

تأثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر وزن دانه در بوته، محتوای کلروفیل و کارایی مصرف کود تریتیکاله

Effects of Nitrogen Rates and Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Grain Weight Per Plant, Chlorophyll Content and Fertilizer Use Efficiency of *Triticale*

رئوف سیدشریفی^{۱*}، سپیده عباس‌پور^۲ و رضا سیدشریفی^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۲۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر وزن دانه در بوته، محتوای کلروفیل و کارایی مصرف کود تریتیکاله، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۰ انجام گردید. تیمارها مقادیر کود نیتروژنه (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (تلقیح بذر با آزوسپیریلوم لیپوفروم استرین OF، سودوموناس پوتیدا سویه‌های ۴۱ و ۹ و عدم تلقیح بذر به عنوان شاهد) بودند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و مقادیر کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه در بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن صد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه و دیگر صفات مورد بررسی داشت. افزایش کود نیتروژن، درصد پروتئین دانه را افزایش داد. بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۱/۲۴) در تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۹ به دست آمد. مقایسه میانگین تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در مقادیر کود نیتروژنه نشان داد که وزن دانه در بوته در تلقیح بذر با آزوسپیریلوم لیپوفروم در مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر از کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری بود. بالاترین کارایی مصرف کود در ترکیب تیماری $N_{80} \times$ تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم به دست آمد. به نظر می‌رسد به منظور افزایش وزن دانه در بوته و دیگر خصوصیات زراعی، می‌توان پیشنهاد نمود که تلقیح بذر تریتیکاله با آزوسپیریلوم در مصرف ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن، تریتیکاله، نیتروژن، راندمان مصرف کود، محتوای کلروفیل، شاخص برداشت

۱ و ۲. به ترتیب استاد و فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول Email: raouf_ssharifi@yahoo.com

بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی

مقدمه

تریتیکاله اولین غله ساخت دست بشر واجد خصوصیات مطلوب چاودار از جمله رشد سریع و قابلیت تولید در زمین‌های فقیر و کم بازده و از طرف دیگر دارای خصوصیات برتر کیفی و زراعی گندم می‌باشد (قوشچی، ۱۳۷۹). این گیاه کود پذیر بوده و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی نیتروژن از خاک برداشت می‌کند. بخش عمده‌ای از سطح زیر کشت این گیاه به مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور تعلق دارد. در این مناطق میزان مواد آلی خاک که عمده منبع تأمین نیتروژن هستند، به دلایل مختلف از جمله بارندگی کم، تناوب زراعی نامناسب، پوشش گیاهی ناچیز و عدم مصرف کودهای دامی و کود سبز کم است و در این راستا 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 حاصلخیزی خاک‌ها و آسیب‌های زیست‌محیطی می‌شود (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳). از این رو جایگزین کردن بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی به منظور ممانعت از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی ضرورتی انکار ناپذیر است (چاکماچی^۱ و همکاران 2007b). در این راستا کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی به‌صورت تلقیح با کودهای شیمیایی، مهمترین راهبرد برای مدیریت بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. این باکتری‌ها به‌طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند. ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردد (چاکماچی و همکاران، 2007b).

به‌منظور توصیه بهینه هر نوع کودی، لازم است کارایی مصرف کود مورد ارزیابی قرار گیرد. کارایی مصرف کود به نوع، مقدار کود مصرفی و نیز زمان و روش کوددهی بستگی دارد. متأسفانه کودهای نیتروژنی در بیشتر مناطق کشور به‌صورت مناسب استفاده نشده و کارایی آن‌ها پایین است (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۱)، بنابراین جهت افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود باید به‌گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در یک مدت طولانی و با کمترین تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد (کندی^۲ و همکاران، 2004). استفاده از کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله روش‌های

عملیات زراعی بهینه است که می‌تواند این نقص را برطرف نماید (ویو^۳ و همکاران، 2005). برخی معتقدند که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، سبب افزایش رشد گیاهان به‌واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (فاگریا و بالیگار^۴، 2005). به‌طوری‌که استفاده از مایه تلقیح از توباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها، سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم - گردید (مانسکی^۵ و همکاران، 2000). عده‌ای از محققان اظهار داشتند که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید هورمون‌هایی مانند اکسین به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و بهبود کارایی مصرف کود کمک می‌کنند (انجم^۶ و همکاران، 2007؛ کندی و همکاران، 2004؛ زیدی و محمد^۷، 2006).

عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد، طوری که نیتروژن از طریق افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه سبب افزایش عملکرد گردید (دیویس^۸ و همکاران، 2002). شاران و آل سامی^۹ (1999) گزارش کردند که کاربرد توأم از توباکتر و آزوسپریلوم همراه با کود نیتروژنه، موجب افزایش تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد و وزن دانه در هر سنبله و عملکرد دانه بوته‌های گندم شد. رودرشا^{۱۰} و همکاران (2005) اظهار داشتند افزایش میزان تولید در گیاهان می‌تواند در نتیجه توانایی باکتری‌ها در حذف عوامل بیماری‌زای خاک‌زی، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین، سیتوکینین و اکسین و افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای به منظور دستیابی بیش‌تر به منابع آب و مواد غذایی باشد. جاگو^{۱۱} (1987) طی بررسی‌هایی اظهار داشت که تلقیح بذر گندم و جو با باکتری آزوسپریلوم و از توباکتر موجب افزایش ۴۰ درصدی عملکرد دانه شد و سویه‌های دارای توان تولید ACC-دآمیناز، از بیشترین افزایش در عملکرد برخوردار بودند. پریرا^{۱۲} و همکاران (1977) افزایش عملکرد در گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپریلوم را به تولید بیشتر مواد افزایش‌دهنده رشد توسط این باکتری‌ها نسبت دادند. کایا^{۱۳} و همکاران (2002) افزایش اجزای عملکرد را به نقش مؤثر

3. Wu
4. Fageria and Baligar
5. Manske
6. Anjum
7. Zaidi and Mohammad
8. Davis
9. Sharaan and El-Samie
10. Rudresha
11. Jagnow
12. Pereira
13. Kaya

1. Cakmakci
2. Kennedy

تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. مشخصات فیزیکیوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از رابطه ۱ به شرح زیر برآورد گردید (طوسی کهل و همکاران، ۱۳۹۰).

رابطه ۱

$$NUE = Wg / Nf$$
 (NUE) کارایی مصرف نیتروژن (گرم بر گرم)، Nf مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب گرم و Wg وزن دانه بر حسب گرم می‌باشند.

میزان کلروفیل برگ پرچم هر ۴ روز یک‌بار توسط دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی تعداد ۸ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه برداشت گردید سپس صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و عملکرد دانه تک بوته اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کار گرفته شد. پس از خارج‌سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین 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 پروتئین دانه، میزان نیتروژن موجود در دانه با استفاده از روش کج‌لدال برآورد شده و با ضرب در عدد ۶/۲۵ درصد پروتئین دانه محاسبه گردید. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل حساس نیاز کودی نسبت دادند. کادر^۱ و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف ازتوباکتر علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف نیتروژن گردید.

کلوپر و بیوجامپ^۲ (۱۹۹۲) گزارش کردند به کارگیری ازتوباکتر موجب توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش تعداد پنجه‌های بارور و بهبود وزن هزار دانه در گندم گردید. راعی و گایر^۳ (۱۹۸۸) افزایش ۹/۱ درصدی عملکرد دانه را در شرایط گلخانه‌ای در تلقیح بذر گندم با ازتوباکتر گزارش کردند. به دلیل اهمیت تریپتیکاله در استفاده دومنظوره از آن و نقش کود نیتروژنه و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در عملکرد کمی و کیفی موجب شد تا تأثیر نیتروژن و تلقیح بذر تریپتیکاله با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل و کارایی مصرف کود در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت 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 افزایش‌دهنده رشد (تلقیح بذر با باکتری آروسپیریوم لیپوفروم استرین OF، باکتری سودوموناس پوتیدا سویه‌های ۴۱ و ۹ و عدم تلقیح بذر با این باکتری‌ها به‌عنوان شاهد) بودند. باکتری‌ها از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور و بذر تریپتیکاله رقم جوآنیلو از مؤسسه تحقیقات دیم مراغه تهیه شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای ۱۰^۷ عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۵ درصد وزنی-حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. تمام بذرها به‌مدت دو ساعت به‌منظور تماس بهتر بذر با باکتری در مایه تلقیح باکتری‌های موردنظر در شرایط تاریکی قرار گرفتند. سپس ۴۰ بذر برای اعمال تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای رقم جوآنیلو است، در هرگلدان به‌صورت ردیفی کشت شد. کود نیتروژنه در دو مرحله (یک دوم در مرحله سبز شدن، یک دوم در مرحله ساقه روی) در تمامی واحدهای آزمایشی اعمال شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰

1. Kader
2. Kloepper and Beauchamp
3. Rai and Gaur

جدول ۱: مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک در گلخانه

Table 1: Soil physico-chemical properties at experimental field

پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) Oc (%)	بافت Texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهک Limon	درصد اشباع SP (%)	اسیدیته pH	مشخصه Trait
212	29.82	0.062	0.62	سیلتی لومی Silt-Limon	35	42	23	15	47	7.8	میزان Amount

نتایج و بحث

توسعه بیش‌تر ریشه‌ها و همچنین انجام فرایند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

تأثیر نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر وزن دانه در بوته، صفات کمی و کیفی، کارایی مصرف کود و برخی دیگر از صفات در جدول ۲ آورده شده است.

تعداد دانه در سنبله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۲۶/۷۰) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپیریوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۱۵/۲۴) به ترکیب تیماری N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تعلق داشت، همچنین بین دو باکتری آزوسپیریوم لیپوفروم و سودوموناس سویه ۴۱ در ترکیب با ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). *ارزان‌ش*^۱ و *همکاران* (2010) نیز افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریوم را گزارش کردند. *هرناندز*^۲ و *همکاران* (1995) افزایش تعداد دانه در بلال را در اثر تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس فلورسنس* و *فولچیری* و *فریونی*^۳ (1994) این افزایش را به واسطه تلقیح بذر با آزوسپیریوم گزارش نمودند. *اسپیترز و ال*^۴ (1978) اظهار داشتند که افزایش عملکرد ناشی از مصرف نیتروژن، به دلیل افزایش وزن دانه نیست بلکه به دلیل افزایش تعداد دانه در سنبله می‌باشد.

وزن صد دانه

وزن صد دانه تحت تأثیر کود نیتروژنه، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد که با مصرف نیتروژن به همراه تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، وزن صد دانه افزایش یافت که بیش‌ترین مقدار آن (۵/۱۱ گرم) به ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپیریوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۳/۶۲ گرم) به ترکیب تیماری N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تعلق داشتند (جدول ۳). *یوشیدا*^۵ (1981) معتقد است که

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن و اثر ترکیب تیماری باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در سطوح مختلف کود نیتروژنه به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۷۱/۱) سانتی‌متر) از ترکیب تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱ و کم‌ترین آن (۶۳/۹ سانتی‌متر) از N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به دست آمد (جدول ۳). *آناقلی* و *همکاران* (۱۳۸۵) افزایش ارتفاع بوته در غلات با افزایش سطوح نیتروژن را به افزایش طول میان‌گره‌ها نسبت دادند. حسن آبادی و *همکاران* (۱۳۸۹) اثر کاربرد توام کود نیتروژنه و باکتری افزایش‌دهنده رشد سودوموناس را بر ارتفاع بوته مثبت و معنی‌دار گزارش کردند.

طول سنبله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول سنبله (۸/۶۵)، $N_{16} \times$ سانتی‌متر) به ترتیب به ترکیب‌های تیماری $N_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپیریوم لیپوفروم و $N_{16} \times$ تلقیح بذر با سودوموناس سویه ۴۱ و کم‌ترین آن (۶/۵۵ سانتی‌متر) به ترکیب تیماری N × عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تعلق داشت. به عبارتی واکنش طول سنبله به هر دو باکتری آزوسپیریوم و سودوموناس سویه ۴۱ در سطح ثابتی از مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار یکسان بود (جدول ۳). افزایش طول سنبله در اثر کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد همراه با کود نیتروژنه توسط *شاران و ال سامی* (1999) نیز گزارش شده است. اردکانی و *همکاران* (۱۳۸۰) افزایش طول سنبله را به نقش مثبت آزوسپیریوم در افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه

1. Arzanesh
2. Hernandez
3. Fulchieri and Frioni
4. Spiertz and Ellen
5. Yoshida

و جذب نیتروژن از خاک می‌شود (دی سالمون و دوبرینر^۵، ۱۹۹۶)، تأثیر بر جذب NO_3^- با احیاء این ترکیب توسط باکتری‌ها در ناحیه ریشه (فریرا^۶ و همکاران، ۱۹۸۷)، و در نهایت از طریق تثبیت N_2 (وکن^۷ و همکاران، ۱۹۸۳) صورت می‌گیرد.

وزن و حجم ریشه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در سطح احتمال یک درصد و اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در سطوح کود نیتروژنه در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. نسبت وزن خشک ریشه به کل اندام هوایی نیز در سطح احتمال یک درصد در تمامی تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود. حجم ریشه نیز تحت تأثیر کود نیتروژنه، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و ترکیب تیماری این دو عامل قرار گرفت. بیش‌ترین حجم ریشه به ترکیب تیماری $\text{N}_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلوم و کم‌ترین آن به عدم تلقیح و عدم مصرف کود نیتروژنه تعلق داشت. در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که تلقیح غلات با آزوسپریلوم سبب افزایش حجم و تعداد ریشه شده است (باشان^۸ و همکاران، ۱۹۸۹). مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این دو عامل (جدول ۳) نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه N_{16} (۲/۳۴۷ میلی‌گرم) به ترکیب تیماری $\text{N}_{16} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلوم لیپوفروم و کم‌ترین آن N (۲/۳۳۲ میلی‌گرم) به عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت. پاکووسکی^۹ (۱۹۹۰) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت را در تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلوم گزارش کردند و علت را به تولید اکسین‌ها توسط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد نسبت دادند که به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه منجر می‌شود. جاین و پاتیکوین^{۱۰} (۱۹۸۴) اظهار داشتند که تأثیر مواد تنظیم‌کننده 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. /ستانچوا و دنیو^{۱۱} (۲۰۰۳) عنوان داشتند که

کود نیتروژن به دلیل افزایش مقدار ماده خشک و دوام سطح برگ باعث افزایش وزن هزاردانه می‌شود. کارلیر^۱ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به افزایش ۶ درصدی وزن هزار دانه منجر گردید. مستیهولی و ایتال^۲ (۱۹۹۷) افزایش در وزن هزار دانه سورگوم تلقیح یافته با سویه‌های آزوسپریلوم را گزارش کردند. کایا و همکاران (۲۰۰۲) علت افزایش اجزاء عملکرد را به نقش مؤثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل ساقه‌دهی و خوشه‌دهی نسبت دادند که سبب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی گردید.

پروتئین دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که درصد پروتئین دانه تحت تأثیر نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. با افزایش سطوح کود نیتروژنه درصد پروتئین دانه افزایش یافت. روند مشابهی نیز در تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در مقایسه با عدم تلقیح بذر مشاهده گردید (شکل ۱). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۱۱/۳۱ درصد) به باکتری سودوموناس سویه ۹ و کم‌ترین آن (۱۰/۹۷ درصد) به عدم تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تعلق داشت. زامبر^۳ و همکاران (۱۹۸۴) افزایش درصد پروتئین دانه گندم را در اثر تلقیح بذر با باکتری افزایش‌دهنده 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 آن (۱۰/۶۴ درصد) به عدم مصرف کود نیتروژن تعلق داشت. شهبواری و صفاری (۱۳۸۴) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد پروتئین دانه به میزان ۶ درصد افزایش یافت. به نظر می‌رسد کودهای نیتروژنی مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین می‌گردند (کیم^۴ و همکاران، ۱۹۸۶). هوشمندفر و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که با افزایش مقادیر مصرف نیتروژن، میزان پروتئین دانه افزایش یافت. برخی محققین معتقدند افزایش میزان نیتروژن و عملکرد دانه به سه دلیل عمده شامل ترشح انواع هورمون‌ها که سبب افزایش رشد ریشه

5. De Salomone and Dobereiner

6. Ferreira

7. Okon

8. Bashan

9. Pacovsky

10. Jain and Pativquin

11. Stancheva and Dinev

1. Carlier

2. Mastiholi and Itnal-

3. Zamber

4. Kim

افزاینده رشد عنوان کردند. سودرزینسکا و سویچا^۵ (2000) نشان داد که تلقیح بذر ذرت با باکتری *A. brasilense* سبب افزایش معنی دار در محتوای کلروفیل برگ شد، به طوری که مقدار آن ۲۵ درصد از تیمار عدم تلقیح بیش تر بود. این افزایش در میزان کلروفیل برگ با افزایش عملکرد گیاه (۱۷ درصد افزایش در مقایسه با تیمار عدم تلقیح) همراه بوده است. آلن^۶ و همکاران (1980) گزارش کردند که در حضور کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش مقادیر سیتوکینین و کلروفیل، رشد گیاه افزایش می یابد. آمر^۷ و همکاران (2000) در تحقیقی بر روی گیاه برنج مشاهده کردند که تأثیر باکتری های افزایش دهنده رشد هم به تنهایی و هم در تلفیق با کودهای شیمیایی می تواند باعث افزایش قرائت کلروفیل متر یا اسپد^۸ گردد.

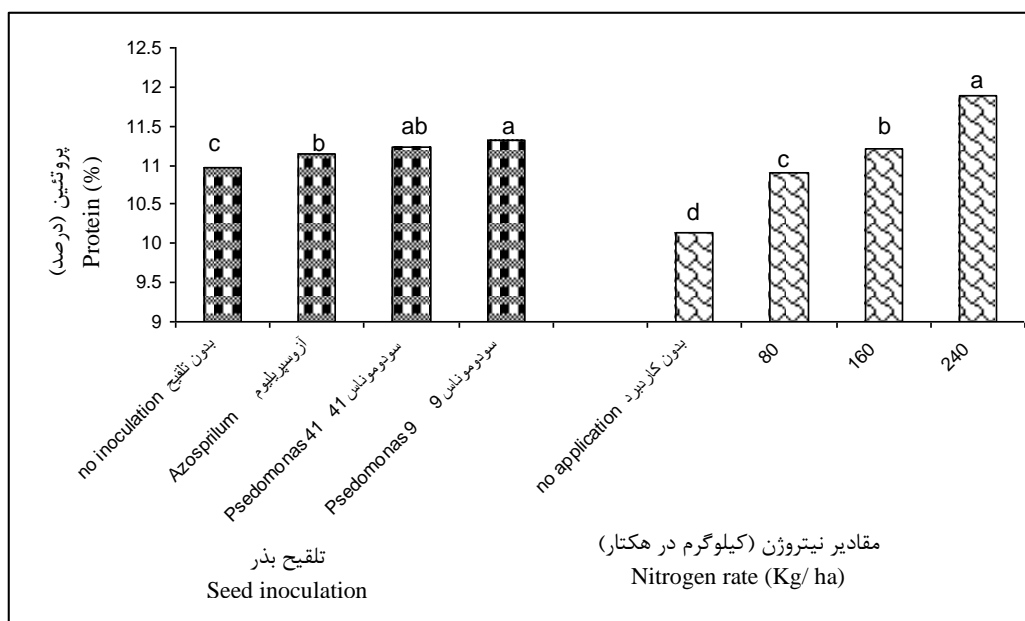
برهمکنش بین سیستم ریشه ذرت و باکتری آروسپریلوم برازیلنس، سبب افزایش بیوماس و میزان نیتروژن کل بوته میشود. فریتاس و استامفورد^۱ (2002) در یک بررسی گلدانی افزایش فعالیت آنزیم نیتروژناز و رشد ریشه ذرت در تلقیح بذر با باکتری آروسپریلوم را گزارش کردند. در گیاهان تلقیح شده با آروسپریلوم معمولاً به واسطه افزایش تعداد و طول ریشه های فرعی و تارهای کشنده، وزن و حجم ریشه افزایش می یابد (حسین^۲ و همکاران، 1999). فولچیری و فریونی (1994) نیز بذره های ذرت را با مایه تلقیحی حاوی مخلوطی از دو سویه باکتری آروسپریلوم برازیلنس و یک سویه آروسپریلوم لیوفوروم تلقیح کردند و با کشت آن ها در مزرعه افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته و ریشه را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) گزارش کردند. افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیش تر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیش تر را در حجم وسیع تری از خاک امکان پذیر می سازد. بدین ترتیب به نظر می رسد که با کاربرد PGPR در این آزمایش و افزایش حجم ریشه، توان و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی تریتی کاله بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است.

کلروفیل

بررسی عدد کلروفیل سنج نشان داد در تیمارهایی که از باکتری های افزایش دهنده رشد استفاده شده بود عدد کلروفیل سنج نوسان زیادی در طول فصل رشد نداشت (شکل های ۲). ولی در تیمارهایی که از کود شیمیایی به تنهایی استفاده شده بود در طول فصل رشد نوسانات زیادی در قرائت عدد اسپد مشاهده شد، به نظر می رسد علت این نوسانات با آبتوی و اتلاف نیتروژن مرتبط باشد. ولی در تیمارهای دارای باکتری های افزایش دهنده رشد به دلیل توانایی این باکتری ها در تثبیت بیولوژیک نیتروژن در طول دوره رشد گیاه، نوعی ثبات در میزان کلروفیل دیده می شود. در تیمار شاهد یا عدم مصرف کود نیتروژنه در عدم تلقیح بذر نیز کمترین مقدار در قرائت کلروفیل متر مشاهده گردید که می تواند ناشی از کمبود نیتروژن در دسترس گیاه باشد. بریدمایر^۳ (2005) بالاترین عدد کلروفیل سنج را در مقادیر بالای کود نیتروژنه و کمترین آن را در حالت عدم مصرف کود گزارش کردند. لوسی^۴ و همکاران (2004) افزایش محتوی کلروفیل برگ را از مزایای تلقیح گیاه با باکتری های

5. Swędrzynska and Sawicka
6. Allen
7. Amer
8. SPAD

1. Freitas and Stamford
2. Hossain
3. Bredemeier
4. Lucy



شکل ۱: مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر پروتئین دانه

Fig. 1: mean comparison of the effects of various levels of nitrogen fertilizer and seed inoculation with PGPR on seed protein

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 موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه میشوند (روستی^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی تیلاک^۴ و همکاران (۱۹۸۲) افزایش عملکرد دانه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به‌همراه مصرف کود اوره بیش‌تر از مصرف کود اوره به تنهایی، یا تلقیح بذر با این باکتری‌ها بدون مصرف کود اوره مشاهده کردند. 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 در هکتار کود نیتروژن، عملکرد در کرت‌های تلقیح شده ۱۲ درصد بالاتر بود، درحالی‌که 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 به خصوص در شرایط سخت رویشی که گیاه با کمبود نیتروژن قابل دسترس مواجه است افزایش دهد. عرب و همکاران (۱۳۸۷) تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپریلوم را یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح شده با باکتری آزوسپریلوم عنوان کردند.

وزن دانه در بوته

نتایج نشان داد که اثر نیتروژن، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، وزن دانه در بوته افزایش یافت که بیش‌ترین مقدار آن (۱/۳۶ گرم) به ترکیب تیماری $N_{160} \times$ تلقیح بذر با آزوسپریلوم لیپوفروم و کم‌ترین آن (۰/۵۵ گرم) به عدم تلقیح و عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت (جدول ۳). اوزتورک^۱ و همکاران (۲۰۰۳) افزایش عملکرد دانه جو در اثر تلقیح با آزوسپریلوم را به همراه مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. هر چه میزان کود شیمیایی کم‌تر باشد نقش آزوسپریلوم در تغذیه گیاه بیش‌تر می‌شود و نیاز به کود شیمیایی را کاهش می‌دهد و آزوسپریلوم می‌تواند مکمل کود نیتروژن باشد و از این طریق در مصرف کود شیمیایی صرفه‌جویی می‌شود (باشان و دوبرسکی^۲، ۱۹۹۶). حسن آبادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کاربرد آزوسپریلوم در کنار کود نیتروژن باعث 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

3. Roesty
4. Tilak

1. Öztürk
2. Bashan and Dubrovsky

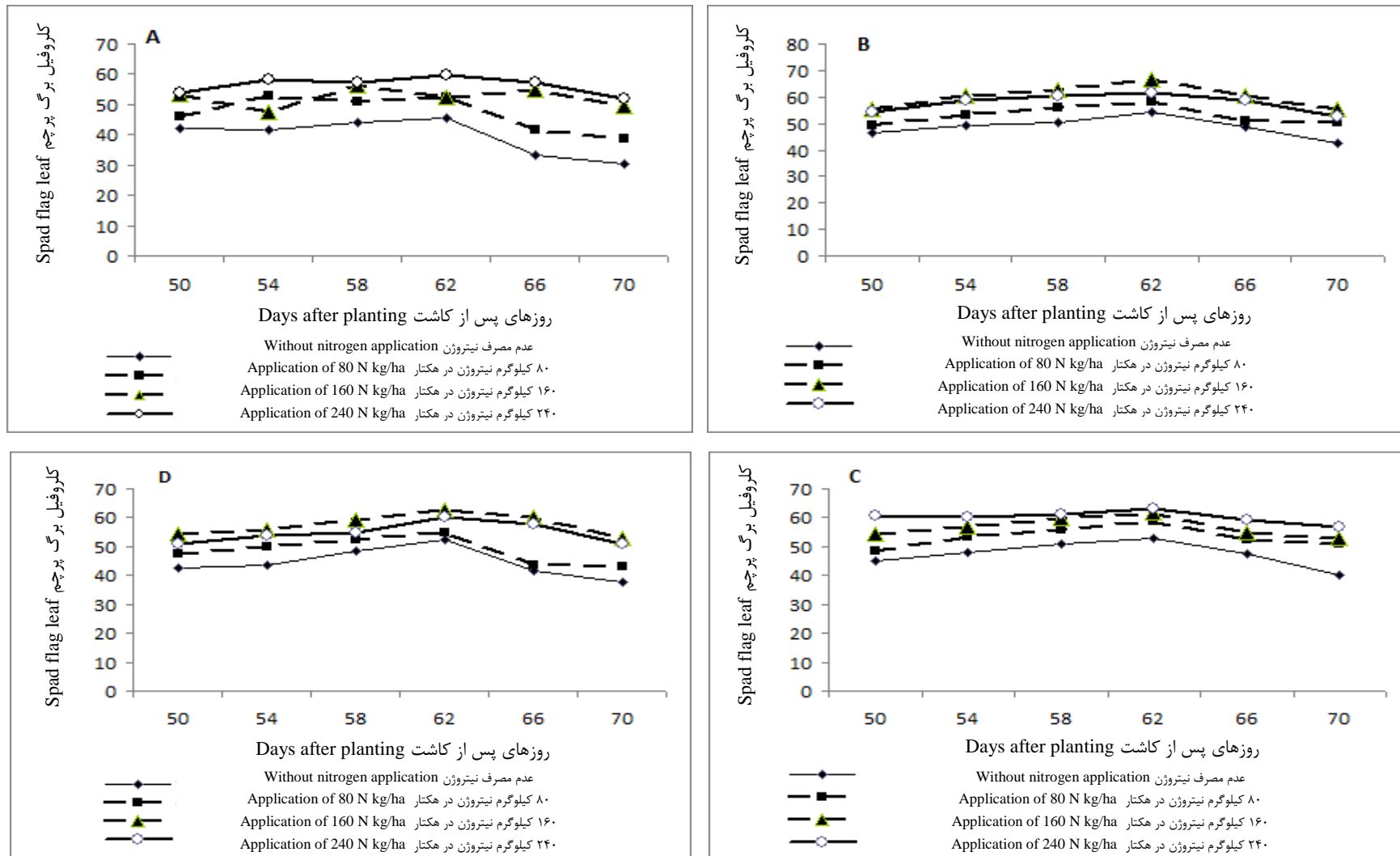
کارایی مصرف نیتروژن

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن، باکتری‌های افزایشنده رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر کارایی مصرف نیتروژن تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین کارایی مصرف (۳/۳۵) گرم بر گرم) به ترکیب تیماری $N_{80} \times$ پرایمینگ بذر با آزوسپیریوم و کم‌ترین آن (۱/۲) گرم بر گرم) به ترکیب تیماری $N_{240} \times$ پرایمینگ با سودوموناس سویه ۹ تعلق داشت (جدول ۳). البته اختلاف آماری معنی‌داری بین این ترکیب تیماری با ترکیب های تیماری $N_{240} \times$ پرایمینگ با آزوسپیریوم و $N_{240} \times$ عدم تلقیح بذر با باکتری مشاهده نگردید. معمولا بالاترین کارایی با جذب اولین عنصر غذایی (کود) به‌دست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عنصر غذایی کارایی کم‌تری دارند. مول^۱ و همکاران (1982) بیان داشتند که با افزایش مصرف کود، مقدار عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی می‌چرخد افزایش کم‌تری داشته که این وضعیت موجب کاهش کارایی مصرف کود می‌شود. سایر محققان نیز علت این کاهش را فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آشبویی و یا به علت عدم استفاده موثر از آن می‌دانند (گودرود و جلوم، 1988؛ دوایل و هالفورد^۲ (1993). گریف (1994) اظهار داشت در هنگام مصرف مقادیر بالاتر از حد بهینه نیتروژن، گیاه قادر به استفاده مناسب از کود نیتروژنه نمی‌باشد. به نظر می‌رسد باکتری‌های افزایشنده رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها به دلیل افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده از جذب عناصر غذایی و آب در نهایت منجر به افزایش کارایی زراعی مصرف کود و عملکرد بیش‌تر می‌گردد (زهیر^۳ و همکاران، 2004). یزدانی و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی باکتری‌های افزایشنده رشد و کودهای نیتروژنه و فسفره بر ذرت گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژنه با کاهش ۵۰ درصد از کود نیتروژنه و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای بیولوژیک (PGPR) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد برای صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد که تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (زیدی و محمد، 2006؛ زهیر و همکاران، 2004).

نتیجه‌گیری

با کاربرد کود نیتروژنه و باکتری‌های افزایشنده رشد وزن دانه در بوته و اکثر صفات مورد بررسی افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در ترکیب تیماری تلقیح بذر با آزوسپیریوم لیپوفروم و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وزن دانه در بوته و دیگر صفات بیش‌تر از کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد به‌منظور افزایش وزن دانه در بوته تریتیکاله و دیگر صفات، کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار در تلقیح بذر با آزوسپیریوم به‌کار برده شود.

1. Moll
2. Doyle and Holford
3. Zahir



شکل ۲: روند تغییرات کلروفیل برگ پرچم تریتیکاله در سطوح مختلف کود نیتروژنه در حالت عدم تلقیح بذر (A)، تلقیح بذر با آزوسپیریلوم لیپوفرورم (B)، سودوموناس سویه ۴۱ (C) و سودوموناس سویه ۹ (D) در سطوح مختلف کود نیتروژنه

Fig. 2: Variation trend of flag leaf spad at various levels of nitrogen fertilizer in without seed inoculation (A), seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* (B), *Pseudomonas* strain 41 (C), *Pseudomonas* strain 9 (D)

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و مقادیر نیتروژن بر وزن دانه در بوته و برخی دیگر از صفات تریتیکاله

Table 2: Analysis of variance the effects of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen rates on grain weight per plant and some traits of *Triticale*

کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	وزن دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	پروتئین دانه Grain protein	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی Weight root/ weight stem	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب) Volum root (cm ³)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم) Root weight	وزن صد دانه (گرم) 100 grains weight	دانه در سنبله Number of seed per spike	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike Length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	1.45 ^{**}	0.000028 ^{ns}	0.001 ^{ns}	26.85*	0.05 ^{**}	0.92 ^{ns}	0.025 ^{ns}	7.45 ^{**}	2	تکرار Replication
0.079 ^{**}	0.17 ^{**}	0.25 ^{**}	0.0012 ^{**}	0.02 ^{**}	106.58 ^{**}	0.52 ^{**}	38.52 ^{**}	1.02 ^{**}	2.65	3	باکتری افزایش‌دهنده رشد Plant growth promoting rhizobacteria
1.9 ^{**}	0.46 ^{**}	3.48 ^{**}	0.0057 ^{**}	0.07 ^{**}	21.68 ^{**}	1.49 ^{**}	94.42 ^{**}	2.92 ^{**}	66.29 ^{**}	3	نیتروژن Nitrogen
0.045 ^{**}	0.01 ^{**}	0.021 ^{ns}	0.0001 ^{**}	0.003 ^{**}	19.07*	0.03 ^{**}	5.07 ^{**}	0.11 ^{**}	2.14*	9	باکتری × نیتروژن Plant growth promoting rhizobacteria × Nitrogen
0.0008	0.001	0.01	0.000009	0.0005	7.68	0.006	0.29	0.02	0.94	30	خطای آمایش Error
3.72	3.48	1.21	2.09	2.99	0.81	1.87	2.41	1.93	1.44	-	ضریب تغییرات C.V

* and ** are significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively

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

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های افزاینده رشد و مقادیر نیتروژن بر وزن دانه در بوته و برخی صفات دیگر تریتیکاله

Table 3: Mean comparison of the effects of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen rates on grain weight per plant and some traits of *Triticale*

کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency (g/g)	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی Weight root/weight stem	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب) Volum root (cm ³)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم) Root weight	وزن صد دانه (گرم) 100 grains weight	دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن دانه در بوته (گرم) Grain weight per plant (g)	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike Length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	ترکیب تیماری Treatment compound	
-	0.2a	0.611h	332g	3.62h	15.34j	0.55m	6.55k	63.9j	N ₀ × without seed inoculation	عدم مصرف نیتروژن × عدم تلقیح بذر
2.2d	0.172b	0.725fg	335.3efg	3.89g	17.51i	0.68l	7.32ij	66.28hi	N ₈₀ × without seed inoculation	۸۰ کیلوگرم نیتروژن × عدم تلقیح بذر
1.62h	0.127gh	0.733fg	336.6cdefg	4.29ed	23.2ed	0.99gh	8def	67.79efgh	N ₁₆₀ × without seed inoculation	۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن × عدم تلقیح بذر
1.2i	0.132	0.795e	335.3defg	4.43cd	23.97bcd	1.06ef	8.14bcdef	68.41defg	N ₂₄₀ × without seed inoculation	۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن × عدم تلقیح بذر
-	0.158hij	0.725fg	339.2bcdef	4.11f	21.34gh	0.87jk	7.69gh	65.26ij	N ₀ × seed inoculation with Azospirillum	عدم مصرف نیتروژن × تلقیح با آزوسپریلوم
3.35a	0.139d	0.752f	339.8bcde	4.43cd	23.58cde	1.04fg	8.02cdef	67.2fgh	N ₈₀ × seed inoculation with Azospirillum	۸۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با آزوسپریلوم
2.01e	0.116g	0.935a	347.2a	5.11a	26.7a	1.36a	8.65a	70.43ab	N ₁₆₀ × seed inoculation with Azospirillum	۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با آزوسپریلوم
1.21i	.013ij	0.863cd	340.1bcd	4.61h	24.42bc	1.12cd	8.22bcd	69.21bcde	N ₂₄₀ × seed inoculation with Azospirillum	۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با آزوسپریلوم
-	0.163c	0.725fg	339.1bcdef	3.97g	20.85h	0.82k	7.56hi	64.46j	N ₀ × seed inoculation with Psedomonas 41	عدم مصرف نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۴۱
3.04b	0.146f	0.749f	339.5bcde	4.21ef	22.91ef	0.96hi	7.95ef	66.74ghi	N ₈₀ × seed inoculation with Psedomonas 41	۸۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۴۱
1.91f	0.133k	0.919ab	343ab	4.69b	25.91a	1.21b	8.6a	71.1a	N ₁₆₀ × eed inoculation with Psedomonas 41	۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۴۱
1.19i	0.131ij	0.844d	340bcd	4.59b	24.22bc	1.11cde	8.26bc	69.32bcde	N ₂₄₀ × seed inoculation with Psedomonas 41	۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۴۱
-	.0176b	0.705g	334.8fg	3.93g	18.08i	0.77i	7.27j	64.46j	N ₀ × seed inoculation Psedomonas 9	عدم مصرف نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۹
2.92c	.0153e	0.744fg	338.9bcdef	4.13f	23.20fg	0.91ij	7.89fg	66.62ghi	N ₈₀ × seed inoculation Psedomonas 9	۸۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۹
1.75g	0.128j	0.888bc	340.1bc	4.69b	24.56b	1.15c	8.3b	69.9abc	N ₁₆₀ × seed inoculation Psedomonas 9	۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۹
1.2i	0.134hj	0.829de	339bcdef	4.45c	24.16bc	1.07ef	8.16bcde	69.5abcd	N ₂₄₀ × seed inoculation Psedomonas 9	۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن × تلقیح با سودوموناس ۹

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم برای براساس آزمون LSD ندارند

Means with similar letters in each column have not significantly different based on LSD test

منابع

- آنقالی، ا.، کشیری، م.، زینلی، ا. و عزت احمدی، م. ۱۳۸۵. تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم رقم زاگرس در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۳): ۶۹-۷۵.
- اردکانی، م. ر.، مظاهری، د.، مجد، ف. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپیریولوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم. ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۶-۱۳ شهریور، بابلسر، دانشگاه مازندران.
- حسن آبادی، ط.، اردکانی، م. ر.، رجالی، ف.، پاک نژاد، 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.
- شهسواری، ن. و صفاری، م. ۱۳۸۴. اثر مقدار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در کرمان. مجله پژوهش و سازندگی، ۶۶: ۸۲-۸۷.
- طوسی کهل، پ.، اصفهانی، م.، ربیعی، م. و ربیعی، پ. ۱۳۹۰. اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا به‌صورت کشت دوم در اراضی شالیزاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲ (۲): ۳۹۶-۳۸۷.
- 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 آزوسپیریولوم و ارزیابی اثرات افزایش‌دهنده رشدی جدایه برتر بر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶ (۲): ۲۲۵-۲۱۷.
- قوشچی، ف. ۱۳۷۹. تریتیکاله. انتشارات کارنو. ۷۶ صفحه.
- ملکوتی، م. ج. و نفیسی، م. ۱۳۷۳. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۲۸۲ صفحه.
- نظارت، س. و غلامی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (*Azospirillum* و *Pseudomonas*) بر رشد و عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays*). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۹۱: ۵۱-۴۴.
- هوشمندفر، ع. ر.، طهرانی، م. م. و دننواز هاشمیان، ب. ۱۳۸۷. تأثیر مقدار مصرف نیتروژن بر میزان پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن گندم. مجله پژوهشی گیاه و زیست بوم، ۱۵: ۶۲-۵۲.
- یزدانی، م.، پیردشتی، ه.، اسماعیلی، م. ع. و بهمن‌یار، م. ع. ۱۳۸۹. اثر تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و افزایش‌دهنده رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس ۶۰۴. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳ (۲): ۸۰-۶۵.
- Allen, M. F., Moore, T. S. and Christensen, M. 1980. Phytohormone, changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Cytokine increase in the host plant. *Canadian Journal of Botany*, 58: 371-374.
- Amer, M. M., Swelim, M. A., Bouthaina, A., Ghany, F., Amal, M. and Omar, D. 2002. Effect of N fixing bacteria and actinomycetes as biofertilizers on growth and yield of cucumbers in sandy soil in Egypt. *Egyptian Journal of Desert Research*, 52: 113-126.
- Anjum, M. A., Sajjad, M. R., Akhtar, N., Qureshi, M. A., Iqbal, A., Jami, A. R. and Hasan, M. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. *Agriculture Research*, 45: 135-143.
- Arzanesh, M. H., Alkhani, H. A., Khavazi, Rahimian, H. A. and Miransari, M. 2010. Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by *Azospirillum* sp. under drought stress. *World Journal of Biotechnology*, 26: 101-109.
- Banerjee, M. R., Yesmin, L. and Vessey, J. K. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In Rai, M. K. (Ed.), *Handbook of microbial biofertilizers*. Pp. 137-181. Food Production Press, U.S.A.
- Bashan, Y., Levanony, H. and Mitjui, G. 1989. Changes in proton efflux of intact wheat root induced by *A. brasilense* Cd. *Canadian Journal of Microbiology*, 35: 691-67.
- Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific Nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph.D. Thesis. Technical University of Munich, Germany, pp 219.
- 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 (11): 2653-2658.
- Davis, J. G., Westfall, D. G., Mortvedt, J. J. and Shanahan, J. F. 2002. Fertilizing winter wheat. *Agronomy Journal*, 84: 1198-1203.

- De Salomone, G. and Dobereiner, J. 1996. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. *Biology and Fertility Soils*, 21: 193-196.
- Doyle, A. D. and Holford, I. C. R. 1993. The uptake of nitrogen by wheat, its agronomic efficiency and their relationship to soil and nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Agriculture Research*, 44: 1245-1258.
- Fageria, N. K. and Baligar, V. C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advance Agronomy*, 88: 97-185.
- Ferreira, M. C. B., Fernandes, M. S. and Dobereiner, J. 1987. Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. *Biology and Fertility Soils*, 4: 47-53.
- 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.
- 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.
- Greef, J. M. 1994. Productivity of maize (*Zea mays* L.) in relation to morphological physiological characteristics under varying amounts of nitrogen supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172: 317-326.
- Hernandez, A. N., Hernandez, A. and Heydrich, M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. *Cultivar Tropicales*, 6: 5-8.
- Hossain, I., Khan, M. A. I. and Podder, A. K. 1999. Seed treatment with *Rhizobium* and microelements in laboratory and field experiments for biomass and seed production of lentil (*Lens culinaris* L.). *Bangladesh Journal of Environmental Science*, 5: 61-64.
- 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 (4): 250-261.
- 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 (4): 142-144.
- Kennedy, I. R., Choudhury, A. T. and Kecskes, M. L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 1229-1244.
- 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 (3): 197-205.
- Kloepper, J. W. and Beauchamp, C. J. 1992. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 38: 1219-1232.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth promoting Rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86: 1-25.
- Manske, G. B., Luttger, A., Behi, 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*, 13: 78-83.
- Mastiholi, A. B. and Itnal, C. J. 1997. Response of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to application of biofertilizers under dryland conditions. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 10: 302-306.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J. and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of Nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74: 262-264.
- Okon, Y., Heytler, P. G. and Hardy, R. W. F. 1983. N₂ fixation by *Azospirillum brasilense* and its incorporation into host *Setaria italica*. *Applied Environmental and Microbiology*, 46: 694-697.
- 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.
- Pereira, J. V., Cavalcart, A. and Doberiner, J. 1977. Field inoculation sorghum and rice with *Azospirillum*. *Plant and Soil*, 1100: 269-274.
- 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-uptake of wheat crop. *Plant Soil*, 109: 131-134.
- 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.
- 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.

- Sharaan, A. N. and El-Samie, 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.). *American Agriculture Science*, 44: 589-601.
- Spiertz, J. H. J. and Ellen, J. 1978. Effects of Nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. *Journal of Agriculture Science*, 25: 210-231.
- Stancheva, I. and Dinev, N. 2003. Effect of inoculation of maize and species of tribe Triticeae with *Azospirillum brasilense*. *Journal of Plant Physiology*, 4: 550-552.
- Swędrzynska, D. and Sawicka, A. 2000. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on development and yielding of maize (*Zea mays* ssp. *Saccharata* L.) under different cultivation conditions. *Journal of Environmental Sciences*, 9: 505-509.
- Tilak, B. R., Singh, C. S., Roy, V. K. and Roa, N. S. S. 1982. Effect of *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). *Soil Biology and Biochemistry*, 14: 417-418.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li Z. G. and Cheung, K. C. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamental of rice crop science*. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines, 269 p.
- Zahir, A. Z, Arshad, M., Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting Rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Agronomy Journal*, 81: 97-168.
- Aidi, A. and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro-organisms and *glomus fasciculatum* on green gram-brady rhizobium symbiosis. *Agriculture Science*, 30: 223-230.
- 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.

Effects of Nitrogen Rates and Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Grain Weight Per Plant, Chlorophyll Content and Fertilizer Use Efficiency of *Triticale*

Seyed Sharifi^{1*}, Abbaspour², S. and Seyed Sharifi³, R.

Abstract

In order to study of nitrogen rates and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain weight per plant, chlorophyll content and fertilizer use efficiency of triticale, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research greenhouse University of Mohaghegh Ardabili in 2011. Factors were: nitrogen fertilizer rates (0, 80, 160 and 240 kg N ha⁻¹) as urea and seed inoculation with PGPR containing, (without inoculation as control, seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* strain OF, *Pseudomonas putida* strains 41 and 9. Results indicated that nitrogen rates and seed inoculation with PGPR had significant effects on grain weight, number of grains per spike, spike length, grain 100 weight, harvest index and grain protein percentage and the other traits. Increasing N fertilization increased grain protein percentage. Maximum of grain protein was obtained in seed inoculation with *Pseudomonas* strain 9. Means comparison of seed inoculation with PGPR × nitrogen rates showed that grain weight at seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* × 160 kg N ha⁻¹ was more than application of 240 kg N ha⁻¹ × no seed inoculation. Maximum of nitrogen use efficiency was obtained at application of 80 kg N ha⁻¹ in seed inoculation with *Azospirillum lipoferum*. It seems that in order to increasing of grain weight per plant, and some agronomic traits can be suggested that seed inoculation of triticale be applied with *Azospirillum lipoferum* × application of 160 kg N ha⁻¹.

Keywords: Chlorophyll content, Fertilizer use efficiency, Harvest index, Nitrogen, Free living Nitrogen fixing bacteria, *Triticale*

1 and 2. Professor and M.Sc. Graduate, Respectively, Department of Agronomy and Crop Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

*: Corresponding author

Email: raouf_ssharifi@yahoo.com