

تأثیر نیتروژن و ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم روشن گندم (*Triticum aestivum* L.)

پیمان شریفی^{۱*}، مهدی امیر یوسفی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۰

۱- دانشجویار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: peyman.sharifi@gmail.com

چکیده

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه با بافت خاک سیلتی لوم انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ازتوباکتر کروکوکوم در دو سطح (تلقیح بذور با ازتوباکتر در غلظت ۱۰۷ باکتری در هر گرم و عدم تلقیح) و کود نیتروژن در پنج سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) بودند. اثر ازتوباکتر بر صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، پروتئین دانه ($P \leq 0.05$)، شاخص کلروفیل، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. اثر نیتروژن بر تمام صفات به جز تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$). اثر متقابل دو فاکتور بر صفات عملکرد دانه، شاخص کلروفیل ($P \leq 0.05$)، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. عملکرد دانه در ترکیب کودی تلقیح با ازتوباکتر و نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) برابر با ۴۸۹۹ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف معنی‌داری با ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تلقیح نداشت. این ترکیب کودی سبب افزایش ۱۳/۷۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم تلقیح و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد. عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. در مجموع، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تلقیح با ازتوباکتر می‌تواند منجر به حصول پتانسیل عملکرد دانه، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی و صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژنه گردد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، تلقیح، نیتروژن، ریزسازواره، گندم، عملکرد دانه

Effects of Nitrogen and Azotobacter on Yield and Yield components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Roushan

Peyman Sharifi^{1*}, Mehdi Amiryusefi²

Received: January 5, 2015 Accepted: May 31, 2017

1- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

2- Graduated MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Corresponding Author Email: peyman.sharifi@gmail.com

Abstract

This research was carried out in a field factorial experiment based on randomized complete block design with three replications in a silty loam soil. Experimental factors were including two levels of *Azotobacter chroococcum* (seed inoculation with azotobacter at a concentration of 107 bacteria per gram and uninoculation) and five levels of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 kg N.ha⁻¹ from urea source). Azotobacter effect was significant on grain yield, number of grains per spike, grain protein content ($P \leq 0.05$), SPAD, number of spike per m² and thousand grain weight ($P \leq 0.01$). Effect of nitrogen was significant on all of the traits except of number of grains per spike ($P \leq 0.01$). Interaction effect of two factors was significant on grain yield, SPAD ($P \leq 0.05$), plant height, number of spike per m² and number of grains per spike ($P \leq 0.01$). Grain yield was 4899 kg.ha⁻¹ in combination of seed inoculation with azotobacter and nitrogen (100 kg.ha⁻¹), which there was no significant differences with 150 and 200 kg N.ha⁻¹. This fertilizer combination increased seed yield by 13.76%, compared to uninoculation and nitrogen (100 kg.ha⁻¹). There were positive and significant correlation between grain yield and SPAD, number of spike per m², number of grains per spike, thousand grains, plant height and leaf area index (LAI). Overall, the inoculation with azotobacter bacteria and nitrogen (100 kg.ha⁻¹) could achieve grain yield potential, reduce the adverse environmental impacts and save the N-fertilizer utilization.

Keywords: Azotobacter, Grain yield, Inoculation, Microorganisms, Nitrogen, Wheat

مقدمه

گندم غذای اصلی مردم در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد، به طوری که ۲۰ درصد کالری مورد نیاز جهان را تأمین می‌نماید (فائو ۲۰۱۴). با توجه به پائین بودن عملکرد گندم در ایران، افزایش تولید محتاج گسترش تحقیقات در زمینه به‌زراعی و به‌نژادی از جمله افزایش پتانسیل عملکرد، معرفی ارقام پرمحصول و

عوامل موثر بر افزایش عملکرد است (خسروی ۲۰۰۸). از میان عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه، نیتروژن به دلیل شرکت در ساختار پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، کوآنزیم‌ها و اسیدهای نوکلئیک از فاکتورهای اصلی درگیر در رشد، توسعه و باروری گیاه است. به علت حساسیت نیتروژن به تلف شدن از خاک، ضروری است که این عنصر در مقادیر کم و به

نشان دادند که تیمارهای باکتری در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک بوته، پنجه‌زنی و جذب نیتروژن تأثیر معنی‌دار داشت. تیمارهای تلفیقی دو باکتری آزوسپیریلیوم برازیلنس^۴ و ازتوباکتر کروکوکوم^۵ بهتر از هر کدام به تنهایی بود. صابر و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی نشان دادند که کودهای بیولوژیک بر همکنش معنی‌داری با کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره از نظر برخی صفات مهم نظیر کارایی کود نیتروژنه، فسفره و بازده نسبی زراعی داشتند و با مصرف کودهای بیولوژیک، عملکرد دانه به میزان ۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون تلقیح بیشتر شد. خاصه سیرجانی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی نشان دادند که بیشترین اجزا عملکرد با مصرف ازتوباکتر و روی به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط کود نیتروژنه به صورت یک سوم در مرحله ساقه رفتن و دو سوم در مرحله خوشه‌دهی به دست آمد. حیدری سیاه خلکی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن ریشه و درصد پروتئین را افزایش داد. ایشان دلیل این امر را به مکانیسم‌های همچون تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر نسبت دادند. نمروری و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه گندم مربوط به تیمار کود دامی به همراه کود زیستی و کمترین آن مربوط به تیمار کود زیستی به تنهایی بود. ایشان دلیل این امر را ناشی از این دانستند که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی به دلیل اینکه از ابتدای رشد با کمبود ماده آلی در خاک مواجه بودند، نتوانستند عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند و گیاه هم از نظر عملکرد به حد ایده‌آل خود نرسید، در حالی‌که کود تلفیقی (کود زیستی و کود

دفعات در طول دوره رشد گیاه مصرف شود (جکسون و دابس ۱۹۸۷). در چند دهه گذشته گروهی از باکتری‌های خاک در ریزوسفر، به عنوان ریزسازواره‌های تحریک‌کننده رشد گیاه شناخته شده‌اند که می‌توانند رشد گونه‌های زراعی را بهبود بخشند. این عوامل علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارند، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثر ثمر بوده و جایگزینی مطلوب برای کودهای شیمیایی هستند (حاجی بلند و همکاران ۲۰۰۴). در میان این باکتری‌ها، ازتوباکترها ۱ فراوانی و وسعت انتشار بیشتری از سایر تثبیت‌کننده‌ها دارند. این گونه از باکتری‌ها به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن به صورت همیار با ریشه گیاهان، گسترش سطح ریشه و در نتیجه افزایش جذب عناصر ضروری برای رشد گیاه و توانایی انحلال فسفات معدنی اهمیت فراوانی دارند. از مزایای دیگر این باکتری علاوه بر تأمین نیتروژن می‌توان به محافظت گیاه در مقابل تنش و همچنین عوامل بیماری‌زا از قبیل الترناریا^۲ و فوزاریوم^۳ و یا تولید مواد محرک رشد اشاره کرد (علیخانی و صالح راستین ۲۰۰۱).

مطالعات متعددی در زمینه کاربرد کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن و همچنین کود نیتروژنه در گندم انجام شده است. ملکی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی نشان دادند که کود نیتروژن به همراه ازتوباکتر، عملکرد بیشتری را نسبت به کاربرد نیتروژن و یا ازتوباکتر به تنهایی داشت که دلیل آن را به اثرگذاری مثبت ازتوباکتر در کنار کود نیتروژن بر جذب عناصر ماکرو و میکرو، بهبود توزیع آب در گیاه و تولید هورمون‌های گیاهی مؤثر در رشد گیاه نسبت دادند. محمدی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثرات کود اوره، مواد آلی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر جذب نیتروژن و عملکرد گندم رقم الوند در شرایط گلخانه

¹ - Azotobacter

² - Alternaria

³ - Fusarium

⁴ - *Azospirillum brasilense*.

⁵ - *Azotobacter chroococcum*

افزایش تعداد پنجه‌های بارور و بهبود وزن هزار دانه شد. همچنین در تحقیقات مختلف، بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه در گندم با مصرف مقادیر ۱۲۰ (آزادی و همکاران ۲۰۱۳)، ۱۵۰ (امام و همکاران ۲۰۰۹)، ۱۸۰ (سوقی و همکاران ۲۰۰۹، حسینی و همکاران ۲۰۱۱) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (احمدی همزیان سفلی ۲۰۱۰) گزارش شده است.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تاثیر سطوح کود نیتروژنه و کود زیستی ازتوباکتر بر برخی از ویژگی‌های مربوط به عملکرد و اجزای مربوط به آن در رقم گندم روشن و بهینه‌سازی بهترین سطح کود نیتروژن در شرایط اسنفاده از کود زیستی ازتوباکتر در این رقم بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در فصل زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در زمین زراعی واقع در منطقه جوزان استان اصفهان به اجرا در آمد. با توجه به منحنی مبتنی بر دما و بارش (آمبروترمیک)، منطقه مورد نظر با داشتن ۱۵۰ تا ۲۰۰ روز خشکی، جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و تابستان گرم و خشک جزء مناطق نیمه خشک به حساب می‌آید. قبل از آماده‌سازی زمین، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه برداری گردید و pH خاک به روش گل اشباع (مکلین ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی خاک به روش گل اشباع (رودس ۱۹۸۲)، تعیین مواد آلی و درصد نیتروژن و فسفر خاک به روش اکسیداسیون تر (پیچ و همکاران ۱۹۹۲) و تعیین بافت خاک (درصد رس، سیلت و شن) به روش هیدرومتری (کلوته ۱۹۸۶) انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه در جدول ۱ درج گردیده است. در این تحقیق از گندم رقم روشن استفاده شد.

دامی) ضمن بهبود فرآیندهای حیاتی خاک، افزایش باروری آن، ایجاد یک محیط کشت مناسب و فراهمی عناصر غذایی موجب بهبود رشد و نمو گندم در مقایسه با تیمار کود زیستی به تنهایی شد. امیری و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که کودهای بیولوژیک شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفات، بیوفسفر، نیتروکسین و نیتراژین منجر به بروز اختلافات معنی‌دار در صفات سطح برگ، حجم ریشه و طول اندام زیرزمینی و هوایی گردید و در مجموع کاربرد کودهای بیولوژیک نقش مفید و موثری در بهبود ویژگی‌های رشدی گندم داشت. احمدی نژاد و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی نشان دادند که مصرف توأم کودهای آلی و نیتروژن صفات زراعی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب را در مقایسه با شاهد و کاربرد کودهای آلی و نیتروژن به‌تنهایی افزایش داد، به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم در تیمار ۶۰ تن کود دامی به اضافه ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، به دلیل افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگهداری آب در خاک، تعدیل دمای خاک، افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی به‌وسیله گیاه و همچنین افزایش رشد گیاه با مصرف کودهای آلی، مشاهده شد. آزادی و همکاران (۲۰۱۳) بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه در شرایط تلقیح با کودهای زیستی ازتوباکتر و آزسپریلیوم به دست آمد. فصیحی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که می‌توان از تناوب آیش- گندم و مصرف کود بیولوژیک ازتوباکتین به همراه ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن استفاده نمود. نجاری صادقی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که در شرایط تلقیح بذور با کود زیستی نیتراژین، در سطوح پایین کود اوره عملکرد دانه گندم بهبود یافت. کادر و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که مصرف ازتوباکتر با توسعه‌ی ریشه شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم نمود که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش پنجه‌زنی،

جدول ۱- ویژگی های خاک مزرعه آزمایشی قبل از اجرای تیمارها

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	آهن	روی	شن	سیلت (%)	رس
۰/۵۲	۷/۶	۰/۸۰	۰/۰۷	۲۲	۶۴۰	۲/۶	۰/۶۵	۲۳	۶۰	۱۷

میزان مطلوب کود نیتروژنه مصرفی، بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک، میزان نیتروژن کل خاک، درصد کربن آلی خاک و در نهایت پتانسیل تولید محصول در منطقه برآورد گردید. بنابراین میزان توصیه شده کود نیتروژن در این تحقیق، معادل ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر (در ۲ سطح) و همچنین استفاده از نیتروژن از منبع کود اوره (حاوی ۴۶ درصد) در ۵ سطح ۰، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ مقدار توصیه شده کود نیتروژن (به ترتیب برابر با ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. از باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (با جمعیت تقریبی حدود ۱۰۷ باکتری در هر گرم مایه) استفاده شد. پس از آبیاری و گاوری شدن، بوسیله گاو آهن برگردان دار شخم پائیزه زده و زمین یکنواخت گردید. طول کرت ۵ و عرض آن ۱/۲ متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۶ خط کاشت به فاصله ۲۰ سانتی متر بود که ۲ خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و ۴ خط میانی آن برای تعیین کلیه مراحل فنولوژیکی و صفات مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

بذور پس از ضدعفونی با قارچ کش تیرام به نسبت ۲ در هزار و سپس چندین مرتبه شست و شو با آب مقطر استریل در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۲۵ کشت شدند. در تیمارهای تلقیح، برای مایه زنی بذور گندم با ازتوباکتر و افزایش چسبناکی یکنواخت سطح آنها، تمام بذور به همراه محلول ۲۰ درصد آب و شکر در محفظه ای گردان

به مدت ۵ دقیقه ریخته شدند. این غلظت از شکر مقدار بهینه شده برای استفاده در به عنوان محلول چسباننده است که اثر منفی روی میکروب ندارد (اوروس و همکاران ۲۰۱۱). همزمان با چرخاندن محفظه گردان، مایه تلقیح ازتوباکتر به نسبت وزنی ۱ به ۱۰۰ به ظرف اضافه شد (رای و قار ۱۹۸۸). در ادامه بذرها پس از خشک شدن در زیر سایه، با در نظر گرفتن تراکم کشت ۴۰۰ بوته در مترمربع، بوسیله دست و در عمق ۳ سانتی متری کاشته شدند. اولین مرحله آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت (کاندیل و همکاران ۲۰۰۴). از آنجا که مقرر بود، این آزمایش در شرایط عدم تنش انجام گیرد، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی، آبیاری بوسیله سیفون و مبارزه با آفات و بیماری ها و علف های هرز و تنک کردن در مواقع ضروری انجام گرفت. عملیات برداشت با زرد شدن کامل سنبله ها در ۲۰ تیر ۹۳ صورت پذیرفت.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و طول سنبله با خطکش میلی متری محاسبه شد. برای اندازه گیری شاخص سطح برگ (LAI)، که بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است، ابتدا سطح برگ در زمان گلدهی محاسبه شد. برای این منظور، تمام برگ های بوته های انتخابی جدا و سپس طول و عرض هر برگ (در پهن ترین نقطه) بر حسب سانتی متر اندازه گیری و از رابطه طول برگ × عرض برگ × ۰/۷۵، سطح برگ محاسبه شد (اووآری و جونس ۱۹۷۷). شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد (واتسون ۱۹۵۲):

$$LAI = \frac{LA}{GA}$$

رابطه (۱)

که در آن، LA و GA به ترتیب بیانگر سطح برگ بوته‌ها و سطح زمین اشغال شده توسط برگ‌ها است. بعد از مرحله سنبله رفتن، عدد کلروفیل متر (SPAD) به عنوان شاخصی از میزان کلروفیل برگ پرچم با دستگاه SPAD-502 در ساعت ۱۱-۱۳ اندازه گیری شد (آینه و همکاران، ۲۰۰۲). تعداد سنبله در واحد سطح بواسطه شمارش تعداد کل سنبله های برداشت شده از یک متر مربع اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در سنبله با شمارش تصادفی میانگین تعداد دانه در ۲۰ سنبله از هر کرت محاسبه شد. جهت محاسبه عملکرد دانه، محصول دانه ۳ متر مربع برداشت، توزین و بر اساس ۱۴ درصد رطوبت تنظیم شد. تعیین وزن هزار دانه با شمارش هزار دانه گندم پس از خشک نمودن به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه و توزین آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ انجام گردید. از آنجاکه میزان نیتروژن دانه شاخص مناسبی از درصد پروتئین دانه است، میزان کل نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه کج‌دال اندازه گیری شد. برای تبدیل میزان نیتروژن به میزان پروتئین دانه از رابطه ۲ استفاده شد (مک‌کلیمنتس ۲۰۰۷):

رابطه (۲)

$$\text{غلظت پروتئین دانه} = \text{غلظت نیتروژن دانه} \times 0.75$$

تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS9.1 و رسم نمودارها با استفاده از اکسل انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و بررسی روند تغییرات

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود زیستی ازتوباکتر بر صفات عملکرد دانه، میزان کلروفیل

برگ پرچم، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. اثر کود نیتروژنه بر روی تمام صفات مورد مطالعه به جز تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. اثر متقابل ازتوباکتر و کود نیتروژنه بر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). برای صفاتی که اثر متقابل ازتوباکتر \times کود نیتروژنه معنی‌دار شده بود، مجاز به بررسی اثرات اصلی کود نیتروژنه و کود زیستی نمی‌باشیم و لذا اثرات ساده کود نیتروژنه در هر کدام از سطوح کود زیستی مورد بررسی قرار گرفت (شریفی ۲۰۱۳)، اما برای صفات شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و پروتئین دانه که اثر متقابل معنی‌دار نشده بود، اثر اصلی ازتوباکتر و کود نیتروژن بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس جداگانه در شرایط عدم تلقیح و تلقیح نشان داد که اثر کود نیتروژن بر روی صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۳).

از آنجا که مقادیر کود نیتروژن به عنوان یک فاکتور کمی است و در این تحقیق دارای بیش از دو سطح می‌باشد، علاوه بر انجام مقایسه میانگین به عنوان تجزیه‌های پس از تجزیه واریانس، از روش بررسی روند تغییرات برای تمام صفات مورد بررسی نیز استفاده شد و به توجیه و تفسیر واکنش صفات اندازه‌گیری شده به سطوح کود نیتروژن با استفاده از یک معادله رگرسیونی اقدام گردید (شریفی ۲۰۱۳). بررسی روند تغییرات برای صفات شاخص سطح برگ و درصد پروتئین دانه نشان داد که رابطه خطی برای این دو صفت معنی‌دار است، در حالیکه برای صفت وزن هزار دانه علاوه بر رابطه خطی، رابطه درجه دوم نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی روند تغییرات صفات دارای اثر متقابل معنی‌دار در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط عدم تلقیح برای

صفات شاخص کلروفیل و تعداد سنبله در متر مربع فقط رابطه خطی معنی دار بود. برای دو صفت عملکرد دانه و ارتفاع بوته، علاوه بر رابطه خطی، رابطه درجه دوم نیز معنی دار بود. همچنین در شرایط عدم تلقیح برای صفت تعداد دانه در سنبله فقط رابطه خطی، رابطه درجه دو، رابطه درجه سه نیز معنی دار بود. در شرایط

صفات شاخص کلروفیل و تعداد سنبله در متر مربع فقط رابطه خطی معنی دار بود. برای دو صفت عملکرد دانه و ارتفاع بوته، علاوه بر رابطه خطی، رابطه درجه دوم نیز معنی دار بود. همچنین در شرایط عدم تلقیح برای صفت تعداد دانه در سنبله علاوه بر رابطه خطی و رابطه درجه دو، رابطه درجه سه نیز معنی دار بود. در شرایط

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تلقیح بذور با ازتوباکتر و اعمال کود نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد

گندم رقم روشن								درجه آزادی	منابع تغییرات
میانگین مربعات									
پروتئین	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	شاخص کلروفیل	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	عملکرد دانه		
۰/۱۹ ^{ns}	۲/۴۳ ^{ns}	۰/۶۳ ^{ns}	۷۷/۷ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۳۷۶۴۳/۴ ^{ns}	۲	تکرار
۱۷/۱۸ ^{**}	۱۸۲/۵۳ ^{**}	۳۶/۳۳ [*]	۳۹۱۶۸/۵ ^{**}	۱۶/۸۷ ^{**}	۰/۰۱۰ ^{ns}	۶۷/۵ ^{ns}	۱۶۸۶۰۰/۰۳ [*]	۱	کود ازتوباکتر
۲/۰۴ ^{**}	۴۷/۵۵ ^{**}	۱۲/۲۱ ^{ns}	۱۲۶۳۷/۶ ^{**}	۲۵/۲۹ ^{**}	۰/۰۴۴ ^{**}	۱۸۶۴/۱۳ ^{**}	۱۰۷۲۳۰۲/۶ ^{**}	۴	کود نیتروژن
۶/۸۱ ^{**}	۱۰۴/۰۲ ^{**}	۳۶/۸۲ ^{**}	۴۵۹۸۲/۰۲ ^{**}	۹۵/۵۱ ^{**}	۰/۱۵۹ ^{**}	۶۸۶۹/۴۰ ^{**}	۳۷۴۹۰۰۰/۰۷ ^{**}	۱	خطی
۱/۱۵	۷۸/۱۱ ^{**}	۳/۴۴ ^{**}	۲۹۴۰/۵۸ [*]	۳/۲۰	۰/۰۹۶	۲۸۲/۳۳ ^{**}	۵۳۸۲۴۰/۱۹ ^{**}	۱	درجه ۲
۱/۰۴	۴/۸۲	۶/۰۱	۹۳۶/۱۵	۲/۰۵	۰/۰۱۸	۳۳/۴۵	۱۹۶۳/۰۱	۱	درجه ۳
۰/۱۸	۳/۲۶	۲/۵۹	۶۹۱/۷۲	۰/۴۴	۰/۰۱۴	۱/۳۵	۱۱/۲۷	۱	درجه ۴
۰/۳۹ ^{ns}	۴/۸۸ ^{ns}	۵۱/۳۸ ^{**}	۳۳۴۰/۱ ^{**}	۴/۲۴ [*]	۰/۰۰۸ ^{ns}	۱۶۳/۵ ^{**}	۸۷۹۸۶/۷ [*]	۴	اثر متقابل
۰/۲۹	۱/۲۹	۵/۳۰	۳۹۴/۵۵	۱/۳۵	۰/۰۰۹	۳۳/۱۶	۲۰۴۶۷/۶	۱۸	خطای آزمایشی
۴/۳۶	۲/۵۳	۵/۹۶	۴/۵۲	۲/۲۱	۲/۲۰	۴/۵۵	۳/۰۷		ضریب تغییرات (%)

ns غیر معنی دار، * و ** به ترتیب بیانگر اثرات معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد می باشد.

عملکرد دانه

همانطور که اشاره شد، نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی دار بودن اثر کود زیستی ازتوباکتر، کود نیتروژنه و اثر متقابل دو فاکتور بر عملکرد دانه بود (جدول ۲)، بنابراین مقایسه میانگین‌ها و روابط رگرسیونی در هر سطح تلقیح و عدم تلقیح جداگانه انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط عدم تلقیح بذور با ازتوباکتر، کمترین میزان عملکرد دانه در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و بیشترین میزان آن در شرایط استفاده از کود نیتروژن به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. گروه بندی سطوح

فاکتور نیتروژن از نظر عملکرد دانه با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی دار نشان داد که بین صفر و ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، اختلاف معنی داری وجود نداشت، همچنین بین ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی داری وجود نداشت. در شرایط تلقیح با استفاده از کود ازتوباکتر نیز بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه مربوط به شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و استفاده از کود نیتروژن به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. در شرایط تلقیح نیز بین ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری ملاحظه نگردید (جدول ۴).

جدول ۳- بررسی روند تغییرات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر کود نیتروژنه در هر سطح تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر	ازتوباکتر
تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	شاخص کلروفیل	ارتفاع بوته	عملکرد دانه			
۱/۲۷ ^{ns}	۸۸/۸۷ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۱۱/۴۷ ^{ns}	۶۹۳۶۸/۶ ^{ns}	۲	تکرار	عدم تلقیح
۳۵/۷۷ ^{**}	۱۸۶۹/۹ [*]	۶/۵۱ [*]	۱۴۳۷/۵۷ ^{**}	۷۴۹۶۹۸/۷۷ ^{**}	۴	کود نیتروژن	
۴۰/۸۳ ^{**}	۵۷۹۶/۳ ^{**}	۲۱/۳۳ ^{**}	۵۱۴۸/۳ ^{**}	۲۷۵۷۹۰۷/۲ ^{**}	۱	خطی	
۵۲/۵۹ ^{**}	۱۳۸۷/۲	۳/۳۳	۵۲۸/۵۹ ^{**}	۱۵۶۲۸۲/۰۰ [*]	۱	درجه ۲	
۴۰/۳ ^{**}	۲۹۳۳/۶ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۵۸/۶۷ ^{ns}	۶۵۵۲۰/۱ ^{ns}	۱	درجه ۳	
۸/۸۱ ^{ns}	۲/۷۴ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۱۴/۷۰ ^{ns}	۱۹۰۸۵/۷ ^{ns}	۱	درجه ۴	
۴/۲۶	۴۰۵/۷۰	۱/۲۱	۱۳/۴۷	۲۸۴۱۲/۲۷	۱۸	خطای آزمایشی	
۵/۵۱	۴/۹۸	۲/۱۱	۲/۹۳	۳/۶۷		ضریب تغییرات(%)	
۵/۰۷ ^{ns}	۲۷/۴۷ ^{ns}	۲/۰۹ ^{ns}	۱۱/۶۷ ^{ns}	۴۶۵/۸۷ ^{ns}	۲	تکرار	تلقیح
۲۷/۸۳ ^{**}	۱۴۱۰۷/۸۳ [*]	۲۳/۰۳ [*]	۵۹۰/۰۷ ^{**}	۴۱۰۵۹۱/۵۷ ^{**}	۴	کود نیتروژن	
۹۷/۵۲ ^{**}	۵۱۵۴/۵۳ ^{**}	۸۴/۶۷ ^{**}	۵۱۴۸/۳ ^{**}	۱۱۶۱۱۲۰/۱۳ ^{**}	۱	خطی	
۴/۸۰ ^{ns}	۳۵۴۷/۵۲ ^{**}	۶/۳۴ ^{ns}	۵۲۸/۵۹ ^{**}	۴۱۲۴۳۴/۳۸ [*]	۱	درجه ۲	
۸/۵۳ ^{ns}	۱۲۶۲/۹۸ ^{ns}	۱/۱۰ ^{ns}	۵۸/۶۷ ^{ns}	۴۲۱۱۲/۵۳ ^{ns}	۱	درجه ۳	
۰/۴۷ ^{ns}	۳۶/۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۴/۷۰ ^{ns}	۵۶۹۹/۲۲ ^{ns}	۱	درجه ۴	
۶/۲۳	۴۷۲/۳۸	۱/۳۲	۵۵/۴۱	۹۵۹۲/۱۲	۱۸	خطای آزمایشی	
۶/۲۹	۴/۵۶	۲/۱۵	۵/۸۱	۲/۰۷		ضریب تغییرات(%)	

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب بیانگر اثرات معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر کود نیتروژنه در هر سطح تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر

تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	شاخص کلروفیل	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ازتوباکتر
۳۳/۶۸b	۳۷۷/۶۷b	۵۰/۰۷c	۱۰۶d	۳۹۱۰/۷b	عدم تلقیح
۳۴/۰۰b	۳۷۹/۶۷b	۵۱/۳۰bc	۱۰۹dc	۴۲۰۹/۰b	۵۰
۳۸/۳۳a	۴۰۸/۶۷ab	۵۱/۵۰bc	۱۱۴c	۴۷۶۲/۰a	۱۰۰
۴۰/۶۸a	۴۳۴/۶۷a	۵۳/۶۷ab	۱۳۸b	۵۰۰۲/۳ ^a	۱۵۰
۴۰/۸۵a	۴۱۹/۶۷a	۵۴/۲۰a	۱۵۷a	۵۰۳۰/۰ ^a	۲۰۰
۳/۸۸	۳۷/۹۲	۲/۰۷	۶/۹۱	۳۱۷/۳۷	LSD
۳۵/۳۳c	۳۸۳/۶۷c	۵۰/۵۶c	۱۱۰c	۴۰۹۰/۰c	تلقیح
۴۱/۶۷ab	۴۵۱/۶۷b	۵۱/۶۰c	۱۲۰bc	۴۷۸۷/۶b	۵۰
۴۳a	۴۸۰/۰۰b	۵۳/۹۰b	۱۲۵b	۴۸۹۹/۷ab	۱۰۰
۴۰/۳۳ab	۵۳۹/۰۰a	۵۵/۷۷ab	۱۴۰a	۴۹۵۷/۷a	۱۵۰
۳۸bc	۵۳۷/۳۳a	۵۶/۴۰a	۱۴۴a	۴۹۶۸/۷a	۲۰۰
۴/۷۱	۴۰/۹۲	۲/۱۶	۱۴/۰۱	۱۸۴/۴	LSD

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح

احتمال ۵ درصد است.

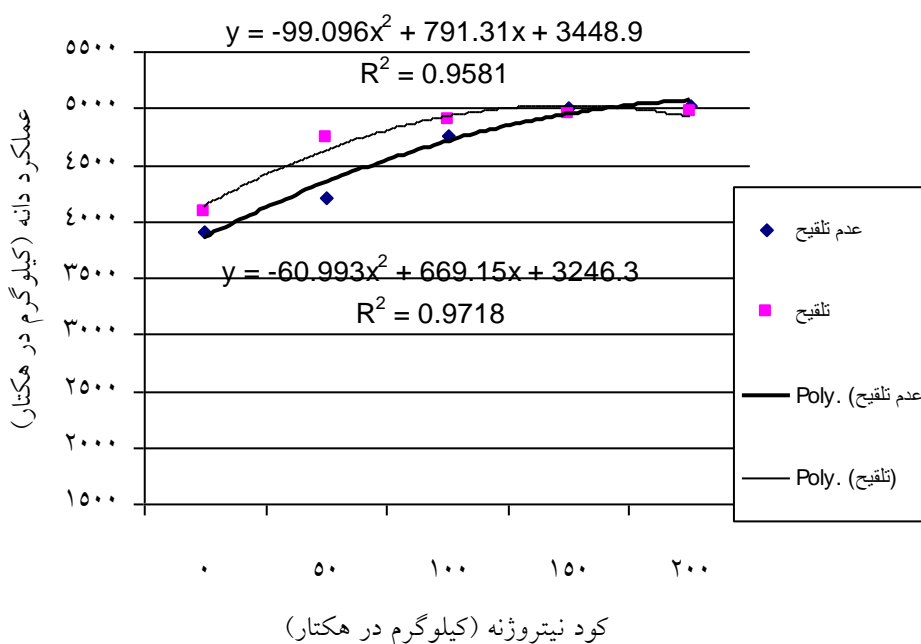
تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن در هر سطح کود زیستی با استفاده از شکل ۱ انجام شد. این نتایج نشان می‌دهند که در شرایط عدم تلقیح و تلقیح به ترتیب ۹۷ و ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه با استفاده از یک رابطه رگرسیونی درجه دو توجیه می‌شود. از دیگر نکات حایز اهمیت در این شکل این است که در سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه، در شرایط تلقیح با کود زیستی ازتوباکتر، مقدار عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم تلقیح بیشتر بود، اما در دو سطح دیگر در شرایط عدم تلقیح مقدار عملکرد دانه در مقایسه با شرایط تلقیح بیشتر بود. این امر نشانگر این است که در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تلقیح بذور با استفاده از کود زیستی ازتوباکتر سبب افزایش ۴/۶۰، ۱۳/۷۶ و ۲/۸۸ درصدی عملکرد دانه شد و به عبارتی مقداری از نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط ازتوباکتر تأمین شده است، اما زمانی که از مقادیر ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد، تلقیح با ازتوباکتر سبب وجود بیشتر از حد نیاز نیتروژن برای گیاه شد و در نتیجه از عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۰/۸۸ و ۱/۲۱ درصد کاسته شد. پائین بودن عملکرد دانه تحت مقادیر کم کود نیتروژن و فاقد ازتوباکتر را می‌توان به پائین بودن کارایی کود نیتروژن به لحاظ آب‌شوئی و نیترات‌زدائی در مرحله مصرف کود نیتروژنه قبل از کاشت و مراحل اولیه رشد بوته‌ها نسبت داد، حال آنکه در شرایط تلقیح با ازتوباکتر، در مراحل اولیه رشد، مقداری از نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط باکتری تأمین می‌گردد (خاصه سیرجانی و همکاران ۲۰۱۱). همچنین در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، امیری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم تحت کاربرد کود ازتوباکتر افزایش قابل توجهی داشت، که با یافته‌های این تحقیق مبنی بر معنی‌دار بودن اثر کود زیستی ازتوباکتر تطابق دارد. ازتورک و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که افزایش

از نکات حایز اهمیت در این مطالعه این است که در شرایط تلقیح و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکردی معادل ۴۸۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به سطوح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح بیشتر بود و با مصرف ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و در شرایط تلقیح نیز اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). این نشان می‌دهد که استفاده از ازتوباکتر و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۵۰٪ مقدار توصیه شده) برای دستیابی به پتانسیل عملکرد و از طرفی کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی کودهای شیمیایی مناسب باشد. بنابراین می‌توان این ترکیب تیماری را به عنوان یک ترکیب مناسب با توجه به مزایای آن از لحاظ کاهش مصرف کود نیتروژن استفاده نمود. در تطابق با این نتیجه ملکی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تحقیق خود نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به ۲۵ درصد مقدار توصیه شده کود نیتروژن به همراه کود زیستی تولید شد. عملکرد دانه بیشتر از اختصاص یافتن مواد فتوسنتزی بیشتر به سوی اندام‌های زایشی ناشی می‌شود، که در تحقیق حاضر نیز افزایش عملکرد عمدتاً به دلیل تعداد بیشتر دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه بیشتر و ایجاد سطح فتوسنتزی و کلروفیل بیشتر بود (جدول ۴) که در تیمارهای حاوی درصد بالاتری از نیتروژن مشاهده شد. همچنین حسینی و همکاران (۲۰۱۱) و سوقی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه مربوط استفاده از نیتروژن به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. بهبود عملکرد دانه گندم با مصرف نیتروژن تا میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار توسط امام و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش شده است.

با توجه به معنی‌دار بودن رابطه درجه دوم عملکرد دانه و کود نیتروژن، بررسی عملکرد دانه تحت

ارزیابی نمودند. کودهای زیستی بخصوص باکتری‌های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر به عنوان تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید هورمون‌ها و انواع مواد تحریک‌کننده رشد مانند اکسین، اسید پنتوتنیک، اسید بیوتیک و ... شده که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک سبب بهبود کارایی کود می‌شوند (کندی و همکاران ۲۰۰۴). در مجموع این عوامل به دلیل همیاری با ریشه مهم‌ترین ساز و کار برای افزایش رشد و عملکرد دانه هستند. کودهای زیستی عوامل رشد و نمو را تقویت کرده و از طریق افزایش سرعت و میزان رشد و نمو باعث افزایش عملکرد می‌گردند (زهیر و همکاران ۲۰۰۴، رضوانی بیدوکتی و همکاران ۲۰۰۹).

میزان نیتروژن در خاک با تأثیر منفی بر فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، سبب کاهش اثرات مفید این باکتری می‌شود، که مطابق با نتایج این تحقیق است. همچنین در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، نجاری صادقی و همکاران (۲۰۰۹)، خاصه سیرجانی و همکاران (۲۰۱۱) و میرزاشاهی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که در تیمارهایی که از کود زیستی نیتراژین یا ازتوباکتر استفاده شد، در سطوح پایین کود اوره عملکرد دانه گندم بهبود یافت. ایشان افزایش جذب عناصر غذایی را ناشی از افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم و نیز افزایش تارهای کشنده و یا تشکیل ریشه جانبی به دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه (اکسین، جیبرلین و سیتوکینین)



شکل ۱- رابطه بین عملکرد و سطح نیتروژن مصرفی در هر سطح استفاده از ازتوباکتر

ارتفاع بوته

(جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار نشان داد که در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر، کمترین میزان ارتفاع بوته مربوط به زمانی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن و اثر متقابل دو فاکتور بر ارتفاع بوته بود

تشکیل آسمیلات، اختصاص آن به ساقه و در نهایت ارتفاع گیاه را افزایش دهد (حسین و همکاران ۲۰۰۶). دسترسی گیاه به عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تاثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار موثر می‌باشد. وو و همکاران (۲۰۰۵) علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت تلقیح شده با کودهای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز عنوان کردند. همچنین کاندیل و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که ازتوباکتر نقش ویژه‌ای در تولید و ترشح هورمونهای رشد نظیر اکسین و جبرلین دارد که در کنار تثبیت نیتروژن باعث رشد و رسیدگی بهتر و افزایش ارتفاع بوته نیز می‌شود.

شاخص سطح برگ

کاربرد کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ اثر معنی‌دار داشت، در حالی‌که اثر ازتوباکتر و اثر متقابل دو فاکتور معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن حاکی از آن بود که با افزایش میزان نیتروژن در خاک، شاخص سطح برگ افزایش یافت و بالاترین میزان شاخص سطح برگ مربوط به تیمار ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود (جدول ۵). بدین معنی که هر بوته سطح بیشتری از واحد سطح را با برگ‌های خود پوشش داده و بنابراین در شرایط بهتری از فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها قرار گرفت. کاربرد نیتروژن منجر به افزایش شاخص سطح برگ گندم می‌شود، بنابراین به دلیل بالارفتن میزان تبخیر و تعرق و با توجه با تاثیر خنک‌کنندگی آن، رشد و عملکرد بهتر گیاه را به دنبال دارد (آینه و همکاران ۲۰۰۲).

بود که از هیچ کود نیتروژنه‌ای استفاده نشد و با افزایش میزان کود نیتروژنه به ارتفاع بوته افزوده شد، به طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط حاصل شد که از کود نیتروژنه به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای صفت ارتفاع بوته در شرایط عدم تلقیح، بین ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود داشت و حال آنکه در شرایط تلقیح اختلاف معنی‌داری بین این دو سطح کود نیتروژنه وجود نداشت. این نتایج نشان داد که استفاده از میزان بهینه از کود نیتروژنه تا حدود ۴۰ درصد ارتفاع بوته‌ها را افزایش داد (جدول ۴). این نتایج در تطابق با نتیجه تحقیق احمدی همزیان سفلی و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد که نشان دادند بیشترین ارتفاع بوته در گندم در شرایط استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد.

در مجموع، در تمام سطوح کود نیتروژن به جز سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته در شرایط تلقیح با ازتوباکتر بیشتر از شرایط عدم تلقیح بود. بررسی روند تغییرات افزایش رشد بوته‌ها با کاربرد کود نیتروژن حاکی از معنی‌دار بودن رابطه درجه دوم در هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح بود. در شرایط تلقیح بذور توسط ازتوباکتر، با افزایش میزان نیتروژن در خاک، شیب افزایش ارتفاع بوته با کاهش مواجه شد، در حالی‌که در صورت عدم تلقیح، هرچقدر که میزان کود نیتروژن خاک افزایش یافت، ارتفاع بوته‌ها نیز با شیب بیشتری افزایش یافت. افزایش میزان نیتروژن و در اختیار قرار گرفتن آن توسط گیاه به صورت مستمر با توجه به تثبیت آن توسط باکتری‌های ازتوباکتر، باعث طولانی شدن دوره رشد رویشی گیاه شده که می‌تواند

جدول ۵- اثر کود نیتروژنه بر برخی از صفات مورد مطالعه

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (گرم)	محتوی پروتئین دانه (%)
۰	۴/۱۷ ^b	۴۰/۵ ^d	۱۱/۷۸ ^b
۵۰	۴/۱۷ ^b	۴۳/۵ ^c	۱۱/۸۷ ^b
۱۰۰	۴/۲۴ ^{ab}	۴۷/۰ ^a	۱۲/۱۳ ^b
۱۵۰	۴/۳۴ ^a	۴۷/۳۳ ^a	۱۲/۹۸ ^a
۲۰۰	۴/۳۴ ^a	۴۵/۳۳ ^b	۱۲/۹۵ ^a
LSD	۰/۱۱	۱/۳۸	۰/۶۵

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.

در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، امام و همکاران (۲۰۰۹) و صابر و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که افزایش نیتروژن مصرفی تا میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب بهبود شاخص سطح برگ گردید. در مقابل مصرف بیش از حد نیتروژن، به دلیل رشد بیش از حد برگ‌ها، باعث سایه انداختن روی میانگره‌های پائین بوته شده و پنجه زنی را محدود می‌نماید (بحرانی و طهماسبی ۲۰۰۵). بنابراین نظر بریک و گوسوامی (۲۰۰۳) کاربرد ازتوباکتر منجر به افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گندم می‌شود که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مغایر است.

شاخص کلروفیل

میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه با غلظت کلروفیل موجود در برگ‌ها دارای ارتباط مستقیم است و در نتیجه می‌توان با اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، وضعیت گیاه را از نظر میزان نیتروژن مورد ارزیابی قرار داد (گرن‌داس و پیپر ۲۰۰۱). مطالعات ماداکادزی و همکاران (۱۹۹۹) نشان داده است که استفاده از کلروفیل‌متر برای ارزیابی میزان نیتروژن گیاه ابزار مؤثری به شمار می‌رود. شاخص کلروفیل عددی است که دستگاه کلروفیل‌متر ارائه می‌کند و این عدد با غلظت کلروفیل برگ‌های گیاه رابطه مستقیم دارد. مزیت آن این است که سریع و بدون تخریب برگ‌ها، اطلاعاتی از وضعیت کلروفیل برگ‌ها و شدت فتوسنتز آنها ارائه

می‌دهد (احمدی‌نژاد ۲۰۱۳). افزایش شاخص کلروفیل برگ‌ها بر اثر مصرف کود نیتروژن را می‌توان به شرکت داشتن چهار اتم نیتروژن در ساختمان هر ملکول کلروفیل نسبت داد (هاولین و همکاران ۱۹۹۹، مارشنر ۲۰۰۳). برای صفت شاخص کلروفیل که معیاری از محتوای کلروفیل و میزان سبزی‌نگی گیاه است، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تلقیح بذور با ازتوباکتر روی این صفت تاثیرگذار بود، به طوری که در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و تلقیح بذور با ازتوباکتر، قرائت کلروفیل‌متر عدد بیشتری را در مقایسه با شرایط عدم تلقیح نشان داد (جدول ۴). ظاهراً میزان نیتروژنی که در ابتدای فصل رشد در اختیار بوته گندم قرار می‌گیرد، تاثیر چندانی بر میزان کلروفیل برگ ندارد. لذا از آنجایی که ازتوباکتر قادر به تأمین مداوم نیتروژن در طول فصل رشد برای گیاه است، کاربرد یا عدم کاربرد آن نقش بسزایی بر میزان کلروفیل برگ پرچم دارد. مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن در هر سطح کود زیستی نشان داد که در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با افزایش میزان کود نیتروژن بر شاخص کلروفیل افزوده شد، هرچند در شرایط عدم تلقیح بین سطح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، گزارش شده است که مصرف کود نیتروژن محتوای کلروفیل برگ پرچم را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که با توجه به نقش ساختاری نیتروژن

برگ و کمبود نفوذ نور به منطقه یقه و کاهش پنجه‌زنی شده باشد. در شرایط تلقیح با ازتوباکتر، نیز بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در شرایطی حاصل شد که از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شد و بین سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد. از دیگر نکاتی که در این تحقیق مشاهده شد این بود که در هر سطح کود نیتروژن گیاهان در معرض تلقیح با کود ازتوباکتر از تعداد سنبله‌های بیشتری در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح برخوردار بودند. این نتیجه در تطابق با یافته خاصه سیرجانی و همکاران (۲۰۱۱) و میرزاشاهی و همکاران (۲۰۱۳) است که نشان دادند مصرف ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در مترمربع در گندم گردید. همچنین در هر دو سطح کود ازتوباکتر، گیاهان تحت تیمار با کود نیتروژن در مقایسه با گیاهان بدون مصرف کود نیتروژن، تعداد سنبله بارور بیشتری تولید نمودند که با نتایج صابر و همکاران (۲۰۱۳)، محمدی و همکاران (۲۰۱۰)، جان محمدی و همکاران (۲۰۱۰) و خیاط و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد. بحرانی و طهماسبی (۲۰۰۶) اعلام داشتند که عدم کاربرد کود نیتروژن به صورت تقسیط، موجب افزایش تعداد پنجه در بوته شد، ولی به دلیل عدم تأمین نیتروژن در مراحل بعدی تعداد زیادی از پنجه‌های تولید شده از بین رفته و بدین ترتیب تعداد سنبله بارور در زمان برداشت کم شد. قرار دادن تدریجی نیتروژن در اختیار گندم، به زنده ماندن پنجه‌های تولیدی کمک شایانی می‌کند، که به نظر می‌رسد چنین نقشی را ازتوباکتر در تحقیق حاضر داشته باشد. این اثرات مثبت کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و همچنین بهبود فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد که سبب افزایش میزان فتوسنتز و در نهایت افزایش تعداد سنبله در متر مربع و میزان گلدهی می‌شود.

در حلقه‌های تتراپیرولی کلروفیل، چنین افزایشی توجیه‌پذیر می‌باشد، بنابراین افزایش غلظت کلروفیل در مراکز واکنش فتوسنتزی را در پی دارد (جان محمدی و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به افزایش میزان فراهمی عنصر نیتروژن ناشی از تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های تثبیت‌کننده، میزان کلروفیل در شرایط تلقیح با ازتوباکتر در مقایسه با عدم تلقیح در تمام سطوح کود نیتروژن بالاتر بود و کمترین میزان کلروفیل در تیمار شاهد نیز ناشی از کمبود نیتروژن در دسترس گیاه می‌باشد. در طول دوره رشد نیز ترکیبات تیماری فاقد نیتروژن یا با مقادیر کمی از آن، علائمی از رنگ‌پریدگی و زردی را نشان دادند.

تعداد سنبله در متر مربع

اثر ازتوباکتر، کود نیتروژن و اثر متقابل دو فاکتور بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۲) که نشان‌دهنده نقش این عوامل در بهبود پنجه‌زنی و در نتیجه افزایش تعداد پنجه‌ها و سنبله‌های حاصل از آن می‌باشد. مقایسه میانگین این صفت نیز گویای آن بود که در هر دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با ازتوباکتر، کمترین تعداد سنبله در متر مربع مربوط به کرت‌های فاقد نیتروژن بود. در شرایط عدم تلقیح، بیشترین تعداد سنبله در متر مربع (۴۳۴/۶۷) مربوط به سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و با افزایش میزان نیتروژن به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از تعداد سنبله در متر مربع کاسته شد، هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن وجود نداشت. این نتایج در تطابق با تحقیق نجاری صادقی و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد که نشان دادند زیادبود کود نیتروژن در خاک روی تعداد پنجه تأثیر منفی دارد و اظهار داشتند که با افزایش کود اوره میزان تأثیر کود کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی موجب رشد بیشتر شاخ و

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ازتوباکتر و اثر متقابل دو فاکتور بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). با وجود معنی‌دار نشدن اثر اصلی کود نیتروژن، در هر سطح کود زیستی اثر آن بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در سنبله نشان داد که در شرایط عدم تلقیح کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به زمانی بود که از هیچ کود نیتروژنه‌ای استفاده نشد و بین سطح ۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بیشترین تعداد دانه در سنبله در سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد، هرچند با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، سوقی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بیشترین تعداد دانه در سنبله در شرایط استفاده از کود نیتروژنه به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. از آنجایی‌که در پژوهش حاضر کود نیتروژن به صورت یکجا و قبل از کاشت به زمین اضافه شد، اثر آنتاگونیستی بین رشد رویشی و زایشی مشاهده گردید و کاربرد نیتروژن در غلظت‌های بالا از وزن و اندازه دانه‌ها کاست. در شرایط تلقیح نیز کمترین تعداد دانه در سنبله زمانی بدست آمد که از کود نیتروژن استفاده نشد و با افزایش میزان کود نیتروژنه تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بر تعداد دانه در سنبله افزوده شد و از آن پس از تعداد دانه به‌طور معنی‌داری در هر سنبله کاسته شد (جدول ۳). در تطابق با این بخش از نتایج، سیدی و رضوانی مقدم (۲۰۱۱)، گزارش نمودند که افزایش سطوح اعمال شده کود نیتروژنه به بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله را به دنبال داشته است. در مجموع بوته‌های حاصل از بذور تلقیح‌نشده تعداد دانه کمتری نسبت به بذور تلقیح‌شده داشتند. این نتایج در تطابق با گزارش‌های محققین دیگر مبنی بر افزایش تعداد دانه در بوته در

شرایط کاربرد کود نیتروژن و یا تلقیح بذور با باکتری‌های ازتوباکتر می‌باشد (آزادی و همکاران ۲۰۱۳، خاصه سیرجانی و همکاران ۲۰۱۱، سیدی و رضوانی مقدم ۲۰۱۱، امیری و همکاران ۲۰۱۰). همچنین در تطابق با تأثیر مثبت کود زیستی ازتوباکتر به‌خصوص در سطوح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، خاصه سیرجانی و همکاران (۲۰۱۱) و میرزاشاهی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که مصرف ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله در گندم گردید. این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی تعداد دانه قابل قبولی تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکینین که توسط کودهای زیستی تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد (باشان و همکاران ۱۹۹۰).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن و ازتوباکتر بر وزن هزار دانه بود، هرچند اثر متقابل این دو فاکتور از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴۷/۳۳ گرم) مربوط به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود، هرچند اختلاف معنی‌داری با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نداشت و با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری از وزن هزار دانه کاسته شد (جدول ۵). این نتایج مؤید وجود رابطه درجه دو بین وزن هزار دانه و مقدار نیتروژن مصرفی است که با استفاده از بررسی روند تغییرات نیز مورد تأیید قرار گرفته بود. در تطابق با نتیجه حاضر، خیاط و همکاران

(۲۰۱۴) در تحقیقی نشان دادند که بیشترین وزن هزار دانه در شرایط استفاده از ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدست آمد. نتیجه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه زمانی حاصل شد

که بذور قبل از کاشت با کود زیستی ازتوباکتر تلقیح شده بودند و این تیمار سبب افزایش ۱۰ درصدی وزن هزار دانه شد (جدول ۶).

جدول ۶- اثر تلقیح بذور با ازتوباکتر بر برخی از صفات مورد مطالعه

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	محتوی پروتئین دانه (%)
تلقیح	۴۷/۲ ^a	۱۳/۱۰ ^a
عدم تلقیح	۴۲/۲۷ ^b	۱۱/۵۹ ^b
LSD	۰/۸۷	۰/۴۱

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.

به نظر می‌رسد باکتری ازتوباکتر به دلیل نقشی که در تأمین نیتروژن مورد نیاز بوته در طی فصل رشد و به خصوص مرحله رسیدگی دانه دارد، توانسته است مقداری از کمبود نیتروژن خاک را جبران نماید (جان محمدی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین کاربرد کودهای زیستی باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد، مواد حاصل از فتوسنتز به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌گردد. کودهای زیستی از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شوند. ادریس (۲۰۰۳) نیز اثر مثبت باکتری ازتوباکتر را برون هزار دانه گندم تأیید کرده است. در تطابق با تأثیر مثبت کود زیستی ازتوباکتر، خاصه سیرجانی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مصرف ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه در گندم گردید. تیمارهای کود زیستی مناسب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی به مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه گردید.

محتوی پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود زیستی و کود نیتروژن بر محتوی پروتئین دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان پروتئین دانه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن بدست آمد و بین ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). بیشترین میزان پروتئین دانه در شرایطی حاصل شد که از کود نیتروژنه به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد و بین سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز اختلاف معنی‌داری از نظر محتوی پروتئین دانه وجود نداشت (جدول ۵). در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، امام و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی نشان دادند که افزایش نیتروژن مصرفی تا میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب بهبود مقدار نیتروژن دانه گردید. البته برخلاف نتایج تحقیق حاضر، حسینی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی نشان دادند که بیشترین درصد پروتئین دانه در شرایطی حاصل شد که از ۲۷۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار استفاده شد. وست و کاسمن (۱۹۹۲) دریافتند که کاربرد کود سرک نیتروژن در اواخر فصل رشد در دست‌یابی به سطوح بالای پروتئین دانه مؤثر بوده است. مقایسه میانگین حاکی از

تجزیه همبستگی

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. با توجه به اینکه عملکرد دانه برآیند اثرات اجزا عملکرد می‌اشد، احتمالاً مجموع اثرات اجزاء عملکرد یعنی تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و تعداد خوشه در متر مربع سبب افزایش معنی‌دار عملکرد شده است. مید مور و همکاران (۱۹۸۴) گزارش کردند که افزایش عملکرد دانه گندم، عمدتاً ناشی از افزایش تعداد دانه در متر مربع، تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه است. شاخص کلروفیل که به عنوان شاخصی از میزان کلروفیل موجود در برگ‌ها می‌باشد و با غلظت کلروفیل برگ‌های گیاه رابطه مستقیم دارد، با صفات درصد پروتئین دانه، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بنابراین می‌توان اظهار داشت که افزایش غلظت کلروفیل سبب افزایش شدت فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها می‌شود که سبب افزایش وزن هزار دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، تعداد برگ در بوته و طول سنبله می‌شود (جدول ۷). افزایش صفات مذکور سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. این نتیجه در تطابق با نتیجه تحقیق احمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد. همچنین رابطه مثبت مشاهده شده در این تحقیق بین عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه با نتایج تحقیق احمدی همزیان سفلی (۲۰۱۰) در تطابق می‌باشد.

این موضوع است که گیاهان حاصل از بذور تلقیح شده با ازتوباکتر، در مقایسه با گیاهان حاصل از بذور تلقیح نشده از محتوای پروتئین بالاتری برخوردار بودند. با توجه به اینکه ازتوباکتر، باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و این عنصر ماده‌ی اولیه تشکیل پروتئین می‌باشد، احتمالاً یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین با کاربرد ازتوباکتر، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری است (آلمن و همکاران ۱۹۸۳). از آنجا که در پژوهش حاضر کاربرد کود نیتروژن به صورت تقسیطی صورت نگرفت، استفاده از کود زیستی چون به صورت مستمر نیتروژن را برای گیاه تثبیت می‌کند، منجر به افزایش درصد پروتئین دانه شده است. رئوفی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که بیشترین میزان پروتئین دانه در ترکیب تیماری مصرف کود نیتروژنی به صورت کامل به همراه کود زیستی ازتوباکتر حاصل گردید و کمترین مقدار آن در ترکیب تیماری مصرف کود زیستی ازتوباکتر به تنهایی مشاهده شد و اعلام داشتند که تلقیح بذور بدون کاربرد نیتروژن تاثیری در افزایش نیتروژن دانه ندارد. با توجه به این نکته که نیتروژن از جمله مهمترین عناصر مؤثر در افزایش درصد پروتئین دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد کود نیتروژن تجمع این عنصر در دانه و همچنین اندام‌های هوایی را افزایش داده باشد که در نهایت منجر به بهبود درصد پروتئین دانه‌ها شده است. این نتیجه با توجه به نقش عنصر نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها یک نتیجه معقول و بدیهی به نظر می‌رسد.

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد مطالعه

صفات	پروتئین دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	شاخص کلروفیل	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته
وزن هزار دانه	۰/۸۳**						
تعداد دانه در سنبله	*۰/۷۴	۰/۶۱					
تعداد سنبله در	**۰/۹۰	**۰/۹۲	**۰/۵۷				
شاخص کلروفیل	**۰/۸۰	**۰/۷۹	۰/۳۳	**۰/۹۳			
شاخص سطح برگ	۰/۶۱	*۰/۷۱	۰/۳۶	*۰/۷۶	*۰/۷۴		
ارتفاع بوته	۰/۳۵	۰/۵۶	۰/۱۸	۰/۵۶	*۰/۶۵	**۰/۸۳	
عملکرد دانه	۰/۴۲	*۰/۷۳	۰/۴۲	*۰/۶۴	*۰/۶۶	*۰/۷۲	**۰/۸۵

* و ** به ترتیب بیانگر اثرات معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن اثر معنی داری بر عملکرد دانه، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، میزان کلروفیل برگ پرچم، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه داشت. البته اثرات کود نیتروژن در هر دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با کود زیستی ازتوباکتر برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله یکسان نبود. در مجموع می توان نتیجه گرفت که مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن به همراه کود زیستی ازتوباکتر تاثیر معنی داری بر صفات مورد مطالعه داشت و جهت حصول حداکثر عملکرد دانه مصرف کودهای شیمیایی توام با استفاده از کودهای زیستی توصیه می شود.

مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه تلقیح بذور با استفاده از کود زیستی ازتوباکتر می تواند منجر به حصول پتانسیل عملکرد گردد. این نتایج نشان می دهد که کاربرد کود بیولوژیک ازتوباکتر زمانی موثر است که به همراه آن در حد نیاز کود شیمیایی نیتروژن نیز مصرف شود. تجزیه رگرسیون و بررسی روند تغییرات نشان داد که در هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح بین عملکرد دانه و مقادیر مختلف کود نیتروژن، رابطه درجه دوم معنی دار بود. جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی با استفاده از کودهای زیستی، نویدبخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی های زیست محیطی در آینده می باشد.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi Hamzian Selfie M, Nasrallah Zadeh Asl A, Vali Lu R and Khalili Mahalleh J, 2010. Effects of planting density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and protein content in durum wheat cultivar Arya. *Crop Research*, 3: 17-35. (In Persian).
- Ahmadinezhad R, Najafi N, Aliasgharzad N and Oustan SH. 2013. Effects of Organic and Nitrogen Fertilizers on Water Use Efficiency, Yield and the Growth Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Soil and Water Science*, 23:177-194. (In Persian).
- Alikhani HA and Saleh-Rastin N, 2001. Necessary in order to achieve mass production of bio-fertilizers plant growth promoting sustainable agriculture. Proceedings of the need for industrial production of bio-fertilizers in the country. Publish Agricultural Education, Karaj. (In Persian).

- Altman DW, Cuiction WLM and Knonstad WC, 1983. Grain protein percentage, kernel, hardness and grain yield of winter wheat foliar applied urea. *Agronomy Journal*, 75: 904-919.
- Amiri A, Towhidi A, Javaheri M and Mohamadinejad GH, 2010. Effect of planting date, variety and Azetobacter on wheat in the Bardsir region. *Journal of Crops Improvement*, 12 (1): 11-19. (In Persian).
- Amiri MB, Rezvani Moghaddam P, Gorbani R, Fallahi J, Dayhim Fard R and Fallah Poor F, 2013. Effects of seed priming by biofertilizers on growth characteristics of three wheat cultivars at the emergence period under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(1): 64-72. (In Persian).
- Ayeneh A, Van Ginkel M, Reynolds MP and Ammar K, 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*, 79(2): 173-184.
- Azadi S; Siyatad SA, Naseri R, Soleimani Fard A and Mirzaei A, 2013. Effect of integrated application of azotobacter chroococcum and azospirillum brasilense and nitrogen fertilizer on qualitative and quantitative of durum wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7:129-145. (In Persian).
- Barik AK and Goswami A, 2003. Efficacy of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agronomy*, 48(2): 100-102.
- Bashan Y, Harrison K and Witimoyer RE, 1990. Enhanced growth of wheat and soybean plants inoculated with Azospirillum brasilense is not necessarily due to general enhancement of mineral uptake. *Applied and Environmental Microbiology*, 56:769-775.
- Bohrani A and Tahmasebi Sarvestani Z, 2005. Effect of amount and time of nitrogen consumption on quantity and quality characteristics, dry matter and nitrogen remobilization efficiency in two cultivars of winter wheat. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(5): 1263-1271. (In Persian).
- Emam Y, Salimi Koochi S and Shekoofa A, 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*, L.) under irrigation and rainfed conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7: 323-324. (In Persian).
- FAO, 2014. Statistical database. "Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org>.
- Fasihi K, Tahmasebi Sarvestani Z, AghaAlikhani M and Modarres-Sanavi A, 2007. Effects of annual medic green manure and biofertilizer on dryland winter wheat (*Triticum aestivum* L) yield in Ilam. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*, 13(2):124-135. (In Persian).
- Gerendas J and Pieper I, 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. P. 716-717. Horst, W. J. (Ed.). In: *Plant nutrition-Food security and sustainability of agroecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Hajibolandi R, Aliasgarzadeh N and Mehrfar Z, 2004. Ecological study of Azotobacter at two pasture areas in Azerbaijan and its effect inoculation on growth and mineral nutrition in wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource*, 2: 75-90. (In Persian).
- Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson WL, 1999. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Sixth Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Heidary Siah Kholaky MS, Sayed Sharifi R and Sedghi M, 2012. The effect of seed inoculation with plant growth promoting bacteria (PGPR) and nitrogen application on performance, speed and grain filling period. *Research Seed (Seed Science and Technology)*, 3: 64-78. (In Persian).
- Hosseini R, Galeshi S, Soltani A and Kalateh M, 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 4 (1): 187-199. (In Persian).
- Hosseini R, Galeshi S, Soltani A, Kalateh M and Zahed M, 2014. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(2): 300-306. (In Persian).
- Hussain I, Khan MA and Khan EA, 2006. Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. *Journal of Zhejiang University Science*, 7(1):70-78.

- Idris M, 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 6(6): 539-543.
- Jackson GD and Dubbs AL, 1987. Spring wheat and barley response to urea fertilizer placement and nitrogen rate. Montana Agriculture 4:10-13.
- Janmohammadi M, Ahmadi A and Poustini K, 2010. Effect of Leaf Area Reduction and Nitrogen Application on Stomatal Characteristics of Flag Leaf and Grain Yield of Wheat under Deficit Irrigation. Electronic Journal of Crop Production, 3(4): 177-194. (In Persian).
- Kader MA, Mian MH and Hoque MS, 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science 2, 259-261.
- Kandil AA, Badawi MA, EL-Moursy SA and Abdou MA, 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). Basic and Applied Sciences, 5(2): 227-237.
- Kennedy IR, Choudhury ATM and Kecskes ML, 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promoting be better exploited? Soil Biology and Biochemistry, 36: 1229-1244.
- Khasseh Sirjani A, Farahbakhsh H, Ravari SZ and Karami A, 2011. Effect of biofertilizer, zinc sulphate and nitrogen fertilizer on yield and quality of wheat. Soil and Water Science, 25:125-135. (In Persian).
- Khayat SH, Mojadam M and Alavi Fazel M, 2014. Effect of nitrogen rates on grain yield and nitrogen use efficiency of durum wheat genotypes in Khuzestan. Crop Physiology Journal, 6:103-113. (In Persian).
- Khosravi H. 2008. Achieving the technology of Azotobacter biofertilizer production for wheat crop. Technical Report No. 1450, Soil and Water Research Institute. Karaj, Iran, 52p. (In Persian)
- Klute A, 1986. Methods of soil analysis part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd Ed. Soil Science Society American journal, 1188 p.
- Madakadze IC, Stewart KA, Madakadze RM, Peterson PR, Coulman BE and Smith DL, 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. Journal of Plant Nutrition, 22(6): 1001-1010.
- Maleki A, Bazdar A, Lotfi Y and Tahmasebi A, 2011. The effect of biofertilizer, azotobacter and different levels of nitrogen application on yield and yield components of three bread wheat varieties. Journal of Crop Ecophysiology, 4:121-132. (In Persian).
- Marschner H, 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- McClements DJ, 2007. Kjeldahl method. in analysis of proteins. University of Massachusetts, 442 pp.
- McLean E, 1982. Soil pH and lime requirement methods of soil analysis. Part. A. L. Page. Madison, is. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, (1): 199-224.
- Midmore DJ, Cartwright PM and Fisher RA, 1984. Wheat in tropical environments. II. Crop growth and grain yield. Field Crops Research, 8: 207-227.
- Mirzashahi K, Asadi Rahmani H, Khavazi K and Afshari M, 2013. the effect of two biofertilizer on irrigated wheat in north of Khozestan. Soil and Water Science, 27(2):159-168. (In Persian).
- Mohammadi R, Olamaee M, Ghorbani Nasrabadi R and Chakeralhossaini MR, 2010. Effects of urea fertilizer, organic matter and plant growth promoting rhizobacteria on N uptake and yield of wheat (*Triticum aestivum* C.V Alvand). Journal of Plant Production, 17(2): 77-92. (In Persian).
- Najari Sadeghi M, Mirshekari B, Baser Koochebagh S and Allahyari S, 2009. Effect of biofertilizer and nitrogen on nitrogen use efficiency and harvest index of two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. New Finding in Agriculture, 2(10):189-202. (In Persian).
- Namarvari M, Fathi GH, Bakhshandeh A, Gharineh MH and Jafari S, 2012. Interaction of end-season

- drought stress and organic fertilizers on yield of bread wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Crop Production and Processing 4 (13): 48-37. (In Persian).
- Oros D, Pavlecic M, Šantek B and Novak S, 2011. Cultivation of the bacterium *Azotobacter chroococcum* for preparation of biofertilizers. African Journal of Biotechnology, 10(16): 3104-3111.
- Ozturk 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: 262-266.
- Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1992. Method of soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties (Second Edition ed.). Madison, Wisconsin: SSSA.
- Rai SN and Gaur AC. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil, 109(1):131-134.
- Raooofi GR, Fassihi Kh, Tahmasebi A and Dhalbalye S, 2010. Effects of different combinations of biological fertilizers and nitrogen on yield and yield components. 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch. (In Persian).
- Rezvan Beidokhti S, Dashtban A, Kafi M and Sanjani S, 2009. Evaluating the effect of some *Pseudomonas* bacteria strains on wheat yield and its components at various levels of phosphorus fertilization. Journal of Agroecology, 1 (1): 33-40.
- Rhoades J, 1982. Soluble salts. Methods of soil analysis. A. L. Page. Madison, Wis, American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, 2(1): 167-179.
- Saber Z, Pirdashti H, Esmaili MA and abassian A, 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari. Journal of Agroecology, 5(1): 39-49. (In Persian).
- Seyedi SM and Rezvani Moghaddam P, 2011. Yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L) in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. Journal of Agroecology, 3(3): 309-319. (In Persian).
- Sharifi P, 2013. Statistical Designs in Agricultural Research: Principles, Procedures and Analysis by SAS, SPSS and Minitab. Islamic Azad University Press, 567 p.
- Soughi H, Kazemi M, Kalateh Arabi M, Shykh F, Abroudi SAM and Askar M, 2009. Effect of different amounts of foliar- and soil- applied N on yield and yield components of promising bread wheat (*Triticum aestivum*) lines in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production, 2 (4): 167-176. (In Persian).
- Watson DJ, 1952, The physiological basis of variation in yield. Annals of Botany, 4: 101-145.
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH, 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125:155-166.
- Wuest SB and Cassman KG, 1992. Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat: I. Uptake efficiency of preplant versus late-season application. Agronomy Journal, 84:682-688.
- Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168.