ram, 1996)، زمانی که گیاه وارد مرحله پرشدن دانه می‌شود، کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای به دانه‌های در حال پر شدن منتقل شده و این مواد فتوسنتزی ذخیره شده نقش مهمی را در پر کردن دانه‌ها ایفا می‌کنند (Aruna Geetha and Thiyarajan, 2003). سید شریفی و نظرلی (۱۳۹۲) گزارش کردند تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد، میزان انتقال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

ماده خشک از کل بوته و میزان مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه را کاهش داد. آنان علت را به ایجاد شرایط بهینه ایجاد شده توسط باکتری‌ها و افزایش سهم فتوسنتز جاری به واسطه شاخص سطح برگ بالاتر نسبت دادند که موجب می شود بخش عمده‌ای از عملکرد دانه توسط فتوسنتز جاری تامین شده و بخش کم‌تری به انتقال ماده‌ی خشک تخصیص یابد در حالی که در حالت عدم تلقیح به دلیل کاهش سهم فتوسنتز جاری در عملکرد موجب می‌شود یک حالت عدم توازنی بین منبع و مخزن برقرار گردد و به دلیل افزایش فعالیت مخازن، منبع قادر به تامین نیاز مخازن نبوده و در چنین شرایطی سهم انتقال ماده خشک از بخش‌های مختلف به خصوص ساقه افزایش می‌یابد تا بخشی از نیاز مخازن را تامین نماید.

اهمیت تریتیکاله در استفاده دو منظوره از آن، نقش ریز مغذی روی و باکتری‌های افزاینده رشد در بهبود عملکرد، کاهش روز افزون مقادیر ریز مغذی روی در خاک به دلیل استفاده از ارقام اصلاح شده و کودهای شیمیایی، کمی بررسی-های انجام شده در خصوص تاثیر نانواکسید روی به جای فرم معمول و متداول آن، از جمله عواملی بودند که موجب شد تا کاربرد توأم نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد بر سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه، میزان کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک تریتیکاله مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵ (*Azotobacter chrocoococum* strain 5)، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF (*Azosprillium lipoferum* strain OF) و سودوموناس پوتیدا استرین ۹ (*Psedomunas putida* strain 9) و پنج سطح نانواکسید روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) بود. نانو اکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ درج شده است.

باکتری‌های فوق از موسسه تحقیقات آب و خاک تهیه شدند و رقم مورد استفاده "جوانیلو" بود که از موسسه نهال و بذر کرج تهیه شد. پس از تهیه خاک، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ٤٠ سانتی متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها اضافه شد. سپس ۵۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ٤٠٠ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم جوانیلو است، به صورت ردیفی کشت شد (شکل ۱). برای تلقیح بذر با باکتری‌های مورد نظر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده شد. از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰ درصد وزنی- حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. این محلول به مدت چهار ساعت در تاریکی و دور از نور مستقیم قرار گرفت. محلول‌پاشی در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله سه تا چهار برگی و مرحله قبل از ظهور سنبله) انجام شد. گلدان‌ها در گلخانه در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد با طول دوره روشنایی ۱۵- ١٦ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۵±٦۵ درصد نگهداری شدند. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در تیمارهای مختلف از ۵۰ روز بعد کاشت هر چهار روز یک بار توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) و پرومتر (PROMETR) اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، در هر گلدان ۱۵ بوته مشابه و یکنواخت از یک هفته قبل از پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک علامت گذاری شد، و هر چهار روز یک بار برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ، سنبله و دانه تفکیک شده و پس از خشک کردن (قرار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

جدول ۱- مشخصات نانو اکسید روی مورد استفاده

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

جدول ۲- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر PPM	پتاسیم PPM	روی PPM
مقدار	۷/۸	٤۷	۱۵	۲۳	٤۲	۳۵	سیلتی لومی	۰/٦۲	۰/۰٦۲	۲۹۰/۸۲	۲۱۲	۰/۲۸

دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیش‌تر تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی)، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط ۱ تا ٤ برآورد گردید (Barnett and Pearce, 1983). در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است (Ehdaie and Wanies, 1996).

رابطه۱ $DMR = DMA - DMM$

که در آن DMR: انتقال مجدد ماده خشک (گرم در بوته)، DMA: حداکثر ماده خشک اندام هوایی، DMM: ماده خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

رابطه ۲ $CDMAG = DMT / GY*100$

در این رابطه CDMAG: مشارکت انتقال مجدد ماده خشک در دانه (درصد)، DMR میزان انتقال ماده خشک (گرم در بوته) GY عملکرد دانه (بر حسب گرم در بوته)

رابطه ۳ $DMRS = SDMA - SDMM$

در این رابطه SDMT: میزان انتقال ماده خشک از ساقه (گرم در بوته)،MSDM: حداکثر وزن خشک ساقه و SDMM: ماده خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

رابطه ٤ $CSAG = SDMT / GY*100$

در این رابطه CSAG: مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)، DMRS: انتقال ماده خشک از ساقه (گرم در بوته) و GY: عملکرد دانه (گرم در بوته)

جهت بررسی روند رشد از ۲۵ روز بعد از کاشت و در فواصل زمانی هر ۱۰ روز یک بار نمونه برداری به روش تخریبی صورت گرفت. در هر مرحله دو بوته برداشت و پس از قرار دادن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و یا بیش‌تر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند. سپس وزن خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی با استفاده از روابط ۵ تا ۷ و به شرح زیر برآورد شدند.

رابطه ۵ $TDM= e^{(a + bt + ct2 + dt3)}$

رابطه ٦ $CGR= (b + 2ct + 3dt^2)\, e^{(a + bt + ct2 + dt3)}$

رابطه ۷ $RGR= b + 2ct + 3dt^2$

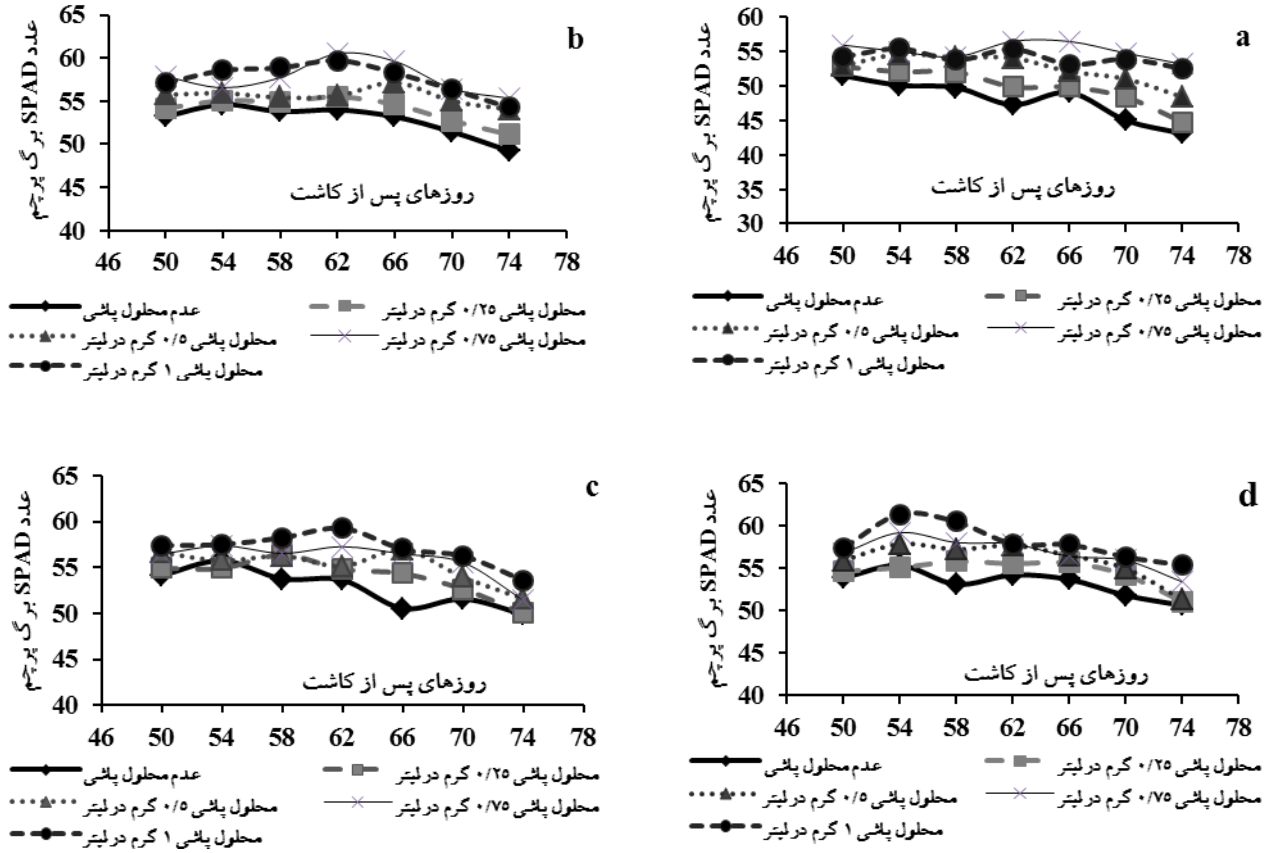
در این روابط t_1 و t_2 به ترتیب زمان نمونه برداری اولیه و ثانویه و a، b، c و d ضرایب معادله است. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف بر شد و سپس ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث:

بررسی روند تغییرات محتوای نسبی کلروفیل و هدایت روزنه-ای در بین تیمارهای آزمایش نشان داد که محتوای نسبی کلروفیل و هدایت روزنه‌ای برگ پرچم در طول دوره رشد گیاه با گذشت زمان از روند کاهشی برخوردار بودند (شکل ۲

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

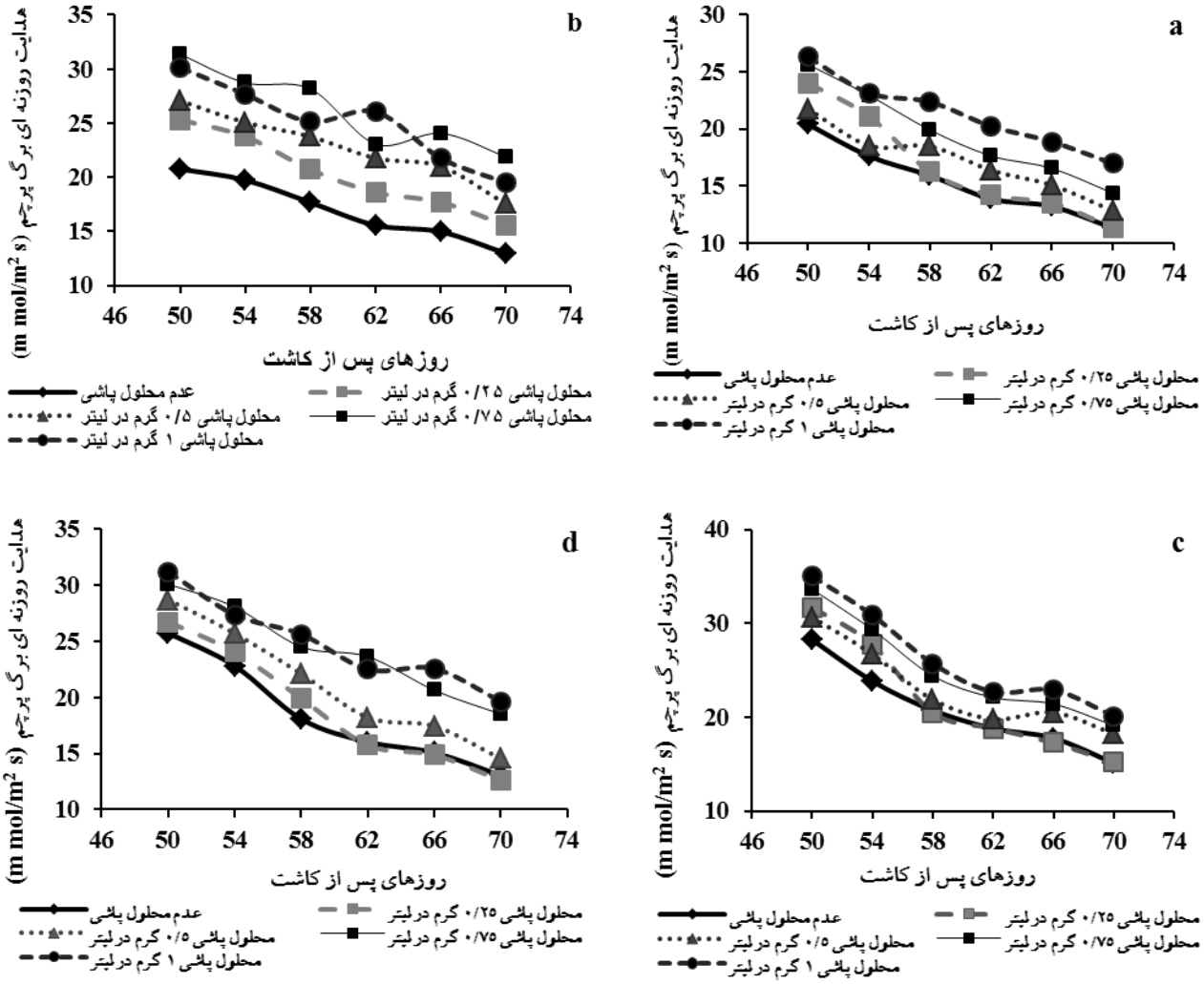


شکل ۲- روند تغییرات محتوای نسبی کلروفیل برگ پرچم تریتیکاله در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (a)، تلقیح با ازتوباکتر (b)، آزوسپریلیوم (c) و سودوموناس (d) در سطوح مختلف محلول پاشی با نانو اکسید روی

و ۳). به عقیده ویسانی و همکاران (۲۰۱۱) عنصر روی به دلیل نگهداری پتاسیم در سلول های محافظ روزنه، نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه ها دارد، در این راستا Adiloglu and Adiloglu (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد عنصر روی به واسطه فعال سازی پمپ جذب کننده پتاسیم ATPase در ریشه، موجب افزایش معنی دار غلظت پتاسیم در اندام های هوایی گردید. در این بررسی به نظر می رسد نانواکسید روی با فعال سازی پمپ پتاسیمی و کمک به افزایش فشار تورمی منجر به بهبود هدایت روزنه ای شده است ضمن آنکه عنصر روی در راه اندازی برخی از انزیم های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از انزیم های انتی اکسیدان مانند اسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال های فعال اکسیزن نقش اساسی دارد (ملکوتی ۱۳۷۹). به طوری که مقایسه میانگین ها نشان داد بالاترین سطوح نانو اکسید روی در تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد بالاترین اعداد کلروفیل متر (محتوای نسبی کلروفیل) و پرومتر را نشان داد و کم‌ترین آن‌ها در گیاهان شاهد مشاهده شد (شکل ۲ و ۳).

Lucy و همکاران (۲۰۰٤) افزایش محتوای نسبی کلروفیل برگ را از مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد گزارش کردند. بررسی‌های Swędrzynska و Sawicka (۲۰۰۰) نشان داد که اثر تلقیح ذرت با باکتری *A. brasilense* موجب افزایش معنی دار در غلظت کلروفیل برگ شد، به طوری که مقدار آن ۲۵ درصد از تیمار عدم تلقیح بیش‌تر بود. Allen و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که در حضور باکتری-های افزاینده رشد، محتوای نسبی کلروفیل در گیاه افزایش می-یابد. در این بررسی به نظر می رسد که محلول پاشی با نانواکسید روی ضمن کمک به سنتز کلروفیل موجب افزایش عدد SPAD و با نگهداری پتاسیم در سلول های محافظ روزنه، موجب افزایش هدایت روزنه ای گردید. عابدی بابا عربی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

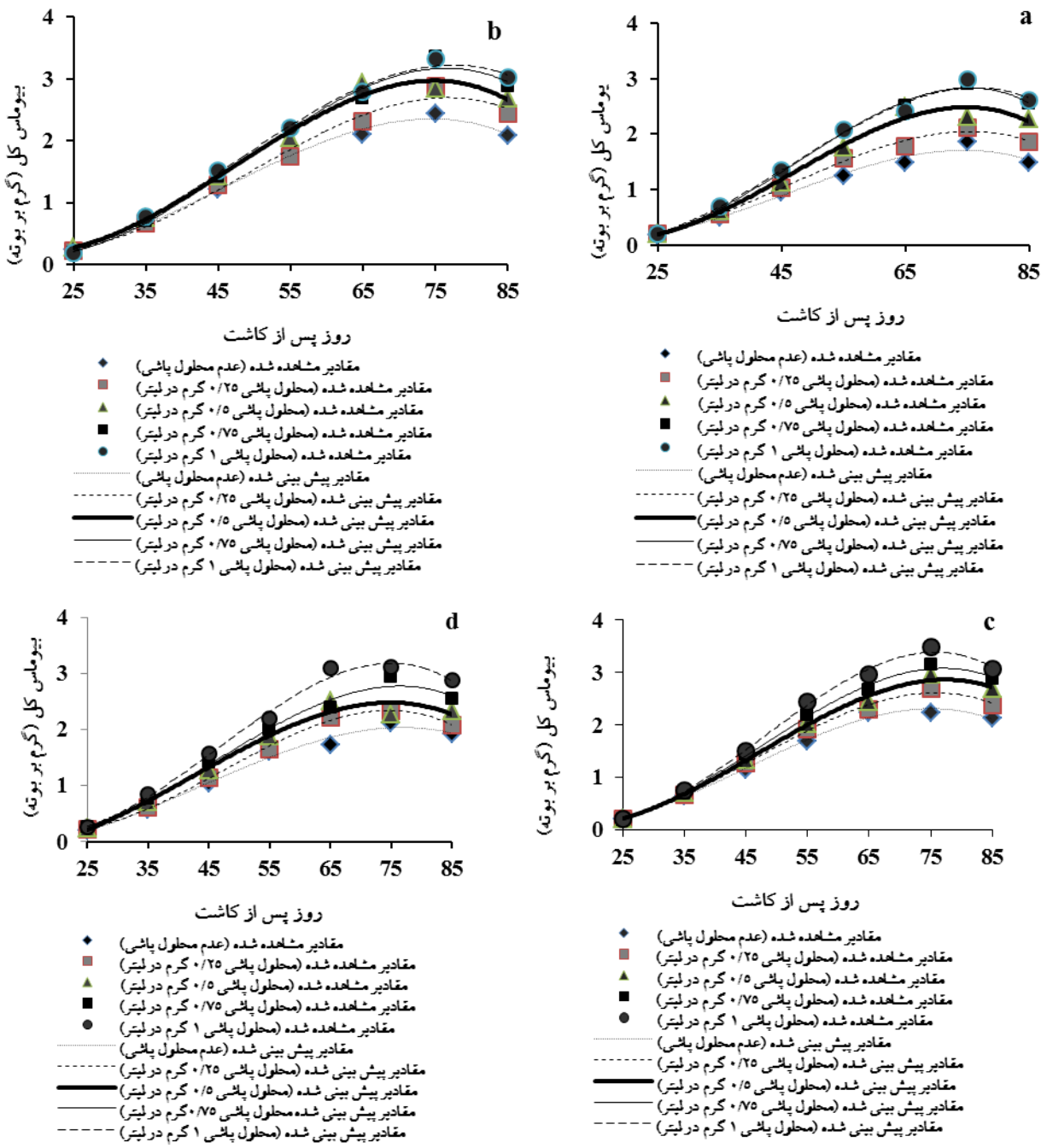


شکل ۳- روند تغییرات هدایت روزنه‌ای برگ پرچم تریتیکاله در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد (a)، تلقیح با ازتوباکتر (b)، آزوسپریلیوم (c) و سودوموناس (d) در سطوح مختلف محلول پاشی با نانو اکسید روی

همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که محلول پاشی با روی محتوای کلروفیل a در برگ گلرنگ را افزایش داد. روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها به دلیل نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه دارد، و کاهش فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز ناشی از کمبود روی نیز می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز خالص منجر شود (Welch,1995). مشاهدات ملکوتی و تهرانی (۲۰۰۰) نشان داد که در شرایط کمبود روی به دلیل کاهش تعداد رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقدار کلروفیل برگ‌ها، عملکرد دانه کاهش می یابد. بررسی Vankhadeh (۲۰۰۲) نشان داد که میزان کلروفیل برگ و وزن خشک گیاه در تیمارهای حاوی روی افزایش معنی‌داری پیدا کرد.

روند تغییرات ماده خشک در ابتدای فصل رشد در تمامی تیمارهای مورد بررسی از الگوی نسبتا یکسانی پیروی کرد. به طوری که در کلیه ترکیبات تیماری، روند تغییرات ماده خشک کل در ابتدا کند و در ادامه فصل رشد با افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه، تغییرات ماده خشک از الگوی یکسانی پیروی نکرد و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیش‌تری به خود گرفت و در ٦٥ تا ٧٥ روز بعد از کاشت به حداکثر خود رسید سپس در انتهای دوره رشد از روند کاهشی برخوردار گردید. به نظر می‌رسد این کاهش در نتیجه افزایش سن گیاه، پیری برگ‌ها، کاهش محتوای نسبی کلروفیل و هدایت روزنه‌ای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

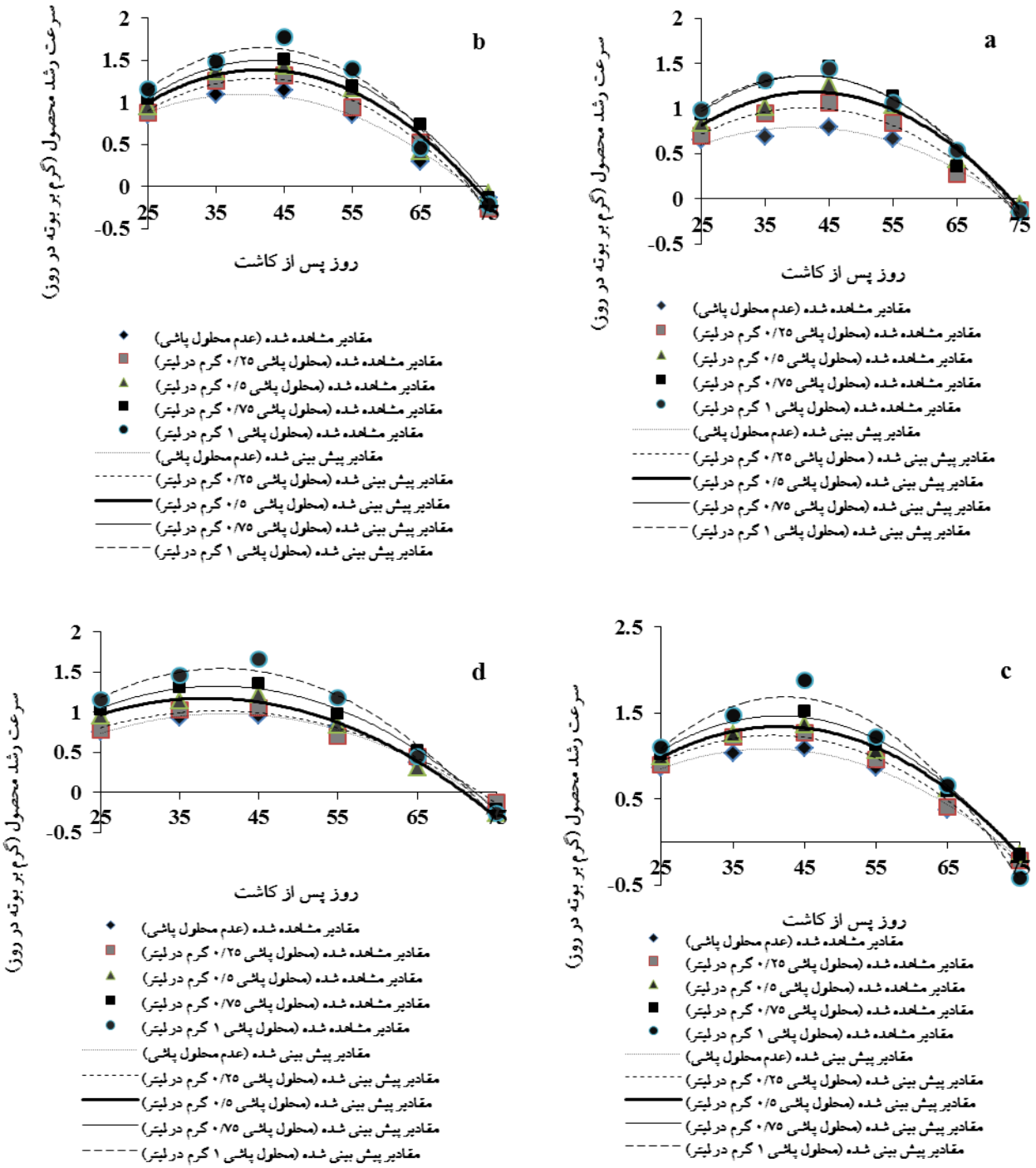


شکل ٤- روند تغییرات زیست توده کل تریتیکاله در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری (a)، تلقیح با ازتوباکتر (b)، آزوسپریلیوم (c) و سودوموناس (d) در سطوح مختلف محلول پاشی با نانو اکسید روی

(شکل‌های ۲ و۳) و عدم توانایی آن‌ها در ساخت مواد فتوسنتزی و در نهایت با ریزش آن‌ها همراه باشد. در کل در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد و محلول پاشی با نانو اکسید روی، میزان تجمع ماده خشک نسبت به حالت عدم تلقیح و عدم محلول پاشی روند افزایشی نشان داد (شکل ٤). Ravikumar و همکاران (۲۰۰٤) اظهار داشتند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های افزاینده رشد موجب افزایش معنی دار زیست توده اندام هوایی نسبت به شاهد شد. بررسی‌های Hernandez و همکاران (۱۹۹۵) نیز افزایش وزن خشک بوته در تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم را نشان داد.

Zaied و همکاران (۲۰۰۳) افزایش وزن کل گیاه به وسیله باکتری‌های افزاینده رشد را به افزایش توانایی گیاه در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]



شکل ۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول تریتیکاله در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری (a)، تلقیح با ازتوباکتر (b)، آزوسپریلیوم (c) و سودوموناس (d) در سطوح مختلف محلول پاشی با نانو اکسید روی

جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه نسبت دادند.

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول نشان داد که در تمام ترکیبات تیماری سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد آهسته بود، از ۳۵ تا ٤۵ روز پس از کاشت افزایش قابل توجهی یافته و پس از آن روند نزولی داشت. با توجه به نمودارهای CGR (شکل ۵) معلوم می‌شود که سرعت رشد محصول در تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد از مقادیر بالاتری برخوردار بود که به نظر می‌رسد این افزایش می‌تواند ناشی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

تسریع فعالیت فتوسنتزی و پاسخ مثبت سرعت رشد محصول به باکتری‌ها باشد. کاهش سرعت رشد محصول تا مرحله برداشت نیز می‌تواند با کاهش فعالیت فتوسنتزی، کاهش کلروفیل و هدایت روزنه‌ای و ریزش برگ‌ها مرتبط باشد. بررسی Brown و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد که مصرف روی در گندم سرعت رشد گیاه را تسریع نموده و موجب زودرسی می‌گردد. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که محلول پاشی روی در ذرت موجب افزایش کلیه شاخص‌های رشدی در طول دوره رشد این گیاه شد. Bashan و همکاران (۲۰۰٤)؛ Cakmake و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که تلقیح بذر با آزوسپریلیوم می‌تواند موجب بهبود سرعت رشد محصول در غلات شود. مشاهدات Wu و همکاران (۲۰۰۵) افزایش سرعت رشد محصول بواسطه تلقیح بذرهای ذرت با کودهای بیولوژیک را به بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند.

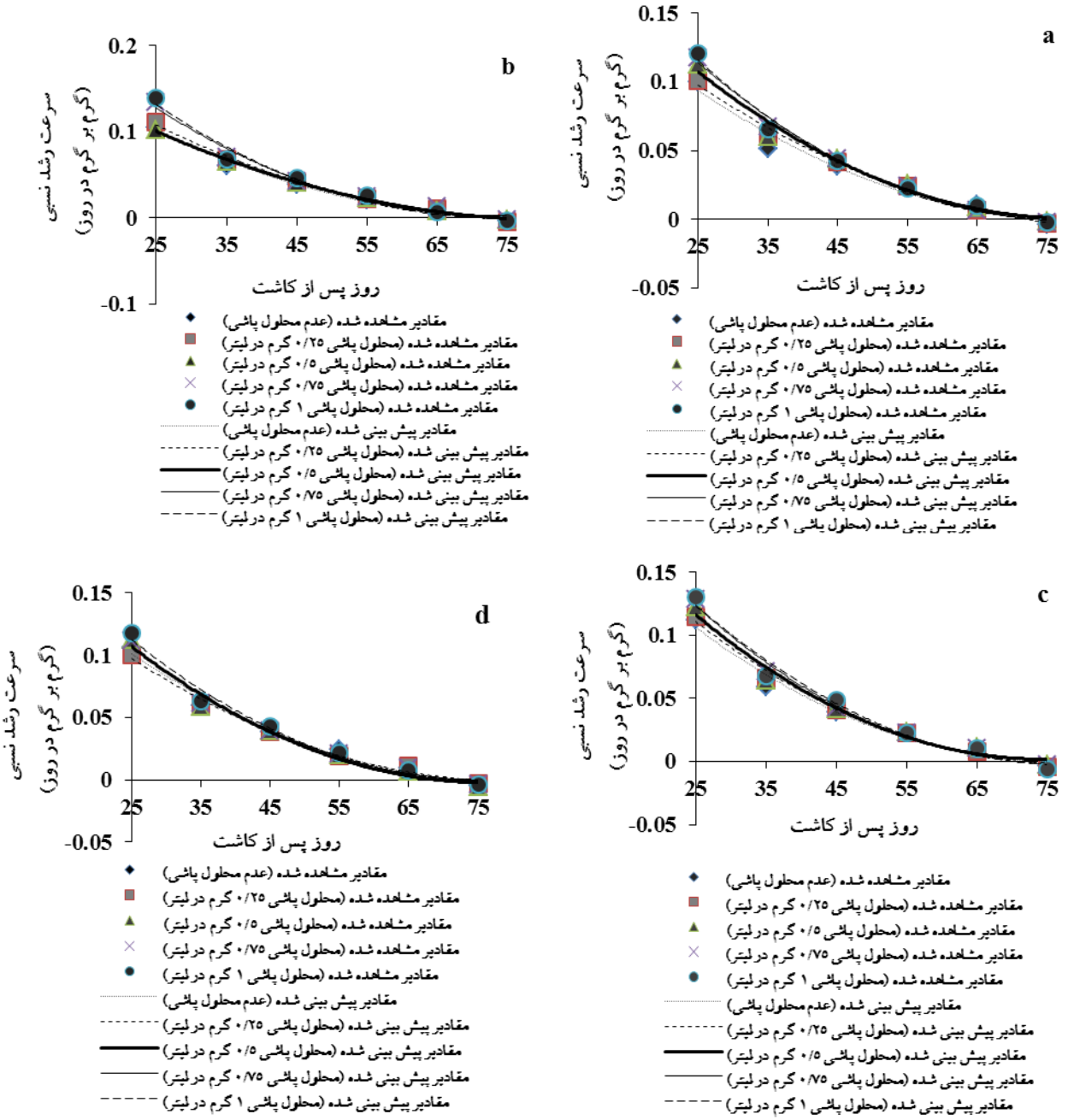
بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف محلول پاشی و تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد نشان داد که RGR با افزایش سن گیاه به طور مداوم کاهش یافته و در انتهای فصل به کم‌ترین میزان خود می‌رسد. به نظر می‌رسد با گذشت زمان کاهش RGR به دلیل افزوده شدن بافت‌های ساختاری گیاه باشد که جزو بافت‌های فعال متابولیکی نمی-باشند و چنین بافت‌هایی سهمی در میزان رشد ندارند. با کاربرد باکتری و محلول پاشی با نانو اکسید روی مقدار RGR در طی فصل رشد از مقدار بالاتری برخوردار بود (شکل ٦) که با یافته‌های عباس‌پور (۱۳۹۱) منطبق بود. ناظری و همکاران (۱۳۹۱) بیش‌ترین سرعت رشد نسبی لوبیا را در استفاده از کودهای زیستی گزارش کردند. خندان بجندی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان دادند که در اثر تلقیح بذر نخود با باکتری ریزوبیوم سرعت رشد نسبی در مقایسه با عدم تلقیح بیش‌تر بود.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تأثیر نانو اکسید روی، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر انتقال ماده خشک از اندام هوایی و ساقه به دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته معنی‌دار گردید (جدول ۳).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر نانو اکسید روی، باکتری‌های افزاینده رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر سهم فرایند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش روی، انتقال مجدد از کل اندام هوایی و از ساقه به دانه کاهش یافت. طوری که کم‌ترین مقادیر آن‌ها به محلول پاشی یک گرم در لیتر نانو اکسید روی و بیش‌ترین آن‌ها به عدم محلول پاشی نانو اکسید روی تعلق داشت، روند مشابهی نیز در تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به حالت عدم تلقیح مشاهده گردید (جدول ٤). همچنین کم‌ترین درصد سهم فرایند انتقال مجدد و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه در ترکیب تیماری یک گرم در لیتر نانو اکسید روی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و بیش‌ترین آن به ترکیب تیماری عدم محلول پاشی × عدم تلقیح با باکتری بدست آمد (جدول ۵). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرایند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت تاثیر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (سید شریفی و نظرلی، ۱۳۹۲). به نظر می‌رسد در شرایط مطلوب و دسترسی مناسب به روی، به دلایل مختلفی نظیر نگهداری پتاسیم در سلول های محافظ روزنه (ویسانی و همکاران، ۲۰۱۱)، افزایش معنی دار غلظت پتاسیم در اندام های هوایی به واسطه فعال سازی پمپ جذب کننده پتاسیم ATPase در ریشه (Adiloglu and Adiloglu , 2006) و کمک به راه اندازی برخی از انزیم های مسیر بیوسنتز کلروفیل (ملکوتی، ۱۳۷۹)، چون فتوسنتز جاری به دلیل افزایش محتوای کلروفیل (شکل ۲) و هدایت روزنه‌ای (شکل ۳) به مدت زمان طولانی-تری تداوم می‌یابد در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا Banniabbas و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که به دلیل نقش اساسی عنصر روی در ساختمان فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز و اهمیتی که این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]



شکل ٦- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تریتیکاله در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری (a)، تلقیح با ازتوباکتر (b)، آزوسپریلیوم (c) و سودوموناس (d) در سطوح مختلف محلول پاشی با نانو اکسید روی

عنصر در سنتز مستقیم مواد رشدی مانند اکسین دارد، موجب می شود که در حضور عنصر روی، توان فتوسنتزی و در نتیجه میزان کربوهیدرات های گیاه افزایش یافته و در نتیجه مواد خشک بیشتری تولید و در دانه به عنوان مخزن ذخیره نمایند. ولی زمانی که دسترسی به منابع غذایی (مانند روی) کاهش می‌یابد و یا تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد صورت نگیرد ممکن است گیاه به نوعی در شرایط تنش قرار گیرد و تعادل منبع و مخزن به هم خورد در چنین شرایطی قدرت مخزن بیش‌تر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیش‌تر منبع می‌شود)، منبع میزان انتقال ماده‌ی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر نانو اکسید روی و باکتری‌های افزاینده رشد بر عملکرد و سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه تریتیکاله

منابع تغییر		میانگین مربعات								
	درجه آزادی	انتقال مجدد از کل اندام هوایی	درصد انتقال مجدد در عملکرد دانه	میزان انتقال مجدد از ساقه	درصد مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	طول پدانکل	وزن صد دانه	عملکرد تک بوته
تکرار	۲	۰/۰۰۳۳^{ns}	۵۳/۷۲^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۱۰/۷۸^{ns}	۳/۵۲۸^{ns}	۰/۰۶۶۳^{ns}	٤/۲۷٦^{ns}	٤۷/٦۳**	۰/۲۲^{ns}	۰/۰۵۰۵*
باکتری	۳	۰/۰۸۲۳**	۱۱۱۸**	۰/۰٤٤۵**	۵۷۲/۲۱**	۱۷۱/٦۳**	۱/٦۳۹**	۳۰۹/۲۱**	۱٤/۸۲٦*	۰/٤٦۸**	۰/۸٦۵**
روی	٤	۰/۱٦٤۸**	۱۳۲۳/۹٦**	۰/۰۸۳٦**	٦۸۰/۳٤**	۲۹۰/۸٦**	۳/٦۱**	۳۸٦/۰۲**	۳۷/۷۳۹**	۰/٦۹۳**	۱/۱٤٦**
روی*باکتری	۱۲	۰/۰۰۲۳^{ns}	۱۱۳/٦۲**	۰/۰۰۱۷^{ns}	۷٤/٦۳**	۲۷/٤۳**	۰/۲۲٦**	۲۲/۳۷٦**	۵/٦۷٤^{ns}	۰/۰۱۷۱^{ns}	۰/۰۷۷۱**
خطا	۳۸	۰/۰۰٦۷	۳۵/۰۳	۰/۰۰۲۸	۸/٦۲	۱/۱۵٤	۰/۰۷۷۹	۲/۷۱۱	٤/۷۱۳	۰/۱۲٤	۰/۰۱۲۳
ضریب تغییرات	-	۲۳/٦۰	۲۸/۸۸	۲۲/۱۹	۲۰/۵۹	۱/٤۷۱	۲/٦٦۸	۳/۷٤۷	۷/۰۳۷	۸/۱۳	۵/۷۷۵

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر اصلی باکتری‌های افزاینده رشد و مقادیر روی بر عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک تریتیکاله

		میزان انتقال مجدد از کل اندام هوایی (گرم از بوته)	میزان انتقال مجدد از ساقه (گرم از بوته)	طول پدانکل (سانتی متر)	وزن صد دانه (گرم)
تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد	عدم تلقیح	۰/٤٥٤ ^{a}	۰/۳۱۹ ^{a}	۲۹/۵۰٦ ^{b}	٤/۱۳۵ ^{b}
	ازتوباکتر	۰/۲۹٤ ^{b}	۰/۲۰۳ ^{b}	۳۱/۹۰٦ ^{a}	٤/۵٦۵ ^{a}
	آزوسپریلیوم	۰/۳۰۱ ^{b}	۰/۲۰۵ ^{b}	۳۰/۹٦۸ ^{ab}	٤/۳۰۹ ^{ab}
	سودوموناس	۰/۳٤۲ ^{b}	۰/۲۳٦ ^{b}	۳۱/۰۲٤ ^{ab}	٤/۳۵٦ ^{ab}
مقادیر نانو اکسید روی (گرم در لیتر)	عدم محلول پاشی	۰/٤۸۰ ^{a}	۰/۳٤۲ ^{a}	۲۹/۲٦ ^{b}	٤/۰۱۸ ^{d}
	۰/۲۵	۰/٤۳۰ ^{ab}	۰/۲۹۵ ^{b}	۲۹/۵۲ ^{b}	٤/۲۲۹ ^{cd}
	۰/۵	۰/۳۷۳ ^{b}	۰/۲۵٤ ^{b}	۲۹/۹۱ ^{b}	٤/۳۱۱ ^{bc}
	۰/۷۵	۰/۲۵۱ ^{c}	۰/۱۷٤ ^{c}	۳۲/٦۱ ^{a}	٤/۵۲۳ ^{ab}
	۱	۰/۲۰٤ ^{c}	۰/۱٤۰ ^{c}	۳۲/۹۳ ^{a}	٤/٦۲٤ ^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و تیمار اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با هم ندارند.

(دانه‌ها) را برآورده نماید (عباس‌پور، ۱۳۹۱).

بیشترین ارتفاع بوته در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانو اکسید روی در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۵). بررسی Brown و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد که مصرف روی در گندم موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و تسریع در رسیدگی می‌گردد. مشاهدات Kapulnik و همکاران (۱۹۸۱) اثر افزایشی آزوسپریلیوم را بر ارتفاع بوته گزارش کردند.

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف نانو اکسید روی حاکی از آن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری صفات مورد ارزیابی تحت سطوح مختلف محلول پاشی نانو اکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد

ترکیب تیماری	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)	مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول سنبله (سانتی متر)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه تک بوته (گرم)
عدم محلول پاشی ×عدم تلقیح بذر با باکتری	٣٩/٨٨ a	٢٨/١٦ a	٥٥/٥٢ k	٩/١٣ j	٣٦/٨ k	٠/٩٩٥ n
عدم محلول پاشی × تلقیح بذر با ازتوباکتر	٢٢/٣٣ d-f	١٥/٢٦ ef	٧١/٠٣ gh	٩/٩٨ g-i	٤٤/٦ gh	١/٨٨٧ h-j
عدم محلول پاشی × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	٢٤/٦٨ c-e	١٧/٠٨ de	٧١/٢٥ f-h	١٠/٢٤ e-h	٤٢/٣٣ hi	١/٧٩١ i-k
عدم محلول پاشی × تلقیح بذر با سودوموناس	٢٦/١١ b-d	٢٠/٩٧ cd	٦٩/٩٢ h	٩/٧٢ i	٣٦/٩٣ j	١/٥١٨ lm
محلول پاشی با ٠/٢٥ گرم در لیتر ×عدم تلقیح بذر با باکتری	٣٣/٦٩ b	٢٤/٠٤ b	٦٤/٦٣ j	٩/٦٦ i	٣٤/٨٦ j	١/٤٤٦ m
محلول پاشی با ٠/٢٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با ازتوباکتر	٢١/١٢ d-g	١٤/٥٤ e-g	٧٣/٣٨ e	٩/٨٢ hi	٤٠ i	١/٩٤٧ g-i
محلول پاشی با ٠/٢٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	٢٠/٦٤ d-g	١٤/٢٥ e-g	٦٩/٤٨ h	١٠/٣٨ e-g	٤٢/١٣ hi	١/٦٦٥ kl
محلول پاشی با ٠/٢٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با سودوموناس	٢٢/٩٥ d-f	١٥/٦٧ ef	٧١/٧٦ e-g	١٠/٢٤ e-h	٤٠/٣٦ i	١/٧٦٣ jk
محلول پاشی با ٠/٥ گرم در لیتر ×عدم تلقیح بذر با باکتری	٢٨/٥٦ bc	٢٢/٦١ bc	٦٧/٥ i	١٠/١٠ f-i	٣٥/٨ j	١/٤٠٩ m
محلول پاشی با ٠/٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با ازتوباکتر	١٦/٧٨ e-i	١١/٤٩ f-h	٧٢/٨٦ ef	١٠/٥٢ d-f	٤٥/٦ fg	١/٩٨٧ gh
محلول پاشی با ٠/٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	١٥/٥٣ e-i	١٠/٨٦ f-h	٧٢/٨ e-g	١١ bc	٤٤/٠٦ gh	٢/٠٣١ e-h
محلول پاشی با ٠/٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با سودوموناس	١٧/١٩ e-h	١١/٦١ f-h	٧٦/٥٢ cd	١٠/٦٦ c-e	٤٨/٤ de	٢/١٧٤ c-f
محلول پاشی با ٠/٧٥ گرم در لیتر ×عدم تلقیح بذر با باکتری	١٦/١٥ e-i	١١/٢٦ f-h	٧٥/٩٧ d	١٠/٤٩ ef	٤٢/٦٦ hi	١/٩٩٣ f-h
محلول پاشی با ٠/٧٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با ازتوباکتر	٩/٦ h-j	٧/٣٢ h-j	٧٨/٢٦ bc	١١/٢٦ ab	٥١/٩٣ bc	٢/٣٥٨ b
محلول پاشی با ٠/٧٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	١٠/٦٥ h-j	٧/٢٤ h-j	٧٧/٥٤ b-d	١٠/٥٥ c-f	٤٨/٢٦ d-f	٢/١٩٣ b-e
محلول پاشی با ٠/٧٥ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با سودوموناس	١١/٩٧ g-j	٨/٣٧ h-j	٧٨/٩٢ ab	١١/١٤ ab	٥٠/١٣ cd	٢/٢٤٧ b-d
محلول پاشی با ١ گرم در لیتر ×عدم تلقیح بذر با باکتری	١٤/٧٦ f-i	٩/٧٥ g-i	٧٦/٢٨ d	١٠/٤٨ ef	٤٦/٢٦ e-g	٢/٠٨٢ d-g
محلول پاشی با ١ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با ازتوباکتر	٧/٩٥ ij	٦/٥٨ ij	٨٠/٤ a	١١/٥٣ a	٥٤/٨ a	٢/٥٧٨ a
محلول پاشی با ١ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	٩/٤ h-j	٦/٩٦ ij	٨٠/٢٧ a	١١/٢٨ ab	٥٣/٣٣ ab	٢/٢٨ bc
محلول پاشی با ١ گرم در لیتر ×تلقیح بذر با سودوموناس	٩/٧٢ h-j	٧/٠٩ h-j	٧٦/١٤ d	١٠/٩٧ b-d	٤٩/٤٦ cd	٢/١٢٦ c-g
$LSD_{\%5}$	٩/٧٨٣	٤/٨٥٣	١/٧٧٥	٠/٤٦١	٢/٧٢	٠/١٨٣

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با هم ندارند.

است که بیش‌ترین طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانو اکسید روی و تلقیح با ازتوباکتر و کم‌ترین آن‌ها در حالت عدم تلقیح و عدم مصرف نانو اکسید روی بدست آمد (جدول ۵). Rengel و Graham (۱۹۹۵) گزارش کردند با تأمین عنصر روی همراه با سایر عناصر مورد نیاز گندم، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات Hemantaranjan و Grag (۱۹۸۸) نشان داد که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی دار در تعداد خوشه در متر مربع، طول خوشه و وزن هزار دانه شد. این محققان اعلام نمودند که با مصرف این عناصر به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، مقادیر نشاسته و پروتئین دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند. Arzanesh و همکاران (۲۰۱۰) افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نهایت افزایش عملکرد گندم در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم را گزارش کردند.

بیش‌ترین طول پدانکل و وزن صد دانه در محلول پاشی یک گرم بر لیتر نانو اکسید روی و تلقیح بذر با ازتوباکتر بدست آمد (جدول ٤). افزایش وزن صد دانه در اثر تلقیح با باکتری را می‌توان به نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در گسترش ریشه اعم از وزن و حجم ریشه نسبت داد که با کمک به جذب بیش‌تر آب و عناصر غذایی و انتقال آن به گیاه در نهایت به بهبود رشد و فتوسنتز و افزایش وزن صد دانه منجر می‌شود. نتایج بررسی Bashan و همکاران (۲۰۰٤) نشان داد که تلقیح گیاهان توسط آزوسپریلیوم موجب تغییر معنی‌داری در پارامترهای رشدی در غلات از جمله ارتفاع بوته، طول سنبله و طول پدانکل می‌شود. مطالعات انجام شده توسط Zahir و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۹/٦ درصدی وزن هزار دانه ذرت را در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس و Carlier و همکاران (۲۰۰۸) افزایش ٦ درصدی وزن هزار دانه گندم را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نشان دادند. بیش-ترین عملکرد تک بوته در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانو اکسید روی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). ازتوباکتر و آزوسپریلیوم قادر هستند با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی همچون تثبیت نیتروژن اتمسفری، تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفور و اسیدهای‌آلی در ریزوسفر، عملکرد را در گیاهان افزایش دهند (Sharma, 2002). از جمله نتایج تلقیح گیاهان با این باکتری‌ها می‌توان به افزایش عملکرد، تأثیر بر وزن دانه و سایر اجزاء عملکرد اشاره کرد (Cohen *et al*., 1980). Tandon (۱۹۹۵) افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی، آهن و منگنز را به ترتیب ۷۸۰، ۸٦۰ و ٥٤۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمود. نتایج بررسی Chacmak و همکاران (۱۹۹۷) نشان داد مصرف ۲۳ کیلوگرم کود حاوی روی، موجب افزایش معنی دار در عملکرد دانه شد.

نتیجه گیری کلی:

به طور کلی تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشدی به خصوص آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در محلول پاشی یک گرم در لیتر نانو اکسید روی با افزایش محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در طول فصل رشد، موجب افزایش شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه تریتیکاله گردید. از این روی به نظر می‌رسد به منظور بهبود عملکرد تریتیکاله، استفاده از کودهای بیولوژیک و ریز مغذی روی عاملی مناسب باشد.

منابع:

خندان بجندی، ت.، سیدشریفی، ر. صدقی، م. اصغری زکریا، ر. نامور، ع و مولایی، پ. (۱۳۸۹) تأثیر تراکم بوته و باکتری ریزوبیوم همراه با کاربرد ریزمغذی ها بر عملکرد و برخی ویژگی های فیزیولوژیک موثر بر رشد نخود (Cicer arietinum L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۱: ۱۵۷-۱۳۹.

خوش گفتار منش، ا. (۱۳۸٦) مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

روشنفکر دزفولی، ح.، نبی‌پور، م. مرادی، ف. و مسکرباشی، م. (۱۳۹۰) تأثیر دما بر هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل در گندم. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی) ۲:۵۲-۳۹.

سلیمانی، ع.، فیروزی، م و نارنجانی، ل. (۱۳۹۰) تاثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی موثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای. پژوهش‌های زراعی ایران ۳: ۳٤۷-۳٤۰.

سید شریفی، ر و نظرلی، ح. (۱۳۹۲) تاثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال مجدد ماده خشک آفتاب گردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. دانش کشاورزی و تولید پایدار ۳:٤۵-۲۷.

صالح راستین، ا و مجتهدی م. (۱۳۵۷) اصول تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.۳۰۹ صفحه.

ضیائیان، ع و ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۸) تاثیر مصرف روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. مجله خاک و آب ۲:۱۱۰-۹۹.

عابدی باباعربی، س.، موحدی دهنوی، ع.، بدوی، ک.، و ادهمی، ا. (۱۳۹۰) تاثیر محلول پاشی روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوزیک و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ٤: ۹۵-۷۵.

عباسپور، س. (۱۳۹۱) تاثیر پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی.

فرانکلین، پی.، گادنر، آر.، برنت، پی. پ. و راجر، ال. م. (۱۳۸۷) فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

قوشچی، ف. (۱۳۷۹) تریتیکاله. انتشارات کارنو، تهران.

ملکوتی، م. (۱۳۷۹) نقش ریز مغذی ها در افزایش تولیدات کشاورزی در ایران. نشریه فنی شماره ۷۰. نشر اموزش کشاورزی سازمان تات ۱۲۳-۱٤۹.

ملکوتی، م. ج و تهرانی، م. م. (۱۳۷۸) نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

ناظری، پ.، کاشانی، ع. خاوازی، ک. اردکانی، م. ر و میرآخوری، م. (۱۳۹۱) بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفاته حاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۳ : ۱۱۱-۱۲٦.

Adiloglu, A. and Adiloglu, S. (2006) The Effect of boron application on the growth and nutrient contents of maize in zinc deficient soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2: 1-4.

Allen, M. F., Moore, T. S. and Cheristenses, M. (1980) Phytohormone, changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. Canadian Journal of Botany 58: 371-374.

Amer, M. M., Swelim, M. A., Bouthaina AbdEl-2 Ghany, F. and Amal, M. O. (2002) Effect of N fixing bacteria and actinomycetes as biofertilizers on growth and yield of cucumbers in sandy soil in Egypt. Egyptian Journal of Desert Research 52: 113-126.

Aruna Geetha, S. and Thiyarajan, T. M. (2003) Remobilization of nitrogen in ricegenotypes. Crop Research 25: 406-409.

Arzanesh, M. H., Alikhani, H. A., Rahimian, H. A. and Miransari, M. (2010) Wheat (*Triricum aestivum* L.) growth enhancement by *Azospirllum sp*. under drought stress. World of Journal Biology 26: 101-109.

Baniabbass, Z., Zamani, G. and Sayyari, M. (2012) Effect of drought stress and zinc sulfate on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Biology 6: 518-525.

Barnett, K. H. and Pearce, P. B. (1983) Source- Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Crop Science 23: 294-299.

Bashan, Y., Holguin, G. and De-Bashan, L. E. (2004) *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003) Canadian Journal of Microbiology. 50: 521-577.

Begum, M., Noor, M., Miah, H. and Mainul Basher, M.D. (2003) Effect of rate and method of zinc application on growth and yield of aus Rice. Pakestan Journal of Biological Science 7: 688-692.

Bhattarai, T. and Hess, D. (1993) Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triricum aestivum* L.) cultivars to inculation with *Azospirllum* spp of nepales orign. Plant and Soil 151: 67-76.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

Koch, D. W., Paisley, S. (2004) Cereal crops-management for supplemental and emergency forage. *http://www.uwyo.edu/* ces/PUBS/B-1122.4.htm.

Lucy, M., Reed, E. and Glick, B. R. (2004) Applications of free living plant growth promotingrhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek. 86: 1-25.

Major, D. J., Baumeister, R., Toure, A. and Zhao, S. (2003) Digital imaging and spectral techniques (Application to precision agriculture and crop physiology). ASA-CSSA-SSSA. Special Publication, Madison USA.

Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, Boston, USA.

Mishra. M., Patjoshi, A.K. and Jena, D. (1998) Effect of biofertilization on production of maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agronomy 43: 307–310.

Mohamad, W., Iqbal, M. and Shal, S. M. (1990) Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat. Sarhad Journal of Agriculture 6: 615-618.

Ravikumar, S., Kathiresan, K., Ignatiammal, S. T. M., Selvam, M. B. and Shanthy, S. (2004) Nitrogen.fixation *Azotobacters* from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Biology. 15: 157-160.

Rengel, Z. and Graham, R.D. (1995) Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil (II: Grain Yield). Plant and Soil 173: 267-274.

Setter, T. L., Anderson, W. K and Barclay, S. (1998) Review of the impact of high shoot carbohydrate concentration on maintenance of high yields in cereals exposed to environmental stress during grain filling. CAB Abstract.

Sharma, A.K. (2002) Biofertilizers for Sustainable Agriculture, Jodhpur, Agrobios, 407 p.

Sulinlftn, M.S., Shalahl, H.G. and Cani, W.F. (1994) Interaction or salinity, nitrogen and phosphorus fertilization on wheat. Journal of Plant Nutrition 17: 1163-1173.

Swędrzynska, D. and Sawicka, A. (2000) Effect of inoculation with Azospirillum brasilense on development and yielding of maize (*Zea mays* ssp. Saccharata L.) under different cultivation conditions. Polish Journal of Environmental Studies. 9: 505-509.

Takker, P. N. and Walker, C. D. (1993) The distribution and correction of zinc deficiency. In: Zinc in soil and plants. (ed Robson, A. D.). Pp: 151-166. Kluwer. Academic Publisher, Dordrech, The Nether lands,

Tandon, H. L. S. (1995) Micronutrients in soils, Crops and fertilizers. A source book–cum–Directery. Fertilizer development and consumtion Organisation, New Dehli, India.

Vankhadeh, S., (2002) Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. Plant and Soil 1: 143-144.

Wang, Z. M., Wang, S. A. and Su, B. A. (1995) Accumulation and remobilization of stem reserves in wheat.CAB Abstract.

Briggs, K. G. (2001) The growth potential of triticale in western Canada, A report that outlines the characteristics and potential of triticale in western Canada and identifies the barriers to reaching this potential. 1: 132-155.

Brown, P. H., Cakmak, I. and Zhang, Q. (1993) Form and function of zinc in plants. Pp 93-106. In: Robinson, A.O., (Ed), Zinc in Soil and Plants. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, The Netherlands.

Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U.G. and Donmez, M. F. (2007) The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170: 288-295.

Cakmake, R. I., Aydyn, D. F. and Salin, A. F. (2006) Growth promotin of plantsby plant growth promoting rhizobacteria under green house and two different field soil condition. Soil Biolog and Biochemistry 38: 1482-1487.

Carlier, E., Rovera, M., Jaume, A.R. and Rosas, S.B. (2008) Improvement of growth, under field conditions, of wheat inoculated with *Pseudomonas chlororaphis* subsp. World Journal of Microbiology Biotechnology 24: 2653-2658.

Chacmak, I., Ekis, H., Yilmas, A., Tourn, B., Kolei, N. and Gultekin, A. (1997) Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. Plant and Soil 188: 1-10.

Chaturvedi, G.S. and Ram, P.C. (1996) Carbohydrate status of rain fed low land rice in relation tosubmergences drought and shade tolerance. In: Proceeding of *the International Conference on Stress Physiology of Rice*, India, NewDelhi 103-122.

Cohen, E., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I. and Henis, Y. (1980) Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen-fixing *Azospirillum*. Plant Physiology 66: 746-749.

Devlin, R.M. and Withan F.H. (1983) Plant physiology. 4th Ed. Wadsworth Publishing Company. A division of wadsworth. Inc. Belmont, California.

Ehdaie, B. and Wanies, G. (1996) Genetic variation for contribution of pre anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. Journal of Genetics and Breeding 50: 47-56.

Hemantaranjan, A. and Grag, O.K. (1988) Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *triticum aestivum* L. Journal of Plant Nutrition 11: 1439-1450.

Hernandez, A. N., Hernandez, A. and Heydrich, M. (1995) Selection of rhizobacteria for use inmaize cultivation. Cultivar Tropicales 6: 5-8.

Kapulnik, Y., Kigel, J., Okon, Y., Nur, I. and Henis, Y. (1981) Effect of Azospirillum inoculation on some growth parameters and N-Content of wheat, sorghum and panicum. Plant and Soil 61: 65-70.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]

chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian of Journal Plant Scinces 6: 77-82.

Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Guttekin, I., Karanlik, S., Baggi, S. A. and cakmak, I. (1997) Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in weat cultivars grown on zinc deficient calcarcous soils. Journal of Plant Nutrition 20: 461-471.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Khalid, A. (1998) Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakestan Journal of Soil Science 15: 7-11.

Zaied, K. A., Abd El-Hady, A. H., Afify Aida, H. and Nassef, M. A. (2003) Yield and Nitrogen Assimilation of Winter Wheat Inoculated with New Recombinant Inoculants of Rhizobacteria. Pakestan Journal of Soil Science 6: 344-358.

Zemrany, H. El., Cortet, J., Lutz, M. P., Chabert, A., Baudoin, E. K., Haurat, J., Maughan, N., Fe´ Lixf, D., De fago, G., Bally, R. and MoeNne-Loccoz, Y. (2006) Field survival of the phytostimulator *Azospirillum lipoferum CRT1*and functional impact on maize crop, biodegradation of crop residues, and soil faunal indicators in a context of decreasing nitrogen fertilization. Soil Biology of Biochemistry 38: 1712–1726.

Wani, S. P. (1990) Inoculation with associative nitrogen fixing bacteria: role in cereal grain production improvement. India Journal of Microbiology 30: 363–393.

Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and Ghasemi-Golezani, K. (2011) Physiological response of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. Australian Journal of Crop Science 5: 1441-1447.

Welch, R. M. (1995) Micronutrient Nutrition of Plants. Critical Reviews in Plant Sciences 14: 49-82.

Welch, R. M., Allaway, W. H., House, W. A. and Kabota, J. (1991) Geographic distribution of trace elemant problem. PP. 31-57. In: Micronutrients in Agriclture. 2nd ed. Ed: J. J. Mortvedt et al. Soil Science Society Madison, WI.

Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G. and Cheung, K. C. (2005) Effect of bio fertilizer containing N-fixer, P and Ksolubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yadav, K. S., Singh, D. P., Sunita, S., Neeru, N., Lakshminarayana, K., Suneja, S. and Narula, N. (2000) Effect of *Azotobacter chroococcum* on yield and nitrogen economy in wheat (*Tritium aestivum*) under field conditions. Environment-and-Ecology. 18: 109-113.

Yasari, E. and Patwardhan, A. M. (2007) Effects of Aztobacter and Azospirillium inoculations and

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.7.9]