

تأثیر کود زیستی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در شرایط گلخانه‌ای

علیرضا فلاح نصرت آباد^{1*}، سمیه مومنی²، شایان شریعتی³

* نویسنده مسئول: استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب (fallahalireza50@yahoo.com)

2- دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

3- عضو باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، گیلان، ایران

تاریخ پذیرش: 1393/02/03

تاریخ دریافت: 1392/09/20

چکیده

هدف از این پژوهش مقایسه اثر سطوح مختلف کود زیستی شامل باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* به تنهایی یا به صورت تلفیقی، به همراه باکتری‌های محرک رشد گیاه *سودوموناس فلورسنس* و *باسیلوس سابتیلیس* در ترکیب با پنج سطح کود نیتروژنه بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه گندم بود. آزمایش به صورت فاکتوریل، شامل کود زیستی و مقادیر مختلف کود نیتروژن در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در پایان دوره رشد گیاه صفات تعداد سنبله، تعداد دانه، عملکرد گیاه، نسبت وزن دانه به کاه، عملکرد کاه و درصد نیتروژن دانه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در اثر اصلی کود زیستی، بیشترین تأثیر را کود زیستی حاوی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس سابتیلیس* داشته، و به ترتیب 8، 22/5، 26/5 و 23/3 درصد مقادیر صفات نیتروژن دانه، تعداد سنبله، عملکرد کاه و عملکرد گیاه را نسبت به گیاه شاهد افزایش داد. در اثر اصلی کود شیمیایی بر صفات مورد بررسی اگر چه سطح کودی 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بیشترین مقدار را داشته ولی تفاوت معنی داری با سطح کود 75 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص نشان نداد. در اثر متقابل هم برهم کنش کود زیستی حاوی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس سابتیلیس* با 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داد و توانست به ترتیب 25/100/4، 53/5، 100/6 و 92/6 درصد صفات تعداد دانه، تعداد سنبله، نیتروژن دانه، عملکرد کاه و عملکرد گیاه را نسبت به گیاه شاهد افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها: ریزوباکتری‌های محرک رشد، کود زیستی، عملکرد گندم

مقدمه

به وجود آورده است. اگرچه مصرف این نوع کودها برای رفع کامل برخی از عناصر غذایی ضرورت دارد، ولی می‌توان جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی به عنوان مکمل از کودهای زیستی استفاده نمود (دوبرمن¹، 2006). امروزه با توجه به درک اهمیت استفاده از

نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی هم‌زمان با رشد جمعیت و همچنین برنامه‌های توسعه‌ای کشور در سال‌های اخیر، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی، بویژه نیتروژنی را به دنبال داشته است. با این وجود آلودگی‌های ناشی از مصرف این کودها نگرانی‌هایی را در بخش کشاورزی، محیط زیست، صنعت و بهداشت

(زریتا و کانگیگا،⁸ 2008؛ پیسینین و همکاران⁹، 2011). نتایج پژوهش کادر و همکاران¹⁰ (2002) نشان داد تلقیح باکتری ازتوباکتر با بذر گندم به تنهایی 18 درصد افزایش در عملکرد دانه و کاه داشت. ابوزید و همکاران¹¹ (2003) نیز بیان کردند تلقیح دانه گندم با ازتوباکتر باعث افزایش قابل توجه در عملکرد و کیفیت دانه می‌گردد. جنس‌های مختلفی از باکتری‌ها از قبیل سودوموناس، آروسپیریوم، ازتوباکتر، آرتروباکتر، باسیلوس، ریزوبیوم و ... به عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه گزارش شده‌اند (آگامردیبا¹²، 2005). نتایج بررسی حمیدی و همکاران¹³ (2011) نشان داد که تلقیح ترکیبی گیاه ذرت با باکتری‌های آروسپیریوم لیپوفروم، آروسپیریوم برازیلیس و سودوموناس فلورسنس موجب افزایش وزن خشک گیاه شد. مهاجرمیلانی و کلهر (1386) بیان کردند تلقیح همزمان بذور گندم و جو با کود حاوی ازتوباکتر و آروسپیریوم با افزایش عملکرد دانه همراه بود که نیتروژن اثر مثبت بر افزایش آن دارد. تحقیقات براسینی و همکاران¹⁴ (2012) نشان داد تلقیح گیاه ذرت با زادمایه مایع حاوی باکتری آروسپیریوم برازیلیس باعث افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. بررسی جاراک و همکاران¹⁵ (2012) نشان داد تلقیح ترکیبی گیاه ذرت با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس، باسیلوس و ازتوباکتر کروکوکوم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه گردید. مکانیسم‌های عملکردی باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل توان تولید فیتوهورمون‌ها، تثبیت نیتروژن، روابط آنتاگونیستی با فیتوپاتوژن‌ها و حل کردن فسفات‌های

کودهای زیستی در بهبود حاصل‌خیزی خاک و تولید پایدار محصولات کشاورزی، تولید و کاربرد این کودها توسعه بیشتری پیدا کرده و بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اقدام به تولید و مصرف کودهای زیستی نموده‌اند (کنایان¹، 2002). کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات هستند (وسی²، 2003؛ چن³، 2006) که توانایی تبدیل عناصر غذایی را از شکل غیرقابل دسترس به شکل قابل دسترس طی فرآیندهای زیستی داشته (وسی، 2003؛ راجندران و دواراج⁴، 2004) و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه زنی بهتر بذور می‌گردند (چن، 2006). نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف می‌باشد و نیاز گیاه به این عنصر بیش از سایر عناصر است؛ به همین دلیل رایج‌ترین میکروارگانیزم‌ها در تولید کودهای زیستی میکروارگانیزم‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی هوا هستند. از جمله باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، ازتوباکتر و آروسپیریوم هستند (باشان و هولگوین⁵، 1997) که در ترکیب کودهای زیستی این تحقیق به کار برده شده‌اند. نتایج بررسی ایلایس و باهو⁶ (2010) نشان داد با تلقیح باکتری آروسپیریوم به گیاه گندم تعداد پنجه‌های بارور و تعداد سنبله به طور معنی‌داری افزایش یافت. ارزانش و همکاران⁷ (2010) تأثیر جدایه‌های باکتری آروسپیریوم را بر افزایش عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی بررسی کردند که نتایج نشان داد تلقیح این جدایه‌ها باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی، افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در هر سنبله و افزایش عملکرد گیاهان گندم گردید. افزایش عملکرد گیاه گندم به وسیله باکتری آروسپیریوم توسط سایر محققان نیز گزارش شده است

8- Zorita and Canigia

9- Piccinin *et al.*10- Kader *et al.*11- Abou-Zeid *et al.*

12- Egamberdiyeba

13- Hamidi *et al.*14- Braccini *et al.*15 - Jarak *et al.*

1- Kannayan

2- Vessey

3- Chen

4- Rajendran and Devaraj

5- Bashan and Holguin

6- Ilyas and Baho

7- Arzanesh *et al.*

سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس با جمعیت 10^8 سلول زنده از هر باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح) و کود شیمیایی نیتروژنه در 5 سطح (N₀: صفر کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (عدم مصرف نیتروژن)، N₁: 25 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، N₂: 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، N₃: 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، N₄: 100 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود. برای انجام آزمون گلخانه‌ای نمونه برداری از عمق 0-30 سانتیمتری خاک انجام گرفت. بعد از هوا خشک شدن ویژگی‌های بافت خاک، پتاسیم قابل استفاده (استات آمونیوم نرمال) (کونز و دیکسون³، 1986)، pH، قابلیت هدایت الکتریکی (اسپارکس⁴، 1996)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، کربنات کلسیم، ماده آلی به روش والکی بلاک و فسفر قابل جذب به روش اولسن اندازه‌گیری گردید (کارتر و گریگوریچ⁵، 2008). در این پژوهش از گیاه گندم رقم کرج 1، گندمی پائیزه، دارای کیفیت نانویی متوسط و نیمه زودرس استفاده گردید. قبل از کاربرد کودهای مذکور بذره‌های پوک جداسازی شده، با استفاده از الکل 96 درصد به مدت 30 ثانیه و هیپوکلریت سدیم 1 درصد به مدت 2 دقیقه ضد عفونی سطحی شدند. سپس به منظور حذف هیپوکلریت، بذرها با استفاده از آب مقطر استریل 10 بار شستشو شده و بذور سالم جهت کشت را به مدت 24 ساعت خیسانده تا جوانه زده و آماده تلقیح با کود زیستی گردد. برای اعمال تیمارهای آزمایش در زمان کاشت، هر کدام از کودهای زیستی مایع به میزان یک میلی‌لیتر روی هر بذر ریخته شد (باشان⁶، 1998). کشت به تعداد 30 بذر گندم در هر گلدان چهار و نیم کیلویی انجام گرفت. یک سوم کود اوره (محاسبه شده بر اساس نیتروژن خالص) در شروع کاشت به گلدان‌ها اضافه شد. دو سوم باقی‌مانده کود اوره هفته سوم بعد از

غیرمحلول (لوگتبرگ و کامیلوا¹، 2009)، توان کلونیزه شدن، برقراری ارتباط با گیاهان، افزایش بیوماس محصول و رشد ریشه می‌باشد (آدسمویه و همکاران²، 2009). گندم یکی از قدیمی‌ترین و پر ارزش‌ترین گیاهان روی زمین است که بیش از هر محصول دیگری در دنیا کشت می‌شود (خدابنده، 1384). با توجه به رشد جمعیت و افزایش نیاز به این محصول پر مصرف جهانی افزایش میزان تولید از طریق افزایش سطح زیر کشت و مقدار عملکرد محصول در واحد سطح امکان‌پذیر می‌باشد. هدف از این پژوهش، مقایسه اثر کود زیستی ترکیبی باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن و محرک رشد گیاه آزوسپیریوم و ازتوباکتر به تنهایی، به همراه باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل سودوموناس فلورسنس و باسیلوس سابتیلیس و در ترکیب با پنج سطح کود نیتروژنه بر ویژگی‌های رشد و عملکردی گیاه گندم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال 1391 در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در ماهدشت کرج با طول جغرافیایی 50 درجه و 56 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 35 درجه و 45 دقیقه شمالی در ارتفاع 1312 متر از سطح دریا انجام پذیرفت. پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ترکیبی از دو فاکتور: کود زیستی در 4 سطح (T₀: بدون کود زیستی، T₁: کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریوم با جمعیت 10^6 سلول زنده از هر باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، T₂: کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریوم با جمعیت 10^8 سلول زنده از هر باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، T₃: کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریوم و باکتری‌های محرک رشد شامل

3- Kunze and Dixon

4- Sparks

5- Carter and Gregorich

6- Bashan

1- Lugtenberg and Kamilova

2 - Adesemoye *et al.*

اعمال تیمارها که هم شامل کود زیستی و هم کود شیمیایی نیتروژنه است می‌تواند نتیجه قابل ملاحظه‌ای در پی داشته باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در مورد صفات گویای این است که بین تیمارهای مصرف و عدم مصرف کود زیستی (فاکتور A) و همچنین بین سطوح کود شیمیایی نیتروژنه (فاکتور B) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 1% وجود دارد. همچنین اثر متقابل تیمارهای کود زیستی و سطوح کود شیمیایی در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد (جدول 2).

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کود زیستی بر روی صفات مورد بررسی نشان داد (جدول 3) که در فاکتورهای عملکرد کاه (گرم بر گلدان)، عملکرد کل (گرم بر گلدان)، درصد نیتروژن دانه و تعداد سنبله کودهای زیستی T_1 ، T_2 و T_3 بیشترین مقدار را داشته و اگرچه تفاوت معنی‌داری را با هم نداشتند ولی با تیمار عدم مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نشان دادند. در مورد صفت تعداد دانه کمترین مقدار مربوط به تیمار عدم مصرف کود زیستی و بیشترین در مورد کود زیستی T_3 مشاهده گردید و تفاوت بین این تیمار و سایر کودهای زیستی (T_1 و T_2) معنی‌دار بود. در مورد نسبت وزن دانه به کاه بیشترین مقدار را تیمار عدم مصرف کود دارا بود و همچنین با هر سه کود زیستی (T_1 ، T_2 و T_3) اختلاف معنی‌داری در سطح 1% نشان داد. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان گفت کود زیستی T_3 (کود زیستی حاوی ازتویاکتر، آروسپیریوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس) بهترین کود زیستی در افزایش مقدار صفات مورد بررسی بوده است (جدول 3). در مورد اثر اصلی کود شیمیایی نیتروژنه، مقایسه میانگین‌ها در اثر متقابل عدم مصرف کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه (جدول 4) نشان می‌دهد که صفات تعداد دانه، تعداد سنبله، عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) و عملکرد کاه (گرم بر گلدان) به ترتیب با افزایش میزان کود نیتروژنه افزایش می‌یابند؛ به طوری که بالاترین

کشت و همراه با آب آبیاری به صورت محلول اضافه گردید. با توجه به این که پتاسیم موجود در خاک در حد مطلوب می‌بود از کود پتاسیمی استفاده نشد. برای تامین فسفر کافی برای رشد گندم (14 میلی گرم در هر کیلوگرم خاک) نیز از کود سوپر فسفات تریپل استفاده گردید. به منظور آبیاری گیاه ابتدا ظرفیت زراعی خاک به وسیله دستگاه پرشر پلیت تعیین گردید، و رطوبت گلدان‌ها با آب مقطر در حدود 70% ظرفیت زراعی (FC) به صورت وزنی رسانیده شد. سپس برای آبیاری به صورت روزانه گلدان‌ها را وزن کرده و با توجه به کمبود رطوبت نسبت به 70% ظرفیت زراعی (FC) آبیاری با آب مقطر صورت پذیرفت. در حدود آبیاری. پس از دو هفته گلدان‌ها تنک شده و در هر گلدان تعداد 10 نمونه کامل تا پایان دوره کشت حفظ گردید. بعد از پایان دوره رشد گیاه (سه ماه) فاکتور تعداد سنبله اندازه‌گیری شد. فاکتورهای وزن دانه به کاه، عملکرد کاه (گرم بر گلدان)، عملکرد کل (گرم بر گلدان) و تعداد دانه بعد از خشک شدن اندازه‌گیری گردید. نیتروژن دانه نیز با روش هضم و تقطیر (سیستم کجل دال) اندازه‌گیری شد (پیچ و همکاران¹، 1988). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 1% انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه خاک گویای آن است (جدول 1) که میزان دو عنصر پرمصرف نیتروژن و فسفر پایین‌تر از محدوده نرمال برای رشد گیاه گندم است. pH خاک نزدیک به قلیایی است. شوری خاک متوسط و درصد ماده آلی خاک پایین است. بافت خاک سنگین است که برای کشت گندم مناسب می‌باشد. شرایط کلی خاک نشان می‌دهد که کشت در چنین خاکی به خودی خود نتیجه مطلوبی در پی نخواهد داشت؛ ولی به نظر می‌رسد

جدول 1- نتایج فیزیکی و شیمیایی تجزیه خاک

ویژگی	نیترژن (درصد)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس	بافت خاک	pH	ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربنات کلسیم معادل (درصد)
مقدار	0/08	8	270	لوم رسی	7/64	0/78	3/1	9

جدول 2- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کاه	عملکرد گیاه	نسبت وزن دانه به کاه	تعداد دانه	تعداد سنبله	نیترژن دانه
فاکتور A	3	65/09**	189/82**	0/037**	2248/7**	3/468**	0/070**
فاکتور B	4	117/42**	660/82**	0/011**	16105/8**	14/204**	0/949**
AB	12	4/52**	12/44**	0/005**	156/0**	2/394**	0/030**
خطا	40	0/25	0/177	0/001	4/97	0/054	0/002
ضریب تغییرات		2/22	0/99	2/35	0/41	3/84	1/05

فاکتور A = کود زیستی فاکتور B = کود شیمیایی نیترژنه AB = اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی

جدول 3- اثر اصلی باکتری بر میانگین صفات بررسی شده

تیمار	نسبت وزن دانه به کاه	تعداد دانه	عملکرد کاه (گرم بر گلدان)	عملکرد گیاه (گرم بر گلدان)	درصد نیترژن دانه	تعداد سنبله
T ₀	1/262 ^a	455/73 ^c	15/36 ^b	34/74 ^b	1/859 ^b	4/800 ^b
T ₁	1/152 ^b	475/46 ^b	19/00 ^a	41/03 ^a	1/955 ^a	5/653 ^a
T ₂	1/179 ^b	475/2 ^b	18/70 ^a	41/08 ^a	1/971 ^a	5/607 ^a
T ₃	1/170 ^b	484/9 ^a	19/64 ^a	42/84 ^a	2/007 ^a	5/887 ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال 0/05 می باشد.

جدول 4- اثر اصلی کود شیمیایی نیترژنه بر میانگین صفات بررسی شده

تیمار	نسبت وزن دانه به کاه	تعداد دانه	عملکرد کاه (گرم بر گلدان)	عملکرد گیاه (گرم بر گلدان)	درصد نیترژن دانه	تعداد سنبله
N ₀	1/191 ^{ab}	430/8 ^d	13/93 ^d	30/56 ^d	1/612 ^d	3/950 ^c
N ₁	1/149 ^b	443/8 ^c	16/09 ^c	34/63 ^c	1/767 ^c	4/825 ^b
N ₂	1/192 ^{ab}	469/6 ^b	18/25 ^b	39/99 ^b	1/882 ^b	5/467 ^b
N ₃	1/232 ^a	507/1 ^a	20/72 ^a	46/33 ^a	2/243 ^a	6/533 ^a
N ₄	1/189 ^{ab}	512/8 ^a	21/87 ^a	48/10 ^a	2/235 ^a	6/658 ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال 0/05 می باشد.

بر گلدان) تا 75 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه بوده است، ولی در مورد تیمارهای T_0 و T_2 افزایش عملکرد کاه (گرم بر گلدان) تا 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه بوده است. بنابراین استفاده همزمان کود زیستی و کود نیتروژنه باعث شده میزان مصرف کود نیتروژنه به طور قابل توجهی کاهش یابد و با وجود کاهش مصرف کود نیتروژنه میزان تولید افزایش داشته است. بهتر است که به لحاظ صرفه اقتصادی تیمار T_3N_3 (کودزیستی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس با 75 کیلوگرم نیتروژن) به عنوان بهترین مورد استفاده گردد. رای و گائور¹ (1988) بیان کردند تلقیح همزمان بذر گندم با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم متوسط عملکرد کاه را 12/6 درصد نسبت به شاهد تلقیح نشده افزایش داد. توران و همکاران² (2010) بیان کردند تلقیح همزمان بذر گندم با باکتری آزوسپیریلوم و دو گونه باسیلوس به طور قابل توجهی باعث افزایش عملکرد کاه، تعداد دانه و عملکرد گیاه می‌گردد. کادر و همکاران (2002) نیز بیان کردند تلقیح باکتری ازتوباکتر با بذر گندم به تنهایی 18 درصد افزایش در تعداد دانه و عملکرد کاه داشته، درحالی که باکتری همراه با کود نیتروژنه باعث افزایش قابل توجه تعداد دانه و میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه می‌گردد. مقایسه میانگین‌ها در رابطه با اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژنه در مورد نسبت وزن دانه به کاه (جدول 5) گویای آن است که بالاترین نسبت وزن دانه به کاه در اثر متقابل عدم مصرف کود زیستی و عدم مصرف کود نیتروژنه (T_0N_0) که با تیمارهای T_0N_2 و T_0N_3 در یک گروه آماری قرار گرفته و با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری در سطح 1% نشان می‌دهد بدست آمده، و کمترین میزان در اثر متقابل کود زیستی T_0 با 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (با تیمارهای T_1N_2 ، T_1N_0 ، T_2N_0 ، T_2N_1 ، T_3N_0 ، T_3N_1 و T_3N_3 در یک گروه

مقدار با کاربرد 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف کود نیتروژنه (0 کیلوگرم نیتروژن) مشاهده شد. تیمارهای کاربرد 50، 75 و 25 (N_1 ، N_2 ، N_3) کیلوگرم کود نیتروژنه به لحاظ این صفت به ترتیب بعد از تیمار N_4 قرار می‌گیرند. تیمارهای N_3 و N_4 از نظر آماری در یک گروه قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری در سطح 1% با دیگر تیمارها دارند. دو تیمار N_1 و N_2 نیز اختلاف معنی‌داری در سطح 1% با یکدیگر و با N_0 داشته و در سه گروه آماری مختلف قرار می‌گیرند. در مورد صفت درصد نیتروژن دانه بیشترین مقدار را به ترتیب تیمارهای N_3 و N_4 دارا بودند که تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها در سطح 1% نشان دادند. در مورد صفت نسبت وزن دانه به کاه نتایج نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به مصرف 75 کیلوگرم نیتروژن بوده ولی تفاوت معنی‌داری با تیمارهای N_0 ، N_2 و N_4 نشان نداد. (جدول 4).

مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژن (جدول 5) نشان داد که در مورد صفت عملکرد کاه (گرم بر گلدان) کمترین مقدار را تیمار T_0N_0 داشته و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در سطح 1 درصد نشان داد و بیشترین مقدار را به ترتیب تیمارهای T_3N_3 ، T_3N_4 ، T_1N_3 ، T_1N_4 ، T_2N_4 و T_2N_3 داشته که تفاوت معنی‌داری در سطح 1 درصد با هم نشان ندادند. مقایسه میانگین‌ها در اثر متقابل هر یک از کودهای زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان‌گر آن است که در مورد اثر متقابل عدم مصرف کود زیستی با پنج سطح نیتروژنه وزن کاه (گرم بر گلدان) به ترتیب با افزایش میزان نیتروژن افزایش یافته است. نتایج معرف آن است که مصرف کودهای زیستی (T_1 ، T_2 و T_3) نسبت به عدم مصرف کود زیستی (شاهد) و افزایش مقدار کود نیتروژنه منجر به افزایش عملکرد کاه (گرم بر گلدان) گندم گردیده است. البته در مورد تیمارهای T_1 و T_3 افزایش عملکرد کاه (گرم

1- Rai and Gaur
2- Turan et al.

مقایسه میانگین‌ها در مطالعه اثر متقابل هر یک از تیمارهای کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان می‌دهد در اثر متقابل مصرف کود زیستی با 5 سطح نیتروژن تعداد دانه به ترتیب با افزایش میزان نیتروژن تا سطح 75 کیلوگرم در هکتار، افزایش می‌یابد. همچنین گویای آن است که استفاده از کود زیستی همراه با کود شیمیایی باعث شده در هر یک از سطوح کود نیتروژنه تعداد دانه بیشتر و حتی در مقایسه با بالاتر کود نیتروژنه بدون مصرف کود زیستی شرایط مطلوب‌تری داشته باشیم، به این معنی که هر سه کود زیستی بکار رفته به میزان زیادی باعث کاهش مصرف کود نیتروژنه، ضمن حفظ نتیجه گردیده است. توران و همکاران (2010) بیان کردند تلقیح بذر گندم با باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *باسیلوس* به تنهایی یا به صورت تلفیقی و یا در ترکیب با کود شیمیایی نیتروژنه به طور قابل توجهی تعداد دانه را افزایش می‌دهد. افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر کاربرد *آزوسپریلیوم* می‌تواند ناشی از اثر آن بر طول سنبله باشد که تا حدودی توانسته مقدار آن را افزایش دهد (اردکانی و همکاران، 1380). ارزانش و همکاران (2010) تأثیر جدایه‌های باکتری *آزوسپریلیوم* را بر افزایش عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی بررسی کردند که نتایج نشان داد تلقیح این جدایه‌ها باعث افزایش تحمل گیاهان گندم به تنش خشکی، افزایش تولید تعداد دانه در هر سنبله، افزایش وزن خشک گیاه نسبت به گیاهان شاهد شده بود. کادر و همکاران (2002) نیز بیان کردند تلقیح بذر گندم با باکتری *ازتوباکتر* و همزمان مصرف 192 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف نیتروژن و تلقیح با *ازتوباکتر* اثر معنی‌داری بر تعداد دانه دارد. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژنه بر تعداد سنبله نشان می‌دهد که بیشترین تعداد سنبله از اثر متقابل کود زیستی سوم (کود زیستی حاوی *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس* سابتیلیس) با سطح 4 کود نیتروژنه (100 کیلوگرم

آماری قرار گرفته؛ حال آن‌که اختلاف معنی‌داری در سطح 1% با تیمارهای دیگر دارد) حاصل گردیده است (جدول 5). در ارتباط با اثر متقابل هر یک از سطوح کود نیتروژنه با 4 تیمار کود زیستی نتایج گویای آن است که در اثر متقابل عدم مصرف نیتروژن با تیمارهای کود زیستی بیشترین نسبت وزن دانه به کاه در مورد عدم مصرف کود زیستی و کمترین آن برای کود زیستی سوم (کود زیستی *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس* سابتیلیس با 75 کیلوگرم نیتروژن) به دست آمده است. تیمارهای اثر متقابل با مابه تلقیح‌های T_1 ، T_2 و T_3 به ترتیب در یک گروه آماری قرار گرفته و تنها با تیمار عدم مصرف کود زیستی در سطح 1% تفاوت معنی‌دار دارند. بنابراین در شرایط عدم کاربرد نیتروژن با افزایش تعداد و نوع میکروارگانیسم‌ها نسبت وزن دانه به کاه کاهش یافته و وزن دانه و کاه به هم نزدیک‌تر می‌گردد (جدول 5). تغییرات میزان نسبت وزن دانه به کاه با ثابت در نظر گرفتن وزن کاه، با افزایش وزن دانه افزایش یافته و با کاهش آن تبعاً کاهش می‌یابد. در صورت ثابت ماندن وزن دانه تغییرات وزن کاه نتیجه عکس خواهد داشت و طبیعتاً با ثابت ماندن هر دو فاکتور وزن دانه و وزن کاه تغییری نخواهد کرد؛ بنابراین عواملی که وزن دانه و یا وزن کلش را به طور معنی‌داری تغییر دهند، بر این صفت اثر معنی‌دار خواهند داشت. در مورد تعداد دانه اثر متقابل تیمارهای کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان می‌دهد که بیشترین تعداد دانه در تیمار T_3N_3 (کود زیستی حاوی *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس* سابتیلیس با 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حاصل گردیده که با اثر متقابل همین کود زیستی و سطح 4 کود نیتروژنه (100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشته؛ ولی با سایر تیمارها در سطح احتمال 1% متفاوت می‌باشد. کمترین تعداد دانه در اثر متقابل عدم مصرف کود نیتروژنه و عدم مصرف کود زیستی مشاهده می‌گردد که با دیگر تیمارها در سطح 1% متفاوت می‌باشد (جدول 5).

نیتروژن در هکتار) و سطح 3 کود نیتروژنه (75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حاصل گردیده، که با اثرات متقابل T_0N_4 ، T_1N_4 ، T_2N_4 ، T_2N_3 ، T_1N_3 در یک گروه آماری قرار گرفته و تفاوت معنی داری ندارند؛ در صورتی که با اثرات متقابل دیگر تیمارها اختلاف معنی داری در سطح 1% نشان می دهد. کمترین تعداد سنبله در اثر متقابل عدم کاربرد کود زیستی و عدم کاربرد کود نیتروژنه (T_0N_0) به دست آمده که اثرات متقابل T_1N_0 ، T_0N_1 و T_2N_0 با آن در یک گروه آماری قرار گرفته است. اثرات متقابل دیگر تیمارها با T_0N_0 در سطح 1% تفاوت معنی داری نشان می دهند (جدول 5). بررسی اثر متقابل هر یک از تیمارهای کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان می دهد که در اثر متقابل عدم مصرف کود زیستی و سطوح کود نیتروژنه تعداد سنبله به ترتیب با افزایش میزان کود نیتروژنه افزایش می یابد؛ لذا بیشترین تعداد سنبله در سطح 4 (100 کیلوگرم نیتروژن) کود نیتروژنه که با دیگر تیمارها در سطح 1% تفاوت معنی داری دارد، حاصل گردیده و کمترین آن در عدم کاربرد کود نیتروژنه به دست می آید. بررسی اثر متقابل هر یک از تیمارهای کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان می دهد که در اثر متقابل مصرف کود زیستی و سطوح کود نیتروژنه تعداد سنبله به ترتیب با افزایش نیتروژن تا سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش می یابد مقایسه میانگین ها نشان می دهد که کاربرد همزمان کود زیستی و کود شیمیایی به طور قابل ملاحظه ای میزان مصرف کود نیتروژنه را کاهش می دهد، به طوری که با استفاده از مایه تلقیح، تعداد سنبله در سطوح پایین تر کود نیتروژنه نسبت به عدم مصرف کود زیستی در سطوح بالاتر کود نیتروژنه، میزانی معادل و حتی بیشتر را نشان می دهد؛ بنابراین مناسب ترین فاکتور از نظر تعداد سنبله اثر متقابل این کود زیستی با 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار است (جدول 5). کاپولینک و همکاران¹ (1983) بیان کرد که تلقیح با

آزوسپیریلوم، علاوه بر کاهش مصرف کود نیتروژنه در حد 30 تا 35 درصد، سبب رشد بهتر گیاه تلقیح شده و افزایش مقدار محصول آن می گردد. همچنین محققان بیان کردند که باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه از طریق کنترل زیستی بیمارگرهای گیاهی و همچنین از طریق افزایش رشد ریشه و اندام هوایی موجب بهبود رشد گیاه می شوند (کلوپر و همکاران²، 1999؛ آدسمویه و همکاران، 2009). مقایسه میانگین ها در مورد اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن نشان می دهد که بالاترین درصد نیتروژن دانه در اثر متقابل کود زیستی سوم (کود زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس) و سطح 3 (75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) کود نیتروژنه (T_3N_3) به دست آمده، که با اثرات متقابل T_3N_4 ، T_2N_3 ، T_1N_3 ، T_2N_4 ، T_1N_4 در یک گروه قرار گرفته و تفاوت معنی داری در سطح 1% ندارند. کمترین درصد نیتروژن در عدم کاربرد کود زیستی و کود نیتروژنه مشاهده می گردد، که تمام اثرات متقابل دیگر با آن در سطح احتمال 1% تفاوت معنی داری دارند (جدول 5)؛ همچنین نشان می دهد که کاربرد همزمان کود زیستی و کود نیتروژنه باعث شده میزان مصرف کود شیمیایی به طور قابل ملاحظه ای کاهش یابد؛ به طوری که درصد نیتروژن دانه در سطوح برابر از نظر کود نیتروژنه با کاربرد کود زیستی بخصوص در مورد کود زیستی سوم (کود زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس) افزایش می یابد. در بیشتر موارد سطوح پایین تر کود نیتروژنه با کاربرد کود زیستی درصد نیتروژن برابر و حتی بیشتر نسبت به سطوح بالاتر کود نیتروژنه بدون کاربرد کود زیستی نتیجه می دهد. اثر متقابل در رابطه با عدم مصرف کود زیستی و پنج سطح کود نیتروژنه نشان می دهد که درصد نیتروژن دانه با افزایش نیتروژن خالص تا 100 کیلوگرم در هکتار افزایش می یابد. بنابراین بیشترین نیتروژن دانه در سطح 4 (100 کیلوگرم نیتروژن خالص

گرفته؛ ولی با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1% نشان می‌دهد. کمترین میزان عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) نیز در مورد عدم کاربرد کود زیستی و کود نیتروژنه ملاحظه می‌گردد. که تمام اثرات متقابل بالاتر از آن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 1% با آن دارند (شکل 1). مقایسه میانگین‌ها در اثر متقابل هر یک از کودهای زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه نشان می‌دهد که در مورد اثر متقابل تیمار عدم مصرف کود زیستی با سطوح کود نیتروژنه، عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) به ترتیب با افزایش میزان نیتروژن تا 100 کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد؛ ولی در مورد اثر متقابل تیمار مصرف کود زیستی با سطوح کود نیتروژنه، عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) به ترتیب با افزایش میزان نیتروژن تا 75 کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا می‌کند؛ همچنین بر اساس شکل 1 در می‌یابیم که استفاده از کود زیستی همراه با کود شیمیایی باعث شده است تا در هر یک از سطوح کود نیتروژنه میزان تولید بیشتر و حتی در مقایسه با سطوح بالاتر کود نیتروژنه بدون مصرف کود زیستی شرایط مطلوب‌تری داشته باشیم؛ به این معنی که هر سه کود زیستی بکار رفته به میزان زیادی باعث کاهش مصرف کود نیتروژنه، ضمن حفظ نتیجه گردیده است.

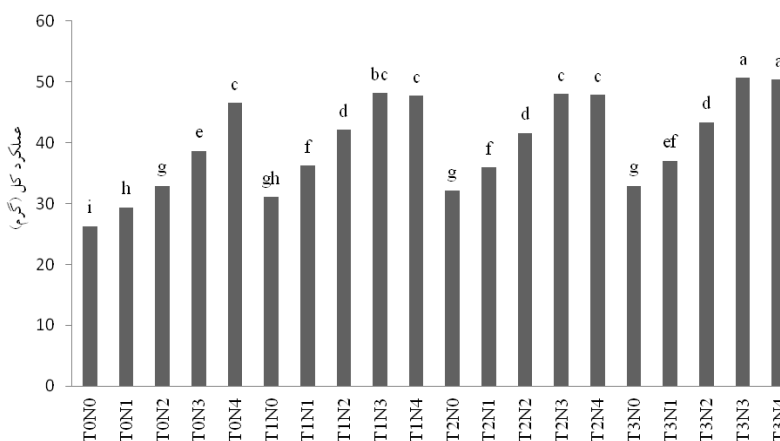
در هکتار) کود نیتروژنه که با سطح 3 (75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد مشاهده می‌گردد (جدول 5). اثر متقابل کودهای زیستی (T_1 ، T_2 و T_3) و پنج سطح کود نیتروژنه نشان می‌دهد که درصد نیتروژن دانه با افزایش کود نیتروژنه تا 75 کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. و در سطح 4 (100 کیلوگرم نیتروژن) کود نیتروژنه با تفاوت کمی نسبت به سطح 3 کاهش می‌یابد، این دو اثر متقابل در یک گروه آماری قرار گرفته؛ اما با اثرات متقابل دیگر و عدم کاربرد نیتروژن تفاوت معنی‌داری در سطح 1% دارد. سطوح 2 و 1 کود نیتروژنه در ردیف‌های بعد و در یک گروه قرار می‌گیرند؛ ولی با عدم کاربرد کود نیتروژنه تفاوت معنی‌داری در سطح 1% را نشان می‌دهند (جدول 5). باکتری‌های محرک رشد گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات محتوی عناصر در قسمت‌های مختلف گیاه را بهبود می‌بخشد و تلقیح همزمان آزوسپیریلوم و دوگونه باسیلوس با مصرف کود اوره، محتوی نیتروژن در دانه، کاه و برگ را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (توران و همکاران، 2010). تلقیح بذر گندم با باکتری محرک رشد گیاه و مصرف همزمان کود شیمیایی نیتروژنه اثر معنی‌داری بر محتوی نیتروژن دانه و کاه گندم داشت (جواد اختر و همکاران¹، 2009).

مقایسه میانگین‌ها در خصوص اثر متقابل 4 تیمار کود زیستی با پنج سطح کود نیتروژنه در مورد عملکرد گیاه گویای آن است که بالاترین عملکرد کل (گرم بر گلدان) در اثر متقابل کود زیستی سوم (کود زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس) با سطح 3 (75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) کود نیتروژنه حاصل گردیده، که با اثر متقابل همین کود زیستی و سطح 4 کود نیتروژنه (100 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در یک گروه آماری قرار

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژنه بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد کاه (گرم بر گلدان)	تعداد سنبله	نسبت وزن دانه به کاه	تعداد دانه	درصد نیتروژن دانه
T ₀ N ₀	11/21 ⁱ	3/333 ^h	1/330 ^a	414/0 ^j	1/513 ^h
T ₀ N ₁	13/30 ^h	3/967 ^{gh}	1/203 ^{cd}	426/3 ⁱ	1/690 ^{fg}
T ₀ N ₂	14/37 ^{gh}	4/500 ^{eg}	1/290 ^{ab}	449/7 ^{fg}	1/800 ^e
T ₀ N ₃	16/78 ^e	5/667 ^{cd}	1/297 ^{ab}	479/7 ^{de}	2/113 ^c
T ₀ N ₄	21/15 ^{ab}	6/533 ^{ab}	1/190 ^{cd}	509/0 ^c	2/177 ^{bc}
T ₁ N ₀	14/34 ^{gh}	3/967 ^{gh}	1/160 ^{ce}	433/3 ^{hi}	1/623 ^g
T ₁ N ₁	17/26 ^{de}	5/000 ^{df}	1/093 ^e	449/0 ^{fg}	1/777 ^{ef}
T ₁ N ₂	19/75 ^{bc}	5/900 ^{bc}	1/123 ^{de}	474/7 ^{de}	1/877 ^{de}
T ₁ N ₃	21/86 ^a	6/833 ^a	1/200 ^{cd}	510/7 ^c	2/263 ^{ab}
T ₁ N ₄	21/79 ^a	6/567 ^{ab}	1/183 ^{cd}	509/7 ^c	2/233 ^{ab}
T ₂ N ₀	14/79 ^{fh}	4/100 ^{gh}	1/143 ^{de}	434/7 ^{hi}	1/617 ^g
T ₂ N ₁	16/65 ^{ef}	5/067 ^{df}	1/147 ^{cd}	445/7 ^{fg}	1/807 ^{de}
T ₂ N ₂	19/07 ^{cd}	5/433 ^{cd}	1/173 ^{cd}	472/0 ^e	1/907 ^d
T ₂ N ₃	21/32 ^{ab}	6/767 ^{ab}	1/227 ^{bc}	512/7 ^{bc}	2/273 ^a
T ₂ N ₄	21/67 ^{ab}	6/667 ^{ab}	1/203 ^{cd}	511/0 ^c	2/250 ^{ab}
T ₃ N ₀	15/40 ^{eg}	4/400 ^{fg}	1/130 ^{de}	441/3 ^{gh}	1/693 ^{fg}
T ₃ N ₁	17/17 ^{de}	5/267 ^{ce}	1/153 ^{ce}	454/3 ^f	1/797 ^e
T ₃ N ₂	19/82 ^{bc}	6/033 ^{bc}	1/183 ^{cd}	482/0 ^d	1/943 ^d
T ₃ N ₃	22/91 ^a	6/867 ^a	1/203 ^{cd}	525/3 ^a	2/323 ^a
T ₃ N ₄	22/88 ^a	6/867 ^a	1/180 ^{cd}	521/3 ^{ab}	2/280 ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال 0/05 می باشد.



تیمارات متقابل کود بیولوژیک و کود شیمیایی

شکل 1- مقایسه میانگین ها در اثرات متقابل کود زیستی و کود شیمیایی بر عملکرد گیاه (حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال 0/05 می باشد)

نشان داد اگرچه در اثر اصلی کود شیمیایی میزان 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه منجر به بهترین نتایج گردیده است؛ ولی تفاوت معنی داری با تیمار 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نشان نداد. در اثر متقابل کود شیمیایی و کود زیستی تیمار 75 کیلوگرم کود نیتروژنه به همراه کود زیستی بیشترین مقدار را در اکثر صفات مورد بررسی داشت و توانست به ترتیب 25، 100/4، 53/5، 100/6 و 92/6 درصد صفات تعداد دانه، تعداد سنبله، نیتروژن دانه عملکرد کاه و عملکرد گیاه را نسبت به گیاه شاهد افزایش دهد. این مطلب نشان می‌دهد که استفاده همزمان از کود زیستی و کود نیتروژنه باعث کاهش میزان کود نیتروژنه مصرفی می‌گردد. آزمایشی که یزدانی و همکاران (2009) بر روی اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محرک رشد گیاه در کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره در کشت ذرت انجام دادند، نشان داد که تلقیح گیاه با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه و باکتری‌های حل‌کننده فسفات سبب افزایش معنی‌دار بازده زراعی و کارایی مصرف کود کودهای نیتروژنی و فسفره گردید. نتایج همچنین گویای آن است که کود زیستی که از نظر نوع باکتری متنوع‌تر می‌باشد، اثر بیشتری بر فاکتورهای مطالعاتی و در مجموع بر تولید در واحد سطح داشته است. با توجه به نتایج مثبت حاصل و با در نظر گرفتن این که کودهای زیستی بر خلاف کودهای شیمیایی نیتروژنه دوستدار و سازگار با محیط زیست بوده و از نظر اقتصادی نیز بسیار به صرفه‌تر می‌باشند، توصیه می‌گردد در کنار عرضه کودهای شیمیایی، کودهای زیستی نیز به مصرف‌کننده عرضه گردد.

از آنجایی که عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) گندم (بخش هوایی گیاه گندم) تقریباً نزدیک به مجموع تعداد دانه و عملکرد کاه (گرم بر گلدان) است، معنی‌دار بودن اثر اصلی تیمارها به تنهایی و نیز اثر متقابل تیمارها بر این صفت می‌تواند پیرو معنی‌داری را اثر تیمارها بر تعداد دانه و عملکرد کاه باشد. افزایش عملکرد در گیاهان تلقیح شده با آزوسپیریوم عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد، همچنین میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه تلقیح شده با این باکتری است (پیرا و همکاران¹، 1988). جاگنو² (1978) نشان داد تلقیح گندم و ذرت با ازتوباکتر هم‌بخش هوایی گیاه (20-50%) و هم عملکرد را (19-30%) افزایش می‌دهد. بررسی جاراگ و همکاران (2012) نشان داد که تلقیح ترکیبی گیاه ذرت با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس، باسیلوس و ازتوباکتر کروکوم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه شد. در تحقیقی که توسط توران و همکارانش در سال (2010) انجام گرفت، در شرایط استفاده مطلق از کود نیتروژنه به میزان 80 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و به تبع آن در شرایط تلقیح همزمان بذر گندم با آزوسپیریوم و دو گونه باسیلوس بیشترین تعداد دانه، عملکرد کاه و گیاه حاصل گردید.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج می‌توان دریافت که استفاده از کود زیستی در همه فاکتورها به غیر از نسبت دانه به کاه باعث پایین آمدن میزان مصرف کود شیمیایی می‌شود، به طوری که کاربرد هر سه کود زیستی بخصوص مایه تلقیح سوم (کود زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپیریوم، سودوموناس و باسیلوس سابتیلیس) عملکرد کاه (گرم بر گلدان) (26/5%)، عملکرد گیاه (گرم بر گلدان) (23/3%)، تعداد سنبله (22/5%)، تعداد دانه (6%) و نیتروژن دانه (8%) بالاتری نسبت به عدم مصرف کود زیستی در سطوح یکسان را نشان دهد. همچنین نتایج

1- Pereira *et al.*

2- Jagnow

منابع

1. اردکانی، م.، مظاهری، د.، مجد، ف. و نورمحمدی، ق. 1380. نقش همیاری باکتری آزوسپیریوم در تثبیت بیولوژیکی ازت، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گندم، هفتمین کنگره علوم خاک ایران، شهر کرد.
2. خدابنده، ن. 1384. غلات. چاپ هفتم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
3. مهاجر میلانی، پ. و کلهر، م. 1386، بررسی تلقیح مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریوم روی عملکرد جو و گندم، دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
4. Abou-Zeid, M.Y., Al-Kasas, A.R., and Radwan, T.E.E. 2003. Wheat crop production and grain quality in response to nitrogen-fixing bacteria inoculation. *Az. J. Pharm. Sci.*, 31:79-93.
5. Adesemoye, A.O., Torbert, H. A., and Kloepper, J. W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58: 921-929.
6. Arzanesh, M.H., Alikhani, H.A., Khavazi, K., Rahimian, H.A., and Miransari, M. 2010. Wheat (*Triticumaestivum L.*) growth enhancement by *Azospirillum sp.* under drought stress. *World Journal of Biotechnology*, 26: 101-109.
7. Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum* – plant relationships: Environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology*, 43: 103-121.
8. Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, 16 (4): 729-770.
9. Braccini, A.L., Dan, L.G. M., Piccinin, G.G., Albrecht, L.P., Barbosa, M.C., and Ortiz, A.H.T. 2012. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. *Reviesta Caatinga*, 25 (2): 58–64.
10. Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd edition, Canadian Society of Soil Science.
11. Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International workshop on sustained management of the soil – Rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use, October, 16-20, Thailand, p. 11.
12. Dobermann, A. 2006. Nitrogen use efficiency in cereal systems in ground breaking stuff. Proceedings of the 13th ASA Conference, 10-14 September, Perth, Western Australia, pp. 1-10.
13. Egamberdiyeba, D. 2005. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi arid region of Uzbekistan: Biochemichal characterization and effectiveness. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(11): 94-99.

14. Hamidi, A., Asgharzadeh, A., Chaokan, R., and Khalvati, M. A. 2011. Maize (*Zea mays L.*) seed Biofortification by plant growth promoting bacteria (PGPB). International Journal of Agronomy and Plant Production, 2(5): 194-205.
15. Ilyas, N., and Baho, A. 2010. *Azospirillum* strains isolated from roots and rhizosphere soil of wheat (*Triticum aestivum L.*) grown under different soil moisture conditions. Biology and Fertility of Soils, 46: 393-406
16. 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. Z. Pflanzenernahr Bodenkd, 150: 361-368.
17. Jarak, M., Mrkovački, N., Bjelić, D., Jošić, D., Hajnal-Jafari, T., and Stamenov, D. 2012. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on maize in greenhouse and field trial. African Journal of Microbiology Research, 6(27): 5683-5690.
18. Javed Akhtar, M., Hafiz, N. A, Shahzad, K., and Arshad, M. 2009. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum L.*). Pakistan Journal of Botany, 41(1): 381-390.
19. Kader, M. A., Mian, M. H., and Hoque, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences, 2(4): 259-261.
20. Kannayan, S. 2002. Biofertilizers for sustainable crop production. In Kannayan, N. (ed.), Biotechnology of Biofertilizers. Publishing House, New Delhi, India, pp. 9-49
21. Kapulink, Y., Sarig, Nur, I., and Okon, Y. 1983. Effects of *Azospirillum* inoculation on yield of field grow wheat. Canadian Journal of Microbiology, 20: 895-899.
22. Kloepper, J.W., Rodriguez-Kabana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., and Fernandez, C. 1999. Plant root bacterial interactions in biological control of soil borne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. Australasian Plant Pathology, 28: 21-26.
23. Kunze G.W., and Dixon J.B. 1986. Method of soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, American Society of Agronomy.
24. Lugtenberg, B.J., and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology, 63: 541-556.
25. Page, W.J., Jachson, L., and Shivprasad, S. 1988. Sodium dependent *Azotobacter Chroococcum* strains are aerodaptive, microaerophilic nitrogen –fixing bacteria. Applied and Environmental Microbiology, 51 (3): 510-514.
26. Pereira, J.A., Cavalcante, V.A.R., Baldani, J.I., and Dobereiner, J. 1988. Field inoculation of Sorghum and rice with *Azospirillum Spp.* and *Hebirillum Seropedica*. Plant and Soil, 110: 269-274.

27. Piccinin, G.G., Dan, L.G.M., Braccini, A.L., Mariano, D.C., Okumura, R.S., Bazo, G., and Ricci, T.T. 2011. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. *Journal of Agronomy*, 10 (4): 132–135.
28. Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter Spp.* and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum Lipoferum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil*, 109:131-134.
29. Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. *Biomass and Bioenergy*, 26: 235-249.
30. Sparks, D.L. 1996. Method of soil Analysis. Part3. Chemical Methods. American Society of Agronomy.
31. Turan, M., Gulluce, M., Cacmakei, R., Ostas, T., and Sahin, F. 2010. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia, 1-6 August.
32. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
33. Zorita, M.D., and Canigia, M.V.F. 2008. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *European Journal of Soil Biology*, 30 (9): 1–10.