

تأثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR بر عملکرد کمی و کیفی، خصوصیات ریشه، سرعت ظهور برگ و طول دوره پر شدن دانه تریتیکاله

سپیده عباس پور^۱ و رئوف سید شریفی^{۲*}

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰)

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد کمی و کیفی، خصوصیات ریشه، سرعت ظهور برگ و طول دوره پر شدن دانه تریتیکاله، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۰ انجام گردید. تیمارها شامل مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF، باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۹ و عدم تلقیح بذر با این باکتری‌ها به عنوان شاهد) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۱/۳۶ گرم در بوته) در ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم در مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. کاربرد باکتری‌های محرک رشد و افزایش مقادیر نیتروژن سرعت ظهور برگ را افزایش داد. بالاترین فیلوکرون (۵/۲۳ روز) و کمترین سرعت ظهور برگ (۰/۱۹۱ در روز) به ترکیب تیماری عدم مصرف و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت. آن در ترکیب تیماری تلقیح بذر با آزوسپریلیوم در مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برعکس بود. سرعت و طول دوره موثر پر شدن دانه تحت تأثیر مقادیر کود نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد قرار گرفتند. حداکثر وزن دانه (۰/۵۱۶ گرم) و طول دوره موثر پر شدن دانه (۲۹/۶ روز) در سطوح کودی ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد برآورد گردید. به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد دانه، سرعت ظهور برگ و طول دوره پر شدن دانه ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، تریتیکاله، فیلوکرون، کود نیتروژن، سرعت پر شدن دانه.

مقدمه:

وسیع‌تری از شرایط اقلیمی موجب گسترش سطح زیر کشت آن در طی سه دهه اخیر شده است (قوشچی، ۱۳۷۹). نیتروژن به دلیل وظایف متعدد و با اهمیتی که در فرآیندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد، عنصری است که کمبود آن به خصوص در خاک‌های دارای میزان کم ماده

تریتیکاله اولین غله ساخته دست بشر واجد خصوصیات مطلوب چاودار از جمله رشد سریع و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم‌بازده و از طرف دیگر دارای خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم می‌باشد. سازگاری آن به محدوده

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

سرعت ظهور برگ و افزایش طول دوره رشد رویشی منجر می‌شوند (حکم علی پور و همکاران، ۱۳۸۶؛ Longnecker and Robson, 1994). Tollenaar و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که تعداد برگ ظاهر شده ذرت با کاهش نیتروژن در دسترس کاهش می‌یابد. De Freitas and Germida (۱۹۹۰) افزایش سرعت ظهور برگ گندم را به واسطه استفاده از باکتری‌های محرک رشد آزوسپریلیوم و سودوموناس گزارش نمودند. مطالعات انجام شده روی گیاه جو توسط Cakmakci و همکاران (۲۰۰۷a) نشان داد که وزن، تعداد و سطح برگ در اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری افزایش می‌یابد. Gholami و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با آزتوباکتر براسیلنزدی-اس-ام، ۱۶۹۰ (Azotobacter brasilense DSM 1690) را حدود ۶۵ درصد گزارش نمودند.

عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تحت تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد قرار می‌گیرد. El-Sharan و Samie (۱۹۹۹) گزارش کردند که کاربرد توام ازتوباکتر و آزوسپریلیوم همراه با کود نیتروژن، موجب افزایش تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد و وزن دانه در هر سنبله و عملکرد دانه بوته‌های گندم شد. در یک بررسی در شرایط گلخانه‌ای، تلقیح بذرهای گندم با ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۹/۱ درصد گردید (Rai and Gaur, 1988). افزایش میزان تولید در گیاهان در اثر تلقیح بذر با باکتری‌ها به عوامل متعددی نظیر تولید ACC-دآمیناز (Jagnow, 1987)، تثبیت نیتروژن و رها سازی آن در مراحل حساس نیاز کودی (Kaya et al, 2000)، توانایی باکتری‌ها در حذف عوامل بیماری‌زای خاکریزی، تولید مواد محرک رشد و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و اکسین، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای به منظور دستیابی بیش تر به آب و مواد غذایی (Rudresha et al, 2005) نسبت داده شده است. Kader و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف

آلی، بیش از سایر عناصر تولید را محدود می‌کند (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳). از آنجا که تریبتیکاله گیاهی کود پذیر است در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن از خاک برداشت می‌کند. از طرفی بخش عمده ای از مناطق تحت کشت این گیاه در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و به دلیل کمی مقدار مواد آلی، خاک‌های این مناطق دچار کمبود نیتروژن هستند (نقل از لطف اله و همکاران، ۱۳۹۱). گرچه یکی از راهکارهای مناسب برای حل این مشکل، استفاده از کودهای نیتروژنی می‌باشد. ولی مصرف بی‌رویه و نامناسب این نوع کودها با تشدید سرعت فساد مواد آلی، موجب تخریب ساختمان، کاهش حاصل خیزی خاک‌ها و آسیب‌های زیست محیطی می‌شود (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳). بنابراین کشاورزی مدرن ناگزیر به جایگزین کردن بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی است. به عبارتی استفاده از کودهای زیستی می‌تواند مانع از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی شود (Cakmakci et al., 2007b). در این راستا کاربرد کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاهی (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) به صورت تلقیح با کودهای شیمیایی، مهمترین راهبرد برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌باشد (Cakmakci et al., 2007a). این باکتری‌ها به طور 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 در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردد (Cakmakci et al., 2007b). برگ به خاطر داشتن ساختمان خاص، نقش بسیار مهمی در فتوسنتز گیاه بر عهده دارد و سرعت ظهور برگ توسط فیلولوکرون برآورد می‌شود و مطالعه آن روش مناسبی برای بررسی بهتر دوره رشد رویشی و پیش بینی تعداد کل برگ‌های گیاه بوده و به شبیه سازی رشد گیاه کمک می‌کند (رفیعی و کریمی، ۱۳۷۳). بررسی‌ها نشان داده اند که کمبود عناصری مانند نیتروژن، به کاهش

برگ و طول دوره پر شدن دانه در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین Of، باکتری سودوموناس پوتیدا سویه های ۴۱ و ۹ و عدم تلقیح بذر با این باکتری‌ها به‌عنوان شاهد) بودند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور و بذر تریتیکاله رقم جوآنیلو از موسسه تحقیقات دیم مراغه تهیه شد. پس از تهیه خاک یکدست، 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. برای تلقیح بذرهای میزان هفت گرم مایه تلقیح که هرگرم 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 ۲ ساعت در مایه تلقیح باکتری‌های مورد نظر در شرایط تاریکی قرار گرفتند. سپس ۴۰ عدد بذر در هرگلدان برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم جوآنیلو است، به صورت ردیفی کشت شد. کود نیتروژنه در دو مرحله یک دوم در مرحله سبز شدن، یک دوم در مرحله ساقه‌روی در تمامی واحدهای آزمایشی اعمال شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد نگهداری شدند. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

ازتوباکتر علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف نیتروژن گردید و سویه‌های دارای توان تولید ACC-دامیناز، از بیشترین افزایش در عملکرد برخوردار بودند.

دوره مؤثر پر شدن دانه که از تقسیم وزن بذر رسیده بر سرعت پر شدن دانه برآورد می‌گردد به شدت تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش نیتروژن، وزن تک بذر، دوره مؤثر و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و با کاهش آن تمامی پارامترهای پر شدن دانه نیز کاهش می‌یابد (Murchie et al., 2002). به نظر می‌رسد کاربرد نیتروژن با افزایش میزان اسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه را افزایش دهد. برخی علت بیشتر شدن سرعت پر شدن دانه در بوته‌هایی که کود نیتروژن را به صورت سرک دریافت کرده بودند، به غلظت بالای نیتروژن برگ در طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند (Cho et al., 1987). آنان اظهار داشتند که مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره پر شدن دانه، موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌گردد، که این موضوع موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه گردد (Yamaguchi et al., 1995). 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 از اهمیت بیشتری در این گیاه برخوردار باشد، از طرفی به دلیل نقش کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد در عملکرد کمی و کیفی، کمی بررسی‌هایی انجام شده در خصوص بر هم کنش توام باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژن موجب شد تا کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد در مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، سرعت ظهور

جدول ۱- مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	بافت	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
میزان	۷/۸	۴۷	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	سیلتی لومی	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹۰/۸۲	۲۱۲

که در آن GW وزن دانه، t زمان، b سرعت پر شدن دانه، t₀ پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t₀ که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله (t < t₀) سرعت پر شدن دانه را نشان می دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t₀) بدست آمده و سپس مقدار عددی t₀ در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است برآورد شد. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه پیشنهادی Ellis و Pieta-Filho (۱۹۹۲) به شرح زیر استفاده گردید.

$$EFP = \frac{MGW}{GFR}$$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. در زمان رسیدگی تعداد ۸ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه برداشت گردید سپس صفات مختلف مانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد تک بوته در ۸ بوته که به طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

برای اندازه‌گیری فیلوکرون، از مرحله چهار برگی به بعد (زیرا تا مرحله چهار برگی ظهور برگ‌ها بیش‌تر تابع دمای خاک است)، هر ۴ روز یک‌بار تعداد برگ‌های موجود در ۳ بوته شمارش شد البته هر برگ زمانی در شمارش منظور می‌گردد که حداقل یک سانتی‌متر طول داشت. لازم به ذکر است که سه بوته انتخابی با نخ رنگی علامت‌گذاری شده بود و برگ‌های هر بوته بعد از شمارش با ماژیک رنگی علامت‌گذاری می‌شد تا مجدداً مورد شمارش واقع نگردد. زمانی که طول آغاز برگ به ۱۰ میلی‌متر (یک سانتی‌متر) می‌رسید به‌عنوان ظهور برگ جدید در نظر گرفته شد (رفیعی و کریمی ۱۳۷۳). Tollenaar و همکاران (۱۹۹۴) سرعت ظهور برگ را عکس فیلوکرون یا مدت زمان لازم بین ظهور نوک برگ‌های متوالی و یا زبانک‌های آن‌ها گزارش کردند.

به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۱۰ روز بعد از گلدهی در فواصل زمانی هر ۴ روز یک‌بار انجام شد. در این مرحله تعدادی بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه انتخاب گردید. هر بار دو خوشه از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت ۲ ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini et al., 2004). به منظور تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS به صورت زیر استفاده گردید.

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

نتایج و بحث:

فیلوکرون و سرعت ظهور برگ: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن، فیلوکرون کاهش یافت. به طوری که حداکثر میزان آن (۳/۴۹ روز) در حالت عدم مصرف کود نیتروژن و حداقل آن (۲/۷۵ روز) در بالاترین سطح از مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول ۲).

بیشترین و کمترین سرعت ظهور برگ به ترتیب (۰/۳۷، ۰/۲۷ برگ در روز) به مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سطح شاهد (عدم مصرف کود) مربوط می‌شد (جدول ۲). حکم علی پور و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی روی ذرت نشان دادند که با افزایش مقدار نیتروژن، سرعت ظهور برگ‌ها افزایش و فیلوکرون کاهش یافت. Robson و Longnecker (۱۹۹۴) نیز گزارش نمودند که کمبود نیتروژن سرعت ظهور برگ را کاهش می‌دهد.

روند تغییرات فیلوکرون در طول مراحل مختلف یادداشت برداری نشان داد که با گذشت زمان فیلوکرون افزایش و سرعت ظهور برگ روند کاهشی داشته است (شکل ۱).

نتایج بررسی‌های Jordan و Thomison (1995) 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 حد ماکزیمم می‌رسد، پس از آن به دلیل افزایش سطح برگ و سایه اندازی برگ‌های بالایی بر روی هم، میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و کاهش سرعت جذب خالص موجب می‌شود که در مراحل نهایی دوره رشد رویشی به دلیل کاهش شدید سرعت ظهور برگ، فیلوکرون افزایش یابد. مصرف نیتروژن به دلیل کاهش فیلوکرون منجر به افزایش سرعت ظهور برگ در مراحل مختلف یادداشت برداری گردید. طوری که بررسی روند تغییرات فیلوکرون و سرعت ظهور برگ متأثر از ترکیب تیماری کود نیتروژن در مراحل مختلف یادداشت برداری (شکل ۲) نشان داد که گرچه با گذشت زمان فیلوکرون افزایش و سرعت ظهور برگ

کاهش یافت ولی افزایش در مقادیر نیتروژن موجب شد سرعت ظهور برگ‌ها تشدید شده و فیلوکرون کاهش یابد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد منجر به کاهش فیلوکرون و افزایش سرعت ظهور برگ‌ها شد، که در بین آنها باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم بیشترین سرعت ظهور برگ و کمترین میزان فیلوکرون را به خود اختصاص داد (جدول ۲). نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش سرعت ظهور برگ در ذرت به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشدی توسط Ribaud و همکاران (۲۰۰۱) گزارش شده است. Sarig و همکاران (۱۹۹۰) افزایش سرعت ظهور برگ را با استفاده از باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری $\times N$ عدم تلقیح بذر با باکتری دارای حداکثر فیلوکرون و حداقل سرعت ظهور برگ بود. در حالی که کمترین میزان فیلوکرون و بالاترین سرعت ظهور برگ به ترکیب تیماری $N_{240} \times$ آزوسپریلیوم تعلق داشت (شکل ۳). بررسی‌های Sarig و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد با کاهش فیلوکرون منجر به افزایش سرعت ظهور برگ گردید.

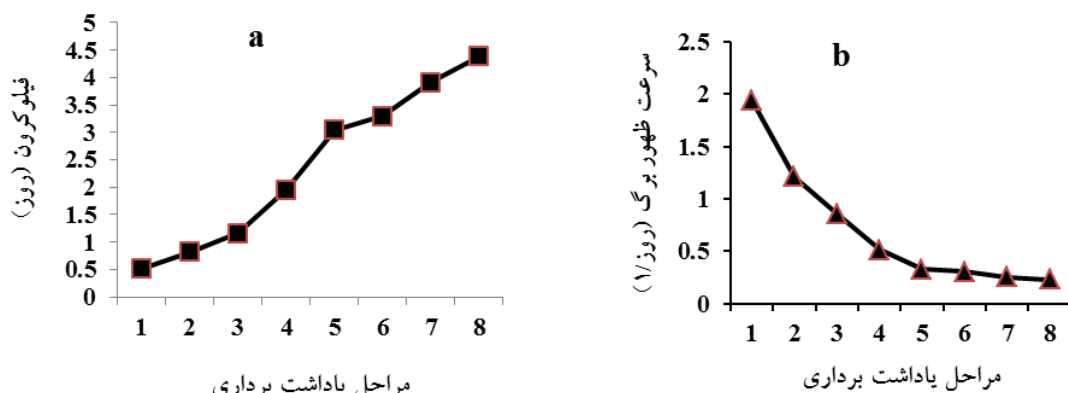
نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات ریشه، سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات در جدول ۳ و ۴ آورده شده است.

وزن و حجم ریشه: بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) تأثیر باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد و اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح کود نیتروژنه در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. اثر فاکتورهای مورد بررسی بر نسبت وزن خشک ریشه به کل اندام هوایی نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. حجم ریشه نیز تحت تأثیر کود نیتروژنه، باکتری‌های محرک رشد و ترکیب تیماری این دو عامل قرار

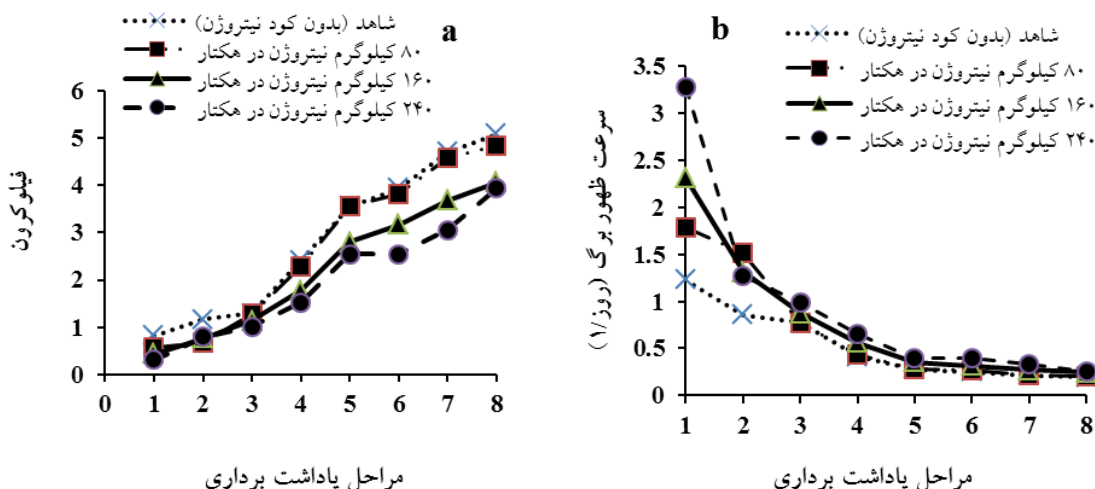
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ

تیمارها	فیلوکرون (روز)	سرعت ظهور برگ (روز/۱)
صفر	۳/۴۹ ^a	۰/۲۷ ^b
سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		
۸۰	۳/۴ ^b	۰/۲۹ ^a
۱۶۰	۲/۸۷ ^c	۰/۳۵ ^a
۲۴۰	۲/۷۵ ^c	۰/۳۷ ^a
عدم تلقیح	۳/۸۷ ^a	۰/۲۶ ^c
باکتری‌های محرک رشد		
سودوموناس سویه ۹	۳/۴ ^b	۰/۳۱ ^b
آزوسپریلیوم	۲/۵۹ ^d	۰/۳۸ ^a
سودوموناس سویه ۴۱	۳ ^c	۰/۳۴ ^a

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



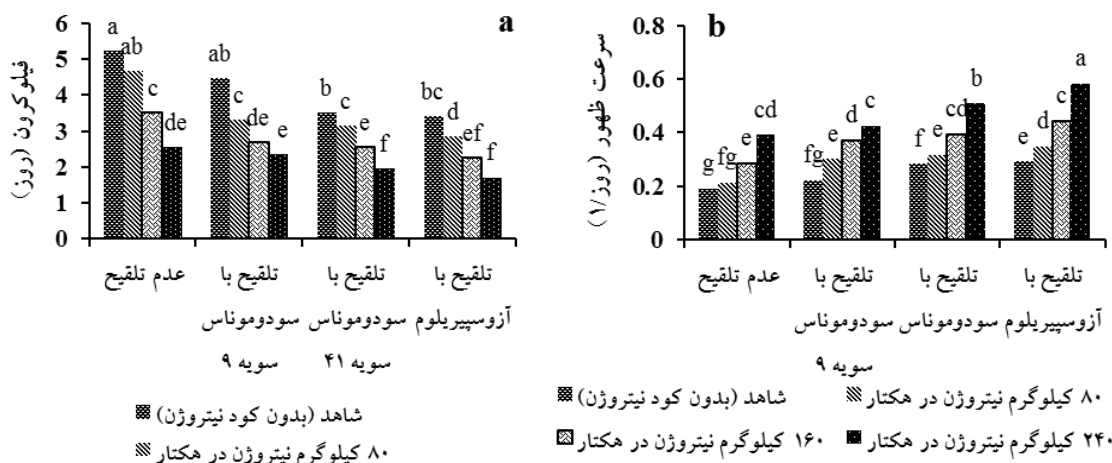
شکل ۱- روند تغییرات فیلوکرون (a) و سرعت ظهور برگ (b) در طول مراحل مختلف یادداشت برداری



شکل ۲- روند تغییرات فیلوکرون (a) و سرعت ظهور برگ (b) متأثر از ترکیب تیماری کود نیتروژن در مراحل مختلف یادداشت برداری.

آن (۰/۶۱۱ سانتی متر مکعب) به عدم تلقیح و عدم مصرف کود نیتروژنه تعلق داشت.

گرفت. بیش‌ترین حجم ریشه (۰/۹۳۵ سانتی متر مکعب) به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و کم‌ترین



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف کود نیتروژن بر فیلوکرون (a) و سرعت ظهور برگ (b) تریتی‌کاله.

خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد (Jain and Pativquin, 1984). تأثیر مواد تنظیم کننده رشد تولیدی به وسیله PGPR بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی بروز می‌کند که مهم‌ترین آنها افزایش وزن و انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای موئین سطح ریشه می‌باشند که از میان آنها افزایش وزن ریشه در اثر کاربرد PGPR عمومی تر می‌باشد. Banerjee و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش سطح ریشه گیاه می‌شوند و Sarig و همکاران (۱۹۹۲) افزایش سطح ریشه را عامل اصلی افزایش دسترسی به آب و عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه گزارش کردند. Freitas و Stamford (2002) در یک بررسی گلدانی در تلقیح بذر با *Azospirillum brasilense* افزایش رشد ریشه ذرت و فعالیت آنزیم نیتروژناز را گزارش کردند. Kader و همکاران (۲۰۰۲) افزایش وزن و حجم ریشه ذرت را به اثر اکسین تولید شده توسط *Azospirillum brasilense* نسبت دادند. Fulchieri و Frioni (۱۹۹۴) نیز بذرهای ذرت را با مایه تلقیحی حاوی مخلوطی از دو سویه باکتری *Azospirillum brasilense* و *Azospirillum lipoferum* با کشت آنها در مزرعه افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته و ریشه را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) گزارش کردند. افزایش

در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که تلقیح غلات با *Azospirillum brasilense* موجب افزایش حجم و تعداد ریشه شده است (Bashan et al., 1989). Bashan and Dubrovsky (۱۹۹۶) در بررسی تأثیر انواع PGPR به‌ویژه باکتری‌های جنس *Azospirillum* مشاهده کردند که نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به ریشه تحت تأثیر تلقیح با این باکتری‌ها قرار گرفت و اظهار داشتند که تسهیم وزن خشک در سطح کل بوته از طریق تحت تأثیر قرار دادن فعالیت‌های ریشه با سازوکارهای تنظیم کننده پیچیده در خلال رشد و نمو گیاه تأثیر گذار هستند. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این دو عامل نشان داد که بیش‌ترین وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۳۴۷/۲ میلی‌گرم و ۰/۹۳۵ سانتی متر مکعب) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با *Azospirillum lipoferum* کم‌ترین آنها (۳۳۲ میلی‌گرم و ۰/۶۱۱ سانتی متر مکعب) به $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت. Pacovsky (۱۹۹۰) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت را در تلقیح بذر با باکتری *Azospirillum brasilense* گزارش کردند. *Azospirillum brasilense* به‌عنوان یک محرک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید اکسین موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری‌های محرک رشد و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد صفات تریتیکاله

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	طول سنبله دانه در سنبله
تکرار	۲	۲۶/۸۵*	۰/۰۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۸ ^{ns}	۲/۶۲ ^{ns}	۷/۴۵*	۰/۰۲۵ ^{ns}
باکتری	۳	۱۰۶/۵۸**	۰/۰۲۶**	۰/۰۰۱۳**	۰/۴۷۵ ^{ns}	۲/۶۵ ^{ns}	۳۸/۵۳**
نیتروژن	۳	۲۱/۶۸ ^{ns}	۰/۰۷۹**	۰/۰۰۵۷**	۰/۳۲۲ ^{ns}	۶۶/۲۹**	۹۴/۴۲**
باکتری×نیتروژن	۹	۱۹/۰۷*	۰/۰۰۳۷**	۰/۰۰۰۱۷**	۰/۷۲ ^{ns}	۲/۱۴*	۵/۰۷**
خطای آزمایش	۳۰	۷/۶۸	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۰۰۹۴	۱/۲۲	۰/۹۴	۰/۰۲۳
ضرب تغییرات (درصد)		۰/۸۱	۲/۹۹	۲/۰۹	۴/۸	۱/۴۴	۱/۹۳
							۲/۴۱

*، ** و *** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

مصرف برسد درخود ذخیره می‌کند و نیز به عنوان منبعی از کربوهیدرات‌ها و مواد نیتروژنه عمل می‌نماید که در طی مرحله پرشدن دانه، متحرک شده و به دانه منتقل می‌شود. حسن آبادی و همکاران (۱۳۸۹) اثر کاربرد توام کود نیتروژنه و باکتری محرک رشد سودوموناس را بر ارتفاع بوته مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. Cakmakci و همکاران (۲۰۰۷b) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القا مقاومت سیستماتیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند.

طول سنبله: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول سنبله (۸/۶۵، ۸/۶ سانتی‌متر) به ترتیب به ترکیب‌های تیماری N_{۱۶۰} × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم لیپوفروم و N_{۱۶۰} × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱ و کم‌ترین آن (۶/۵۵) سانتی‌متر) به ترکیب تیماری N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت. به عبارتی واکنش طول سنبله به هر دو باکتری آزوسپریلیوم و سودوموناس سویه ۴۱ در سطح ثابتی از مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار یکسان بود (جدول ۴). افزایش طول سنبله در اثر

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 نظرمی‌رسد 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 نمو بهبود یافته است.

ارتفاع بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن و اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف کود نیتروژنه به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۷۱/۱ سانتی‌متر) از ترکیب تیماری N_{۱۶۰} × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱ و کم‌ترین آن (۶۳/۹ سانتی‌متر) از N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد (جدول ۴). لطف اله و همکاران (۱۳۹۲) افزایش ارتفاع بوته در غلات با افزایش سطوح نیتروژن را به افزایش طول میان‌گره‌ها نسبت دادند. ارتفاع بوته از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دانه است زیرا ساقه در طی رشد و بلافاصله بعد از طویل شدن، قسمت زیادی از مواد فتوسنتزی برگ‌ها را که ممکن است از راه‌های مختلف برای رشد پنجه‌ها یا سنبله به

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری های محرزک رشد و مقادیر نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکردی و برخی صفات دیگر تربیتکاله

وزن صند دانه عملکرد تک بوته (gr)	دانه در سنبله	طول سنبله (cm)	ارتفاع بوته (cm)	نسبت وزن خشک ریشه (cm ³)	حجم ریشه (cm ³)	وزن خشک (mg)	ترکیب تیماری
۰/۵۵ ^m	۱۵/۲۶ ⁱ	۶/۵۵ ^g	۶۳/۹/۱	۰/۲۰۰ ^a	۰/۶۱۱ ^a	۳۳۲ ^e	عدم تلفیح بذر با باکتری
۰/۶۸ ⁱ	۱۷/۵۱ ⁱ	۷/۳۷ ^{ij}	۶۶/۲۸ ^{ai}	۰/۱۷۳ ^b	۰/۷۲۵ ^{fg}	۳۳۵/۳۴ ^{fg}	عدم تلفیح بذر با باکتری
۰/۹۹ ^{gh}	۲۳/۲۰ ^{cd}	۸/۵ ^f	۶۸/۱۹ ^{efgh}	۰/۱۳۷ ^{gh}	۰/۸۳۴ ^{fg}	۳۳۶/۶۰ ^{defg}	عدم تلفیح بذر با باکتری
۱/۰۶ ^{ef}	۲۳/۹/۱ ^{bcd}	۸/۱۶ ^{bcdef}	۶۸/۴۱ ^{defg}	۰/۱۳۲ ^{ij}	۰/۸۹۵ ^e	۳۳۵/۵۶ ^{fg}	عدم تلفیح بذر با باکتری
۰/۸۸ ^{gh}	۲۱/۳۶ ^{gh}	۷/۵۹ ^{gh}	۶۵/۲۶ ^{ij}	۰/۱۵۸ ^d	۰/۷۲۵ ^{fg}	۳۳۹/۱۶ ^{bcdef}	تلفیح بذر با آزوسیرلیوم
۱/۰۴ ^{fg}	۲۳/۵۸ ^{cde}	۸/۰۳ ^{cdef}	۶۷/۲۰ ^{efgh}	۰/۱۳۹ ^{gh}	۰/۸۵۲ ^f	۳۳۹/۸ ^{bcde}	تلفیح بذر با آزوسیرلیوم
۱/۳۶ ^a	۲۶/۷۰ ^a	۸/۶۵ ^a	۷۰/۶ ^{mab}	۰/۱۱۱ ^{kl}	۰/۹۳۵ ^a	۳۴۷/۲ ^a	تلفیح بذر با آزوسیرلیوم
۱/۱۲ ^{cd}	۲۶/۶ ^{abc}	۸/۳ ^{abcd}	۶۹/۲۱ ^{bcde}	۰/۱۳۰ ^{ij}	۰/۸۶۳ ^{cd}	۳۴۰/۱ ^{abcd}	تلفیح بذر با آزوسیرلیوم
۰/۸۲ ^e	۲۰/۸۵ ^b	۷/۵ ^{gh}	۶۶/۶ ^{ij}	۰/۱۶۳ ^c	۰/۷۲۵ ^{fg}	۳۳۹/۱ ^{bcdef}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱
۰/۹ ^{gh}	۲۲/۹۱ ^{ef}	۷/۹۵ ^{ef}	۶۶/۷ ^{gh}	۰/۱۶۲ ^c	۰/۷۴۹ ^f	۳۳۹/۵ ^{bcde}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱
۱/۲۱ ^b	۲۵/۹۱ ^b	۸/۶۰ ^a	۷۱/۱۰ ^a	۰/۱۲۶ ^h	۰/۹۱۹ ^{ab}	۳۴۶ ^{ab}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱
۱/۱۱ ^{cde}	۲۶/۳۳ ^{bc}	۸/۲ ^{abc}	۶۹/۳۳ ^{bcde}	۰/۱۳۱ ^{ij}	۰/۸۴۶ ^d	۳۴۰ ^{bcd}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱
۰/۷۱ ⁱ	۲۱/۹۷ ^b	۷/۳۷ ^{ij}	۶۶/۴ ^{ij}	۰/۱۷۶ ^b	۰/۷۰۵ ^h	۳۳۴/۸ ^{fg}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۹
۰/۹۱ ^{ij}	۲۲/۲۰ ^{fg}	۷/۸۹ ^{fg}	۶۶/۶ ^{gh}	۰/۱۵۳ ^d	۰/۷۴۶ ^{fg}	۳۳۷/۴ ^{bcdef}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۹
۱/۱۵ ^c	۲۶/۵ ^{gh}	۸/۳۰ ^b	۶۹/۹ ^{abc}	۰/۱۲۸ ^{kl}	۰/۸۸۸ ^{bc}	۳۴۰/۱ ^{bc}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۹
۱/۰۷ ^{ef}	۲۶/۱ ^{ghc}	۸/۱ ^{abcde}	۶۹/۵۰ ^{abcd}	۰/۱۳۶ ^{kl}	۰/۸۲۹ ^{de}	۳۳۹/۶ ^{bcdef}	تلفیح بذر با سودوموناس سویه ۹

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند.

عملکرد تک بوته: نتایج نشان داد که اثر نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر عملکرد تک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد تک بوته (۱/۳۶ گرم) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلیوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۰/۵۵ گرم) به عدم تلقیح و عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت (جدول ۴). Öztürk و همکاران (۲۰۰۳) افزایش عملکرد دانه جو در اثر تلقیح با آزوسپریلیوم را به همراه مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. هر چه میزان کود شیمیایی کم‌تر باشد نقش آزوسپریلیوم در تغذیه گیاه بیش‌تر می‌شود و نیاز به کود شیمیایی را کاهش می‌دهد و آزوسپریلیوم می‌تواند مکمل کود نیتروژن باشد و از این طریق در مصرف کود شیمیایی صرفه جویی می‌شود (Bashan and Dubrovsky, 1996). حسن آبادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کاربرد آزوسپریلیوم به همراه کود نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه و صرفه‌جویی ۵۰ درصدی (معادل ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار) کودهای نیتروژنی می‌شود. این افزایش احتمالاً ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد است که به‌وسیله 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 باعث رشد گیاه شوند (Roesty et al., 2006). نظارت و غلامی (۱۳۹۰) گزارش کردند که با افزایش میزان نیتروژن خاک تأثیر باکتری بر عملکرد گیاه به‌تدریج کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که با استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، عملکرد در کرت‌های تلقیح شده ۱۲ درصد بالاتر بود، در حالی‌که با مصرف کود نیتروژن به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد تنها ۵ درصد افزایش پیدا کرد. این مسئله نشان می‌دهد که *A. brasilense* می‌تواند عملکرد گیاه را به‌خصوص در شرایط سخت رویشی که گیاه با کمبود نیتروژن قابل دسترس مواجه است افزایش دهد.

کاربرد باکتری‌های محرک رشد همراه با کود نیتروژنه توسط El-Samie و Sharaan (1999) نیز گزارش شده است. این پژوهشگران افزایش طول سنبله را به نقش مثبت آزوسپریلیوم در افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیش‌تر ریشه‌ها و همچنین انجام فرایند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

تعداد دانه در سنبله: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۲۶/۷۰) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلیوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۱۵/۲۴) به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت، همچنین بین دو باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم و سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱ در ترکیب با ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). Frioni و Fulchieri (۱۹۹۴) افزایش تعداد دانه در سنبله را در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم گزارش کردند.

وزن صد دانه: وزن صد دانه تحت تأثیر کود نیتروژنه، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل قرار گرفت (جدول ۴). نتایج نشان داد که با مصرف نیتروژن به همراه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، وزن صد دانه افزایش یافت که بیش‌ترین مقدار آن (۱۱/۵ گرم) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلیوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۳/۶۲ گرم) به ترکیب تیماری $N_0 \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشتند (جدول ۴). Carlier 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 هر سنبله شود. افزایش اجزاء عملکرد را می‌توان به نقش موثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رها سازی آن در مراحل ساقه‌دهی و خوشه‌دهی نسبت داد که سبب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی می‌شود (Kaya و همکاران، ۲۰۰۲).

جدول ۵ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر باکتری‌های محرک رشد و مقادیر نیتروژن بر برخی د از صفات تربیتی‌کاله

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن صد دانه	عملکرد تک بوته	سرعت پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه	دوره موثر پر شدن دانه	حداکثر وزن	پروتیین دانه
تکرار	۲	۰/۰۵۹**	۰/۰۰۳۷ ^{ns}	۴/۶۵**	۱۳۱/۴۹**	۱۰۳/۶۳**	۰/۰۰۰۳۰**	۱/۴۵**
باکتری	۳	۰/۵۲**	۰/۱۷**	۶/۸۷**	۰/۹۴**	۱۸/۳۸**	۰/۰۰۰۰۴۵**	۰/۲۵**
نیتروژن	۳	۱/۴۹**	۰/۴۶**	۱/۱۸**	۴/۴۲**	۲۹/۳۲**	۰/۰۰۰۱۳**	۳/۴۸**
باکتری×نیتروژن	۹	۰/۰۳۶**	۰/۰۱۲**	۳/۵۴**	۰/۱۳**	۲/۳۱**	۰/۰۰۰۰۰۶۴**	۰/۰۲۱ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۰	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۱۱	۱/۹۵	۰/۰۰۳۸	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)	۱/۸۷	۳/۴۸	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۷۴	۰/۸۳	۱/۲۱	

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

عرب و همکاران (۱۳۸۷) تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپریلیوم را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپریلیوم عنوان کردند. با توجه به اینکه باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید هورمون‌های محرک رشد می‌باشند به نظر می‌رسد که همین ساز و کار به دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و ایجاد شرایط بهینه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی، در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شده است.

سرعت، طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه: نتایج تجزیه واریانس این صفات نشان داد که سرعت، حداکثر وزن تک بذر، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند (جدول ۵). اثر مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژنه بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نشان داد که الگوی نمو بذر در تلقیح بذر با کلیه باکتری‌ها مشابه است (شکل ۴). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در تلقیح بذر با انواع مختلف باکتری‌ها به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاکی از آن است که حداکثر وزن تک بذر

عرب و همکاران (۱۳۸۷) تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپریلیوم را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپریلیوم عنوان کردند. با توجه به اینکه باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید هورمون‌های محرک رشد می‌باشند به نظر می‌رسد که همین ساز و کار به دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و ایجاد شرایط بهینه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی، در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شده است.

سرعت، طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه: نتایج تجزیه واریانس این صفات نشان داد که سرعت، حداکثر وزن تک بذر، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند (جدول ۵). اثر مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژنه بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نشان داد که الگوی نمو بذر در تلقیح بذر با کلیه باکتری‌ها مشابه است (شکل ۴). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در تلقیح بذر با انواع مختلف باکتری‌ها به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاکی از آن است که حداکثر وزن تک بذر

عرب و همکاران (۱۳۸۷) تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپریلیوم را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپریلیوم عنوان کردند. با توجه به اینکه باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید هورمون‌های محرک رشد می‌باشند به نظر می‌رسد که همین ساز و کار به دلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و ایجاد شرایط بهینه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی، در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شده است.

سرعت، طول دوره و دوره موثر پرشدن دانه: نتایج تجزیه واریانس این صفات نشان داد که سرعت، حداکثر وزن تک بذر، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند (جدول ۵). اثر مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژنه بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نشان داد که الگوی نمو بذر در تلقیح بذر با کلیه باکتری‌ها مشابه است (شکل ۴). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در تلقیح بذر با انواع مختلف باکتری‌ها به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاکی از آن است که حداکثر وزن تک بذر

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد و مقادیر نیتروژن بر سرعت و طول دوره موثر پرشدن دانه تریتیکاله

ترکیب تیماری	سرعت پر شدن دانه (روز/گرم)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	معادله برازش شده
N. × عدم تلقیح بذر با باکتری	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۷/۵۳ ^j	۲۱/۴۹ ⁱ	۰/۰۳۶۵ ⁱ	Y = -0.0109 + 0.0017x
N _۸ . × عدم تلقیح بذر با باکتری	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۷/۸۸ ⁱ	۲۳/۰۸ ^k	۰/۰۳۹۲ ^h	Y = -0.0112 + 0.0017x
N _{۱۶} . × عدم تلقیح بذر با باکتری	۰/۰۰۱۸ ^a	۲۸/۸۳ ^f	۲۴/۰۱ ⁱ	۰/۰۴۳۳ ^d	Y = -0.0091 + 0.0018x
N _{۲۴} . × عدم تلقیح بذر با باکتری	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۸/۹۵ ^e	۲۶/۳۰ ^{de}	۰/۰۴۴۷ ^c	Y = -0.0070 + 0.0017x
N. × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۸/۱۵ ^h	۲۴/۳۴ ^h	۰/۰۴۱۳ ^f	Y = -0.0094 + 0.0017x
N _۸ . × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۰۳ ^e	۲۶/۴۰ ^d	۰/۰۴۴۸ ^c	Y = -0.0055 + 0.0017x
N _{۱۶} . × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	۰/۰۰۱۸ ^a	۲۹/۶۰ ^a	۲۸/۶۹ ^a	۰/۰۵۱۶ ^{ab}	Y = -0.0036 + 0.0018x
N _{۲۴} . × تلقیح بذر با آزوسپریلیوم	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۱۴ ^d	۲۷/۲۱ ^c	۰/۰۴۴۸ ^c	Y = -0.0029 + 0.0017x
N. × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۷/۹۱ ⁱ	۲۳/۶۱ ^j	۰/۰۴۰۱ ^g	Y = -0.0098 + 0.0017x
N _۸ . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۸/۴۸ ^g	۲۵/۰۵ ^f	۰/۰۴۲۵ ^e	Y = -0.0086 + 0.0017x
N _{۱۶} . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۴۷ ^b	۲۷/۶۸ ^b	۰/۰۴۷۰ ^b	Y = -0.0032 + 0.0017x
N _{۲۴} . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۰۴ ^{de}	۲۶/۳۵ ^{de}	۰/۰۴۴۸ ^c	Y = -0.0056 + 0.0017x
N. × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹	۰/۰۰۱۶ ^c	۲۸/۲۳ ^h	۲۴/۸۲ ^{fg}	۰/۰۳۹۷ ^{gh}	Y = -0.0083 + 0.0016x
N _۸ . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۸/۱۹ ^h	۲۴/۶۵ ^{gh}	۰/۰۴۱۹ ^f	Y = -0.0082 + 0.0017x
N _{۱۶} . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۲۶ ^c	۲۷/۴۷ ^{bc}	۰/۰۴۶۷ ^b	Y = -0.0039 + 0.0017x
N _{۲۴} . × تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹	۰/۰۰۱۷ ^b	۲۹/۰۱ ^e	۲۶/۰۶ ^e	۰/۰۴۴۷ ^c	Y = -0.0065 + 0.0017x

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

عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Grant et al., 1985). حداکثر طول دوره موثر پر شدن دانه (۲۸/۶۹ روز) در مصرف ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و حداقل طول این دوره (۲۱/۴۹ روز) در حالت عدم مصرف نیتروژن و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید. شیب خط برازش شده در همین ترکیب تیماری (۰/۰۰۱۸ گرم در روز) بیشتر از دیگر ترکیبات تیماری برآورد گردید (جدول ۶). نتیجه اینکه ترکیب تیماری مصرف ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم از حداکثر شیب برخوردار بود. به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تامین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند (Zamber et al., 1984).

بودند را به غلظت بالای نیتروژن برگ در طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند، زیرا مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره پر شدن دانه موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌گردد، که این موضوع موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می‌گردد (Murchie et al., 2002). در مورد دوره موثر پر شدن دانه می‌توان اظهار داشت که طول این دوره در مقادیر مختلف کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد متفاوت بود، به طوری که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح موجب افزایش طول این دوره گردید. دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدا به مقصد و در نتیجه افزایش

مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین می‌گردند (Kim و همکاران، ۱۹۸۶).

نتیجه‌گیری:

با افزایش کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد، فیلوکرون کاهش، سرعت ظهور برگ، طول دوره پر شدن و عملکرد دانه افزایش یافت. نتایج نشان داد که در ترکیب تیماری تلقیح بذر با آزوسپیریلیوم لیپوفروم و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه و دیگر صفات مورد بررسی بیش‌تر از کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر بود. به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد دانه و دیگر صفات مرتبط اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به همراه مصرف کود بیشتر از مصرف کود اوره به تنهایی و یا تلقیح بذر با این باکتری‌ها بدون مصرف کود نیتروژن باشد.

آزوسپیریلیوم و ارزیابی اثرات محرک رشدی جدایه برتر بر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶: ۲۱۷-۲۲۵.

لطف‌اله، ف.، سید شریفی، ر.، و صدقی، م. (۱۳۹۲) تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد تریپتیکاله. ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی-دانشگاه کردستان، ایران.

قوشچی، ف. (۱۳۷۹) تریپتیکاله. انتشارات کارنو.

ملکوتی، م. ج. و نفیسی، م. (۱۳۷۳) مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.

نظارت، س. و غلامی، ا. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (*Pseudomonas* و *Azospirillum*) بر

پروتئین دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که درصد پروتئین دانه تحت تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش سطوح کود نیتروژن، درصد پروتئین دانه افزایش یافت. روند مشابهی نیز در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با عدم تلقیح بذر مشاهده گردید (جدول ۴). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۱۱/۳۱ درصد) به تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹ و کم‌ترین میزان آن (۱۰/۹۷ درصد) به عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت. Zamber و همکاران (۱۹۸۴) افزایش درصد پروتئین دانه گندم را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند. مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژنه نشان داد که بالاترین درصد پروتئین دانه (۱۱/۸۹ درصد) به مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کم‌ترین میزان آن (۱۰/۶۴ درصد) به عدم مصرف کود نیتروژن تعلق داشت. به نظر می‌رسد کودهای نیتروژنی مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در

منابع:

حسن آبادی، ط.، اردکانی، م. ر.، رجالی، ف.، پاکنژاد، ف. و افتخاری، ا. (۱۳۸۹) اثر کاربرد همزمان کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر صفات مورفولوژیک جو. مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران.

حکم علی‌پور، س.، سیدشریفی، ر.، قدیم‌زاده، م. و جماعتی‌ثمرین، ش. (۱۳۸۶) ارزیابی تراکم بوته و سطوح نیتروژن بر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ ذرت. مجله علوم خاک و آب ۲۱ (۲): ۱۵۹-۱۶۹.

عرب، س. م.، اکبری، غ. ع.، علیخانی، ح. ع.، ارزانش، م. ح. و دادی، ا. ا. (۱۳۸۷) بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری‌های جداسازی شده بومی جنس

- Academy of Science Engineering and Technology 37: 2070-3740
- Grant, A. U., Stobbe, E. H. and Rocz, G. J. (1985) The effect of fall applied N and fertilizer and timing of N application on yield and protein content of winter wheat grown on zero tilled land in Manitoba. Canadian Journal of Soil Science 65: 621-628.
- Jagnow, G. (1987) Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: possible causes of success and failure with regard to yield response-a review. Agronomy Journal 15: 361-368.
- 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.
- Kader, M. K., Mmian, H. and Hoyue, M. S. (2002) Effects of azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science 2: 250 –261.
- Kato, T. (1999) Genetic environmental variations and association of the characters related to the grain filling processing rice cultivars. Plant Production Science 2: 32-36.
- Kaya, Y. K., Arisoy, R. Z. and Gocmen, A. (2002) Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. Pakistan Journal of Botany 1: 142-144.
- Kim, N. I. and Paulsen, G. M. (1986) Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates. Crop Science 156: 197-205.
- Kumari, S. L. and Valarmathi, G. (1998) Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. Agriculture Journal 85: 210-211.
- Longnecker, N. and Robson, A. (1994) Leaf emergence of spring wheat receiving varying nitrogen supply at different stage of development. Annals of Botany 74:1-7.
- Murchie, E. H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P. and Peng, S. (2002) Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field grown rice. European Journal of Agronomy Science 53: 2217-2224.
- Öztürk, A., Caglar, O. and Sahin, F. (2003) Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166: 1–5.
- Pacovsky R. S. (1990) Development and growth effects in sorghum-*Azospirillum* association. Journal of Applied and Bacteriology 68:555-563.
- Rai, S. N. and Gaur, A. C. (1988) Characterization of *Azotobacter* spp and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-
 رشد و عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays*). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۹۱: ۴۴-۵۱.
- Banerjee, M. R., Yesmin, L. and Vessey, J. K. (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.
- Bashan, Y., Levanony, H. and Mitiju, G. (1989) Changes in proton efflux of intact wheat root induced by *A. brasilense* Cd. Canadian Journal of Microbiology 35: 691-67.
- Bashan, Y. and Dubrovsky, J. G. (1996) *Azospirillum* spp. Participation dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. Biology Fertility Soils 23: 435-440.
- 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.
- Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U. G., and Donmez, M. F. (2007b) The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentos phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 288-295.
- 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. *Aurantiaca*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24: 2653-2658.
- Cho, D. S., Jong, S. K. and Park, Y. K. (1987) Studies on the duration and rate of drain filling in rice (*Oryza sativa* L.). I. Varietal difference and effects of nitrogen. Korean Journal of Crop Science 23: 103-111.
- De Freitas, J. R. and Germida, J. J. (1990) Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Canadian Journal of Microbiolog 36: 265-272.-
- Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. (1992) The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. Seed Science 2: 19-25.
- Freitas, A. D. S. and Stamford, N. P. (2002) Association nitrogen fixation and growth of maize in Brazilian rainforest Soil as affected by *Azospirillum* and organic materials. Tropical Grassland 36: 77-82.
- Fulchieri, M. and Frioni, L. (1994) *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.): effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biology and Biochemistry 26: 921-923.
- Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word

- Sharaan, A. N. and El-Samie, F. S. A. (1999) Response of wheat varieties to some environmental influences. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). American Agriculture Science 44: 589-601.
- Thomison, P. R., and Jordan, D. M. (1995) Plant population effects in corn hybrids differing in ear growth habitat and prolificacy. Journal of Production and Agriculture 8: 394-400.
- Tollenaar, M., Daynard, T. B. and Hunter, R. B. (1984) The effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science 19: 363-366.
- Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J. (1994) Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Agronomy Journal 47: 1-10.
- Yamaguchi, T., Tsuno, Y., Nakano, J. and Miki, K. (1995) Influence of nitrogen content on grain weight at the early ripening stage and relationship between root respiration and leaf area per spikelet of rice plants. Agronomy Journal 33: 251-258
- Zamber, M. A., Konde, B. K. and Sonar, K. R. (1984) Effect of Azotobacter chroocum and Azospirillum brasilense inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant and Soil 79: 61-67.
- uptake of wheat crop. Plant and Soil 109: 131-134.
- Ribaudo, C. M., Rondanini, D. P., Cura, J. A. and Frascina, A. A. (2001) Response of Zea mays to the inoculation with Azospirillum on nitrogen metabolism under greenhouse conditions. Biology Plantarum 44: 631-634.
- Roesty, D., Gaur, R. and Johri, B. N. (2006) Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38: 1111-1120.
- Ronanini, D., Savin, R. and Hall, A. J. (2004) Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research 83: 79-90.
- Rudresha, D. L., Shivaprakasha, M. K. and Prasad, R.D. (2005) Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil and Ecology 28:139-146.
- Sarig, S., Okon, Y. and Blum, A. (1992) Effect of Azospirillum brasilense inoculation on growth dynamics and hydraulics conductivity of Sorghum bicolor roots. Journal of Plant Nutrition 15:805-819.