اثر محلول‌پاشی نانواکسیدروی و کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک تریتیکاله

حسین کمری[۱]، رئوف سیدشریفی*[۲] و محمد صدقی[۳]

۱) دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه علوم و تکنولوزی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲ و ۳) اعضای هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Raouf_ssharifi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۱۸**

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک تریتیکاله، این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل محلول‌پاشی با نانواکسیدروی در پنج سطح (عدم محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) و تلقیح بذر با باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرینOF و سودوموناس پوتیدا استرین ۹) بودند. نتایج نشان داد که انتقال مجدد ماده خشک و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد، سرعت ظهور برگ، عملکرد و اجزای عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت اثر محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن قرار گرفت. بیش‌ترین انتقال مجدد ماده خشک و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه در عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد × عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی به‌دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد، اجزای عملکرد دانه و سرعت ظهور برگ به ترکیب تیماری تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم × محلول‌پاشی یک گرم در لیتر نانواکسیدروی و کم‌ترین آن‌ها در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد × عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی به‌دست آمد. به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد دانه و سرعت ظهور برگ می‌توان پیشنهاد کرد که تلقیح بذر تریتیکاله با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در محلول‌پاشی یک گرم در لیتر نانواکسیدروی به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، روی، تریتیکاله، فیلوکرون.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

مقدمه

تریتیکاله (*Tritiosecale Wittmack*) غله جدیدی است که به وسیله انسان و در نتیجه تلاقی ژنوم‌های گندم و چاودار به وجود آمده است. این گیاه دارای ویژگی‌های مطلوب چاودار ازجمله رشد سریع و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم بازده و از طرف دیگر دارای ویژگی‌های برتر کیفی و زراعی گندم می‌باشد (قوشچی، ۱۳۷۹). 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 محرک رشد است که می‌توانند به روش‌های مختلف موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. این گروه از باکتری‌ها به‌طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک 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 شود (Cakmakci *et al.*, 2007b). از میان این باکتری‌ها، آزوسپریلیوم، ازتوباکتر و سودوموناس به دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده‌اند (Mishra *et al.*, 1998; Cakmakci *et al.*, 2007). Zemrany و همکاران (۲۰۰۶) و Cakmakci و همکاران (a ۲۰۰۷) اظهار داشتند که مقدار پروتئین دانه، عملکرد دانه و وزن هزاردانه ذرت بواسطه تلقیح با *Azospirillum lipoferum* افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز در خصوص اثرمثبت تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر ارتفاع بوته، میزان ماده خشک و عملکرد دانه در انواع مختلفی از غلات گزارش شده است (Kapulnik *et al.*, 1981; Okon *et al.*, 1985; Yadav *et al.*, 2000; Bhattarai and Hess,1993). روی عنصری ریزمغذی است که در مقادیر بسیار کم برای انجام فعالیت‌های فیزیولوژیک مانند فتوسنتز و سنتز پروتئین مورد نیاز است (Marschner, 1995). کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خاک‌های شنی و فرسایش یافته و به‌خصوص در خاک‌های آهکی، خاک‌های سدیمی و غرقابی شیوع بیش‌تری دارد (Takker and Walker, 1993; Welch *et al.*, 1991). کشت مداوم، مصرف همه ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره، آبشویی و سایر شرایط حاکم بر خاک‌های آهکی از جمله وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم، pH قلیایی و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است. Begum و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند کاربرد روی در برنج تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، محتوای پروتئین و غلظت روی را در دانه و اندام هوایی افزایش داد. Yilmaz و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که مصرف روی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم از جمله تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه گردید که از بین این اجزا اثر روی بر تعداد سنبله در مترمربع بیش‌تر بود. در مرحله سنبله دهی و گرده افشانی، مواد فتوسنتزی تولیدی گیاه بیش‌تر از نیاز گیاه بوده و این مواد مازاد به ساقه منتقل شده و به‌صورت انواع کربوهیدرات ذخیره می‌شود، زمانی که

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

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 (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷؛ Chaturvedi and Ram,1996; Aruna Geetha and Thiyarajan, 2003). سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد، میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و سهم مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه را کاهش داد. آنان علت را به ایجاد شرایط بهینه توسط باکتری‌ها و افزایش سهم فتوسنتز جاری به واسطه شاخص سطح برگ بالاتر نسبت دادند که موجب می‌شود بخش عمده‌ای از عملکرد دانه توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کم‌تری به انتقال ماده‌ی خشک تخصیص یابد. درحالی‌که 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 در چنین شرایطی به دلیل عدم توانایی منبع در تأمین نیاز مخازن موجب می‌گردد سهم فرایند انتقال مجدد از بخش‌های مختلف به‌خصوص ساقه افزایش یابد تا لااقل بخشی از نیاز مخازن را تأمین نماید. پیش‌بینی ظهور برگ، قسمت مهم و حیاتی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است زیرا ظهور برگ در گسترش سطح برگ، انباشتگی ماده خشک و عملکرد دانه اهمیت دارد (Ritchie and NeSmith, 1991; McMaster, 1997; Cutforth *et al*, 1992). فیلوکرون یا فاصله‌ی زمانی بین ظهور نوک دو برگ متوالی، روش مناسبی برای درک بهتر نمو رویشی گیاه بوده و به شبیه‌سازی رشد گیاه کمک می‌کند (رفیعی و کریمی، ۱۳۷۷؛ امام و نیک‌نژاد، ۱۳۷۳). Tollenaar و همکاران (۱۹۷۹) فیلوکرون را به‌صورت عکس سرعت ظهور برگ تعریف کردند. De Freitas و Germida (۱۹۹۰)، Fallik و Okon (۱۹۹۶) و Ribaudo و همکاران (۲۰۰۱) افزایش سرعت ظهور برگ ذرت را به واسطه استفاده از باکتری‌های محرک رشد آزوسپریلیوم و سودوموناس گزارش نمودند. بررسی‌های Sarig و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه با کاهش فیلوکرون منجر به افزایش سرعت ظهور برگ می‌شود. امروزه مقدار برداشت و خروج عناصر غذایی کم مصرف به دلیل برداشت بیش‌تر محصول از خاک که با کاشت ارقام اصلاح شده، مصرف کودهای شیمیایی و مدیریت بهتر حاصل شده است، بسیار زیاد است و با توسعه کشاورزی هر روز مقدار بیش‌تری از عناصر کم مصرف از خاک خارج می‌گردد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). اهمیت تریتیکاله در استفاده دو منظوره از آن موجب شده است که کاهش فیلوکرون به دلیل تسریع در گسترش سطح برگ و انباشتگی بیش‌تر ماده خشک و عملکرد دانه از اهمیت بیش‌تری در این گیاه برخوردار باشد، از طرفی به دلیل نقش ریزمغذی روی و باکتری‌های محرک رشد در بهبود عملکرد و کمی بررسی‌هایی انجام شده در خصوص بر هم کنش توأم باکتری‌های محرک رشد و ریزمغذی روی موجب شد تا کاربرد توأم این دو عامل بر عملکرد، سرعت ظهور برگ و سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۹) به ترتیب به‌صورت B_0، B_1، B_2 و B_3 و پنج سطح محلول‌پاشی نانواکسید روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) به ترتیب به‌صورت Zn_0، Zn_1، Zn_2، Zn_3 و Zn_4 بود. نانواکسیدروی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱: مشخصات نانواکسیدروی مورد استفاده

وزن	خلوص	میانگین اندازه ذرات	سطح ویژه ذرات	رنگ
۱۰۰ گرم	۹۹ درصد	کمتر از ۳۰ نانومتر	بیش‌تر از ۳۰ مترمربع در هر گرم	قرمز و به‌صورت پودر

باکتری‌های فوق از مؤسسه تحقیقات آب و خاک تهیه شدند و رقم تریتیکاله مورد استفاده جوانیلو بود که از مؤسسه نهال و بذر کرج تهیه شد. برای تلقیح بذر با باکتری‌های مورد نظر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هرگرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده شد. پس از تهیه خاک یک دست، ۱۵ کیلوگرم خاک به هر گلدان اضافه شده و تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها ریخته شد. سپس ۵۰ عدد بذر در هر گلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم جوانیلو تریتیکاله است، به‌صورت ردیفی در ۱۴ اردیبهشت ماه کشت شد. از محلول صمغ عربی به نسبت۱۰ 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 ۳ تا ۴ برگی و مرحله قبل از ظهور سنبله) انجام شد. کود نیتروژنه به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (یک دوم در مرحله سبز شدن، یک دوم در مرحله ساقه‌روی) در تمامی واحدهای آزمایشی اعمال شد. گلدان‌ها در گلخانه در دمای۲۰ تا۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۶-۱۵ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد نگهداری شدند، مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

برای اندازه‌گیری فیلوکرون، از مرحله سه برگی به بعد (زیرا تا مرحله سه برگی ظهور برگ‌ها بیش‌تر تابع دمای خاک است)، هر ۴ روز یک بار تعداد برگ‌های موجود در سه بوته شمارش شد. البته هر برگ زمانی در شمارش منظور می‌گردید که حداقل یک سانتی‌متر طول داشت (رفیعی و کریمی، ۱۳۷۷). لازم به ذکر است که سه بوته انتخابی با نخ رنگی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

علامت‌گذاری شده بود و برگ‌های هر بوته بعد از شمارش با ماژیک رنگی علامت‌گذاری می‌شد تا مجدداً مورد شمارش واقع نگردد.

جدول ۲: مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	بافت	اسیدیته	درصد اشباع	آهک (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
مقدار	سیلتی لومی	۷/۸	۴۷	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹/۰۸۲	۲۱۲

به منظور بررسی میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، از یک هفته قبل از پر شدن دانه در هر گلدان ۱۵ بوته مشابه و یکنواخت علامت گذاری شد و هر چهار روز یک بار برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ و دانه تفکیک و پس از خشک کردن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت)، میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط ۱ تا ۴ 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 (Wanies and Ehdai, 1996).

رابطه ۱:

وزن خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی - حداکثر ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول = انتقال ماده خشک (گرم در بوته)

رابطه ۲:

۱۰۰× عملکرد دانه / وزن اندام هوایی (به جز دانه) در رسیدگی - حداکثر وزن اندام هوایی در برداشت اول= درصد سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه

رابطه ۳:

وزن خشک ساقه (به جز دانه) در رسیدگی فیزیولوژیک - حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول = میزان انتقال مجدد از ساقه(گرم در بوته)

رابطه ۴:

۱۰۰ × عملکرد دانه / میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه = درصد سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه

رابطه ۵:

فعالیت مخزن × اندازه آن = قدرت مخزن

به منظور تعیین وزن و حجم ریشه در مرحله رسیدگی، ریشه‌ها به‌طور کامل جدا شده و پس از شستشو، وزن آن تعیین شد. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد به‌طوری‌که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به‌عنوان حجم ریشه منظور گردید. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف‌بر شد و سپس ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس منظور گردید. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

نتایج و بحث

فیلوکرون و سرعت ظهور برگ

مقایسه میانگین‌ها در تمامی مراحل نمونه‌برداری نشان داد که با افزایش مقادیر نانواکسیدروی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، فیلوکرون کاهش و سرعت ظهور برگ افزایش یافت (جداول ۳ و ۴). به‌طوری‌که بیش‌ترین فیلوکرون (۷/۸۴ روز) در مرحله نهایی نمونه‌برداری در ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی × عدم تلقیح بذر با باکتری و بیش‌ترین سرعت ظهور برگ (۰/۵برگ در روز) در مراحل اولیه نمونه‌برداری و در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم× محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانواکسیدروی به‌دست آمد، هر چند که اختلاف آماری معنی‌داری با ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۰/۷۵ و یک گرم در لیتر نانواکسیدروی در تلقیح بذر با سودوموناس و ازتوباکتر وجود نداشت. De Freitas و Germida (۱۹۹۰)، Ribaudo و همکاران (۲۰۰۱) افزایش در سرعت ظهور برگ ذرت را به واسطه استفاده از باکتری‌های محرک رشد آزوسپریلیوم و سودوموناس گزارش نمودند. بررسی‌های Sarig و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه با کاهش فیلوکرون منجر به افزایش سرعت ظهور برگ می‌شود.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانواکسیدروی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر فیلوکرون در مراحل مختلف یاداشت‌برداری

مراحل نمونه‌برداری / ترکیب تیماری	اول (چهار روز بعد از مرحله ۳ برگی)	دوم (هشت روز بعد از مرحله ۳ برگی)	سوم (دوازده روز بعد از مرحله ۳ برگی)	چهارم (شانزده روز بعد از مرحله ۳ برگی)	پنجم (بیست روز بعد از مرحله ۳ برگی)	ششم (بیست و چهار روز بعد از مرحله ۳ برگی)	هفتم (بیست و هشت روز بعد از مرحله ۳ برگی)
$B_0 \times Zn_0$	۳/۳۳ a	۳/۶۶ a	۴ ab	۴/۶۸ ab	۵/۵۷ a	۷/۲۷ a	۷/۸۴ a
$B_1 \times Zn_0$	۲/۴ bc	۳/۳۳ ab	۳/۳۳ bc	۴/۶۸ ab	۶/۰۶ a	۶/۴۵ b	۶/۷۸ ab
$B_2 \times Zn_0$	۲/۴ bc	۲/۸ bc	۴/۰۲ ab	۵/۳۷ a	۶/۰۶ a	۶/۲۵ b	۶/۵۵ b
$B_3 \times Zn_0$	۲/۶ b	۳/۳۳ ab	۴/۶۸ a	۴/۶۸ ab	۵/۳۷ ab	۶/۶۶ ab	۷/۰۱ ab
$B_0 \times Zn_1$	۳ a	۳/۳۳ ab	۳/۳۳ bc	۴ bc	۵/۳۷ ab	۶/۷۸ ab	۷/۱۴ ab
$B_1 \times Zn_1$	۲/۴ bc	۲/۸ bc	۳/۳۳ bc	۴ bc	۶/۰۶ a	۶/۰۶ c	۶/۴۵ b
$B_2 \times Zn_1$	۲/۴ bc	۲/۸ bc	۳/۳۳ bc	۴ bc	۶/۰۶ a	۶/۰۶ c	۶/۳۴ b
$B_3 \times Zn_1$	۲/۶ b	۳/۳۳ ab	۳/۳۳ bc	۴ bc	۶/۰۶ a	۶/۰۶ c	۶/۷۸ ab
$B_0 \times Zn_2$	۲/۶ b	۲/۸ bc	۳/۶۶ abc	۴ bc	۴/۶۸ ab	۶/۷۸ ab	۶/۷۸ ab
$B_1 \times Zn_2$	۲ d	۲/۸ bc	۳/۶۶ abc	۴ bc	۵/۳۷ ab	۶/۰۶ c	۶/۲۵ b
$B_2 \times Zn_2$	۲/۲۶ bcd	۲/۶ cd	۳/۳۳ bc	۴/۳۵ abc	۵/۳۷ ab	۶/۰۶ c	۶/۱۵ b
$B_3 \times Zn_2$	۲/۴ bc	۲/۸ bc	۳ bc	۳/۶۶ bc	۵/۳۷ ab	۶/۰۶ c	۶/۶۶ b
$B_0 \times Zn_3$	۲/۶ b	۲/۸ bc	۳ bc	۳/۶۶ bc	۴/۶۸ ab	۶/۰۶ c	۶/۲۵ b
$B_1 \times Zn_3$	۲/۱۳ cd	۲/۲۶ cd	۳ bc	۳/۶۶ bc	۴/۶۸ ab	۶/۰۶ c	۶/۰۶ bc
$B_2 \times Zn_3$	۲ d	۲/۶ cd	۳ bc	۳/۶۶ bc	۴ b	۶/۰۶ c	۶/۰۶ bc
$B_3 \times Zn_3$	۲/۲۶ bcd	۲/۴ cd	۳/۳۳ bc	۳/۶۶ bc	۴/۶۸ ab	۴ d	۶/۰۶ bc
$B_0 \times Zn_4$	۲/۲۶ bcd	۲/۶ cd	۳/۶۶ abc	۳/۶۶ bc	۵/۳۷ ab	۶/۰۶ c	۶/۰۶ bc
$B_1 \times Zn_4$	۲/۱۳ cd	۲/۲۶ cd	۲/۸ c	۳/۳۳ c	۴ b	۴ d	۶/۰۶ bc
$B_2 \times Zn_4$	۲/۱۳ cd	۲/۱۳ d	۲/۸ c	۳/۶۶ bc	۴/۶۸ ab	۴ d	۶/۰۶ bc
$B_3 \times Zn_4$	۲/۱۳ cd	۲/۶ cd	۳ bc	۳/۳۳ c	۴ b	۴ d	۶/۰۶ bc
LSD (٪۵)	۰/۳۹۷	۰/۶۶۶	۱/۰۶	۱/۲۵	۱/۵۱	۱/۹۶	۱/۳۵

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

پنج سطح محلول‌پاشی نانواکسیدروی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵و ۱ گرم در لیتر) به ترتیب به‌صورت Zn_0، Zn_1، Zn_2، Zn_3 و Zn_4 و چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۹) به ترتیب به‌صورت B_0، B_1، B_2 و B_3 می باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف محلول‌پاشی با نانواکسیدروی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر سرعت ظهور برگ در مراحل مختلف یاداشت‌برداری

مراحل نمونه‌برداری / ترکیب تیماری	اول (چهار روز بعد از مرحله ۳ برگی)	دوم (هشت روز بعد از مرحله ۳ برگی)	سوم (دوازده روز بعد از مرحله ۳ برگی)	چهارم (شانزده روز بعد از مرحله ۳ برگی)	پنجم (بیست روز بعد از مرحله ۳ برگی)	ششم (بیست و چهار روز بعد از مرحله ۳ برگی)	هفتم (بیست و هشت روز بعد از مرحله ۳ برگی)
$B_0 \times Zn_0$	۰/۳۰ e	۰/۲۷ e	۰/۲۵ cd	۰/۲۲ bc	۰/۱۸ ab	۰/۱۳ cd	۰/۱۲ d
$B_1 \times Zn_0$	۰/۴۱ bc	۰/۳ de	۰/۳ abc	۰/۲۲ bc	۰/۱۶ b	۰/۱۵ bc	۰/۱۴ c
$B_2 \times Zn_0$	۰/۴۱ bc	۰/۳۵ cd	۰/۲۷ bcd	۰/۱۹ c	۰/۱۶ b	۰/۱۶ b	۰/۱۵ b
$B_3 \times Zn_0$	۰/۳۸ cd	۰/۳ de	۰/۲۲ d	۰/۲۲ bc	۰/۱۹ ab	۰/۱۵ bc	۰/۱۴ c
$B_0 \times Zn_1$	۰/۳۳ de	۰/۳ de	۰/۳ abc	۰/۲۵ abc	۰/۱۹ ab	۰/۱۴ bcd	۰/۱۴ c
$B_1 \times Zn_1$	۰/۴۱ bc	۰/۳۵ cd	۰/۳ abc	۰/۲۵ abc	۰/۱۶ b	۰/۱۶ b	۰/۱۵ b
$B_2 \times Zn_1$	۰/۴۱ bc	۰/۳۵ cd	۰/۳ abc	۰/۲۵ abc	۰/۱۶ b	۰/۱۶ b	۰/۱۵ b
$B_3 \times Zn_1$	۰/۳۸ cd	۰/۳ de	۰/۳ abc	۰/۲۵ abc	۰/۱۶ b	۰/۱۶ b	۰/۱۴ c
$B_0 \times Zn_2$	۰/۳۸ cd	۰/۳۵ cd	۰/۲۷ bcd	۰/۲۵ abc	۰/۲۲ ab	۰/۱۴ bcd	۰/۱۴ c
$B_1 \times Zn_2$	۰/۵ a	۰/۳۵ cd	۰/۲۷ bcd	۰/۲۵ abc	۰/۱۹ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_2 \times Zn_2$	۰/۴۴ abc	۰/۳۸ bc	۰/۳ abc	۰/۲۴ abc	۰/۱۹ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_3 \times Zn_2$	۰/۴۱ bc	۰/۳۵ cd	۰/۳۳ ab	۰/۲۷ ab	۰/۱۹ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۵ b
$B_0 \times Zn_3$	۰/۳۸ cd	۰/۳۵ cd	۰/۳۳ ab	۰/۲۷ ab	۰/۲۲ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_1 \times Zn_3$	۰/۴۷ ab	۰/۴۴ ab	۰/۳۳ ab	۰/۲۷ ab	۰/۲۲ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_2 \times Zn_3$	۰/۵ a	۰/۳۸ bc	۰/۳۳ ab	۰/۲۷ ab	۰/۲۵ a	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_3 \times Zn_3$	۰/۴۴ abc	۰/۴۱ abc	۰/۳ abc	۰/۲۷ ab	۰/۲۲ ab	۰/۲۵ a	۰/۱۶ a
$B_0 \times Zn_4$	۰/۴۴ abc	۰/۳۸ bc	۰/۲۷ bcd	۰/۲۷ ab	۰/۱۹ ab	۰/۱۶ b	۰/۱۶ a
$B_1 \times Zn_4$	۰/۴۷ ab	۰/۴۴ ab	۰/۳۵ a	۰/۳ a	۰/۲۵ a	۰/۲۵ a	۰/۱۶ a
$B_2 \times Zn_4$	۰/۴۷ ab	۰/۴۷ a	۰/۳۵ a	۰/۲۷ ab	۰/۲۲ ab	۰/۲۵ a	۰/۱۶ a
$B_3 \times Zn_4$	۰/۴۷ ab	۰/۳۸ bc	۰/۳۳ ab	۰/۳ a	۰/۲۵ a	۰/۲۵ a	۰/۱۶ a
LSD (٪۵)	۰/۰۶۲۲	۰/۰۷۷۲	۰/۰۷۳۴	۰/۰۷۲۸	۰/۰۶۲۲	۰/۰۷۴۲	۰/۰۵۴۸

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

پنج سطح محلول‌پاشی نانواکسیدروی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵و ۱ گرم در لیتر) به ترتیب به‌صورت Zn_0، Zn_1، Zn_2، Zn_3و Zn_4 و چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۹) به ترتیب به‌صورت B_0، B_1، B_2 و B_3 می باشد.

بررسی روند تغییرات فیلوکرون در مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در مراحل نهایی نمونه‌برداری سرعت ظهور برگ‌ها کاهش و فیلوکرون افزایش یافت (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج بررسی‌های Thomison و Jordan (۱۹۹۵) نشان داد که با گذشت زمان فیلوکرون افزایش و سرعت ظهور برگ‌ها کاهش می‌یابد. این پژوهشگران اظهار داشتند که در مراحل اولیه رشد، اغلب برگ‌ها در معرض تابش مستقیم نور هستند؛ در نتیجه سرعت جذب خالص به حداکثر می‌رسد، پس از آن به دلیل افزایش سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر روی هم، به دلیل کاهش میزان فتوسنتز و سرعت جذب خالص موجب می‌شود که در مراحل نهایی دوره رشد رویشی، سرعت ظهور برگ کاهش و فیلوکرون افزایش یابد.

انتقال ماده‌ی خشک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر نانواکسیدروی، 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، وزن صد دانه، عملکرد تک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

بوته، وزن و حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج جدول ۶ نشان داد که با افزایش غلظت روی، انتقال مجدد از کل اندام هوایی و ساقه در عملکرد دانه کاهش یافت. به‌طوری‌که کم‌ترین مقادیر آن‌ها (به ترتیب ۰/۲۰۴و ۰/۱۴۰ گرم در بوته) به محلول‌پاشی یک گرم در لیتر نانواکسیدروی و بیش‌ترین آن‌ها (۰/۴۸۰ و۰/۳۴۲ گرم در بوته) به عدم محلول‌پاشی نانواکسیدروی تعلق داشت، روند مشابهی نیز در تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به حالت عدم تلقیح مشاهده گردید. هم‌چنین کم‌ترین سهم فرایند انتقال مجدد و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (برای کل اندام هوایی و ساقه به ترتیب ۷/۹۵ و ۶/۵۸ درصد) در ترکیب تیماری یک گرم در لیتر نانواکسیدروی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و بیش‌ترین آن (برای کل اندام هوایی و ساقه به ترتیب ۳۹/۸۸ و ۲۸/۱۶ درصد) به ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی × عدم تلقیح با باکتری به‌دست آمد (جدول ۷). بدیهی است که میزان انتقال ماده خشک و سهم این فرایند در عملکرد دانه، بیش‌تر تحت اثر روابط منبع و مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (سیدشریفی و نظرلی، ۱۳۹۲). به نظر می‌رسد در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری به دلیل افزایش سرعت ظهور برگ افزایش می‌یابد (شکل ۲). در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد ولی ممکن است زمانی که دسترسی به منابع غذایی مانند ریزمغذی روی کاهش می‌یابد و یا تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد صورت نگیرد گیاه به نوعی در شرایط تنش قرار گیرد و تعادل منبع و مخزن به هم خورد. در چنین شرایطی قدرت مخزن که از رابطه ۵ به‌دست می‌آید 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 (دانه‌ها) را برآورده نماید (عباس‌پور، ۱۳۹۱).

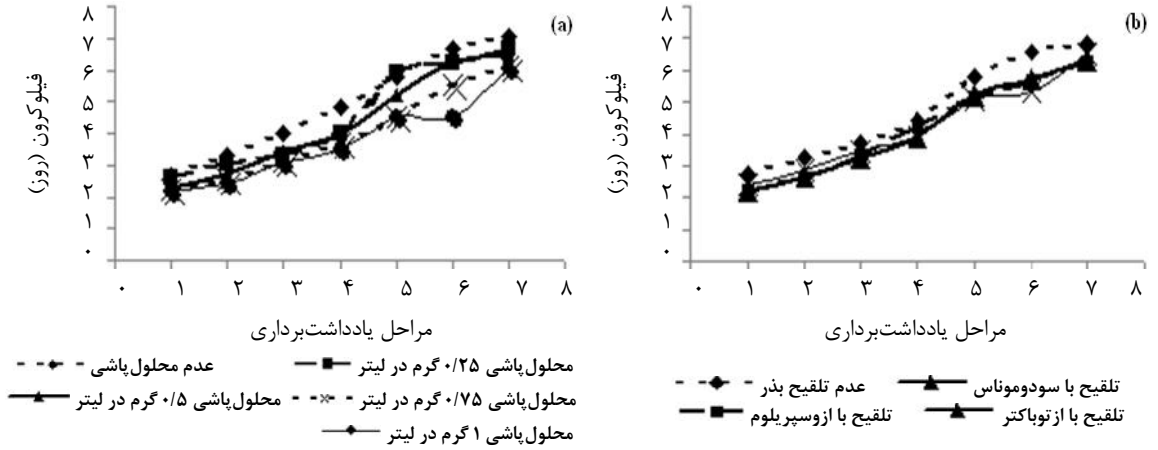
جدول ۵: تجزیه واریانس تأثیر نانواکسیدروی و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه تریتیکاله

		میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	میزان انتقال مجدد از کل اندام هوایی	درصد سهم فرایند 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	وزن صددانه	عملکرد تک بوته	وزن خشک ریشه	حجم ریشه
تکرار	۲	۰/۰۰۳۳ ns	۵۳/۷۲ ns	۰/۰۰۰۹ ns	۱۰/۷۸ ns	۳/۵۲۸ ns	۰/۰۶۶۳ns	۴/۲۷۶ns	۰/۲۲ ns	۰/۰۵۰۵ *	۰/۰۰۰۳۰۶ns	۰/۰۰۰۶ns
باکتری	۳	۰/۰۸۲۳ **	۱۱۱۸ **	۰/۰۴۴۵ **	۵۷۲/۲۱ **	۱۷۱/۶۳**	۱/۶۳۹**	۳۰۹/۲۱**	۰/۴۶۸**	۰/۸۶۵**	۰/۰۱۹۹**	۰/۰۵۵۲**
روی	۴	۰/۱۶۴۸ **	۱۳۲۳/۹۶ **	۰/۰۸۳۶ **	۶۸۰/۳۴ **	۲۹۰/۸۶**	۳/۶۱**	۳۸۶/۰۲**	۰/۶۹۳**	۱/۱۴۶**	۰/۰۴۱۴**	۰/۱۲۷۲**
روی× باکتری	۱۲	۰/۰۰۲۳ ns	۱۱۳/۶۲ **	۰/۰۰۱۷ ns	۷۴/۶۳ **	۲۷/۴۳**	۰/۲۲۶**	۲۲/۳۷۶ **	۰/۰۱۷۱ns	۰/۰۷۷۱**	۰/۰۰۰۳۵۳ns	۰/۰۰۱۱ns
خطا	۳۸	۰/۰۰۶۷	۳۵/۰۳	۰/۰۰۲۸	۸/۶۲	۱/۱۵۴	۰/۰۷۷۹	۲/۷۱۱	۰/۱۲۴	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۰۴۱۹	۰/۰۰۲۷
ضریب تغییرات	-	۲۳/۶۰	۲۸/۸۸	۲۲/۱۹	۲۰/۵۹	۱/۴۷۱	۲/۶۶۸	۳/۷۴۷	۸/۱۳	۵/۷۷۵	۵/۲۸۷	۶/۱۰۱

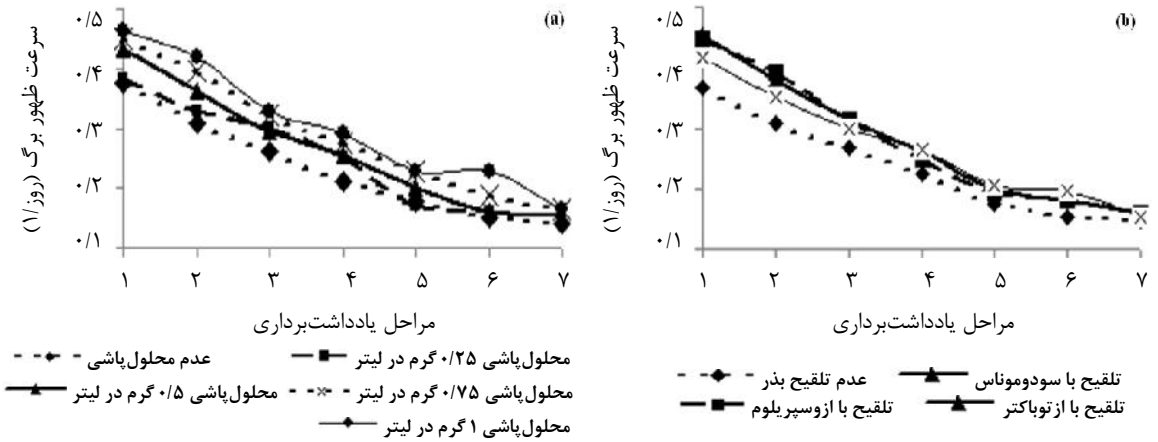
ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]



شکل ۱: روند تغییرات فیلوکرون برگ تریتیکاله در سطوح مختلف محلول‌پاشی با نانواکسیدروی (a) و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی (b)



شکل ۲: روند تغییرات سرعت ظهور برگ تریتیکاله در سطوح مختلف محلول‌پاشی با نانواکسیدروی (a) و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی (b)

از مرحله سه برگی به بعد، هر مرحله نمونه‌برداری فواصل زمانی چهار روز را شامل می شود (به عبارتی عدد ۱ در شکل‌های بالا چهار روز بعد از مرحله سه برگی و عدد ۲ حدود هشت روز بعد از مرحله سه برگی و ... را شامل می شود).

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تأثیر نانواکسیدروی، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۰/۴۰ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانواکسیدروی در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۵۵/۵۲ سانتی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۷). بررسی Brown و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد که مصرف روی در گندم موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و تسریع در رسیدگی می‌گردد. باکتری‌های محرک رشد به روش‌های مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون‌های گیاهی، سنتز آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ کش رشد گیاهان را بهبود بخشیده و موجب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

افزایش ارتفاع بوته می‌گردند (Sharma, 2002). Kapulnik و همکاران (۱۹۸۱) اثر افزایشی آزوسپریلیوم را بر ارتفاع گیاه گزارش کردند.

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر اصلی باکتری‌های محرک رشد و مقادیر روی بر عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک تریتیکاله

تیمارها		میزان انتقال مجدد از کل اندام هوایی (گرم در بوته)	میزان انتقال مجدد از ساقه (گرم در بوته)	وزن صد دانه (گرم)	وزن خشک ریشه تک بوته (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)
تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد	عدم تلقیح	۰/۴۵۴ a	۰/۳۱۹ a	۴/۱۳۵ b	۰/۳۳۵ c	۰/۷۷۲ c
	ازتوباکتر	۰/۲۹۴ b	۰/۲۰۳ b	۴/۵۶۵ a	۰/۴۰۶ ab	۰/۸۷۵ b
	آزوسپریلیوم	۰/۳۰۱ b	۰/۲۰۵ b	۴/۳۰۹ ab	۰/۴۱۶ a	۰/۹۱۵ a
	سودوموناس	۰/۳۴۲ b	۰/۲۳۶ b	۴/۳۵۶ ab	۰/۳۹۱ b	۰/۸۶۶ b
مقادیر نانواکسیدروی (گرم در لیتر)	عدم محلول‌پاشی	۰/۴۸۰ a	۰/۳۴۲ a	۴/۰۱۸ d	۰/۳۱۱ e	۰/۷۳۲ e
	۰/۲۵	۰/۴۳۰ ab	۰/۲۹۵ b	۴/۲۲۹ cd	۰/۳۴۹ d	۰/۷۹۷ d
	۰/۵	۰/۳۷۳ b	۰/۲۵۴ b	۴/۳۱۱ bc	۰/۳۹۰ c	۰/۸۵۳ c
	۰/۷۵	۰/۲۵۱ c	۰/۱۷۴ c	۴/۵۲۳ ab	۰/۴۳۱ b	۰/۸۹۹ b
	۱	۰/۲۰۴ c	۰/۱۴۰ c	۴/۶۲۴ a	۰/۴۵۵ a	۱/۰۰۳ a

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری صفات مورد ارزیابی تحت سطوح مختلف محلول‌پاشی نانواکسیدروی و تلقیح بذر با باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده

ترکیب تیماری	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)	مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد تک بوته (گرم)
$B_0 \times Zn_0$	۳۹/۸۸ a	۲۸/۱۶ a	۵۵/۵۲ k	۹/۱۳ j	۲۶/۸ k	۰/۹۹۵ n
$B_1 \times Zn_0$	۲۲/۳۳ def	۱۵/۲۶ ef	۷۱/۰۳ gh	۹/۹۸ ghi	۴۴/۶ gh	۱/۸۸۷ hij
$B_2 \times Zn_0$	۲۴/۶۸ cde	۱۷/۰۸ de	۷۱/۲۵ fgh	۱۰/۲۴ efgh	۴۲/۳۳ hi	۱/۷۹۱ ijk
$B_3 \times Zn_0$	۲۶/۱۱ bcd	۲۰/۹۷ cd	۶۹/۹۲ h	۹/۷۲ i	۳۶/۹۳ j	۱/۵۱۸ lm
$B_0 \times Zn_1$	۳۳/۶۹ b	۲۴/۰۴ b	۶۴/۶۳ j	۹/۶۶ i	۳۴/۸۶ j	۱/۴۴۶ m
$B_1 \times Zn_1$	۲۱/۱۲ defg	۱۴/۵۴ efg	۷۳/۳۸ e	۹/۸۲ hi	۴۰ i	۱/۹۴۷ ghi
$B_2 \times Zn_1$	۲۰/۶۴ defg	۱۴/۲۵ efg	۶۹/۴۸ h	۱۰/۳۸ efg	۴۲/۱۳ hi	۱/۶۶۵ kl
$B_3 \times Zn_1$	۲۲/۹۵ def	۱۵/۶۷ ef	۷۱/۷۶ efg	۱۰/۲۴ efgh	۴۰/۳۶ i	۱/۷۶۳ jk
$B_0 \times Zn_2$	۲۸/۵۶ bc	۲۲/۶۱ bc	۶۷/۵ i	۱۰/۱۰ fghi	۳۵/۸ j	۱/۴۰۹ m
$B_1 \times Zn_2$	۱۶/۷۸ efghi	۱۱/۴۹ fgh	۷۲/۸۶ ef	۱۰/۵۲ def	۴۵/۶ fg	۱/۹۸۷ gh
$B_2 \times Zn_2$	۱۵/۵۳ efghi	۱۰/۸۶ fgh	۷۲/۸ efg	۱۱ bc	۴۴/۰۶ gh	۲/۰۳۱ efgh
$B_3 \times Zn_2$	۱۷/۱۹ efgh	۱۱/۶۱ fgh	۷۶/۵۲ cd	۱۰/۶۶ cde	۴۸/۴ de	۲/۱۷۴ cdef
$B_0 \times Zn_3$	۱۶/۱۵ efghi	۱۱/۲۶ fgh	۷۵/۹۷ d	۱۰/۴۹ ef	۴۲/۶۶ hi	۱/۹۹۳ fgh
$B_1 \times Zn_3$	۹/۶ hij	۷/۳۲ hij	۷۸/۲۶ bc	۱۱/۲۶ ab	۵۱/۹۳ bc	۲/۳۵۸ b
$B_2 \times Zn_3$	۱۰/۶۵ hij	۷/۲۴ hij	۷۷/۵۴ bcd	۱۰/۵۵ cdef	۴۸/۲۶ def	۲/۱۹۳ bcde
$B_3 \times Zn_3$	۱۱/۹۷ ghij	۸/۳۷ hij	۷۸/۹۲ ab	۱۱/۱۴ ab	۵۰/۱۳ cd	۲/۲۴۷ bcd
$B_0 \times Zn_4$	۱۴/۷۶ fghi	۹/۷۵ ghi	۷۶/۲۸ d	۱۰/۴۸ ef	۴۶/۲۶ efg	۲/۰۸۲ defg
$B_1 \times Zn_4$	۷/۹۵ ij	۶/۵۸ ij	۸۰/۴ a	۱۱/۵۳ a	۵۴/۸ a	۲/۵۷۸ a
$B_2 \times Zn_4$	۹/۴ hij	۶/۹۶ ij	۸۰/۲۷ a	۱۱/۲۸ ab	۵۳/۳۳ ab	۲/۲۸ bc
$B_3 \times Zn_4$	۹/۷۲ hij	۷/۰۹ hij	۷۶/۱۴ d	۱۰/۹۷ bcd	۴۹/۴۶ cd	۲/۱۲۶ cdefg
$LSD_{\%5}$	۹/۷۸۳	۴/۸۵۳	۱/۷۷۵	۰/۴۶۱	۲/۷۲	۰/۱۸۳

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

پنج سطح محلول‌پاشی نانواکسیدروی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵و ۱ گرم در لیتر) به ترتیب به‌صورت **Zn_0**،**Zn_1**،**Zn_2**،**Zn_3** و **Zn_4** و چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۹) به ترتیب به‌صورت **B_0**، **B_1**، **B_2** و **B_3** می باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

طول سنبله و تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف نانواکسیدروی حاکی از آن است که بیش‌ترین طول سنبله (۱۱/۵۳ سانتی‌متر) و تعداد دانه در سنبله (۵۴/۸) در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانواکسیدروی و تلقیح با ازتوباکتر و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب معادل ۹/۱۳ سانتی‌متر و ۲۶/۸ دانه در سنبله) در حالت عدم تلقیح و عدم مصرف نانواکسیدروی به‌دست آمد (جدول ۷). Rengel و Graham (۱۹۹۵) افزایش تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم را به همراه مصرف روی گزارش کردند. Hemantaranjan و Grag (۱۹۸۸) اظهار داشتند که مصرف آهن و روی با افزایش مقدار کل کربوهیدرات و نشاسته موجب افزایش معنی‌داری در طول سنبله و وزن هزاردانه شد. Arzanesh و همکاران (۲۰۱۰) افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و در نهایت افزایش عملکرد گندم در اثر تلقیح بذر با آزوسپریلیوم را گزارش کردند.

وزن صد دانه و عملکرد تک بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، بیش‌ترین وزن صد دانه در محلول‌پاشی یک گرم بر لیتر نانواکسیدروی و تلقیح بذر با ازتوباکتر به‌دست آمد (جدول ۶). 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. مطالعات انجام شده توسط Zahir و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۹/۶ درصدی وزن هزاردانه ذرت را در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس و Carlier و همکاران (۲۰۰۸) افزایش ۶ درصدی وزن هزاردانه گندم را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نشان دادند. بیش‌ترین عملکرد تک بوته (۲/۵۷۸ گرم) در ترکیب تیماری یک گرم بر لیتر نانواکسیدروی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۰/۹۹۵ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول۷). 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). Chacmak و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند مصرف ۲۳ کیلوگرم کود حاوی روی، موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه شد.

وزن و حجم ریشه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، بر اساس نتایج معلوم گردید که وزن و حجم ریشه با افزایش مصرف نانواکسیدروی در تمامی ترکیبات تیماری افزایش یافت. در بین ترکیبات تیماری تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

بالاترین سطح نانواکسیدروی، بیش‌ترین وزن ریشه را به خود اختصاص داد و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی بود (جدول ۶). Pan و همکاران (۱۹۹۹) اثر کاربرد PGPRرا بر شاخص‌های رشد ریشه از جمله افزایش سطح کل ریشه، وزن خشک ریشه، طول ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی، تعداد و تراکم تارهای کشنده مثبت گزارش نمودند. Pacovsky (۱۹۹۰) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت را در تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم گزارش کرد. از عمده‌ترین تغییراتی که در مورفولوژی ریشه گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلیوم مشاهده گردیده است می‌توان به افزایش تقسیم سلولی در ریشه، افزایش تعداد تارهای موئین، افزایش تعداد ریشه‌های جانبی (فرعی)، کاهش فاصله بین نوک ریشه و منطقه تارهای موئین و افزایش تعداد انشعاب تارهای موئین اشاره نمود (Baldani *et al.*, 1983). Kader و همکاران (۲۰۰۲) افزایش وزن و حجم ریشه ذرت را به اثر اکسین تولید شده توسط ازتوباکتر کروکوکوم نسبت دادند. هم‌چنین بیش‌ترین حجم ریشه در ترکیب تیماری یک گرم در لیتر نانواکسیدروی و تلقیح با آزوسپریلیوم و کم‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). Bashan و همکاران (۱۹۸۹) اظهار داشتند که تلقیح غلات با آزوسپریلیوم سبب افزایش حجم و تعداد ریشه می‌شود. آن‌ها توسعه و گسترش حجم ریشه را به افزایش هورمون‌های محرک رشد توسط باکتری‌ها نسبت دادند. آزوسپریلیوم به‌عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید اکسین موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد (Jain and Pativquin, 1984; Tien *et al.*,1977). افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیش‌تر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیش‌تر را در حجم وسیع‌تری از خاک امکان‌پذیر می‌سازد. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که با کاربرد PGPR در این آزمایش و افزایش حجم ریشه، توان و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی تریتیکاله بهتر شده و در نتیجه رشد و عملکرد بهبود یافته است.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد استفاده از کودهای بیولوژیک و ریزمغذی روی عاملی مناسب در بهبود عملکرد تریتیکاله می‌باشد. در این بررسی تلقیح بذر با ازتوباکتر × محلول‌پاشی با نانواکسیدروی ضمن افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه به کاهش فیلوکرون و افزایش سرعت ظهور برگ منجر گردید. از این رو چنان که هدف افزایش عملکرد دانه و سرعت ظهور برگ باشد تلقیح بذر تریتیکاله با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در محلول‌پاشی یک گرم در لیتر نانواکسیدروی قابل توصیه است ولی چنان‌که هدف افزایش عملکرد دانه از طریق انتقال ماده خشک و مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه باشد عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها × عدم محلول‌پاشی با نانواکسیدروی توصیه می‌گردد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

منابع

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۲ ص.

رفیعی، م. و کریمی، م. ۱۳۷۷. اثر شوری بر فیلوکرون و شدت ظهور برگ چغندرقند. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹- ۱۳ شهریور ۱۳۷۷، اصفهان، ایران. ص: ۷۵-۷۳.

سیدشریفی، ر. و نظرلی، ح. ۱۳۹۲. تأثیر 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. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳ (۳): ۴۵-۲۷.

عباس‌پور، س. ۱۳۹۱. تأثیر مقدار نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی. ۱۲۶ ص.

قوشچی، ف. ۱۳۷۹. تریتیکاله. انتشارات کارنو. ۷۶ ص.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

ملکوتی، م.ج. و تهرانی، م.م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۲۰۰ ص.

Aruna Geetha, S. and Thiyarajan, T.M. 2003. Remobilization of nitrogen in rice genotypes. Crop Research 25 (3): 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 Journal of Biology 26: 101-109.

Baldani, V.L.D., Baldani, J.I. and Dobereiner, J. 1983. Effect of Azosspirillum inoculation on root infection and nitrogen incorporation on wheat. Plant and soil 29: 924-929.

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., Levanony, H. and Mitiju, G. 1989. Changes in proton efflux of intact wheat root induced by A. brasilense Cd. Plant and Soil 35: 691-67.

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. Pakistan Journal of Biology Science 6 (7): 688-692.

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

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. 2007b. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal Plant of Nutrition and Soil Science 170: 288-295.

Cakmakci, R.I., Donmez, M.F. and Erdogan, U. 2007a. The effect of plant Growth Promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture 31: 189-199.

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 Biotech 24 (11): 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.

Cutforth, H.W., Jame, Y.W. and Jefferson, P.G. 1992. Effect of temperature, vernalization and water stress on phyllochron and final leaf number of HY320 and Neepawa spring wheat. Canadian Journal of Plant Science 72: 1141-1151.

De Freitas, J.R. and Germida, J.J. 1990. Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Canadian Journal of Microbiology 36: 265-272.

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

Fallik, E. and Okon, Y. 1996. The response of maize (*Zea mays* L) to *Azospirillum* inoculation in various types of soils in the field. World Journal of Microbiology and Biotechnology 12: 511-515.

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 (6-11): 1439-1450.

Jain, D.K. and Pativquin, D.G. 1984. Characterization of a substance produced by *Azospirillum* which causes branching of wheat root hairs. Canadian Journal of Microbiology 32: 206-210.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

Kader, M.K., Mmian, H. and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Aztobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science. 2 (4): 250 –261.

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.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, Boston, USA. 889 pp.

McMaster, G.S. 1997. Phenology, development and growth of the wheat shoot apex, a review. Advance Agronomy 59: 63-118.

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.

Okon, Y., Heytler, P.G. and Hardy, R.W.F. 1985. N2 fixation by *Azospirillum brasilense* and its incorporation into host *Setaria italica*. Applied and Environmental Microbiology 46: 694-697.

Pacovsky, R.S. 1990. Development and growth effects in sorghum-*Azospirillum* association. Journal of Applied and Bacteriology 68: 555-563.

Pan, B., Bai, Y.M., Leibovitch, S. and Smith, D.L. 1999. Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promot corn growth and yield in a short growing season area. European Journal of Agronomy 11: 179-186.

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

Ribaudo, C.M., Rondanini, D.P., Cura, J.A. and Fraschina, A.A. 2001. Response of Zea maize to the inoculation with *Azospirillum* on nitrogen metabolism under greenhouse conditions. Biologia Plantarum 44: 631-634.

Ritchie, J.T. and NeSmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. In Modeling Plant and Soil Systems (*Eds. J. Hanks and J.T. Ritchie*). American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp. 5-29.

Sarig, S., Okon, Y. and Blum, A. 1990. Promotion of leaf area development and yield in Sorghum bicolor inoculated with *Azospirillum* brasilense. Symbiosis 9: 235-245.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers: For Sustainable Agriculture, Jodhpur, Agrobios, 407 p.

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

Thomison, P.R. and Jordan, D.M. 1995. Plant population effects in corn hybrids differing in ear growth habitat and prolificacy. Journal of Production Agriculture 8: 394-400.

Tien, T.M., Gaskins, M.H. and Hubel, D.H. 1977. Plant growth substances produced by Azospirillum Brasilense and their effect on the growth of pearl millet. Applied Environmental and Microbiology 37: 1016-1024.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]

Tollenaar, M., Daynard, T.B. and Hunter, R.B. 1979. The effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science 19: 363-366.

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

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 (*Triticum aestivum*) under field conditions. Environment-and-Ecology 18 (1): 109-113.

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 wheat 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. Pakistan Journal of Soil Science 15: 7-11.

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 and Biochemistry 38: 1712–1726.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-28]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.22.3.5]