مطالعه برهمکنش کود نیتروژن دار و کودهای زیستی بر عملکرد، روند رشد دانه و کارایی مصرف کود نیتروژن در گندم

رئوف سید شریفی[1]، پریسا قنبری، کاظم خاوازی و حسین کمری

دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی؛ raouf_ssharifi@yahoo.com

دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت و علوم و تکنولوزی بذر دانشگاه محقق اردبیلی؛ Ganbari@yahoo.com

دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت و علوم و تکنولوزی بذر دانشگاه محقق اردبیلی؛ hossinkamary9@yahoo.com

دانشیار موسسه تحقیقات آب و خاک–تهران؛ kkhavazi@yahoo.com

دریافت: 93/8/19 و پذیرش: 94/11/28

چکیده

به منظور مطالعه بر همکنش نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد، روند رشد دانه و کارایی مصرف کود در گندم، آزمایشی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی 92- 91 اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با کودهای زیستی در پنج سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم سویه 5 ، آزوسپریلیوم لیپوفروم سویه OF و سودوموناس پوتیدا با سویه های 4 و 11) و مقادیر کود نیتروژن دار در چهار سطح (صفر،60، 120و 180کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره بود. نتایج نشان داد که بین مقادیر نیتروژن، تلقیح بذر با کودهای زیستی و اثر متقابل مقادیر نیتروژن در تلقیح بذر با کودهای زیستی اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه به تلقیح بذر با ازتوباکتر در کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن‌ها در عدم تلقیح بذر با کودهای زیستی و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (32/1 کیلوگرم برکیلوگرم) در تلقیح بذر با ازتوباکتر در کاربرد 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن (19/5 کیلوگرم بر کیلوگرم) در عدم استفاده از کود زیستی در کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. به نظر می‌رسد به منظور افزایش عملکرد و طول دوره پر شدن دانه می‌توان پیشنهاد کرد که تلقیح بذر با ازتوباکتر در کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه، نیتروژن، کودهای زیستی، گندم، تلقیح بذر

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اردبیل، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی- گروه زراعت و اصلاح نباتات

مقدمه

گندم گیاهی است که در سطح وسیعی از زمین‌های زراعی مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود. اهمیت اقتصادی آن از نظر تولید و تغذیه بیش از دیگر گیاهان زراعی است. از بین عناصر مورد نیاز گیاه، نیتروژن به دلیل وظایف متعدد و با اهمیتی که در فرایندهای حیاتی گیاه انجام می‌دهد، عنصری است که کمبود آن به خصوص در خاک‌های دارای میزان کم ماده آلی، بیش از سایر عناصر، تولید را محدود می‌کند (ملکوتی و نفیسی، 1373). گندم گیاهی کود پذیر است و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی نیتروژن از خاک برداشت می‌کند. از طرفی بخش عمده‌ای از مناطق تحت کشت این گیاه در منطقهٔ خشک و نیمه خشک قرار دارند و به دلیل کمی مقدار مواد آلی، خاک‌های این مناطق دچار کمبود نیتروژن هستند. گرچه یکی از راهکارهای مناسب برای حل این مشکل، استفاده از کودهای نیتروژنی می‌باشد.

ولی مصرف بی‌رویه و نامناسب این نوع کودها ضمن کاهش مواد آلی، موجب تخریب ساختمان، کاهش حاصل خیزی خاک‌ها و آسیب‌های زیست محیطی می‌شود (ملکوتی و نفیسی، 1373). از این رو امروزه یکی از شیوه‌های زیستی برای افزایش کمی و کیفی عملکرد، جایگزین کردن بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی است. به عبارتی استفاده از کودهای زیستی می‌تواند مانع از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی شود (چاکماکچی و همکاران، 2007). باکتری‌های محرک رشد با تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین، سیتوکینین و اکسین، سنتز آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ کش، رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند (رودرشا و همکاران، 2005). این گروه از باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و منجربه بروز اثر مفید آن‌ها در خاک شود (چاکماکچی و همکاران، 2007). از میان این باکتری‌ها، *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر* و *سودوموناس* به دلیل توانایی ایجاد رابطه مثبت و مفید با گیاهان مهم زراعی نظیر ذرت، سورگوم و گندم توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده‌اند (میشرا و همکاران، 1998).

عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تحت تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد قرار می‌گیرد. شاران و ال سامی (1999) گزارش کردند که کاربرد توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* همراه با کود نیتروژن، موجب افزایش تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد و وزن دانه در هر سنبله و عملکرد دانه بوته‌های گندم شد. در یک بررسی در شرایط گلخانه‌ای، تلقیح بذرهای گندم با *ازتوباکتر* موجب افزایش عملکرد دانه به میزان 9/1 درصد گردید (رای و گاور، 1988). کادر و همکاران (2002) اظهار داشتند که مصرف *ازتوباکتر* علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش 18 درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه جویی 20 درصدی در مصرف نیتروژن گردید و سویه‌های دارای توان تولید ACC- دآمیناز، از بیشترین افزایش در عملکرد برخوردار بودند. بررسی‌های چاندراسکار و همکاران (2005) نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد طی تلفیق کودهای زیستی با کودهای شیمیایی نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده شده بودند نتیجه بهتری نشان داد.

وزن دانه به عنوان یکی از اجزای مهم تعیین کننده عملکرد دانه به شدت تحت تأثیر سرعت و طول دوره پر شدن دانه قرار می‌گیرد. در مرحله رشد دانه بعد از گرده افشانی، میزان فرآورده های فتوسنتزی که به دانه‌ها می‌رسند به دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد (آلواروآ و همکاران، 2008). کاربرد باکتری‌های محرک رشد با افزایش میزان آسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و سرعت پر شدن دانه را افزایش می‌دهند (عباس پور، 1391). تسونو و همکاران (1994) افزایش سرعت پر شدن دانه را در بوته‌هایی گزارش کردند که کود نیتروژنه به صورت سرک دریافت کرده بودند و علت را به غلظت بالای نیتروژن برگ در طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند. زیرا مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره پر شدن دانه موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌گردد که این موضوع موجب افزایش میزان فرآورده های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می‌گردد (میورچیای و همکاران، 2002).

به منظور توصیه بهینه کود لازم است کارایی مصرف کود مورد ارزیابی قرار گیرد. افزایش کارایی استفاده از نیتروژن یکی از راهکارهای اساسی در کاهش انباشتگی نیترات در گیاه و شستشوی آن از خاک است (مقدم و همکاران، 2007). کارآیی مصرف کود به عوامل زیادی از جمله نوع و مقدار کود مصرفی بستگی دارد. معمولاً بالاترین کارآیی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید. به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف می‌شود (گودرود و جلوم، 1998). از این مرحله به بعد، واکنش

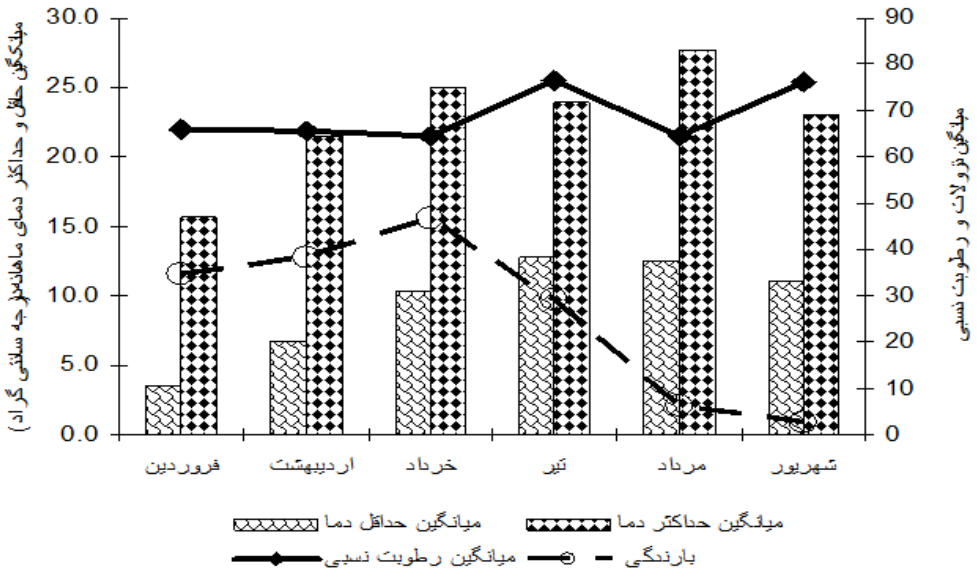
گیاه در برابر کود مصرفی کم شده و کارآیی مصرف آن کاهش می‌یابد (اریکسون، 1993). محققان در بررسی‌ها اعلام کردند که باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب فقط نیتروژن می‌شوند (فاگرا و بالیگار، 2005). در مناطق خشک و نیمه خشک کشور کمبود کود های نیتروزن دار بیش از دیگر کود ها مطرح می‌باشد. در این مناطق میزان مواد آلی خاک که عمده منبع تأمین نیتروژن هستند، به دلایل مختلف از جمله بارندگی کم، تناوب زراعی نامناسب، پوشش گیاهی ناچیز و عدم مصرف کودهای دامی و کود سبز کم است. به دلیل کمبود مواد الی در خاک‌های ایران و نظر به جایگاه و اهمیت گندم به عنوان یکی از مهمترین محصولات استراتژیک و با توجه به اینکه تحقیقات در زمینه اثرکاربرد توأم کودهای زیستی و نیتروژن دار بسیار محدود بوده است، این تحقیق با هدف بررسی اثر کودهای زیستی و نیتروژن دار بر عملکرد، روند رشد دانه و کارایی مصرف کود نیتروژن در گندم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش از نظر آب و هوا و طبقه بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه خشک سرد محسوب می‌شود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول 1 و نتایج حاصل از میزان نزولات، رطوبت نسبی و میانگین حداقل و حداکثر دما در طول دوره رشد در شکل 1 آورده شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

ویژگی	pH	درصد اشباع	آهک (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر میلی گرم بر کیلوگرم	پتاسیم میلی گرم بر کیلوگرم
مقدار	7/8	49	14/45	23	42	35	لومی رسی	0/62	0/062	29/82	212



شکل 1- میزان بارندگی، رطوبت نسبی و میانگین حداقل و حداکثر دما در طول دوره رشد (برگرفته از سایت اداره هواشناسی اردبیل)

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تلقیح بذر با کودهای زیستی تهیه شده از کلکسیون میکروبی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور در پنج سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین 5، *آزوسپریلیوم لیپوفروم* استرین OF و *سودوموناس پوتیدا* با سویه‌های 4 و 11) و مقادیر کود نیتروژنه در چهار سطح (صفر، 60، 120 و 180 کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره بود. بعد از عملیات

تهیه بستر (شخم و دیسک) بذرها به صورت خطی در هر کرت کاشته شدند. هر کرت حاوی پنج خط کاشت به طول سه متر و فاصله بین ردیف ها20 سانتی متر بود. به منظور حذف اثر حاشیه، فاصله بین بلوک‌ها دو متر و بین کرت‌ها 0/75 متر در نظر گرفته شد. رقم گندم مورد استفاده زاگرس بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد. این رقم با تیپ رشد بهاره و مقاوم به خشکی، خوابیدگی و بیماری‌های زنگ زرد و زنگ قهوه‌ای بوده و از عملکرد مناسبی در مناطق سرد و سرد معتدل برخوردار است. برای تلقیح بذر با کودهای زیستی، میزان هفت گرم مایه تلقیح آماده ی تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب، که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی به نسبت 10 درصد وزنی حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده گردید. این مخلوط به مدت دو ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. بعد از گذشت زمان مورد نظر بذرها به صورت خطی در هر کرت و با تراکم 350 بذر در متر مربع کشت شد. کود نیتروژنه در سه مرحله به صورت 1/3 بعد از کاشت، 1/3 ساقه روی، 1/3 قبل از ظهور سنبله در تمامی واحدهای آزمایشی به صورت دست پاش اعمال شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی و همچنین با استفاده از علف کش تو فور دی انجام شد.

به منظور ارزیابی عوامل مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه گندم، 100 بوته مشابه و یکنواخت در خطوط اصلی هر کرت و با رعایت اثر حاشیه ای علامت گذاری شد. نمونه‌برداری 15 روز بعد از خوشه‌دهی در فواصل زمانی هر 5 روز یک بار انجام شد. هر بار 5 سنبله از هر کرت انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از سنبله جدا شده و به مدت 2 ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای 130 درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (روندانینی و همکاران، 2004). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و دستور Proc NLIN نرم افزار SAS و به شرح زیر استفاده گردید.

رابطه 1
$$GW=\begin{cases} a+bt_0 & t<t_0 \\ a+bt & t>t_0 \end{cases}$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه است، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می-کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t<t_0$ t) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه 1 قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه 2 و به صورت زیر استفاده شد (الیس و پاتیافیلهو، 1992).

رابطه 2 $EFP=MGW / GFR$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است.

کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از فرمول پیشنهادی گودرود و جلوم (1998) و به صورت رابطه 3 برآورد گردید.

رابطه 3 $E_e = Y_{df} - Y_{ef} / F$

Y_{df} : عملکرد دانه تولید شده در کرتی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)

Y_{ef}: عملکرد دانه تولید شده در کرتی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار)

F: مقدار کود یا عنصر غذایی مصرف شده (کیلوگرم در هکتار)

به منظور تعیین وزن و حجم ریشه در مرحله رسیدگی، ریشه به طور کامل (از سطح 0/2 متر مربع) جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، وزن و حجم ریشه‌ها تعیین شد. در این راستا در هر کرت قبل از کاشت کیسه-های نایلونی در خطوط اصلی هر کرت در عمق 35 سانتی متری خاک (حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها)، در نظر گرفته شد. در مرحله رسیدگی، ریشه‌های هر گلدان به طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، وزن آنها براورد گردید. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور گردید (نامور و همکاران، 2011). شاخص برداشت از تقسیم عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد بیولوزیک (عملکرد دانه به همراه ماده خشک کل اندام هوایی) محاسبه گردید. عملکرد دانه از سطحی معادل 0/2 متر مربع در هر کرت

برآورد گردید. برای برآورد اجزای عملکرد با استفاده از 10-12 بوته که به تصادف از خطوط اصلی هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شده بود، برآورد شده و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر نیتروژن، تلقیح بذر با کودهای زیستی و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در واحد سطح، شاخص برداشت، وزن و حجم ریشه معنی‌دار گردید (جدول 2).

سرعت و دوره پر شدن دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر نیتروژن، تلقیح بذر با کودهای زیستی و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر سرعت و دوره پر شدن دانه معنی‌دار شد (جدول 2)، با افزایش میزان کود نیتروژن، سرعت و طول دوره پر شدن دانه در تمامی تیمارهای مورد بررسی افزایش یافت (جدول 3). تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش طول دوره و سرعت پر شدن دانه در مقایسه با شاهد شد. بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه در تلقیح بذر با کودهای زیستی در سطح ثابت از مصرف کود نیتروژن، نشان داد که الگوی نمو بذر در کلیه ترکیب-های تیماری مشابه است بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی)، پس از این مرحله، وزن دانه تغییرات چندانی نداشت و تغییرات وزن دانه به صورت یک خط افقی در آمد. بر اساس نتایج مشخص گردید که بین تیمارهای باکتری محرک رشد در سطح ثابتی از کود نیتروژن، از نظر سرعت پر شدن، دوره مؤثر پر شدن، حداکثر وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌های وجود داشت. به عبارتی شیب خطی برازش شده برای ترکیبات تیماری مختلف یکسان نبود (جدول 3)

11 حداکثر وزن تک بذر (0/0396 گرم در هر واحد آزمایشی)، طول دوره موثر (42/98 روز)، دوره پر شدن دانه (50/82 روز) و سرعت پر شدن دانه (0/0015 گرم / روز) به ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و حداقل آن‌ها به ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژن دار در عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (جدول 3). به نظر می‌رسد که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به دلیل افزایش وزن و حجم ریشه، تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند. گلیک و همکاران (1998) اعلام نمودند که شواهدی دال بر افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر به دلیل فعالیت باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه وجود دارند. دوره مؤثر پر شدن دانه اکثرا برای ارزیابی نسبی طول دوره پر شدن بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد. چو و همکاران (1987)؛ تسونو و همکاران (1994) علت زیادتر بودن سرعت پر شدن دانه در بوته‌هایی که کود نیتروژنه به صورت سرک دریافت کرده بودند را به غلظت بالای نیتروژن برگ طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند، زیرا مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره پر شدن دانه موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌گردد که این موضوع موجب افزایش مواد فتوسنتزی و شدت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می‌گردد (میورچیای و همکاران، 2002). کاتو (1999) و کوماری و والارماسی (1998) اظهار داشتند که دانه‌هایی با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند.

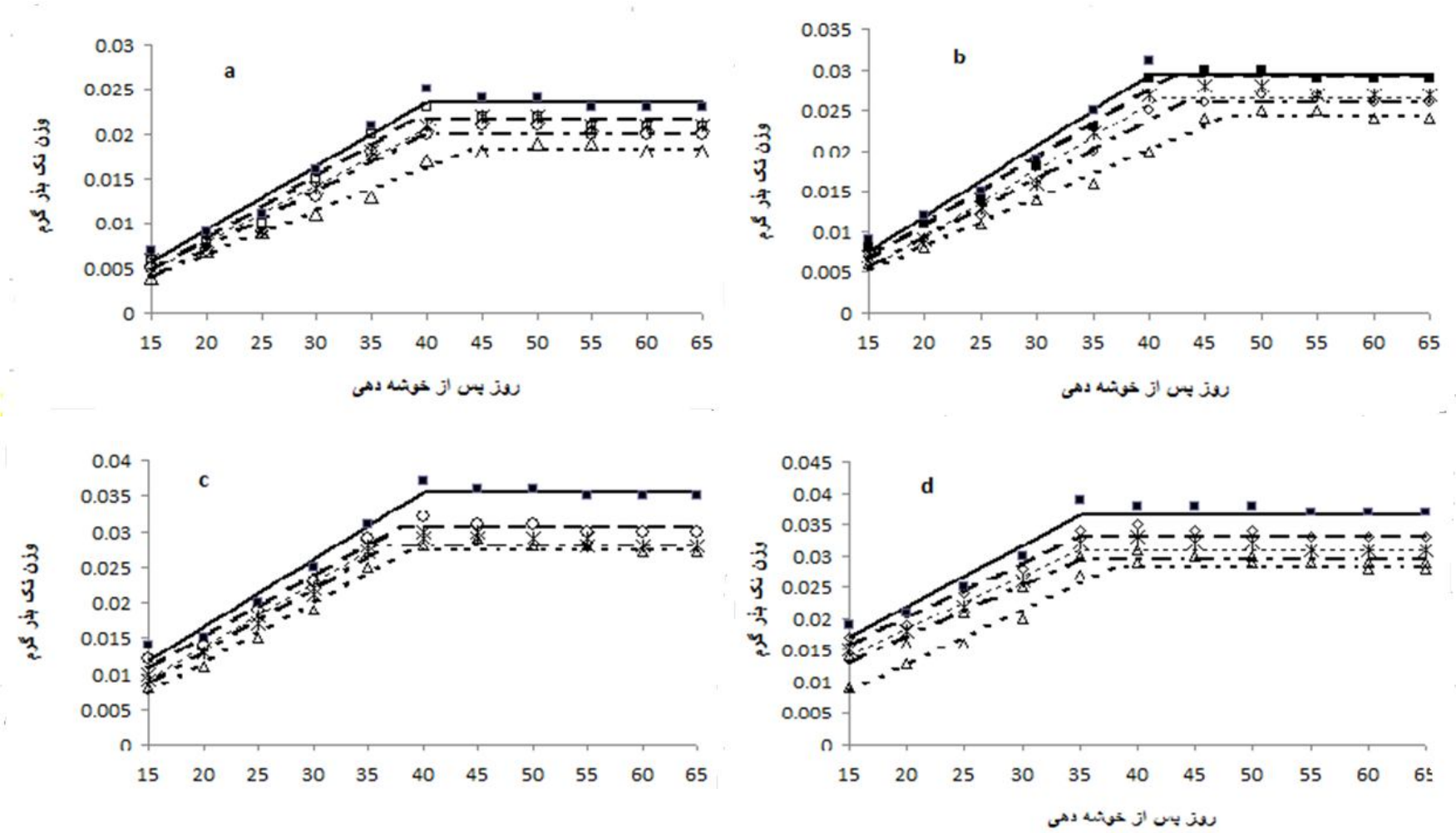
ارتفاع بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) ارتفاع بوته تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید. به طوری که بیشترین ارتفاع بوته (73/66 سانتی متر)، به تلقیح با *آزوسپریلیوم* و کمترین آن (59/47 سانتی متر) به عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد تعلق داشت (جدول 4). افزایش ارتفاع بوته‌های گندم در واکنش به استفاده از باکتری‌های محرک رشد توسط رمضانیان (1384) نیز گزارش شده است. ارتفاع بوته از عوامل تأثیر گذار بر عملکرد دانه است، زیرا ساقه طی رشد و بلافاصله بعد از طویل شدن، قسمت زیادی از مواد فتوسنتزی برگ‌ها را که ممکن است از راه‌های مختلف برای رشد پنجه‌ها یا سنبله به مصرف برسد در خود ذخیره می‌کند و نیز به عنوان منبعی از کربوهیدرات‌ها و مواد نیتروژنه عمل می‌کند که طی مرحله پر شدن دانه، متحرک شده و به دانه منتقل می-شود (راسموسن، 1987). بیاری و همکاران (1390). اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد از طریق مکانیسم‌های مختلفی همچون تولید هورمون‌های گیاهی و آنزیم ACC دآمیناز در گیاهان، در تحریک رشد و افزایش ارتفاع بوته گیاهان نقش ایفا می‌کنند.

جدول 2- تجزیه واریانس تأثیر مقادیر نیتروژن و کودهای زیستی بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه، عملکرد و برخی صفات گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت پر شدن دانه	دوره موثر پر شدن دانه	طول دوره پر شدن	حداکثر وزن دانه	ارتفاع بوته	میانگین طول سنبله	مربعات تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن ریشه	حجم ریشه
تکرار	2	5/6112**	1145/64**	1548/27**	0/00059**	3250/23**	3742/98**	597/32**	1007/37**	127/81**	7882732/14**	11770/95*	883/38**
نیتروژن	3	3/6954**	119/36**	77/120**	0/00032**	1/119^{ns}	181/48**	324/05**	145/75**	109/13**	792841/99**	15004/20**	34/138**
باکتری	4	3/3732**	35/47**	46/01**	0/00008**	424/53**	41/65**	70/35**	49/83**	28/76**	1085223/14**	790/27**	40/450**
نیتروژن × باکتری	12	4/0677**	1/54**	2/95**	0/000003**	0/108^{ns}	0/572**	3/71**	1/07*	1/32**	1547/27**	57/57^{ns}	1/115**
خطا	38	2/082	0/364	0/3160	0/00000096	1/192	19/15	36/45	17/31	12/21	179679/62	34/29	7/42
ضریب تغییرات	-	1/27	5/45	1/2	3/58	11/7	1/03	3/58	17/1	4 /48	2/19	4/82	1/33

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل 2- روند تغییرات سرعت و طول دوره پر شدن دانه در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در حالت عدم مصرف نیتروژن (a)، مصرف **60** کیلوگرم نیتروژن در هکتار (b)، مصرف **120** کیلوگرم نیتروژن در هکتار (c) و مصرف **180** کیلوگرم نیتروژن در هکتار (d).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن دار و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مرتبط با رشد دانه گندم

ترکیب تیماری	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg/h)	شاخص برداشت (%)	حجم ریشه (cm^3)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	حداکثر وزن دانه (گرم)	معادله برازش شده
$N_0 \times B_0$	7/5^{m}	17/20^{l}	18/19^{j}	2522/10^{j}	30/12^{m}	360/90^{l}	0/00045^{i}	30/15^{l}	40/20^{l}	0/01819^{j}	y=0.00045x-0.0021
$N_0 \times B_1$	9/5^{ij}	19/80^{j}	23/55^{h}	3241/20^{d}	33/13^{fgh}	375/50^{ij}	0/00078^{ef}	36/91^{hi}	42/85^{fg}	0/02355^{h}	y=0.00078x-0.0058
$N_0 \times B_2$	9^{jkl}	19/10^{jk}	21/60^{i}	3051/80^{e}	31/42^{hi}	370/40^{jk}	0/00072^{fg}	35/10^{j}	41/51^{jki}	0/02160^{i}	y=0.00072x-0.0061
$N_0 \times B_3$	8/71^{kl}	18/70^{k}	21/16^{i}	2901/70^{fg}	31/52^{jk}	367/10^{kl}	0/00064^{h}	34/50^{kj}	41/10^{jkl}	0/02116^{i}	y=0.00064x-0.0038
$N_0 \times B_4$	8/55^{l}	18/10^{kl}	20/00^{i}	2735/20^{hi}	31/18^{kl}	362/10^{l}	0/00062^{h}	33/75^{k}	40/60^{kl}	0/02001^{i}	y=0.00062x-0.0045
$N_1 \times B_0$	8/6^{l}	18/38^{k}	24/23^{h}	2639/70^{i}	30/05^{m}	380/00^{i}	0/00065^{gh}	36/23^{i}	41/86^{jhi}	0/02423^{h}	y=0.00065x-0.0032
$N_1 \times B_1$	11/14^{f}	21/40^{h}	29/38de	3389/10^{c}	34/20^{d}	405/10^{fg}	0/00089^{c}	38/90^{ef}	45/08^{d}	0/029380de	y=0.00089x-0.0055
$N_1 \times B_2$	10/77^{fg}	20/98^{hi}	29/19de	3192/70^{d}	33/31^{efg}	400/20^{gh}	0/00087^{cd}	37/90^{ef}	44/15^{e}	0/02919de	y=0.00087x-0.0048
$N_1 \times B_3$	9/90^{hi}	20/10^{ij}	26/60^{fg}	3031/50^{e}	32/72^{gh}	397/10^{h}	0/00081de	37/01^{gh}	43/00^{fg}	0/02660^{fg}	y=0.00081x-0.0057
$N_1 \times B_4$	9/1^{jkl}	19/87^{j}	25/88^{g}	2873/70^{fg}	31/98^{ij}	394/20^{h}	0/00068^{gh}	36/71^{hi}	42/10^{ghi}	0/02588^{g}	y=0.00068x-0.003
$N_2 \times B_0$	9/25^{jk}	22/70^{g}	27/36^{fg}	2804/70^{g}	30/47^{lm}	410/90^{ef}	0/00083^{cde}	37/73^{e}	42/50^{gh}	0/02736^{fg}	y=0.00083x-0.0036
$N_2 \times B_1$	13/7^{a}	26/54^{ab}	35/43^{a}	3621/50^{b}	36/23^{b}	425/70^{b}	0/0013^{b}	41/75^{gh}	48/30^{b}	0/03543^{a}	y=0.0013x-0.0027
$N_2 \times B_2$	12/8^{bc}	25/72^{bcd}	30/58^{cd}	3411/80^{c}	35/31^{c}	420/90^{bc}	0/00089^{c}	40/50^{b}	46/40^{c}	0/03058^{cd}	y=0.00089x-0.0019
$N_2 \times B_3$	11/80de	24/40^{e}	28/10^{ef}	3211/90^{d}	33/76^{def}	415/10^{cde}	0/00088^{cd}	39/05^{cd}	44/10^{e}	0/02810^{ef}	y=0.00088x-0.0032
$N_2 \times B_4$	11/25^{ef}	24/05^{ef}	27/96^{ef}	3073/80^{e}	32/61^{ghi}	412/00^{ef}	0/00081de	38/40^{ef}	43/50^{ef}	0/02796^{ef}	y=0.00081x-0.0016
$N_3 \times B_0$	10/23^{gh}	23/15^{fg}	27/18^{fg}	2982/10^{ef}	31/66^{jk}	412/70^{def}	0/00084^{cde}	38/10^{gf}	42/90^{fg}	0/02718^{gf}	y=0.00084x-0.0021
$N_3 \times B_1$	13/9^{a}	27/42^{a}	36/60^{a}	3829/50^{a}	37/56^{a}	438/70^{a}	0/0015^{a}	42/98^{a}	50/82^{a}	0/03960^{a}	y=0.0015x+0.0023
$N_3 \times B_2$	13/3^{ab}	26/00^{bc}	33/00^{b}	3598/10^{b}	36/95^{ab}	422/70^{bc}	0/0009^{c}	41/41^{bc}	48/20^{b}	0/03300^{b}	y=0.0009x+0.0043
$N_3 \times B_3$	12/00^{d}	25/00^{cde}	31/00^{c}	3419/20^{c}	35/44^{c}	420/10^{bcd}	0/00087^{cd}	40/10^{d}	46/40^{c}	0/03100^{c}	y=0.00087x+0.003
$N_3 \times B_4$	12/2^{cd}	24/87de	29/40^{cde}	3249/00^{d}	34/03de	415/90^{cde}	0/00081de	39/65de	44/30de	0/02940^{cde}	y=0.00081x+0.0022

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

چهار سطح مصرف کود نیتروژن دار (صفر، 60، 120 و 180 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب به صورت N_0، N_1، N_2 و N_3 و پنج سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به عنوان شاهد، تلقیح بذر با *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین 5، *آزوسپریلیوم لیپوفروم* استرین OF ، *سودوموناسپوتیدا* سویه 11 و سودوموناس پوتیدا سویه 4) به ترتیب به صورت B_0 ، B_1 ، B_2، B_3 و B_4 می‌باشد

طول و تعداد دانه در سنبله

طول سنبله و تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر مقادیر نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین طول سنبله از ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *ازتوباکتر* به دست آمد که با ترکیب تیماری کاربرد 120 کیلوگرم کود نیتروژن دار در تلقیح با *ازتوباکتر* در یک گروه آماری مشترک قرار داشت. بیشترین تعداد دانه در سنبله (36/60) از ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم کود نیتروژن‌دار در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن از ترکیب تیماری عدم کاربرد نیتروژن در عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد حاصل شد (جدول 3). افزایش طول سنبله بر اثر کاربرد *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* همراه با کود نیتروژنه توسط شاران و ال-سامی (1999) نیز گزارش شده است. کایا و همکاران (2002) اظهار کردند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی با افزایش طول سنبله منجربه افزایش تعداد دانه در سنبله می‌گردند و علت را به نقش مثبت باکتری در افزایش جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند. مک دونالد (2002) گزارش کرد که افزایش مصرف کود نیتروزن دار تا یک محدوده‌ای، تعداد دانه در سنبله را افزایش داد و با مصرف بیشتر کود نیتروزن دار، تغییر چندانی در عملکرد مشاهده نشد. قرنجیک و گالشی (1380) علت افزایش تعداد دانه در سنبله اصلی را بر اثر مصرف کود نیتروژن دار به زیاد شدن طول سنبله، تعداد سنبلچه بارور و تعداد دانه در سنبلچه بارور نسبت دادند.

وزن هزار دانه و عملکرد دانه

وزن هزار دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر مقادیر نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری و اثر ترکیب تیماری این دو عامل معنی‌دار شده اند (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه (36/6 گرم و 3829/5 کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و کمترین آنها (به ترتیب 18/19 گرم و 2522/1 کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری عدم کاربرد کود نیتروژن‌دار در عدم تلقیح بذر با باکتری به دست آمد (جدول 3). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه قادرند با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی همچون تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و ویتامین‌های B، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر، عملکرد را در گیاهانی نظیر جو و گندم افزایش دهند (بیاری و همکاران، 1390). رای و گاور (1988) اظهار داشتند که تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر* و تلفیق این دو باکتری موجب افزایش عملکرد گندم گردید. به نظر می‌رسد افزایش وزن هزار دانه در گیاه را می‌توان به نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در گسترش ریشه اعم از وزن و حجم نسبت داد (جدول 3 و 4) که با جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آن‌ها به سلول‌های گیاه کمک می‌کند (فریتاز و همکاران، 1997). شهسواری و صفاری (2005) اظهار داشتند که با مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. افزایش عملکرد دانه بر اثر کاربرد کود نیتروژنه توسط اولگر و همکاران (1997) نیز گزارش شده است.

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر مقادیر نیتروژن، تلقیح بذر با باکتری و اثر ترکیب تیماری این دو عامل معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه تلقیح بذر با ازتوباکتر با کسب بالاترین شاخص برداشت، بهترین ترکیب تیماری از نظر شاخص برداشت محسوب می‌شود (جدول 3). پاندی و همکاران (2000) کاهش شاخص برداشت را به کمبود نیتروژن نسبت دادند. بین تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و کمترین آن به عدم تلقیح بذر با باکتری مربوط می‌شد. گریمدا و والی (1996) افزایش شاخص برداشت گندم بهاره را به واسطه باکتری‌های *سودوموناس* گزارش نمودند.

وزن و حجم ریشه

وزن ریشه تحت تأثیر اثر اصلی مقادیر نیتروزن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 2)، در حالی که حجم ریشه علاوه بر اثرات اصلی تحت تأثیر اثر متقابل فاکتورها نیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن ریشه در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و کمترین آن در حالت عدم تلقیح بذر برآورد گردید. با افزایش سطوح کود نیتروژنه وزن ریشه افزایش یافت. بیشترین وزن ریشه در بالاترین سطح از مصرف کود نیتروژن‌دار و کمترین آن در حالت عدم مصرف کود نیتروژنه برآورد گردید (جدول 4). جاکاد و همکاران (1999) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت را در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* گزارش کردند.

آزوسپریلیوم به عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید اکسین و افزایش تارهای کشنده ریشه ضمن کمک به جذب عناصر غذایی از خاک منجربه بهبود رشد گیاه می‌شوند (پاکوکسی، 1990). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین حجم ریشه از ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم کود نیتروژن‌دار در تلقیح با *ازتوباکتر* و کمترین آن از ترکیب تیماری عدم کاربرد نیتروژن در عدم تلقیح بذر با باکتری به دست آمد (جدول 3).

باشان و همکاران (1989) افزایش حجم و تعداد ریشه در غلات را به واسطه تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* گزارش نمودند. نتایج مشابهی نیز توسط بانرجی و همکاران (2006) گزارش شده است. اعتقاد بر این است که تأثیر مواد تنظیم کننده رشد تولید شده به وسیله (PGPR) بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی بروز می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها افزایش وزن و انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه می‌باشند که از میان آن‌ها افزایش وزن ریشه بر اثر کاربرد (PGPR) عمومی‌تر می‌باشد (وسی و باس، 2002). افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر را در حجم وسیع‌تری از خاک امکان پذیر می‌سازد. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد در این آزمایش و افزایش حجم ریشه، توان و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی گندم بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح بذرو مقادیر نیتروژن بر ارتفاع بوته و وزن ریشه گندم

		ارتفاع بوته (cm)	وزن ریشه (گرم در متر مربع)
مقادیر نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	صفر	59/2a	83/60^{d}
	60	60/7a	111/80^{c}
	120	61/5a	131/20^{b}
	180	61/8a	158/60^{a}
تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد	عدم تلقیح	59/47^{d}	112/75^{d}
	ازتوباکتر کروکوکوم سویه 5	64/91^{b}	125/00^{b}
	آزوسپریلیوم لیپوفروم سویه OF	73/66^{a}	133/50^{a}
	سودوموناس پوتیدا سویه 11	60/45^{c}	118/25^{c}
	سودوموناس پوتیدا سویه 4	60/20^{dc}	117/00^{bc}

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

کارایی مصرف نیتروژن

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول 5) کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین کارایی به ترکیب تیماری کاربرد 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح با *ازتوباکتر* و کمترین آن به ترکیب تیماری کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در عدم تلقیح تعلق داشت (شکل 3). مول و همکاران (1982) بیان داشتند که با افزایش مصرف کود، مقدار عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی میچرلیخ افزایش کمتری داشته که این وضعیت موجب کاهش کارایی مصرف کود می‌شود. سایر محققان نیز علت این کاهش را به فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آبشویی و یا به علت عدم استفاده مؤثر از آن نسبت دادند (گودرود و جلوم، 1998). آنان اظهار داشتند که کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن دار قرار می‌گیرد، به طوری که بالاترین کارایی با جذب اولین سطح کودی به دست می‌آید و سطوح بعدی مصرف کود، کارایی کمتری دارند. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد کارایی مصرف نیتروژن را به طور معنی‌داری نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. مانسک و همکاران (2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح *ازتوباکتر* با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم می‌گردد. یزدانی و همکاران (1389) در ارزیابی باکتری‌های محرک رشد و کودهای نیتروژنه و فسفره بر ذرت گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژن دار با کاهش 50 درصد از کود نیتروژن‌دار و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای بیولوژیک (PGPR) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد برای صرفه جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژن‌دار، استفاده از

باکتری‌های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (زیدی و محمد، 2006؛ زهیر و همکاران، 2004). باکتری‌های محرک رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها به دلیل افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده از جذب عناصر غذایی و آب در نهایت منجر به افزایش کارایی زراعی مصرف کود و عملکرد بیشتر خواهد شد (زهیر و همکاران، 2004).

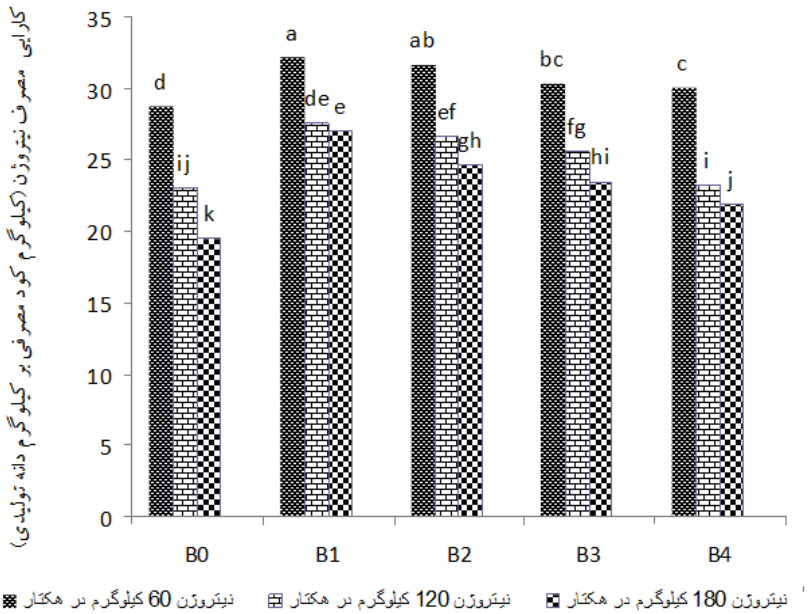
نتیجه‌گیری کلی

با افزایش سطوح کود نیتروژن‌دار، عملکرد، اجزای عملکرد دانه و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با عدم تلقیح بذر منجربه افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گردید. به نظر می‌رسد در این بررسی به دلیل کمی مقدار نیتروزن موجود در خاک، موجب گردید که عملکرد و روند رشد دانه در کاربرد 180 کیلوگرم کود نیتروژن دار به همراه تلقیح بذر با *ازتوباکتر* در مقایسه با دیگر ترکیبات تیماری نتیجه بهتری را نشان دهد.

جدول 5- تجزیه واریانس اثر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر کارایی مصرف کود در گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		کارایی مصرف نیتروژن
تکرار	2	417/331**
کود نیتروژنه	2	215/055**
باکتری‌های محرک رشد	4	16/798**
کود نیتروژنه x باکتری	8	12/373**
خطا	28	15/869
ضریب تغییرات	-	8/85

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل 3- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر کارایی مصرف نیتروژن در گندم

B_0: عدم تلقیح بذر با باکتری، B_1: تلقیح بذر با ازتو باکتر کروکوکوم سویه 5، B_2: تلقیح بذر با آزوسپریلیوم لیپوفروم سویه 0F B_3: تلقیح بذر با سودوموناس پوتیدا سویه11 ، B_4: تلقیح بذر با سودوموناس پوتیدا سویه4

فهرست منابع:

1. بیاری، آ؛ غلامی، ا. و اسدی‌رحمانی، ه. 1390. مطالعه تأثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ج 25، ش 1، ص 10-1.
2. رمضانیان، ع. 1384. نقش باکتری‌های ریزوبیومی مولد آنزیم Acc دآمیناز در تعدیل اثرات سوء اتیلن استرسی در گیاه گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تهران. دانشکده مهندسی آب و خاک.
3. عباس‌پور، س. 1391. تأثیر مقدار نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی. 126 صفحه.
4. قرنجیک، ا. و گالشی، س. 1380. تأثیر کود نیتروژن روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ص 248-234.
5. ملکوتی، م.ج. و نفیسی، م. 1373. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.
6. یزدانی، م؛ پیردشتی، ه؛ اسماعیلی، م.ع. و بهمن‌یار، م.ع. 1389. اثر تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفر و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس 604. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ج 3. ش 2. ص 80-65.
7. Alvaroa, F., Isidrob, J., Villegasa, D., del Moralb, L. and Royo, C. 2008. Breeding effect on grain filling, biomass partitioning and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agronomy Journal. 100: 361-370.
8. Banerjee, M., Yesmin, R.L. and Vessey, J.L. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides., PP. 137-181. In: Handbook of microbial biafertilizers. Ed., Rai, M., K., Food production Press, U. S. A.
9. Bashan, Y. and Holguin, G.1989.Azospirillum plant relationships-environmental and physiological advances. Canadian Journal of Microbiology. 43: 103-121.
10. Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U.G. and Donmez, M.F. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170: 288-295.
11. Chandrasekar, B.R., Ambrose, G. and Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen soursce level on the growth and yield of Echinochloa frumentacea (Roxb) Link. Journal of Agricultural Science and Technology. 1(2): 223-234.
12. Cho, D.S., Jong, S.K., Park, Y.K. and Son, S.Y. 1987. Studies on the ation and rate of grain filling in rice. Varietal differene and effects of nitrogen. Korean Journal of Crop Science. 32(1): 103-111.
13. De Freitas, J.R., Banerjee, M.R. and Germida, J.J.1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus. Biology and Fertility of Soils. 24: 358-364.
14. Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. 1992. The development quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research. 2: 19-25.
15. Ericson, N.A.1993. Quality and storability in relation to fertilization of apple trees cv. Summered, Acts. Horticulture. 326: 73-83.
16. Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185.
17. Germida, J.J. and Walley, F.L. 1996. Plant growth promoting rhizobacteria after rooting pattern and arbuscular mycorrhizal fungi colonization of field grown spring wheat. Biology and Fertility of Soils. 23: 113-130.

18. Glick, B.R., Penrose, D.M. and Jiping, L.I. 1998. A model for the loweiring of plant ethylene concentration by plant growth–promoting bacteria. The Journal of Theoretical Biology. 190: 63-68.
19. Goodroad, L.L. and Jellum, M.D. 1998. Effect of nitrogen fertilizer rate and soil plt on nitrogen use efficiency in corn. Plant and Soil. 106: 85-89.
20. Jacoud, C., Faure, D., Wadoux, P. and Bally, R. 1999. Initiation of root groth simulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Canadian Journal of Microbiology. 45: 339-342.
21. Kader, M.K., Mmian, H. and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Aztobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science. 2(4): 250-261.
22. Kato, T. 1999. Genetic environmental variations and association of the characters related to the grain filling processing rice cultivars. Plant products. 2(1): 32-36.
23. Kaya, Y.K., Arisoy, R.Z. and Gocmen, A. 2002. Variation in grain yield and quality traits of fertilization. Journal of Agronomy. 1(4): 142-144.
24. Kumari, S.L. and Valarmathi, G. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. The Madras Agricultural Journal. 85: 210-211.
25. Manske, G.B., Luttger, A., Behl, R.K., VleK, P.G. and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growh by *Azotobacter chroococcum* in wheat. Plant Breeding. 122-145.
26. MC Donald, G.K. 2002. Effects of nitrogen fertilizer on the growth grain yield and grain protein concentration of wheat. The Australian Journal of Agricultural Research. 43: 949-967.
27. Mishra, M., Patjoshi, A.K. and Jena, D.1998. Effect of biofertilization on production of maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agronomy. 43: 307-310.
28. Mogaddam, H., Chaichi, M.R., Mashhadi, H.R., Savagheby Firozabady, G.R., and Hossainzadeh, A. 2007. Effect of method and time of nitrogen fertilizer application on growth, development and yield of grain sorghum. Asian Journal of Plant Science. 6(1): 93-97.
29. Moll, R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal. 74: 262-264.
30. Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P. and Pang, S. 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field grown rice. Journal of Experimental Botany. 53: 2217-2224.
31. Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghe, M., Asghari, R., Khandan, T., and Skandarpour, B. 2011. Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield , yield components , and nodulation state of chichpea (Cicer arietinum L.) . Communication in Soil Science and Plant Nutrition Anlysis. 1097- 1109.
32. Pacovsky, R.S. 1990. Development and growth effects in sorghum-*Azospirillum* association. Journal of Applied Bacteriology. 68: 555-563.
33. Pandey, R.K., Maranville, J.W. and Admou, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. Agriculture and water Management. 46: 15-27.
34. Rai, S.N. and Gaur, A.C.1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil. 109: 131-134.
35. Rasmusson, D.C. 1987. An evaluation of ideotype breeding. Crop Science. 27: 1140-1146.

36. 36-Rondanini, D., Savin, R. and Hall, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower exposed to brif interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research. 83: 79-90.
37. Rudresha, D.L., Shivaprakasha, M.K. and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology. 28: 139-146.
38. Shahsavari, N. and Safai, M. 2005. Effect of nitrogen quantity on yield of three wheat in kerman. Constractive and Research. 66: 82-87.
39. Sharaan,A.N. and El-Samie,F.S.A.1999.Response of wheat varietiers to some environmental influences. 1. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 44: 589-601.
40. Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of respiration in its relationship. Journal of the Faculty of Agriculture Tottori University. 47: 1-10.
41. Ulger, A.C., Ibrikci, H., Cakir, B. and Guzel, N. 1997. Influnece of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. Journal of Plant Nutrition. 20: 1697-1709.
42. Vessey, J.K. and Buss, T.J.2002. Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. The Canadian Journal of Plant Science. 82: 282-290.
43. Zahir,A.Z., Arshad,M. and Frankenberger,W.F.2004. Plant Growth Promonig Rhizobacteria. Advances in Agronomy. 81: 97-168.
44. Zaiedi, A. and Mohhamadi, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizingmicro-organisms and glomus fasciculatum on green gram-bradyrhizobium symbiosis. Journal of Agricultural Science. 30: 223-230.

Study of interaction between nitrogen and biofertilizers on yield, grain growth of wheat and fertilizer use efficiency

R. Seyed Sharifi[1], P. Ganbari, K. Khavazi, and H. Kamari
Associate professor, College of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili; E-mail: Raouf_ssharifi@Yahoo.com
Former MSc students, University of Mohaghegh Ardabili; E-mail: Ganbari@yahoo.com
Associate professor, Soil and Water Research Institute of Iran; E-mail: kkhavazi@yahoo.com
Former MSc students, University of Mohaghegh Ardabili; E-mail: hossinkamary9@yahoo.com
Received: November, 2014 & Accepted: February, 2016

Abstract

In order to study the interaction of nitrogen and biofertilizers on yield, grain growth of wheat and fertilizer use efficiency, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design by three replications in field experimental University of Mohaghegh Ardabili in 2012. Factors were as follows: nitrogen rates in four levels (0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1} from Urea source) and seed inoculation with biofertilizers in five levels containing: (seed inoculation with *Azotobacter chroococcum* strain 5, *Azospirillum lipoferum* strain OF, *Psedomunas putida* strains of 4 and 11, control). The results showed that there was a significant difference between nitrogen rates, biofertilizers and their interaction on yield, yield components, rate and grain filling period at $P \leq 0.01$. Comparison of means showed that the maximum yield, yield components, rate and grain filling period belonged to application of 180 kg N ha^{-1} when seed inoculated with *Azotobacter*. The minimum of it was observed in control treatment. The highest nitrogen use efficiency (32.1 kg/kg) was observed in 60 kg N treatment when seed inoculated with *Azotobacter* and the lowest of it (19.5 kg/kg) was found in 180 kg N treatment without inoculation. Grain yield and grain filling period were affected by when seeds inoculated with *Azotobacter* and 180 kg N was applied.

Keywords: Biological fertilizers, Grain filling period, Nitrogen, Seed inoculation, Wheat.

[1]. Corresponding authour: Ardabil, College of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Department of Agronomy and Plant Breeding