گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر مدیریت تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum*)

جعفر شهابی‌فر (نویسنده مسئول) *

*استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران، shahabifar1@yahoo.com

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

Study on Effect of Chemical and Bio Fertilizers on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum*)

Jafar Shahabifar (Corresponding author) *

*Assistant Professor, Soil and Water Research Division, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Areeo Qaznin, Iran, shahabifar1@yahoo.com

Received: September 2023 Accepted: February 2024

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر سیستمی تغذیه تلفیقی شیمیایی باکتریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد در مراحل رشد گندم در سال ۱۳۹۷در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل آباد با اعمال تیمارهای دو سطح کود زیستی، تلقیح بذر با کود زیستی (B_1)، بذر تلقیح شده استریل (B_2)، سه سطح کود نیتروژنی، کاربرد کود نیتروژنی ۲۰ درصد کمتر از توصیه (N_1)، کاربرد کود نیتروژنی برابر توصیه (N_2)، کاربرد کود نیتروژنی ۲۰ درصد بیشتر از توصیه (N_3) در ٤ تکرار در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به مرحله اجرا در آمد. نتایج نشان داد که با کاربرد تیمار B_2N_2 میزان عملکرد دانه نسبت به B_2N_1 و B_2N_3 به ترتیب ١٦/١٤ درصد و ١٦/٣٦ درصد بالاتر بود. با کاربرد تیمار B_2N_2 وزن هزار دانه نسبت به B_2N_1 و B_2N_3 به ترتیب ١١/٠٥ درصد و ٦/٩٢ درصد بالاتر بود. میزان عملکرد دانه در اثر ساده کود نیتروژنی با تیمار کاربرد کود بر اساس توصیه نسبت به کاربرد کود به میزان ۲۰ درصد کمتر از توصیه ۱۲/۲۰ درصد و نسبت به کاربرد کود به میزان ۲۰ درصد بالاتر از توصیه، ١٦/٦٧ درصد افزایش یافت که کاملاً معنی‌دار بود. تاثیر کاربرد توام کود زیستی و نیتروژنی به حالت تلقیح شده استریل کاملاً محسوس بود. بنابراین با کاربرد کودهای زیستی و نیتروژنی افزایش عملکرد گندم و اجزای آن به دست آمد، به طوری که در شرایط استریل و شاهد منفی چنین نتایجی حاصل نشد که نشان دهنده اهمیت سیستم تغذیه تلفیقی شیمیایی باکتریایی در مراحل مختلف رشد گندم است.

کلمات کلیدی: تلقیح، توصیه کودی، کود زیستی، نیتروژن

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال ۱٤۰۲، دوره ۱۸، شماره ٤، صص ۳٤-۲۲

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of bacterial chemical integrated feeding system on yield and yield components of wheat phonological growth stages. Treatments included: Two levels of bio fertilizers B_1: Seed inoculation with bio fertilizer, B_2: Sterile inoculated seed, three levels of N fertilizer N_1: Nitrogen fertilizer application 20% less than recommended, N_2: Nitrogen fertilizer equal to recommended, N_3: Nitrogen fertilizer application was 20% more than recommended in 4 replications in a completely randomized block design. The results showed that using B_2N_2 treatment, grain yield was 16.14% and 16.36% higher than B_2N_1 and B_2N_3, respectively. By applying B_2N_2 treatment, 1000-grain weight was higher than B_2N_1 and B_2N_3 as 11.05% and 6.92%, respectively. Grain yield was increased with simple nitrogen fertilizer treatment by fertilizer application 20% less than recommended at 12.20% and by application of fertilizer by 20% higher than recommended by 16.67% which was significant. The effect of bio fertilizer and nitrogen fertilizer treatments on bio farm inoculation and nitrogen application on sterile inoculation was quite noticeable. Therefore, bio farm fertilizer application and nitrogen fertilizer application are based on fertilizer recommendation to improve yield of wheat and its components. This highlights the importance of the bacterial chemical fusion system at different stages of wheat growth.

Keywords: Biofertilizer, Fertilizer recommendation, Inoculated Nitrogen

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Winter 2024, Vol 18, No 4, Pp 22-34

مقدمه و کلیات

گندم با نام علمی *Tritium aestivum* از گیاهان گلدار تک لپه‌ای، یک‌ساله و تیره گندمیان و از خانواده گرامینه‌هاست. گندم دارای ساقه ای استوانه-ای، بند بند ، بدون انشعاب و اغلب توخالی می‌باشد. گندم دارای برگ‌های کشیده و باریک به طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر با رگبرگ‌های موازی می‌باشد، هر برگ از دو قسمت پهنک و غلاف تشکیل شده است. گندم شامل یک مادگی یک برچه‌ای ساده با کلاله دو شاخه‌ای و سه پرچم می‌باشد. سنبله‌های گندم در ارقام مختلف به صورت فشرده، نیمه فشرده، سست و یا نیمه سست می‌باشد. رنگ سنبله در ارقام گوناگون از سفید تا قرمز تغییر می‌نماید. دانه‌های گندم تحم مرغی شکل و در دو انتها گرد هستند. در یک انتهای آن جوانه و در انتهای دیگر دسته‌ای کرک ظریف قرار دارد. دانه گندم کاریوپس نامیده می‌شود و پوسته دانه آن را از اطراف احاطه نموده است. دانه گندم از ۷ تا ۱۸ درصد پروتئین ٦۰تا ۷۰ درصد نشاسته، ۲ تا ۲/۵ درصد سلولوز)،۱/۵ تا ۲ درصد چربی و مابقی نیز شامل رطوبت و مواد کانی است. کشت و کارهای متداول در کشاورزی نشان داده‌اند که اگرچه به کمک کودهای شیمیایی و سموم، در کوتاه مدت می‌توان به عملکردهای بالایی دست‌یافت، ولی پایداری حاصلخیزی خاک و سلامت خاک زراعی در این روش‌های در نظر گرفته‌شده زیر سؤال است (شریفی، ۱۳۷۷). مطالعات بلندمدت نشان می‌دهند که استفاده فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش داده که با کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک، کاهش ویژگی‌های فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای به‌کاربرده شده می‌باشد (Adediran *et al.*, 2004). حجتی پور و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی تاثیر تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد وشاخص های رشدی گندم در استان فارس گزارش گردند که بالاترین عملکرد دانه به میزان ۷/٦ تن در هکتار در شرایط تلفیقی مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص و مصرف ۲۰۰ گرم کود زیستی نیتروکارا به دست آمد. بالاترین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نیز در شرایط مصرف توأم کودهای شیمیایی و زیستی حاصل شد. در شرایط مصرف ۱۵۰کیلوگرم کود اوره همراه با ۲۰۰ گرم کود زیستی نیتروکارا اختلاف معنی‌داری با شرایط مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره همراه با ۱۰۰ گرم کود زیستی نیتروکارا نداشت. طی آزمایشی گلدانی که در شرایط اتاقک رشد انجام شد، افزایش رشد، تعداد خوشه، زیست‌توده ساقه و ریشه، سرعت جوانه‌زنی گندم ناشی از تلقیح سویه‌های *P. cepacia*، *P. fluorescens* و *P. putida* نیز گزارش شد. آن‌ها این افزایش رشد را ناشی از خصوصیت کنترل زیستی سویه‌های سودوموناس در برابر *Rhizoctinia solani* و *Leptophaera* دانستند. در خاک‌هایی با شرایط تغذیه‌ای نامطلوب این افزایش رشد به‌طور واضح‌تری مشاهده شد (Zahir *et al.*, 2004). باکتری های سودوموناس قادر به ایفای نقش مهمی در افزایش عملکرد و اجزا ی عملکرد در جو بود به طوری که تعداد پنجه در بوته، عملکرد ماده خشک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به طور معنی‌داری در مقایسه با

تیمار شاهد افزایش دادند (Hassanzadeh and Mirzaei Heydari .Mazaheri, 2006) و همکاران (2009) ضمن بررسی میزان تأثیرگذاری باکتری‌های حل‌کننده فسفر و کودهای شیمیایی فسفری بر عملکرد و اجزا ی عملکرد گندم دریافتند که استفاده از باکتری های حل‌کننده فسفر به صورت جداگانه و یا ترکیبی در خاک می‌تواند سبب افزایش جذب فسفر در گیاهان شود و در نتیجه میزان بازده محصول نیز افزایش می‌یابد.

Zahirو همکاران (2004) مشاهده کردند که *Azotobacter* عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، تعداد پنجه، غلظت نیتروژن دردانه و جذب نیتروژن کل را به ترتیب ۱۹/۳، ۱۹/۵، ۱٦، ٤۸ و ۲/۵۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تحقیق در شرایط مزرعه و توصیه کودی NPK (۵۰-۷۵-۱۲۰) انجام شد. با توجه به اهمیت تولید پایدار گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذای بشر و لزوم توجه به جایگزین کردن و یا کاربد تلفیقی با منابع کودهای بیولوژیکی، این مطالعه به‌منظور بررسی و مقایسه اثر استفاده از کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم انجام شد.

فرآیند پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۹۷ در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل‌آباد قزوین در کیلومتر ۵ جاده تاکستان با مختصات جغرافیایی مختصات جغرافیایی ً۱۷ َ۱۵ ٓ۳٦ شمالی و ً۲۸ َ۵٤ ٓ٤۹ شرقی در حومه غربی شهر قزوین انجام شد. ابتدا نسبت به آماده‌سازی زمین در مزرعه موردنظر با انجام عملیات شخم، دیسک و لولر اقدام و نمونه‌برداری مرکب از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به‌منظور تعیین عناصر غذایی و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: pH خاک در واکنش گل اشباع(Thomas, 1996)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک (Allison and Moodi, 1962) کربن آلی به روش سوزاندن و الکلی (Nelson and Sommers,1982)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (Kuo, 1996)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962) تعیین گردید (جدول ۱). آزمایش شامل دو تیمار کود زیستی، تلقیح کود زیستی موردنظر (B_1)، شاهد منفی (B_2) کلیه عملیات انجام شده در تیمار اول صورت خواهد گرفت با این استثناء که کود بیولوژیک موردنظر استریل شده است. سه سطح تیتروزن، ۲۰ درصد کمتر از توصیه کودی (N_1)، برابر از توصیه کودی (N_2)، ۲۰ درصد بیشتر از توصیه کودی (N_3) در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار به مرحله اجرا درآمد. تمام کودهای شیمیایی در قطعات آزمایشی بر اساس آزمون خاک قبل از کاشت مصرف گردید. کود اوره به‌صورت تقسیط در سه مرحله: انتهای پنجه‌دهی، اواسط ساقه‌رفتن و ابتدای خوشه‌رفتن مصرف گردید. قبل از کاشت، بذور گندم با کودهای زیستی کاملاً تلقیح شدند. آب آبیاری ازنظر ویژگی‌های کیفی قبل از کاشت مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۲).

تلقیح بذر با کود زیستی: ابتدا مقدار بذر موردنیاز جهت کشت برای هر تیمار توزین و در داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و با قارچ‌کش ضدعفونی شد. برای تیمار شاهد هیچ کود زیستی مصرف

نگردید. برای تیمارهای دیگر به ازاء هر صد کیلوگرم بذر گندم مقدار دو لیتر از کود بیولوژیک مصرف شد. به‌طوری‌که مقدارکود موردنیاز برای مقدار بذرهای موجود در پلاستیک مربوطه محاسبه و به بذور اضافه‌شده و به‌خوبی تکان داده می‌شد تا از پوشش بذر با محلول اطمینان حاصل گردد. سپس پنج تا ده دقیقه بذور را در سایه پهن کرده و پس از خشک شدن بلافاصله اقدام به کشت شد. کشت گندم به‌صورت سه ردیفی با فاصله ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. هر کرت آزمایشی با ۹ ردیف کاشت (۳۰ سانتی‌متر عرض پشته و ۳۰ سانتی‌متر عرض جوی) دارای عرض ۲/٤ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ٦۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ٤ متر در نظر گرفته شد. تیمارها در کرت‌های اصلی به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. در دوره رشد نیز مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری در ۵ نوبت (یک نوبت در پاییز پس از کشت و چهار نوبت در دوره‌های پنجه‌زنی، ساقه رفتن، ابتدای خوشه رفتن و شیری شدن دانه) صورت گرفت. طی رشد گندم اجزای عملکرد نظیر تعداد پنجه، تعداد خوشه در بوته و در مترمربع، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به همراه تاریخ‌های سبز شدن، ساقه رفتن و رسیدگی کامل ثبت گردید. پس از رسیدن محصول و برداشت از کرت‌های آزمایشی، اقدام به‌اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد شامل: طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک به تفکیک تیمارهای موردبررسی شد. برداشت از طریق کادر یک مترمربع در سه تکرار و با حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت انجام گرفت. پس از برداشت محصول نتایج حاصله مورد تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و MSTATC شد.

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مورد آزمایش: نتایج حاصله از جدول تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (جدول۱) نشان می‌دهد که pH خاک قلیایی، خاک غیر شور، دارای بافت لوم ماسه‌ای، میزان آهک کم و از نظر ماده آلی ضعیف، ازنظر میزان فسفر در حد متوسط و از نظر پتاسیم غنی می‌باشد.

نتایج حاصله از جدول تجزیه آب مزرعه نشان می‌دهد که آب دارای ماهیت غیر شور، اسیدیته کمی قلیایی، بدون ایجاد محدودیت در نسبت جذبی سدیم و فاقد محدودیت‌های کلر و بیکربنات می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Results of soil physical and chemical analysis

$CaCO_3$	Sand	Silt	Clay	Nt	OC	Tex.	Kava.	Pava.	EC ds m^{-1}	pH	Soil Depth cm
%							mg kg^{-1}				
3.6	61	27	12	0.07	0.64	S.L	337.5	7.1	1.97	7.65	0-30

جدول ٢- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Results of irrigation water chemical analysis

SAR	SO_4^{--}	HCO_3^-	CO_3^{--}	Cl^-	Ca+Mg	Na	EC ds m^{-1}	pH
			meqL^{-1}					
4.24	5.36	0.38	0	0.75	2.12	4.37	0.65	7.75

نوع و جمعیت باکتری‌های موجود در کود زیستی: در جدول ٣ تراکم جمعیت باکتری‌های مفید موجود در کود زیستی مورد آزمایش آمده است. نتایج حاصل از شمارش جمعیت باکتری‌های موجود در این کود زیستی نشان داد که در زمان دوماهه پس از تولید، باکتری‌های ازتوباکتر و پسودوموناس کمتر از حد قابل‌قبول بود. بیشترین جمعیت را باکتری‌های ازوسپریلوم داشتند. در مجموع میانگین کلی باکتری‌های مذکور معادل ٩/٤×١٠٦ بود که با اندکی اغماض قابل قبول می‌باشد. در زمان شش ماه پس از تولید، جمعیت باکتری‌های ازتوباکتر، ازوسپریلوم و پسودو موناس به ترتیب ٤/٧×١٠٦، ٥/٥×١٠٦ و ٣×١٠٣ با میانگین ١/٠×١٠٦ رسید که قابل قبول بود.

جدول ٣- تراکم جمعیت باکتری‌های مفید موجود در کود زیستی

Table 3- Population density of beneficial bacteria in biofertilizer

Standard	Mean	Pseudomonas	Azotobacter	Azosprillium	Time Period
1.00×10^7	9.40×10^6	2.30×10^4	5.69×10^6	3.25×10^7	٢ ماه
1.00×10^6	3.40×10^6	3.00×10^3	5.50×10^6	4.70×10^6	٦ ماه

عملکرد دانه: تلقیح بذر گندم با کود زیستی بر میزان عملکرد دانه در سطح یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار شد. همچنین تأثیر کاربرد کود نیتروژنه بر این ویژگی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). در تأثیر فاکتور نیتروژن بیشترین میزان عملکرد دانه با کاربرد تیمار مصرف کود نیتروژنه بر اساس توصیه کودی به دست آمد که نسبت به کاربرد ٢٠ درصد پایین‌تر از توصیه و ٢٠ درصد بالاتر از توصیه به ترتیب ١٦/٠٤ و ١٥/٥٣ درصد بالاتر بود (جدول ٥). در برهمکنش تلقیح با کود زیستی و کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی (B_2N_2) بیشترین عملکرد دانه بدست آمد. زمانی که بذر گندم با کود زیستی تلقیح و با کود نیتروژنی در طی مراحل رشد به کار می‌رفت نسبت به شرایطی که در آن از کود زیستی استفاده نشده بود (شاهد منفی) اما از مقادیر مختلف کود نیتروژنی استفاده به‌عمل‌آمده بود، میزان عملکرد دانه افت قابل‌توجهی داشت (جدول ٦). با کاربرد تیمار تلقیح بذر با کود زیستی و کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی تلقیح (B_2N_2) میزان عملکرد دانه نسبت به تیمارهایی که در آن از تلقیح کود زیستی با کاربرد ٢٠ کمتر از توصیه کودی (B_2N_1) و تلقیح کود زیستی با کاربرد ٢٠ درصد بیشتر از توصیه کودی (B_2N_3) به ترتیب ١٦/١٤ درصد و ١٦/٣٦ درصد بالاتر بود (جدول ٦). در شرایط شاهد منفی گرچه نسبت به شرایط تلقیح زیستی میزان عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کمتر بود، اما در این شرایط نیز چنانچه مصرف کود نیتروژن بر اساس توصیه کودی همراه باشد نسبت به شرایطی که در آن این توصیه

رعایت نشده باشد، میزان عملکرد دانه از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است به‌گونه‌ای که در برهمکنش تیمار شاهد منفی با کاربرد کود نیتروژنی بر اساس توصیه (B_1N_2) میزان عملکرد دانه ۱۵/۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد منفی با کاربرد کود نیتروژنی ۲۰ درصد کمتر از توصیه (B_1N_1) و نسبت به تیمار شاهد منفی با کاربرد کود نیتروژنی ۲۰ درصد بیشتر از توصیه (B_1N_3) ۱٤/۵۰ درصد افزایش عملکرد معنی‌دار نشان داد (جدول ٦). افزایش عملکرد دانه به‌طور مؤثر در دو شرایط بر اساس داده‌های این پژوهش به‌دست آمد که در درجه اول کاربرد کود بیولوژیک و مصرف کود نیتروژن بر اساس توصیه کودی و در مرتبه دوم اهمیت مدیریت مصرف کودهای تیتروژنه بر اساس توصیه کودی بود که نشان داد آزمون خاک تا چه حد مؤثری با ایجاد توازن عناصر غذایی در خاک و گیاه در راستای نیل به عملکرد کمی بالاتر می‌تواند مؤثر واقع گردد. افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود بیولوژیک همراه با کود شیمیایی می‌تواند به دلیل تأثیر توأم باکتری‌های محرک رشد و کود شیمیایی در فراهمی عناصر غذایی باشد. باکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش توسعه ریشه در گیاهان سبب افزایش جذب مواد غذایی در گیاه می‌شوند که این خود موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه و نهایتاً سبب افزایش عملکرد و تولید عملکرد دانه بالاتر می‌شود. در شرایط مزرعه‌ای، تلقیح گیاه گندم با آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش دانه از ۱/۸ تا ۲/۷ برابر شده است (Bashan *et al.*, 2004).

عملکرد کاه: تأثیر تیمار کود زیستی بر میزان عملکرد کاه در سطح یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار شد (جدول ٤). در برهمکنش اثر تلقیح کود زیستی و نیتروژن کاربرد نیتروژن برابر با توصیه کودی و ۲۰ درصد کمتر از توصیه تأثیر معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت. در تیمار تلقیح بذر با کود زیستی و کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی (B_2N_2) بیشترین میزان عملکرد کاه نسبت به تلقیح کود زیستی با کاربرد ۲۰ درصد بیشتر از توصیه کودی (B_2N_3) و شاهد منفی حاصل شد (جدول ٦)؛ اما عملکرد کاه تحت تأثیر اثرات ساده سطوح کود نیتروژنی مورد آزمایش قرار نگرفت (جدول ۵). با توجه به عملکرد کاه به‌دست‌آمده می‌توان گفت با تلقیح کود بیولوژیک و کاربرد کود نیتروژنی بر اساس توصیه کودی در صورت تلفیق این سطح کودی با کود بیولوژیک، عملکرد بالاتری به دست می‌آید که این امر می‌تواند به دلیل نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن باشد. میرزا شاهی و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و نیتراژین در شرایط مزرعه‌ای با تلقیح گیاه گندم باعث افزایش کاه گردیدند.

وزن هزار دانه: تأثیر تلقیح کود زیستی و کود نیتروژن بر ویژگی وزن هزار دانه در سطح یک درصد ($P<0.01$) معنی‌دار شد. برهمکنش تلقیح و کود نیتروژن بر وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) معنی‌دار شد (جدول ٤). در تأثیر فاکتور نیتروژن بیشترین میزان وزن هزار دانه با کاربرد تیمار مصرف کود نیتروژنه بر اساس توصیه کودی (N_2) به

دست آمد که نسبت به کاربرد ۲۰ درصد پایین‌تر از توصیه و ۲۰ درصد بالاتر از توصیه به ترتیب ۱۲/۲۰ و ۸/۵۵ درصد بالاتر بود (جدول ۵). در برهمکنش تلقیح با کود زیستی و کاربرد نیتروژن تلقیح با کود زیستی و کاربرد تیمار B_2N_2 بیشترین وزن هزار دانه را به همراه داشت. در شرایط تلقیح بذر گندم با کود زیستی نسبت به شاهد منفی وزن هزار دانه کاهش یافت (جدول ٦). با کاربرد تیمار تلقیح بذر با کود زیستی و کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی (B_2N_2) وزن هزار دانه نسبت به تیمارهایی که در آن از تلقیح کود زیستی با کاربرد ۲۰ کمتر از توصیه کودی (B_2N_1) و تلقیح کود زیستی با کاربرد ۲۰ درصد بیشتر از توصیه کودی (B_2N_3) به ترتیب ۱۱/۰۵ درصد و ٦/۹۲ درصد بالاتر بود (جدول ٦). در تیمارهای تلفیقی تلقیح با کود زیستی و مصرف نیتروژن به دلیل افزایش شاخص سطح برگ که با افزایش طول دوره فتوسنتز همراه است موجب افزایش عملکرد گیاه شده و گیاه علاوه بر تعداد دانه بالاتر از وزن هزار دانه بیشتری هم برخوردار می‌گردد. (Kazemi and Zakeri, 2006) مطابقت دارد.

دانه در خوشه: این صفت نیز تحت تأثیر اثر ساده تیمارهای کود بیولوژیک ($P<0.05$) و برهمکنش کود بیولوژیک و سطوح کود نیتروژنی ($P<0.01$) قرار گرفت (جدول ٤). بااین‌وجود در بین تیمارهای کود شیمیایی، تیمار کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه بیشترین تعداد دانه در خوشه را به خود اختصاص داد که نسبت به مصرف کود نیتروژنه ۲۰ درصد کمتر از توصیه کودی و ۲۰ درصد بالاتر از توصیه به ترتیب ٦ و ٤ عدد بیشتر بود (جدول ۵). با کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه همراه با تلقیح با کود زیستی بیشترین تعداد دانه در خوشه مشاهده گردید (جدول ٦). به نظر می‌رسد دلیل این امر تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های حاوی کود زیستی و آزاد کردن آن در ریزوسفر باشد. این نتایج نشان‌دهنده این است که افزایش در مقدار نیتروژن در دسترس گیاه گندم می‌تواند در افزایش تعداد دانه در خوشه مؤثر باشد و تعداد آن را نسبت به شاهد افزایش دهد. همراه کردن کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیک می‌تواند در افزایش تعداد دانه در خوشه که از اجزای عملکرد بوده و متعاقباً باعث افزایش عملکرد دانه شود. هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بالاتری برای دریافت مواد فتوسنتزی می‌باشد زیرا تعداد دانه در خوشه ظرفیت این مخزن را تعیین می‌کند.

تعداد خوشه در بوته: تأثیر کود زیستی و کاربرد کود نیتروژنی بر ویژگی تعداد خوشه در بوته به ترتیب در سطوح یک و ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). با کاربرد کود نیتروژنی بر اساس توصیه تعداد دانه در خوشه نسبت به کاربرد ۲۰ درصد کمتر از توصیه به میزان ١٦/۵۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵). در برهمکنش کود بیولوژیک و کود نیتروژنی گرچه با تلقیح کود زیستی با گندم و کاربرد سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، اما نسبت به شاهد منفی و کاربرد مقادیر کود نیتروژنی در همه سطوح معنی‌دار شد (جدول ٦). چنین استنباط می‌شود که میزان نیتروژن فراهمی برای گیاه از طریق کودهای شیمیایی و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارای اثرات هم‌افزایی بوده و افزایش تعداد سنبله در بوته را

به دنبال دارد که بیانگر یک نوع ارتباط مستدل فیزیولوژی است. جعفرزاده و ثابتی (۱۳۹۲) نشان دادند که با اعمال تقسیط کود نیتروژن در دو مرحله صفات تعداد سنبله در بوته و تعداد سنبله در مترمربع به طور معنی داری افزایش یافت. با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن صفات تعداد سنبله در بوته, تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله به طور معنی داری افزایش یافت.

طول خوشه: کاربرد نیتروژن بر ویژگی طول خوشه تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که با کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی طول خوشه نسبت به کاربرد نیتروژن ۲۰ درصد کمتر از توصیه و کاربرد نیتروژن ۲۰ درصد بیشتر از توصیه به ترتیب ۱۶/۵۰ و ۱۱/۸۹ درصد افزایش نشان داد. با تلقیح بذر با کود زیستی و کاربرد نیتروژن بر اساس توصیه کودی گرچه طول خوشه نسبت به مقادیر کمتر و بیشتر از ۲۰ درصد توصیه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما درهرصورت تیمار B_2N_2 بیشترین طول خوشه را داشت. علی‌رغم این موضوع تلقیح بذر گندم با کود زیستی و کاربرد کود نیتروژنی نسبت به عدم تلقیح آن کاربرد کود نیتروژنی در همه سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). افزایش طول خوشه در گندم به دلیل افزایش جذب عنصر نیتروژن توسط کود زیستی نیتروژنی در رشد اندام-های هوایی گیاه بوده است.Murungu و همکاران (2004) تأثیر معنی‌دار تلقیح کود زیستی نیتروکسین را بر طول خوشه اعلام کردند.

ارتفاع بوته: تلقیح بذر گندم با کود زیستی و کاربرد کود نیتروژنی بر اساس توصیه کودی ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای عدم تلقیح و کاربرد کود نیتروژنی (شاهد منفی) افزایش داد (جدول ٦). در تلقیح کود زیستی با بذر و کاربرد کود نیتروژنی تیمار B_2N_2 بیشترین ارتفاع بوته را نشان داد گرچه نسبت به تیمارهای مشابه ۲۰ درصد کمتر و ۲۰ درصد بیشتر از توصیه کودی اختلاف معنی‌داری نشان نداد، اما نسبت به شرایط عدم تلقیح با کاربرد ۲۰ درصد کمتر و بیشتر از توصیه نیتروژن اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته مشاهده شد. اصولاً علت افزایش ارتفاع در اثر کاربرد اوره را می‌توان به اثر تشدیدکنندگی نیتروژن در رشد رویشی و تقسیمات سلولی در اندام گیاه به‌خصوص ساقه نسبت داد و اشاره کرد که درنتیجه وزن برگ و ساقه افزایش می-یابد. همچنین انتظار می‌رود مواد فتوسنتزی بیشتری توسط گیاه تولید شود که این مواد شرایط مناسبی را برای طویل شدن ساقه فراهم می‌کند. در غلات مصرف نیتروژن باعث طویل شدن ساقه و ارتفاع گیاه و به دنبال آن افزایش حجم و کانوپی گیاه نهایتاً عملکرد می‌شود. این تغییر در شکل ظاهری اندام هوایی در شرایط تغذیه گیاه با نیترات شدیدتر از آمونیوم است. علت این امر تغییر در توازن هورمونی در گیاه است (Engel *et al*, 2001). Noor Mohammad و همکاران (2010) و Yadavو همکاران (2000) گزارش کردند که تلقیح با گونه-هایی از ازتوباکتر در یک آزمایش گلخانه‌ای باعث افزایش ارتفاع، بیوماس و عملکرد دانه گندم گردید. Kader و همکاران (2002) اثر مایه‌زنی با ازتوباکتر را در سطوح مختلف کود نیتروژنی بر ارتفاع نهایی بوته‌ی گندم مثبت و معنی‌دار ارزیابی

نمودند. Abdelaziz و همکاران (2007) گزارش کردند با کاربرد توأم کمپوست، ازتوباکتر کروکوکوم (تثبیت کننده‌ی نیتروژن) و باسیلوس مگاتریوم (باکتری حل‌کننده فسفات)، ارتفاع گیاه رزماری در مقایسه با گیاهانی که فقط با کودهای معدنی NPK تیمار شده بودند، به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. نتایج مطالعه داوران حق (۱۳۸۵) نشان داد که مایه‌زنی با آزوسپیریلوم اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته ذرت نداشت، ولی با کاربرد این باکتری ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت.

تعداد پنجه: نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش نشان داد که تعداد پنجه در بوته ازنظر تیمارهای کود بیولوژیک و کود نیتروژنی مورداستفاده اختلاف معنی‌داری به ترتیب در سطح یک درصد ($P<0.01$) و ۵ درصد ($P<0.05$) داشت (جدول ٤). در اثر ساده کود نیتروژنی تیمار کاربرد کود بر اساس توصیه نسبت به کاربرد کود به میزان ۲۰ درصد کمتر از توصیه ۱۲/۲۰ درصد و نسبت به کاربرد کود به میزان ۲۰ درصد بالاتر از توصیه ١٦/٦٧ درصد افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). برهمکنش کود بیولوژیک و نیتروژنی گرچه در تیمار تلقیح با کود زیستی و کاربرد نیتروژن اختلاف معنی‌دار نشان داده نشد، اما نسبت به حالت عدم تلقیح (شاهد منفی) این اختلاف کاملاً محسوس بود (جدول ٦). این نتایج نشانگر این است که باکتری‌های آزاد زی موجود در کود زیستی در افزایش تعداد پنجه در بوته مؤثر بوده و افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه مانند نیتروژن، باعث تحریک رشد رویشی و تعداد پنجه در بوته می‌شود. نتایج پژوهشگران نشان داد که در آزمایشی بر روی ارزن با افزایش میزان نیتروژن تعداد پنجه در بوته‌ها هم افزایش یافت. در صورت تلقیح گندم با باکتری های ریزوبیومی، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه نسبت به شاهد افزایش یافته و این افزایش در مورد طول ریشه معنی دار بوده است (Zabihi *et al.*, 2006).

جدول ٤- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گندم

Table 4- Mean squares of measured traits in wheat

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه	وزن هزاردانه	دانه در خوشه	طول خوشه
کود	1	4243755.55**	554450.000**	256.144**	391.067**	22.445**
نیتروژن	2	5561389955 **	5556575555 ns	31.801**	48.751*	2.234**
برهمکنش کود و نیتروژن	2	29622.222 ns	278400.000 ns	0.234 ns	1.217 ns	0.022 ns
اشتباه آزمایشی	12	38194.444	263433.333	4.564	11.974	0.293
ضریب تغییرات (٪)	-	4.14	11.22	6.23	6.58	8.37

خوشه در بوته	ارتفاع بوته	تعداد پنجه
27.876**	60.50**	14.76 **

2.00*	1118.50*	1.715 *
0.394 ns	37.50**	0.924 ns
0.418	39.667	0.433
10.65	7.04	10.23

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ** در سطح ۱درصد معنی دار،ns: معنی نیست

*significant at 5% level, ** significant at 1% level, ns: not significant

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در گندم

Table 5- Comparison of the average effect of nitrogen fertilizer on the measured characteristics in wheat

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد کاه	وزن هزاردانه	دانه در خوشه	خوشه در بوته	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجه
	Kgha^{-1}					cm		
N_1	4433 b	6658 a	32.33 b	33.50 b	5.97 b	70.1 b	۵/۹۷ b	5.90b
N_2	5280 a	4018 a	36.82 a	39.16 a	7.15 a	84.3 a	۷/۱۵ a	6.72 a
N_3	4460 b	6402 a	33.67 b	35.67 ab	6.30 ab	82.3 ab	٦/۳۰ b	5.60 b

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند

Averages in each column that have a common letter, based on Duncan's multiple range test, do not have a significant difference at the 5% probability level

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش کود زیستی و نیتروژن بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در گندم

Table 6- Comparison of the average interaction of biofertilizer and nitrogen on the measured characteristics in wheat

کود زیستی	سطوح نیتروژن	عملکرد دانه	عملکرد کاه	وزن هزاردانه	دانه در خوشه	خوشه در بوته	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجه
		Kgha^{-1}					cm		
B_1	N_1	3967 c	5983 b	28.67 e	28.67 c	4.53 c	83 c	4.90 d	5.17 cd
	N_2	4717 b	6363 b	33.17 cd	35.00 bc	5.77 b	88bc	5.97 c	5.90 bc
	N_3	4033 c	6067 b	29.67de	30.67 c	5.27 bc	78 c	5.20 cd	4.40d
B_2	N_1	4900 b	7333 a	36.00 bc	۳۸/۳۳ ab	7.4 a	89 ab	7.03 b	6.60 ab
	N_2	5843 a	7673 a	40.47 a	٤۳/۳۰ a	8.27 a	101a	8.33 a	7.5 a
	N_3	4877 b	6737 ab	37.67 ab	40.67 ab	7.37 a	98 ab	7.80 ab	6.80 ab

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند

Averages in each column that have a common letter, based on Duncan's multiple range test, do not have a significant difference at the 5% probability level

روابط همبستگی میان ویژگی‌های مورد بررسی: روابط همبستگی میان ویژگی‌های موردبررسی در جدول ۷ آمده است. نتایج داده‌های جدول حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار میان ویژگی‌های موردبررسی در آزمایش بود. عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری با سایر اجزای عملکرد ازجمله وزن هزار

دانه (۱٪)، تعداد دانه در خوشه (۱٪)، خوشه در بوته (۱٪)، ارتفاع بوته (۵٪) طول خوشه (۱٪) و تعداد پنجه (۱٪) داشت.

جدول ۷- همبستگی بین ویژگی های مطالعه شده

Table 7- Correlation between the studied characteristics

	عملکرد دانه	عملکرد کاه	وزن هزاردانه	دانه در خوشه	خوشه در بوته	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجه
عملکرد دانه	1							
عملکرد کاه	0.924۰**	1						
وزن هزاردانه	0.959**	0.914*	1					
دانه در خوشه	0.945**	0.899*	0.998**	1				
خوشه در بوته	0.925**	0.948**	0.981**	0.981**	1			
ارتفاع بوته	0.901*	0.785ns	0.943**	0.932**	0.870*	1		
طول خوشه	0.927**	0.892*	0.994**	0.933**	0.979**	0.946**	1	
تعداد پنجه	0.933**	0.895*	0.957**	0.944**	0.915*	0.959**	0.945**	1

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ** در سطح ۱درصد معنی دار،ns: معنی‌دار نیست

*significant at 5% level, ** significant at 1% level , ns: not significant

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تلقیح بذر گندم با کود زیستی حاوی تثبیت کننده‌های آزادزی در کشت گندم و کاربرد کود نیتروژنی بر اساس توصیه کودی نقش مهمی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی داشت. بنابر این چنین استنباط می شود که میزان نیتروژن فراهمی برای گیاه از طریق کودهای شیمیایی و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن دارای اثرات هم افزایی بوده و افزایش عملکرد دانه، کاه، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله وزن هزاردانه را به دنبال دارد که بیانگر یک نوع ارتباط مستدل فیزیولوژی است. اهمیت این مسئله آنگاه بیشتر روشن می شود که در شرایط استریل (شاهد منفی) نتایج به دست آمده با شرایط تلقیح بر ویژگی های مورد مطالعه کاملاً متفاوت بود. بنابراین در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی از ارکان اجتناب ناپذیر آن است کاربرد کود زیستی به همراه آزمون خاک و توصیه کودی نیتروژن از منابع کودی قابل دسترس در کشت گندم توصیه می گردد.

منابع

۱) داوران حق، الف. ۱۳۸۵. تأثیر باکتری آزوسپیریلیوم در کاهش کود نیتروژنه در ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲) حجتی پور، الف.، جعفری حقیقی، ب. و م، درستکار.۱۳۹۲. تاثیر تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص های رشدی گندم. اکوفیزیولوژی گیاهی، ۵(۱۵)ص:۳۶-۴۸.

٤) جعفرزاده کنارسری، م. و ع، ثابتی. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تراکم کاشت، میزان و نحوه تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط فاریاب. یافته های نوین کشاورزی، ۸(۲ (۳۰))، ۱۳۵-۱٤۷.

۵) میرزاشاهی، ک.، اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک. و م، افشاری. ۱۳۹۲. تاثیر دو نوع کودهای زیستی بر عملکرد گندم آبی در شمال خوزستان. پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۷(۲ الف)، ۱۵۹-۱٦۸.

6) Abdelaziz, M., Pokluda, R. and M, Abdelwahab. 2007. Influence of compost, microorganism and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35: 86-90.

7) Adediran, J., Taiwo, A.L.B., Akande, M.O., Sobulo, R. A. and O. J, Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. J*ournal of Plant Nutrition*, 27: 1163-1181.

8) Allison L.E. and Moodie C.D. 1965. Carbonate. In: "Methods of Soil Analysis", (2nd Eds.): Black C.A. Evans D.D. White L.J. Ensminger L.E. and Clark F.E. *American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp. 1379–1396.

9) Bashan, Y., Holguim, G. and L.E, De-Bashan. 2004. Azospirillum- plant relation: Physiological, molecular, agricultural and environmental advances. *Canadian Journal of Microbiology*, 50: 521-572.

10) Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 45: 464-465.

11) Engel, A., Bird, A., Hil, J. E., Horwath, W. R. and C, Kessel. 2001. Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw in corporation and winter flooding. Journal of *Agronomy and Crop Science*, 93:1346-1354.

12) Hassanzadeh, E., Mazaheri, D., Chaichi, M.R. and K, Khavazi. 2006. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar kavir). Iranian J. Pazhouhesh and Ssazandegi. 77: 111-118.

13) Kader, M.A., Main, M.H. and M.S, Hoque. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *On Line Journal of Biological Sciences*, 2: 259-261.

14) Kazemi, N., and Zakeri, H. 2006. Tillage for sustainable cropping. Ilam University Press.

15) Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: Sparks D.L. (Ed.), Methods of soil Analysis-Part 3. Chemical Methods No. 5. *Soil Science Society of America and American Society of Agronomy*, Madison, 869-919.

16) Mirzaei Heydari, M. A., Maleki, R. and D, Brookand. 2009. Efficienency of phosphorus solubilising bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of wheat cultivar (chamran). *Aspects of Applied Biology*, 98: 189-192.

17) Murungu, F.S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L.J., Whalley, W.R. and WE, Finch-Savage. 2004. Effects of on farm seed priming on consecutive daily sowing decisions on the amgen and Growth of the maize in Semi- Arid Zimbabwe. *Field Crop Research*, 89: 49-57.

18) Nelson, D.W. and L.E, Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539–579. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ASA and SSSA, Madison, WI.Agron. Monogr. 9.

19) Noor Mohammad, G., Syadat, A. and A, Kashani. 2010. The first volume of cereal crops. Shahid Chamran University Publications. p. 25-33.

20) Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part3. Chemical Methods. *Soil Science Society of America and American Society of Agronomy*, Madison, pp. 1123–1184.
21) Yadav, K. S., Singh, D.P., Sunita, S., Neeru, N., Lakshminarayana, K., Suneja, S. and N, Narula. 2000. Effect of Azotobacter chroococcum on yield and nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions. *Environment and Ecology*, 18: 109-113.
22) Zabihi, Hr., Savaghebi, GR., Khavazi, K. and A, Ganjali. 2009. Effect of application of *Pseudomonas fluorescent*s on yield and yield Components of Wheat under different soil salinity levels. *Journal of Water and Soil*, 23 (1) 199-208.
23) Zahir, Z. A., Arshad, M. and W. T, Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81: 97-167.