

بررسی اثر مایه تلقیح از توباکتر، آزوسپریلوم و سودوموناس و محلول پاشی کود نیتروژنه بر کارایی مصرف کود و رشد تریپتیکاله

*رئوف سید شریفی^۱، فرشته لطفاله^۲ و حسین کمری^۲

^۱دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی،

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: در بین عناصر غذایی مهم برای تولید، نیتروژن به عنوان یک عنصر غذایی مهم برای رشد و تولید شناخته شده است. کمبود نیتروژن فعالیت آنزیمی، رشد و نمو سلولی و کلروپلاست را محدود نموده و عملکرد ماده خشک را کاهش می دهد. گرچه نیتروژن عنصر غذایی مهم برای تولید است ولی ورود مقادیر بیش تری از کود نیتروژن در محیط می تواند یک سری مشکلات جدی محیطی همانند آلودگی محیطی را ایجاد نماید. کودهای شیمیایی در ترکیب با کودهای آلی می تواند با افزایش ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات خاک، عملکرد را افزایش دهد. بررسی اثرات تلقیح بذر با ازتوباکتر، آزوسپریلوم، سودوموناس و زمان محلول پاشی نیتروژن بر رشد و کارایی مصرف کود تریپتیکاله برای رسیدن به حداکثر عملکرد و سودمندی اقتصادی تریپتیکاله در محیط های خاص مهم است. ولی به نظر می رسد که بررسی های کمی در مورد اثرات ناشی از کاربرد کود نیتروژن و کودهای زیستی بر رشد تریپتیکاله وجود دارد. با در نظر گرفتن موارد فوق، بررسی حاضر به اثرات ناشی از تلقیح بذر تریپتیکاله با ازتوباکتر، آزوسپریلوم و سودوموناس و زمان محلول پاشی نیتروژن بر رشد و کارایی مصرف کود پرداخته است.

مواد و روش ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۳۹۱ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با باکتری در چهار سطح (عدم تلقیح به عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلوم لیوفروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا سویه ۹) و محلول پاشی کود نیتروژنه در چهار سطح (عدم محلول پاشی، محلول پاشی در مرحله چکمه زنی، مرحله ظهور سنبله و مرحله پرشدن دانه) از منبع اوره بود.

یافته ها: نتایج نشان داد که محلول پاشی کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد داشت. بیش ترین مقادیر ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در بذور گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر و محلول پاشی کود

* مسئول مکاتبه: raouf_ssharifi@yahoo.com

نیتروزنه در مرحله چکمه‌زنی و کم‌ترین این مقادیر در عدم تلقیح بذر و عدم محلول پاشی به‌دست آمد. بالاترین عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی مصرف کود، از تیمار تلقیح بذر با ازتوباکتر همراه با محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد به‌منظور افزایش این صفات می‌توان پیشنهاد نمود محلول‌پاشی با کود نیتروزنه در مرحله چکمه‌زنی در تلقیح بذر با ازتوباکتر به‌کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: تلقیح بذر، شاخص‌های رشدی، عملکرد، کودهای بیولوژیک

مقدمه

تربیت‌کاله محصولی موفق از تلاقی گندم و چاودار می‌باشد که واجد خصوصیات مطلوب چاودار از جمله رشد سریع و قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم‌بازده و همچنین دارای خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم می‌باشد (۱۵). این ویژگی ضرورت توجه به گسترش سطح زیرکشت و افزایش تولید در واحد سطح این گیاه را بیش از پیش نمایان می‌سازد. یکی از راهکارهای مناسب 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. سازوکارهای متعددی برای توضیح چگونگی تأثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه^۱ شناخته شده است که این سازوکارها را به‌طور کلی می‌توان شامل دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دانست (۳۸). در حالت مستقیم انواع باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با استفاده از مکانیسم‌های تثبیت زیستی نیتروزن، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، تولید سیدروفورهای کلاته‌کننده آهن و محلول ساختن فسفات موجب تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند (۳۰). رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب برای فعالیت پاتوژن‌ها، تولید آنتی‌بیوتیک و سیانید هیدروژن از مهم‌ترین

مکانیسم‌های مورد استفاده در روش غیرمستقیم می‌باشند (۱۳). نیتروزن مهم‌ترین عنصری است که اکثر اراضی تحت کشت غلات با کمبود آن مواجه هستند (۸). اوره تنها کود نیتروزنه است که از آن می‌توان به‌صورت تغذیه برگ‌ی استفاده کرد (۱۹) و تغذیه برگ‌ی با اوره می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد گندم را افزایش دهد (۲۷).

جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروزنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت‌کننده نیتروزن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروزن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به‌نظر می‌رسد (۳۹). این باکتری‌ها ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، موجب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروزن می‌شوند (۱۰).

ماده خشک تولیدی گیاه را می‌توان به‌وسیله شاخص‌هایی از قبیل سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی که از مهم‌ترین شاخص‌های رشد محسوب می‌شود مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به اندام‌های زایشی، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول تحت تأثیر نیتروزن قرار می‌گیرند (۶). مک‌دونالد (۲۰۰۲) در بررسی تأثیر نیتروزن بر عملکرد ارقام گندم گزارش کرد که با افزایش مصرف نیتروزن، ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۲). باشان و

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تلقیح بذر تریتیکاله با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی با کود نیتروژنه بر کارایی مصرف کود، شاخص‌های رشدی، عملکرد و سیستم ریشه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. محل آزمایش از نظر آب و هوا و طبقه‌بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. متوسط بارش آن بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی بین ۲۸۰-۳۰۰ میلی‌متر است که بیش‌تر آن به صورت برف در فصل زمستان صورت می‌گیرد. میزان نزولات و میانگین حداقل و حداکثر دما در طول دوره رشد به ترتیب برابر ۲۴۳/۲ میلی‌متر، ۹/۸ و ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد بود. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

همکاران (۲۰۰۴)؛ زاید و همکاران (۲۰۰۳) بهبود قابل‌توجه ماده خشک، وو و همکاران (۲۰۰۵) افزایش سرعت رشد محصول را در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک در غلات به افزایش در جذب عناصر غذایی و رشد بهتر گیاه به واسطه باکتری‌ها نسبت دادند (۲، ۳۶ و ۴۰). نیتو و فرانکنبر (۱۹۹۱) پنج برابر شدن وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت را در کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم گزارش کردند (۲۵). نتایج پژوهش وان و همکاران (۲۰۰۰) نیز بیانگر افزایش وزن بخش‌های هوایی، سطح برگ و تعداد پنجه به واسطه کاربرد باکتری‌های محرک رشد بود (۳۵). اهمیت تریتیکاله در استفاده دمنظوره از آن، نقش محلول‌پاشی نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در بهبود عملکرد، بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص بر همکنش توأم این دو عامل موجب شد تا کاربرد توأم محلول‌پاشی کود نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی بر عملکرد، کارایی مصرف کود و شاخص‌های رشدی تریتیکاله مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۱- تجزیه خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایش.

Table 1. Soil physico-chemical properties at experimental field.

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	بافت	شن	سیلت	رس	آهک	عصاره	مشخصه
K	P	N	O.C	texture	sand	silt	clay	CaCO ₃	اشباع	pH
میلی‌گرم در کیلوگرم		(درصد)		لومی رسی	(درصد)			sp		مقدار
mg kg ⁻¹		%		Silt loam				7.8		amount
212	29.8	0.06	0.62		35	42	23	14.4	49	

محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی، مرحله ظهور سنبله و مرحله پرشدن دانه) بود. باکتری‌های فوق از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. بعد از عملیات تهیه بستر (شخم، تسطیح و ایجاد جوی و پشته) بذرها به صورت خطی در هر کرت کاشته شدند. هر کرت حاوی پنج خط کاشت به طول پنج متر بود. رقم

فاکتورهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با کودهای زیستی در چهار سطح (عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان شاهد، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلوم لیوفوروم استرین OF و سودوموناس پوتیدا سویه ۹) و چهار زمان محلول‌پاشی با کود اوره (عدم محلول‌پاشی،

که در آن‌ها، t زمان بین مراحل نمونه‌برداری و a ، b ، c و d ضرایب معادله و W_1 و W_2 وزن ماده خشک در دو برداشت متوالی و TDM ماده خشک کل (بر حسب گرم بر مترمربع)، CGR سرعت رشد محصول (گرم بر گرم در مترمربع)، RGR سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) و LAI شاخص سطح برگ هستند (۲۸).

کارایی مصرف کود از رابطه پیشنهادی گودرود و جلوم (۱۹۸۸) و به صورت رابطه ۵ برآورد گردید (۱۴).

$$E_e = (Y_{df} - Y_{ef}) / F \quad (5)$$

که در آن، E_e کارایی مصرف کود، Y_{df} مقدار عملکرد تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است، Y_{ef} عملکرد تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده است و F مقدار کود اوره مصرف شده بود.

به منظور تعیین وزن و حجم ریشه در مرحله رسیدگی، ریشه به طور کامل (از سطح ۰/۱ مترمربع) جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، وزن و حجم ریشه‌ها تعیین شد. در این راستا در هر کرت قبل از کاشت کیسه‌های نایلونی به قطر ۴۰ سانتی‌متر در خطوط اصلی هر کرت در عمق ۳۵ سانتی‌متری خاک (حداکثر عمق توسعه ریشه‌های تربیتکاله)، در نظر گرفته شد. در مرحله رسیدگی، ریشه‌های هر گلدان به طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، وزن آن‌ها برآورد گردید (۲۳). حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج، به عنوان حجم ریشه منظور گردید. جهت تعیین عملکرد دانه در واحد سطح و عملکرد بیولوژیک از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای دو خط به طول ۱ متر کف‌بر شدند و سپس

تربیتکاله مورد استفاده جوآنیلو بود که از مؤسسه نهال و بذر کرج تهیه شد. برای تلقیح بذر با کودهای زیستی، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده گردید. این مخلوط به مدت دو ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. بعد از گذشت زمان مورد نظر بذرها با تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع کشت شد. محلول‌پاشی اوره با غلظت دو درصد در زمان‌های تعیین شده صورت گرفت. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی و مطابق با عرف متداول زارعی منطقه انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی و همچنین با استفاده از علف‌کش توفوردی در یک مرحله از دوره رشد آن هم در مرحله قبل از ظهور خوشه انجام شد.

جهت بررسی روند رشد ۳۰ روز پس از کاشت در فواصل زمانی هر ۱۰ روز یکبار نمونه‌برداری به روش تخریبی صورت گرفت. بدین ترتیب که از هر کرت یک خط کاشت انتخاب و با رعایت اثر حاشیه‌ای در هر مرحله سطحی به میزان ۱۰ سانتی‌متر کف‌بر شد و بعد از قرارگیری در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ وزن خشک برآورد گردید. سپس وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ با استفاده از روابط زیر برآورد شدند (۱۸).

$$TDM = e^{a+bt+ct^2+dt^3} \quad (1)$$

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{GA(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (4)$$

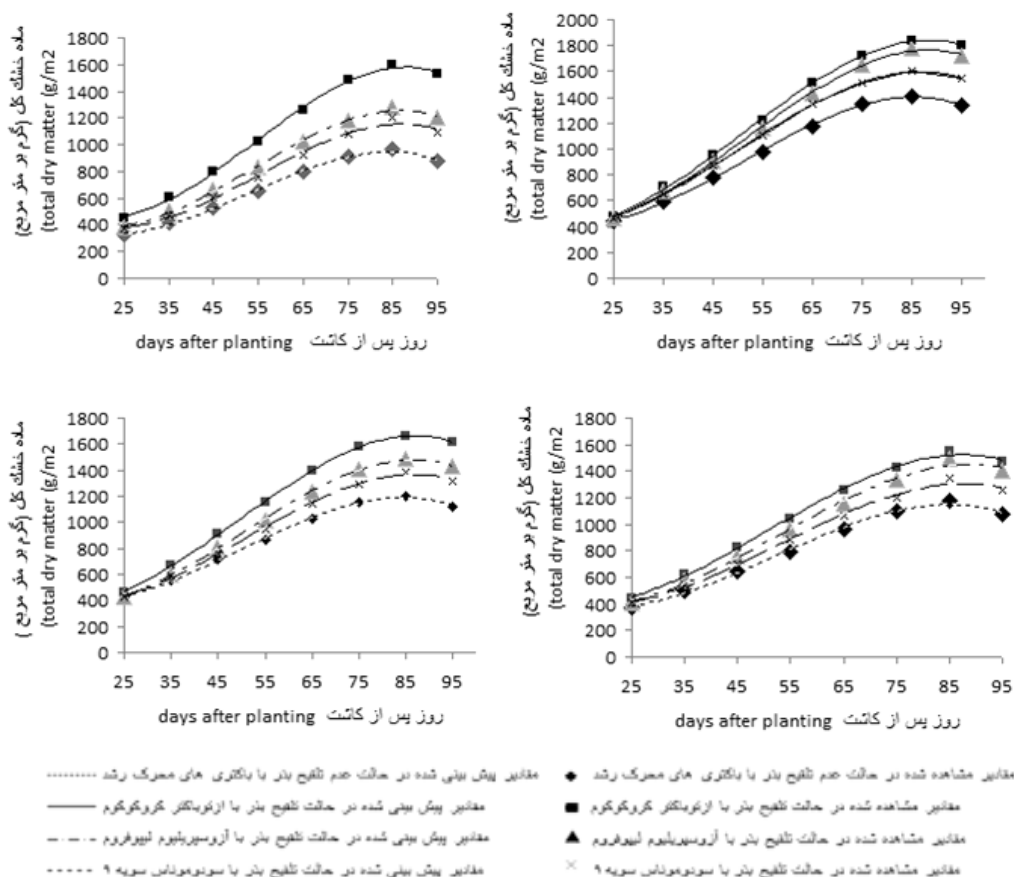
- 1- Total Dry Matter
- 2- Crop Growth Rate
- 3- Relative Growth Rate
- 4- Leaf Area Index

کاشت) با سرعت زیادی افزایش یافت و در ۸۵ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار رسید و سپس روند نزولی به خود گرفت که می‌تواند ناشی از افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها باشد. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نیتروژن موجب افزایش ماده خشک کل نسبت به شاهد گردید. بیش‌ترین ماده خشک کل در ۹۵ روز بعد از کاشت به تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپریلوم و محلول‌پاشی در زمان چکمه‌زنی و کم‌ترین آن نیز به عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول‌پاشی با نیتروژن تعلق داشت (شکل ۱).

به‌وسیله ترازو توزین شدند. برای برآورد اجزای عملکرد با استفاده از ۱۰ بوته که به تصادف از خطوط اصلی هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شده بود، برآورد شده و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS و رسم نمودارها از Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده خشک کل: نتایج نشان داد ماده خشک کل ابتدا کند و در ادامه دوره رشد گیاه (۲۵-۳۵ روز پس از



شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک کل در حالت عدم محلول‌پاشی نیتروژن (a)، محلول‌پاشی در زمان چکمه‌زنی (b)، محلول‌پاشی در زمان ظهور سنبله (c) و محلول‌پاشی در زمان پر شدن دانه (d) در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد.

Figure 1. Variations of total dry matter in without nitrogen spraying (a), spraying in boot stage (b), ear emergence (c), grain filling period (d) in seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria.

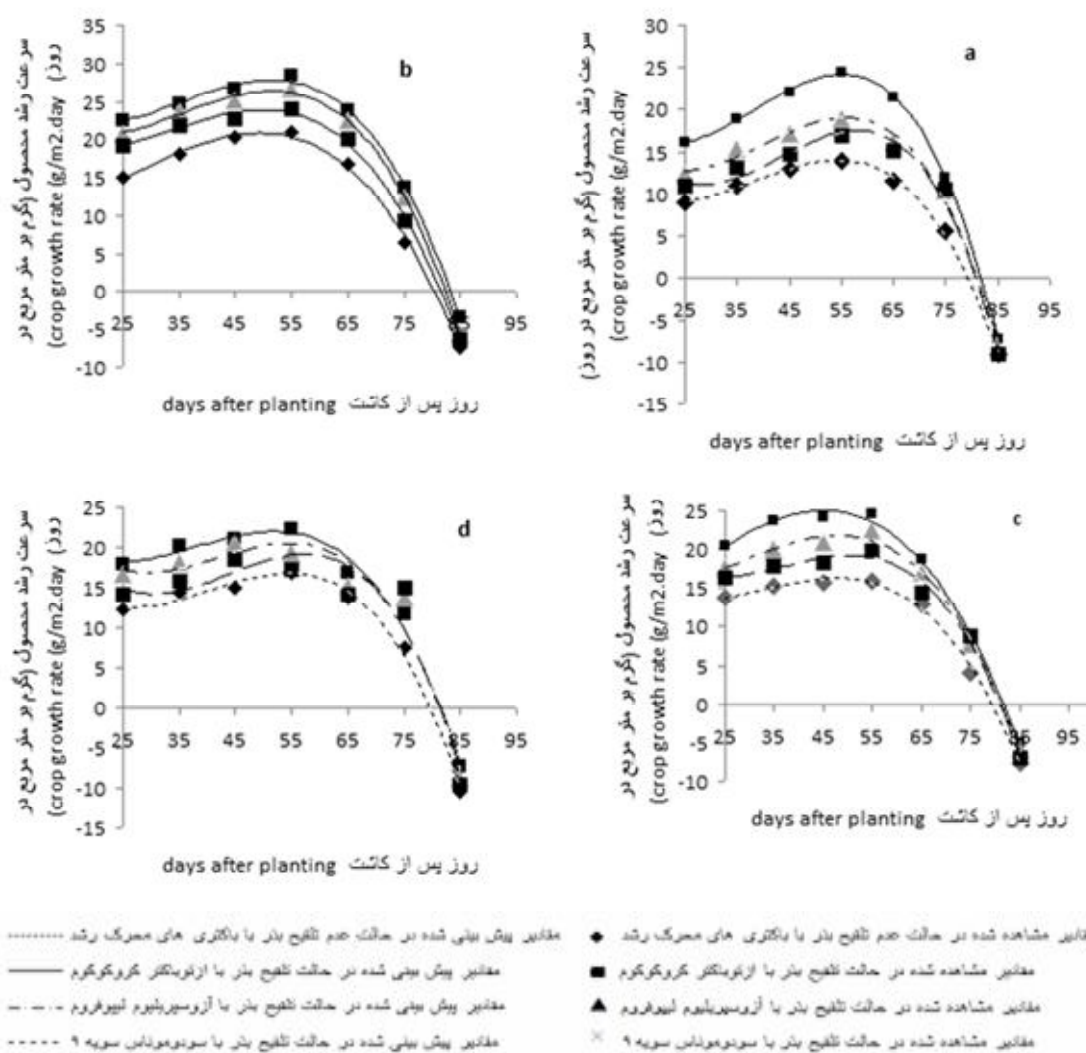
از کاشت به محلول پاشی در زمان چکمه زنی به همراه تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن به عدم محلول پاشی و عدم تلقیح بذر تعلق داشت (شکل ۲).

به نظر می‌رسد نقش اصلی نیتروژن در توسعه ساقه و برگ‌ها موجب می‌شود گیاه سریع‌تر پوشش سبز خود را کامل نموده و حداکثر استفاده را از نهاده‌های محیطی به عمل آورد که نتیجه آن افزایش سرعت رشد گیاه می‌باشد. وو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تلقیح بذر ذرت با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش دسترسی عناصر غذایی و بهبود جذب این عناصر توسط گیاه، موجب افزایش سرعت رشد محصول گردید (۳۶).

سرعت رشد نسبی: نتایج نشان داد که سرعت رشد نسبی با افزایش دوره رشد گیاه کاهش و در اواخر رشد به کمترین میزان رسید. بیشترین میزان این شاخص در ۲۵ روز پس از کاشت و از ترکیب تیماری محلول پاشی در زمان چکمه زنی و تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن در عدم محلول پاشی و عدم تلقیح بذر با باکتری به دست آمد (شکل ۳). سید شریفی (۲۰۱۱) علت بالا بودن سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل را به نفوذ بهتر نور به داخل پوشش گیاهی، کمی تنفس و سایه اندازی کم تر برگ‌ها بر روی همدیگر نسبت دادند (۲۸).

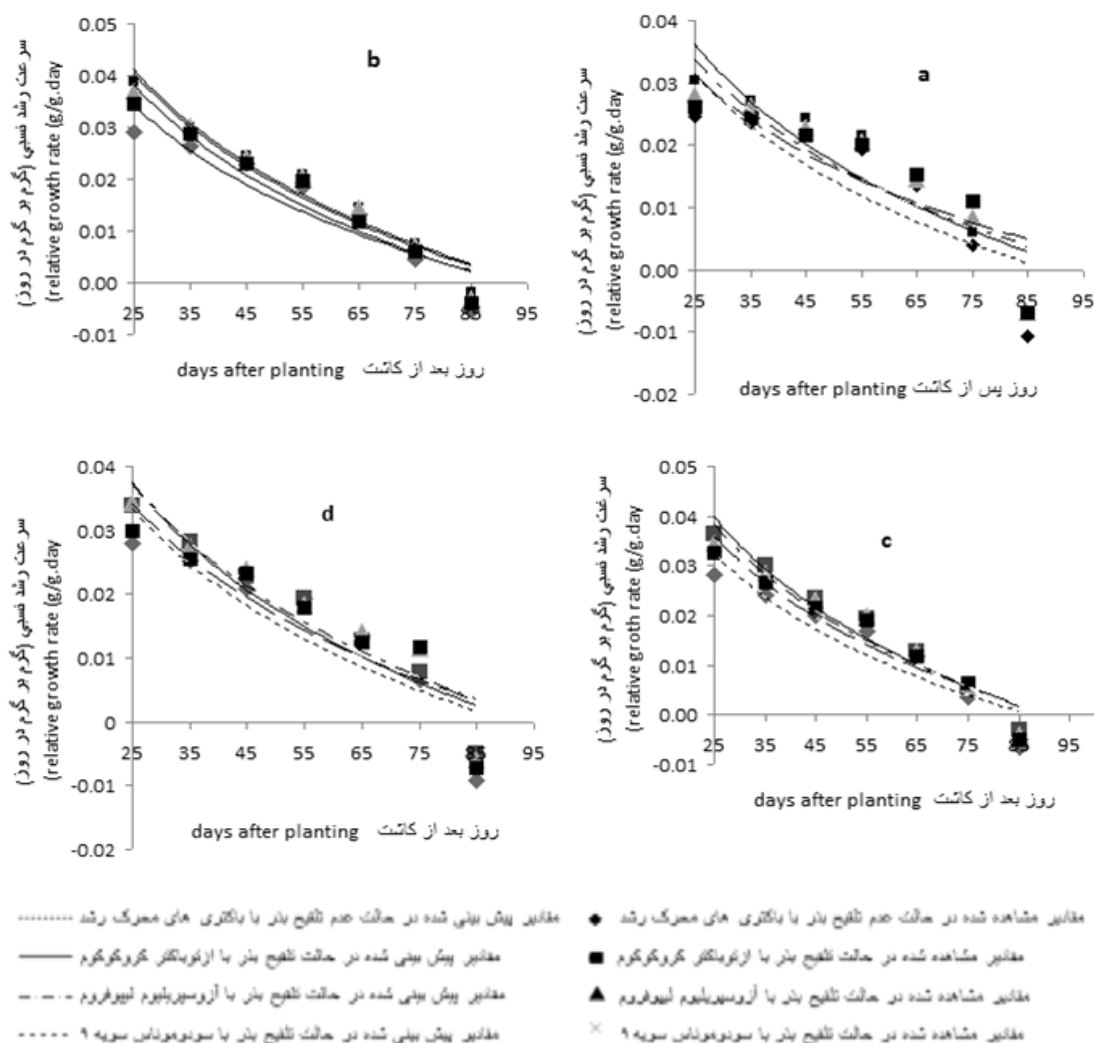
یاسری و پتواردن (۲۰۰۷) افزایش معنی دار وزن خشک کل بوته کلزا را در مراحل مختلف رشد در تیمارهای تلقیح یافته با باکتری‌های *Azotobacter* و *Azospirillum* در مقایسه با عدم تلقیح، به تأمین شرایط بهینه برای رشد گیاه توسط باکتری‌ها نسبت دادند (۳۷). زاید و همکاران (۲۰۰۳)، بیاری و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تلقیح بذر ذرت با ازتوباکتر و همچنین آزوسپریلوم به ترتیب موجب افزایش ۲۱ و ۳۳ درصدی وزن خشک کل بوته در مقایسه با عدم تلقیح شدند و اظهار داشتند که این باکتری‌ها به عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی به دلیل تولید اکسین و افزایش توان تولید تارهای کشنده، منجر به بهبود جذب عناصر غذایی از خاک می‌شوند (۳ و ۴۰).

سرعت رشد محصول: مقدار این شاخص در همه تیمارها در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن میانگین دما و جذب درصد کمی از نور خورشید پایین و با گذشت زمان و نمو گیاه و توسعه سطح برگ و نفوذ کم تر نور به سطح خاک افزایش یافت تا به یک حد نهایی رسید پس از آن به دلیل رقابت بیش تر بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاهی و همچنین پیری و زرد شدن اندام‌های فتوسنتز کننده و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، میزان CGR کاهش و سپس منفی شد. بیشترین مقدار این شاخص در ۵۵ روز پس



شکل ۲- روند تغییرات سرعت رشد محصول در حالت عدم محلول پاشی نیتروژن (a)، محلول پاشی در زمان چکمه زنی (b)، محلول پاشی در زمان ظهور سنبله (c) و محلول پاشی در زمان پر شدن دانه (d) در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد.

Figure 2. Variations of crop growth rate in without nitrogen spraying (a), spraying in boot stage (b), ear emergence (c), grain filling period (d) in seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria.



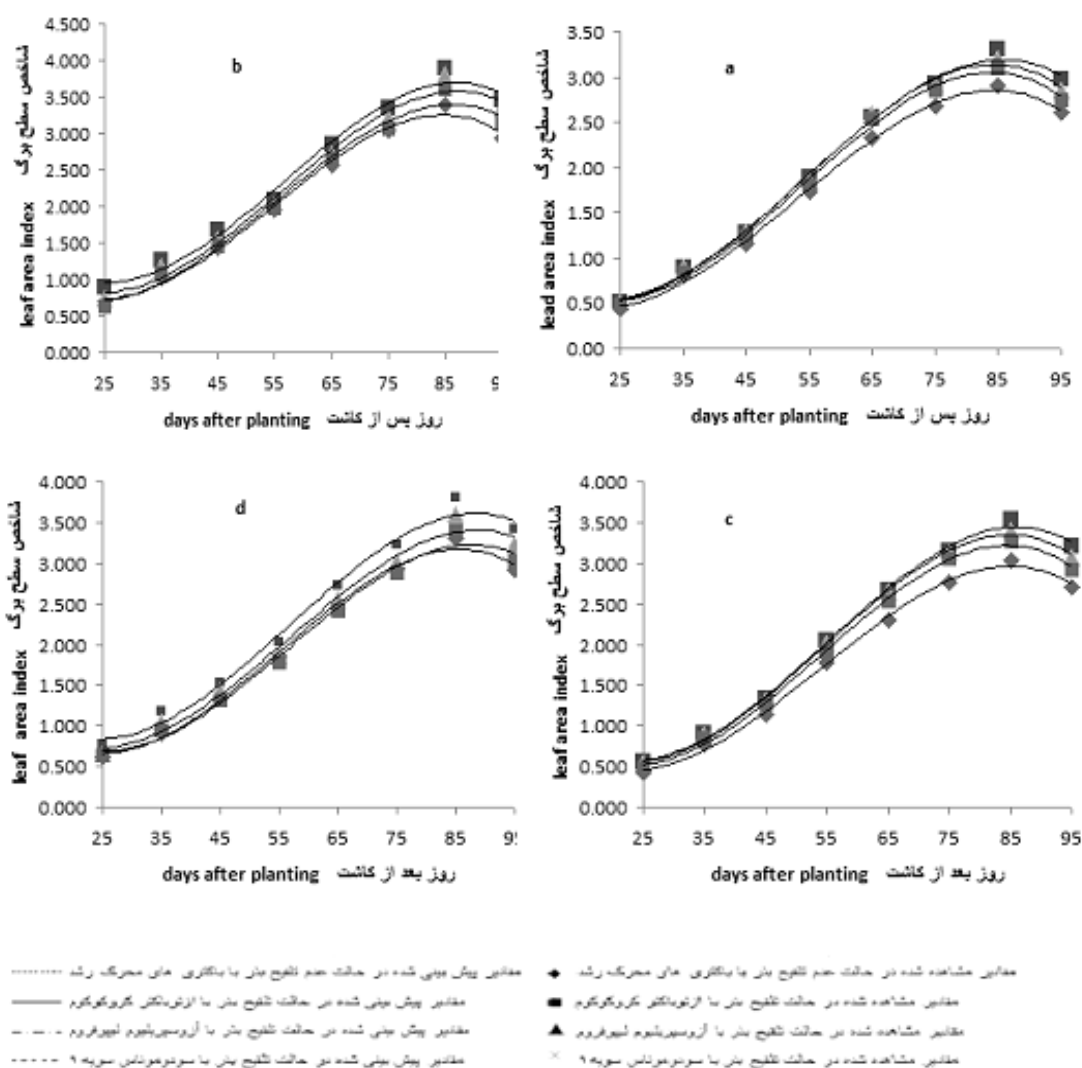
شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در حالت عدم محلول پاشی نیتروژن (a)، محلول پاشی در زمان چکمه زنی (b)، محلول پاشی در زمان ظهور سنبله (c) و محلول پاشی در زمان پر شدن دانه (d) در تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد.

Figure 3. Variations of relative growth rate in without nitrogen spraying (a), spraying in boot stage (b), ear emergence (c), grain filling period (d) in seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria.

محلول پاشی برخوردار باشد (۷ و ۱۸). عیدی زاده و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند استفاده از کودهای بیولوژیک به تنهایی و در تلفیق با کودهای شیمیایی باعث شد که RGR در طول دوره رشد با شیب کمتری کاهش یابد (۹).

شاخص سطح برگ: نتایج نشان داد که تا ۸۵ روز پس از کاشت، میزان این شاخص به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن روند کاهشی داشت (شکل ۴).

کریمی و صدیق (۱۹۹۱)، دیویدسون و کامپبل (۱۹۸۴) گزارش کردند که میزان سرعت رشد نسبی در گندم در اوایل فصل رشد بالا است و با گذشت زمان کاهش می یابد، طوری که در مرحله خمیری مقدار آن منفی می شود. به نظر می رسد کاربرد باکتری های محرک رشد به همراه محلول پاشی نیتروژن موجب شد که سرعت رشد نسبی در ابتدای رشد از میزان بالاتری نسبت به عدم تلقیح و عدم



شکل ۴- روند تغییرات شاخص سطح برگ در حالت عدم محلول‌پاشی نیتروژن (a)، محلول‌پاشی در زمان چکمه‌زنی (b)، محلول‌پاشی در زمان ظهور سنبله (c) و محلول‌پاشی در زمان پر شدن دانه (d) در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد.

Figure 4. Variations of leaf area index in without nitrogen spraying (a), spraying in boot stage (b), ear emergence (c), grain filling period (d) in seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria.

برگ‌های بالایی و تعداد برگ در هر بوته را افزایش داد و علت را به تولید هورمون‌های محرک رشد و وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری نسبت دادند (۱۶).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر محلول پاشی با کود نیتروژنه، تلقیح بذر با کودهای زیستی و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر ارتفاع بوته، طول

بیش‌ترین شاخص سطح برگ به محلول‌پاشی در زمان چکمه‌زنی و تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن متعلق به شاهد بود (شکل ۴). غلامی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ گیاه ذرت را بر اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر تا حدود ۶۵ درصد گزارش کردند (۱۲). حمیدی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با آزوسپریلوم، تعداد

دفعات محلول‌پاشی تأثیر آن بیش‌تر گردید (۱). شاران و ال‌سامی (۱۹۹۹) افزایش طول سنبله بر اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد همراه با کود نیتروژنه را به نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیش‌تر ریشه‌ها و همچنین انجام فرایند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند (۲۹).

وزن صددانه و عملکرد دانه در واحد سطح: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن صددانه و عملکرد دانه به ترتیب (۵/۲ گرم و ۸۴۶/۷ گرم در مترمربع) به محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی \times تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن‌ها (۳/۲ گرم و ۳۹۳/۹ گرم در مترمربع) به عدم محلول‌پاشی \times عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد مربوط بود (جدول ۳). بیاری و همکاران (۲۰۱۱) بیش‌ترین وزن صددانه را در بوته‌های تلقیح‌یافته با ازتوباکتر سویه ۵ گزارش نمودند (۳). به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش وزن صددانه از افزایش شاخص سطح برگگی در این ترکیب تیماری در مقایسه با عدم تلقیح و عدم محلول‌پاشی کود نیتروژنه ناشی شده باشد و در این راستا اسپیرتز و آلن (۱۹۷۸) علت افزایش وزن دانه به واسطه محلول‌پاشی با کود نیتروژنه در مرحله چکمه‌زنی را به افزایش تولید ماده خشک و کاهش محدودیت مبدأ در طول مرحله مریستمی آندوسپرم، افزایش دوام سطح برگ و طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه نسبت دادند (۳۲). بخشی از این افزایش را نیز می‌توان به نقش مثبت باکتری‌ها در افزایش وزن ریشه (جدول ۴) نسبت داد که منجر به افزایش جذب آب و عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز گیاه شده است (۱۱). سینگ و همکاران (۲۰۰۴) حداکثر تولید را در بذور گندم تلقیح‌شده با ازتوباکتر گزارش کردند (۳۱). به‌طور کلی، ازتوباکتر در کنار کود نیتروژنه می‌تواند با

سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صددانه، عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار گردید (جدول ۲).

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته (۹۹/۲۳ سانتی‌متر) به محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی \times تلقیح بذر با آزوسپریلوم و کم‌ترین آن (۷۴/۹۳ سانتی‌متر) از عدم محلول‌پاشی و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد (جدول ۳). به بیانی دیگر محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی و تلقیح بذر با آزوسپریلوم از افزایش ۲۴ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با عدم تلقیح و عدم محلول‌پاشی برخوردار بود. بررسی‌های صابیر و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که محلول‌پاشی کود نیتروژنه در گندم موجب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (۲۶). بوردمن و همکاران (۱۹۹۶) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القای مقاومت سیستمیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (۴).

طول سنبله و تعداد دانه در سنبله: بیش‌ترین طول سنبله و تعداد دانه در سنبله به ترتیب (۱۲/۶۱ سانتی‌متر و ۴۸/۸) به محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی و تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن‌ها (۸/۷۸ سانتی‌متر و ۲۵/۸) به عدم محلول‌پاشی \times عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت (جدول ۳). امام و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزایش نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله گردید (۸). عباس‌دخت و مروی (۲۰۰۴) گزارش کردند تأثیر محلول‌پاشی نیتروژن در مراحل مختلف بر طول سنبله معنی‌دار بود و با افزایش تعداد

وزن و حجم ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد بر وزن و حجم ریشه معنی‌دار شد، ولی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی نیتروژن و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر نسبت وزن ریشه به اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد نشان داد که تلقیح بذر با ازتوباکتر بیش‌ترین وزن ریشه (۱۸۱/۱۶ گرم در مترمربع) و عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد کم‌ترین مقدار (۹۱/۵۸ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین حجم ریشه (۴۱۷۰ سانتی‌مترمکعب در هر کرت) نیز از تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۴۱۰۰، ۴۱۲۰، ۴۱۱۰ سانتی‌مترمکعب در هر کرت) به عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد، تلقیح بذر با آزوسپریلوم و سودوموناس در یک گروه آماری مشترک تعلق داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین ترکیب تیماری اثر باکتری‌های محرک رشد و محلول‌پاشی نیتروژن بیانگر آن بود که بیش‌ترین نسبت وزن ریشه به اندام هوایی (۰/۱۷) از ترکیب تیماری محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۰/۰۷) مربوط به عدم محلول‌پاشی × عدم تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بود (جدول ۳). باشان (۲۰۰۴) اظهار داشت که سیستم ریشه‌ای چاودار در مجاورت این باکتری ۳۰۰ درصد افزایش نشان داد (۲). در بررسی دیگری باکتری *Azotobacter chroococcum* 5 موجب افزایش ۶۰ درصدی وزن خشک ریشه در

اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر (۱۷)، بهبود توزیع آب در گیاه، افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید هورمون‌های گیاهی مؤثر بر رشد گیاه باعث افزایش عملکرد دانه در گندم شود. **عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت:** مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح (۱۷۸۳ گرم در مترمربع) به ترکیب تیماری محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۱۰۲۳ گرم در مترمربع) به عدم محلول‌پاشی × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت (جدول ۳). ناندا و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که تلقیح بذرهای ذرت با ازتوباکتر و آزوسپریلوم موجب افزایش عملکرد علوفه گردید (۲۴). مک‌دونالد (۲۰۰۲) در بررسی سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد ارقام مختلف گندم گزارش کرد که با افزایش مصرف نیتروژن، ماده خشک در زمان گرده‌افشانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۲). همچنین نتایج اثر ترکیب تیماری زمان محلول‌پاشی در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بیانگر آن است که بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۷/۵۴ و ۴۶/۴۱ درصد) به محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی × تلقیح بذر با ازتوباکتر و محلول‌پاشی در مرحله ظهور سنبله × تلقیح بذر با ازتوباکتر تعلق داشتند که اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند و کم‌ترین آن (۳۶/۷۴ درصد) به ترکیب تیماری محلول‌پاشی در مرحله پر شدن دانه و عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد تعلق داشت (جدول ۳). توران و همکاران (۲۰۱۰) افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم را بواسطه تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات گزارش کردند (۳۴).

گندم شد (۲۱). چاکماکچی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تلقیح بذره‌های جو با باکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو می‌گردد (۵). آنان افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی به واسطه تلقیح با باکتری‌ها را ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری گزارش کردند.

کارایی مصرف نیتروژن: نتایج نشان داد که اثر باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژنه بر کارایی مصرف کود نیتروژنه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف کود (۱۰/۳۱ کیلوگرم در کیلوگرم) به محلول‌پاشی در زمان چکمه‌زنی و کم‌ترین مقدار آن (۸/۱۹ و ۷/۴۷ کیلوگرم در کیلوگرم) به محلول‌پاشی در زمان ظهور سنبله و زمان پر شدن دانه تعلق داشت که در یک گروه آماری مشترک قرار داشتند (جدول ۴). طوسی‌کهل و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که در تیمار محلول‌پاشی مکمل در مرحله قبل از گلدهی به دلیل در دسترس بودن نیتروژن به مقدار مناسب و استفاده بهینه گیاه از این کود، تلفات ناشی از آبشویی، دنیتریفیکاسیون و تصعید کاهش یافته و امکان افزایش جذب نیتروژن فراهم می‌شود که این امر منجر به انتقال مناسب کود به دانه شده که ضمن بهبود کارایی مصرف کود، به افزایش عملکرد دانه منجر می‌گردد.

(۳۳). مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر کارایی مصرف کود نشان داد که بیش‌ترین کارایی (۱۰/۵۷ کیلوگرم در کیلوگرم) در تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم و کم‌ترین آن (۷/۴۵ کیلوگرم در کیلوگرم) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به دست آمد (جدول ۴). کندی و همکاران (۲۰۰۴) طی بررسی‌های مختلفی اظهار داشتند که ازتوباکتر به‌عنوان تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن ملکولی با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و در نهایت سبب بهبود کارایی مصرف کود می‌شوند (۱۷). مانسک و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد می‌گردد. همچنین، تغییر در اندازه و مرفولوژی خارجی و داخلی ریشه‌ها به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک اثر گذاشته (۲۰) و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب را افزایش داده که در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیش‌تر خواهد شد (۳۸). همچنین وزن و حجم ریشه به واسطه تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت (جدول ۴) که با افزایش وزن و حجم ریشه، عناصر و مواد غذایی به راحتی در اختیار گیاه قرار گرفته و در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود می‌گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، اثر باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات تربیت‌کاله.

Table 2. variance analysis effects of plant growth promoting rhizobacteria and spraying time of nitrogen on yield, yield components and some traits of triticale.

کارایی مصرف کود نیتروژنه Nitrogen use efficiency	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی Shoot to root ratio	حجم ریشه Root volume	وزن ریشه Root weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک در واحد سطح Biological yield	عملکرد دانه در واحد سطح Yield per area	وزن صددانه Grain 100 weigh	دانه در سنبله Number of grain per ear	ارتفاع	درجه	منابع تغییر	
									طول سنبله Ear length	بونه Plant height		آزادی
5.2*	0.008**	1852 ^{ns}	14.1 ^{ns}	36.3 ^{ns}	99933**	2352 ^{ns}	11.7**	8.6*	72.6**	21.3 ^{ns}	2	تکرار replication
26.1**	0.003**	0.95 ^{ns}	61.8 ^{ns}	10.8 ^{ns}	251613**	66170**	2.2**	131**	8.2**	107*	3	محلول‌پاشی نیتروژن Nitrogen spraying
17.3**	0.005*	11785**	20057*	96.3**	359107**	11367.6**	1.9**	202**	6.1**	202**	3	باکتری bacteria
2.3 ^{ns}	0.00007*	620 ^{ns}	14 ^{ns}	39.7*	33210**	5359*	0.1**	3.7**	0.08*	106*	9	محلول‌پاشی × باکتری Nitrogen spraying * bacteria
1.2	0.00002	534	26.4	13.9	5751	2276	0.01	2.01	0.03	22.3	30	خطا error
13.1	4.3	0.5	3.8	9.8	3.9	8.06	2.5	3.6	1.8	7.2	-	ضریب تغییر (/C.V)

^{ns} and *, **, Show no significant and significant differences at 0.05, 0.01 probability level, respectively. و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله.

Table 3. Mean comparison of effects of plant growth promoting rhizobacteria and spraying time of nitrogen on yield and yield components of triticale.

نسبت وزن ریشه به اندام هوایی Shoot to root ratio	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ²)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Yield per area (g per area)	وزن صددانه (گرم) Grain 100 weigh (g)	تعداد دانه در سنبله Number of grain per ear	طول سنبله (سانتی‌متر در بوته) Ear length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر در بوته) Plant height (cm)	ترکیب تیماری
0.07 ^j	38.4 ^{cd}	1023 ^j	393 ^g	3.2 ⁱ	25.8 ^j	8.7 ^l	74.9 ^e	M ₀ ×B ₀
0.12 ^{de}	39.1 ^{cd}	1663 ^{abc}	650 ^{bcd}	4.5 ^d	41.8 ^c	10.6 ^{gh}	94.9 ^{abc}	M ₀ ×B ₁
0.1 ^g	38.2 ^{cd}	1388 ^{fg}	528 ^{ef}	4.1 ^f	36 ^f	10.1 ^{ij}	96.1 ^{ab}	M ₀ ×B ₂
0.09 ⁱ	42.3 ^{abc}	1327 ^{gh}	567 ^{de}	3.5 ^h	28.2 ⁱ	9.6 ^k	91.3 ^{abc}	M ₀ ×B ₃
0.11 ^{fe}	39.1 ^{cd}	1658.3 ^{abc}	633 ^{cd}	4.1 ^f	38.3 ^e	10.7 ^{fg}	95.1 ^{abc}	M ₁ ×B ₀
0.17 ^a	47.5 ^a	1783 ^a	846 ^a	5.2 ^a	48.8 ^a	12.6 ^a	94.4 ^{abc}	M ₁ ×B ₁
0.14 ^b	40.8 ^{bcd}	1729 ^{ab}	702 ^{bc}	5 ^b	45.1 ^b	12 ^b	99.2 ^a	M ₁ ×B ₂
0.11 ^e	38.3 ^{cd}	1608 ^{abc}	614 ^d	4.8 ^c	41.5 ^c	11.6 ^c	88.1 ^{abcd}	M ₁ ×B ₃
0.09 ^{hi}	37.4 ^{cd}	1238 ^{hi}	474 ^{fg}	4.2 ^f	35.3 ^{fg}	10.3 ^{hi}	82.9 ^{cde}	M ₂ ×B ₀
0.14 ^b	46.4 ^a	1584 ^{cde}	730 ^b	5 ^b	46.8 ^a	11.7 ^{bc}	97.7 ^{ab}	M ₂ ×B ₁
0.12 ^{cd}	39.1 ^{cd}	1536 ^{cde}	595 ^{de}	4.5 ^d	42.7 ^c	11.2 ^{de}	94.3 ^{abc}	M ₂ ×B ₂
0.1 ^{fg}	35.6 ^{de}	1489 ^{def}	528 ^{ef}	4.3 ^{ef}	40.8 ^{cd}	11 ^{ef}	85.8 ^{bcd}	M ₂ ×B ₃
0.08 ⁱ	36.7 ^{cde}	1141 ^{ij}	417 ^g	3.8 ^g	31.7 ^h	9.7 ^{jk}	95.7 ^{abc}	M ₃ ×B ₀
0.13 ^c	38.4 ^{cd}	1658 ^{abc}	635 ^{cd}	4.4 ^{de}	45.4 ^b	11.5 ^{cd}	91.7 ^{abc}	M ₃ ×B ₁
0.12 ^e	36.8 ^{cde}	1607 ^{bcd}	592 ^{de}	4.1 ^f	39.2 ^{de}	10.7 ^{fg}	95.8 ^{abc}	M ₃ ×B ₂
0.1 ^{gh}	38.6 ^{cd}	1461 ^{ef}	562 ^{de}	3.9 ^g	33.1 ^{gh}	10 ^j	98.6 ^{ab}	M ₃ ×B ₃
0.004	3.2	63.2	39.7	0.09	1.1	0.16	5.5	LSD _{5%}

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

Means with similar letters in each column are not significantly different.

محلول‌پاشی کود نیتروژن در زمان‌های مختلف (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی، در مرحله ظهور سنبله و در مرحله پر شدن دانه) به ترتیب به صورت M₀، M₁، M₂ و M₃ و چهار سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با ازتوباکتر، آزوسپریلوم و سودوموناس ۹) به ترتیب به صورت B₀، B₁، B₂ و B₃ می‌باشد.

M₀, M₁, M₂ and M₃ are without spraying as control, spraying in boot stage, ear emergence, grain filling period respectively B₀, B₁, B₂ and B₃ are without inoculation as control, seed inoculation with *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد و زمان محلول‌پاشی نیتروژن بر برخی خصوصیات ریشه و کارایی مصرف کود نیتروژن در تریتیکاله.

Table 4. Mean comparison of effects of plant growth promoting rhizobacteria and spraying time of nitrogen on root traits and nitrogen use efficiency of triticale.

کارایی مصرف کود نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب در هر کرت)	وزن ریشه (گرم در مترمربع)	
Nitrogen use efficiency (kg/kg)	Root volume (cm ³ .per plot)	Root dry weight (g/m ²)	
-	3750 ^a	112 ^a	عدم محلول‌پاشی without spraying
10.3 ^a	4013 ^a	106 ^a	چکمه‌زنی spraying in boot stage
8.9 ^b	3962 ^a	121 ^a	ظهور سنبله ear emergence
7.4 ^b	3869 ^a	118 ^a	پرشدن دانه grain filling period
7.4 ^c	4100 ^b	91.5 ^d	عدم تلقیح without inoculation
10.8 ^a	4170 ^a	181 ^a	ازتوباکتر <i>Azotobacter</i>
7.8 ^{bc}	4110 ^b	107 ^c	سودوموناس ۹ <i>Pseudomonas</i>

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

Means with similar letters in each column are not significantly different.

نتیجه‌گیری کلی

با ازتوباکتر و محلول‌پاشی در مرحله چکمه‌زنی با افزایش وزن ریشه و کارایی مصرف کود با افزایش شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، موجب افزایش خصوصیات رشدی تریتیکاله از قبیل ماده خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی می‌گردد.

با تلقیح بذر با کودهای زیستی و محلول‌پاشی با کود نیتروژن در مرحله چکمه‌زنی، عملکرد، اجزای عملکرد دانه و کارایی مصرف کود افزایش یافت. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به‌خصوص ازتوباکتر در مقایسه با عدم تلقیح بذر منجر به افزایش وزن و حجم ریشه گردید. به‌نظر می‌رسد تلقیح بذر

منابع

1. Abassdokht, H., and Marvi, H. 2004. Effects of foliar application nitrogen on yield and yield components of wheat. Iran. J. Agric. Sci. 36: 6. 1325-1331. (In Persian)
2. Bashan, Y., Holguin, G., and de-Bashan, L. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. Can. J. Microbiol. 50: 521-577.

3. Biary, A., Golami, A., and Asadi Rahmani, H. 2011. Study of the effects of plant growth promoting rhizobacteria of *Azotobacter* and *Azospirillum* on growth traits and yield of corn (*Zea mays* L.). J. Plant Soil. 25: 1. 1-10. (In Persian)
4. Burdman, S., Volpin, H., Kigel, J., Kapulnik, Y., and Okon, Y. 1996. Promotion of nod gene inducers and nodulation in common bean (*Phaseolus vulgaris*) roots inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. Applied and environmental microbiology. 62: 3030-3033.
5. 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. J. Plant Nutr. 170: 288-295.
6. Cox, W.J., Skalonge, D.J.R., Cherney, T., and Reid, W.S. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. Agron. J. 85: 341-347.
7. Davidson, H.R., and Campbell, C.A. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of manitu spring wheats influenced by nitrogen, temperature and moisture. Can. J. Plant Sci. 64: 825-839.
8. Emam, Y., Salami, S., and Shokofa, A. 2009. Effects of nitrogen levels on yield and yield components of wheat under irrigation and dry land conditions. Iran. J. Crop Sci. 7: 321-332. (In Persian)
9. Eydyzadeh, Kh., Mahdavy Damogani, A.M., Sabahi, H., and Sofyzadeh, S. 2010. Effects of biofertilizer application integrated with chemical fertilizer on growth of corn (*Zea mays* L.). J. Agroecol. 2: 2. 292-301.
10. Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advance Agronomy. 88: 97-185.
11. Freitas, J.R.D., Banerjee, M.R., and Germida, J.J. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus. Biological and Fertilizer Soils. 24: 358-364.
12. Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on germination, seedling growth and yield of maize. Proceeding of world Academy of Science, Engine and Techno. 37: 207-374.
13. Glick, B.R., Patten, C.L., Holguin, G., and Penrose, D.M. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press, London, United Kingdom, 267p.
14. Goodroad, L.L., and Jellum, M.D. 1988. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant and Soil. 106: 85-89.
15. Goshchi, F. 2000. Triticale. Carno press. Islamic Azad University, Varamin branch, 76p. (In Persian)
16. Hamidi, A.R., Chaokan, A., Asgharzadeh, M., Dehghanshoar, A., Ghalavand, H., and Malakouti, M.J. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenology of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids. Iran. J. Crop Sci. 11: 3. 249-270. (In Persian)
17. Kandil, A.A., Badawi, M.A., EL-Moursy, S.A., and Abdou, M.A. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). Basic Applied Science. 5: 2. 227-237.
18. Karimi, M.M., and Siddique, K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Austr. J. Agric. Res. 42: 13-20.
19. Malakote, M., and Nafisse, J. 1996. Application of Fertilizer in Crop Soils. Tarbiat Moddares press, 342p. (In Persian)
20. Manske, G.B., Luttger, A., Behl, R.K., VleK, P.G., and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, Nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter chroococcum* in wheat. Plant Breeding. Pp: 122-145.
21. Martinez-Toledo, M.V., Gonzalez-Lopez, J., Rubia, T., Moreno, J., Ramos-Cormenzana, A. 1989. Grain yield response of *Zea mays* (hybrid AE703) to *Azotobacter chroococcum* H23. Biology Fertilizer Soils. 6: 352-353.
22. Mc Donald, G.K. 2002. Effects of nitrogen fertilizer on the growth grain yield and grain protein concentration of wheat. Austr. J. Agric. Res. 43: 949-967.

23. Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghe, M., Asghari, R., Khandan, T., and Skandarpour, B. 2011. Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Communication in Soil Science and Plant Nutrition Analysis*. Pp: 1097-1109.
24. Nanda, S.S., Swain, K.C., Panda, S.C., Mohanty, A.K., and Alim, M.A. 1995. Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. *Current Agriculture Research*. 8: 45-47.
25. Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T. 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea mays*. *Plant and Soil*. 135: 213-221.
26. Sabir, S., Bakht, J., Shafi, M., and Alishah, M. 2002. Effect of foliar application of different doses nitrogen on wheat. *Asi. J. Plant Sci*. 4: 300-303.
27. Salwau, M.I.M. 1994. Effect of soil and foliar application of nitrogen levels on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals Agriculture Science*. 32: 705-715.
28. Seyed Sharifi, R. 2011. Grain yield and physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *J. Food Agric. Environ*. 9: 3-4. 393-397.
29. Sharaan, A.N., and El-Smie, F.S.A. 1999. Response of wheat varieties to some environmental influences. 1. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture Science*. 44: 589-601.
30. Shimon, M., Tirosh, T., and Glick, B.R. 2004. Plant growth- promoting bacteria confer resistance in tomato plant to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42: 565-572.
31. Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. *Plant Soil Environment*. 50: 9. 409-415.
32. Spiertz, J.H., and Ellen, J.J. 1978. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *J. Agric. Sci*. 26: 210-231.
33. Tosi Kohel, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2011. Effects of concentration and foliar application time of nitrogen on grain yield and nitrogen use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as second cropping. *Iran. J. Field Crop Sci*. 42: 2. 387-396. (In Persian)
34. Turan, M., Gullucea, M., Cakmakcie, R., and Oztasa, T. 2010. The effect of PGPR strain on wheat, yield and quality parameters. In *Proceedings of the World Congress of Soil Science, Soil19 Solutions for a Changing World 1 – 6 August Brisbane, Australia*, Pp: 140-143.
35. Van, V.T., Bergo, O., Ngoke, S., Balandreau, J., and Heulin, T. 2000. Repeated beneficial effect of rice inoculation with a strain of *Burkholderia vietnamiensis* on early and late yield components in low fertility sulphate acid soil of Vietnam. *Plant Soil*. 218: 273-284.
36. Wu, S.C., Cao, Z.H., Cheng, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155-166.
37. Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. *Plant Science*. 6: 1. 77-82.
38. Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Agron. J*. 81: 97-168.
39. Zaidi, A., and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro-organisms and *glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. *Agriculture Science*. 30: 223-230.
40. 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. *Pak. J. Biol. Sci*. 6: 4. 344-358.



Evaluation of effects of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* inoculation and spraying of nitrogen on fertilizer use efficiency and growth of *Triticale*

*R. Seyed Sharifi¹, F. Lotfollah² and H. Kamari²

¹Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili,

²M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili

Received: 09/21/2014; Accepted: 05/10/2015

Abstract

Background and objectives: Among various nutritional requirements for production, nitrogen is known to be an essential element for plant growth and development. Nitrogen deficiency limits cell division, chloroplast development, enzyme activity and reduces dry matter yields. Although nitrogen is the key element in increasing of productivity, but large rates of fertilizer N loss to the environment could cause a serious environmental problem such as groundwater contamination. Chemical fertilizers combined with organic manures result in increase of soil organic matter, improvement of soil properties and increase of crop yield. Determination of the effects of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* inoculation and spraying time of nitrogen on fertilizer use efficiency and growth of *triticale* is very important to maximize yield and economic profitability of *triticale* production in a particular environment. Moreover, it seems that there is little investigation about the combined effects of nitrogen fertilization and bio fertilizer on growth of *Triticale*. Considering the above facts, the present study was performed to know the effects of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* inoculation and spraying time of nitrogen on fertilizer use efficiency and growth of *Triticale*.

Materials and methods: A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research farm of the Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili in 2012. Treatments were: seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria in four levels containing (without inoculation as control, seed inoculation with *Azotobacter chroococcum* strain 5, *Azospirillum lipoferum* strain OF, *Pseudomonas putida* strain 9 and spraying nitrogen fertilizer in four levels (without spraying as control, spraying in boot stage, ear emergence, grain filling period) from urea.

Results: Results indicated that spraying of nitrogen fertilizer × seed inoculation with PGPR had significant effects on growth indices, yield and yield components at 0.01 probability level. The highest values of total dry matter, crop growth rate and relative growth rate and leaf area index were observed in inoculated plants with *Azotobacter chroococcum* × nitrogen spraying in boot stage and the lowest were recorded in non seed inoculation and without spraying. Maximum of yield and yield components, fertilizer use efficiency were obtained in seed inoculation with *Azotobacter chroococcum* × nitrogen spraying in boot stage.

Conclusion: It seems that in order to increase these traits, is suggested nitrogen spraying in boot stage × seed inoculation with *Azotobacter*.

Keywords: Biofertilizer, Growth indices, Seed inoculation, Yield

* Corresponding Authors; Email: raouf_ssharifi@yahoo.com