علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم/ شماره اول/ ۱۳۹۵ (۱۵ - ۱)

ارزیابی کاربرد کود نیتروژن و تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه ذرت رقم سینگل‌کراس ۵۰۰

رئوف سید شریفی*[۱]، زهره زارع زاد[۲]، مرتضی برمکی[۱]، اکبر عبدی[۳]، رضا سید شریفی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی کاربرد کود نیتروژنه و تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه ذرت رقم سینگل‌کراس ۵۰۰، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی مقادیر کود نیتروژنه در چهار سطح (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) به‌ترتیب به‌صورت N_0، N_1، N_2 و N_3 و تلقیح بذر با کودهای زیستی (*آزوسپریلیوم لیپوفروم* استرین OF، *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین ۵ و عدم تلقیح با باکتری به‌عنوان شاهد) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۳۵/۱۳ کیلوگرم در کیلوگرم) در سطح کودی ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن (۲۳/۳۷ کیلوگرم در کیلوگرم) در سطح کودی ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. تلقیح بذر با کودهای زیستی موجب افزایش کارایی مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم تلقیح بذر شد. مقادیر کود نیتروژنه و تلقیح بذر با کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت. بیشترین عملکرد دانه (۹۳۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار)، حداکثر وزن دانه (۰/۳۱ گرم)، سرعت (۰/۰۰۸۹ گرم در روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۵۴/۳۷ روز) در کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* به‌دست آمد. از این رو به‌منظور افزایش عملکرد دانه، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه می‌توان پیشنهاد نمود که ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* به‌کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه؛ ذرت؛ عملکرد؛ کود نیتروژنه؛ کودهای زیستی

۱- اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی
۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی آذربایجان شرقی
*نویسنده مسئول: Raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

ذرت به‌دلیل تأمین غذای مورد نیاز انسان، دام، طیور و مصارف صنعتی، سازگاری وسیع با شرایط اقلیمی، عملکرد بالا در واحد سطح، دارا بودن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد، ساده‌تر بودن کاشت، داشت و برداشت، در سطح وسیعی کشت می‌شود (Seyed Sharfi and Hokmalipour., 2010). نظر به نقش مهم کود نیتروژنه در عملکرد و بهبود فرآیندهای حیاتی و کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، این عنصر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد محسوب می‌شود و افزایش جمعیت و لزوم تولید بیشتر محصولات زراعی طی سال‌های اخیر، موجب شده است که همه ساله مقادیر بیشتری از کودهای نیتروژنی مصرف شود. با اینکه این کودها در ۵۰ سال اخیر نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی داشته‌اند ولی امروزه به‌تدریج آثار منفی ناشی از مصرف بی‌رویه آنها به‌صورت ورس در محصولات زراعی، افزایش رشد علف‌های هرز و حمله آفات (Singh, 2005; Chen, 2006)، ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی و تجمع آن در اندام‌های گیاهی (Sanchez *et al*., 2004) به اثبات رسیده است. این امر بیانگر آن است که از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی تا آن‌جا که مقدور است اجتناب شده و از کشاورزی ارگانیک کمک گرفته شود. کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر*، می‌توانند تأثیر عمیقی را در نیل به کشاورزی پایدار ایفا نمایند (Deacon, 2005). به‌کارگیری این کودها مهم‌ترین راهبرد برای بهبود کارایی مصرف کود (Wu *et al*., 2005; Fageria and Baligar., 2005) و افزایش تولید در سیستم‌های کشاورزی پایدار است (Sharma, 2003; Wu *et al*., 2005). افیفی و همکاران (Afifi *et al*., 2003) اظهار داشتند که تلقیح ذرت با *ازتوباکتر* به‌عنوان کود زیستی با نصف غلظت‌های توصیه شده NPK عملکرد دانه ذرت را افزایش داد. دوبلار و همکاران (Dobblaere *et al*., 2003) افزایش عملکرد دانه را به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی گزارش نموده‌اند.

کاربرد کود نیتروژنه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دارد (Sanjeev and Bangarwa., 1985). هارداس و اراجین هروستوس (Hardas and Aragiaanne Hrestous., 1985) به‌کارگیری ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را برای دست‌یابی به عملکرد مطلوب در ذرت گزارش نمودند. سمیرا و همکاران (Samira *et al*., 1998)، توربرت و همکاران (Torbert *et al*., 2001) اعلام داشتند که عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت به‌واسطه افزایش نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد. کامپرات و همکاران (Kamprath *et al*., 1980) افزایش عملکرد دانه ذرت را به‌واسطه مصرف نیتروژن، به افزایش تعداد دانه و وزن دانه در هر بلال نسبت دادند. نتایج بررسی‌های باندی و کارتر (Bundy and Carter.,1988) نشان داد که واکنش هیبریدهای ذرت به سطوح مختلف کود نیتروژن متفاوت است. تولی‌نائر (Tollenaar, 1977) و دلامینی (Dlamini, 1990) گزارش کردند که برای دست‌یابی به عملکرد ذرت در محدوده ۳/۵ تا ۵ تن در هکتار به‌کارگیری ۶۵-۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کافی است. ال‌شیخ (Elsheikh, 1998) گزارش کرد که کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه را افزایش داد.

وزن دانه به‌عنوان یکی از اجزای مهم تعیین‌کننده عملکرد، تحت تأثیر سرعت و طول دوره پر شدن دانه قرار می‌گیرد. ارتباط بین سرعت و طول دوره پر شدن دانه با وزن دانه از تحقیقات پایه‌ای در برنامه‌ها و مطالعات به‌نژادی و فیزیولوژیک به‌شمار می‌رود و می‌تواند راه‌گشایی برای اصلاح‌گران در جهت رسیدن به حداکثر عملکرد باشد (Dorarach and Baker., 1990). چو و همکاران (Cho *et al*., 1987) اظهار داشتند که با افزایش نیتروژن، وزن تک بذر، دوره مؤثر و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و با کاهش آن تمامی پارامترهای پر شدن دانه نیز کاهش یافت. آنان اظهار داشتند که کاربرد نیتروژن با افزایش میزان اسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه را افزایش دهد. تسونو و همکاران (Tsuno *et al*.,1994) علت بیشتر شدن سرعت پر شدن دانه در بوته‌هایی که کود نیتروژن را به‌صورت سرک دریافت کرده بودند، به غلظت بالای نیتروژن برگ طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند. آنان اظهار داشتند که مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به‌ویژه دوره پر شدن دانه موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌شود، که این موضوع موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام-

های فتوسنتز کننده (Murchie *et al*., 2002) و افزایش وزن دانه خواهد شد (Yamaguchi *et al*., 1995). دوره مؤثر پر شدن دانه برای ارزیابی نسبی طول دوره پر شدن بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد و از تقسیم وزن بذر رسیده بر سرعت پر شدن دانه قابل محاسبه است و به‌شدت تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد (Kato, 1999). با توجه به این که در شرایط اقلیمی تبریز بارندگی‌های بهاری موجب می‌شود که ذرت در تاریخ‌های مختلف، کاشت شود و در کشت‌های تأخیری به‌دلیل کوتاه شدن دوره‌های مختلف رشدی به‌ویژه دوره پر شدن دانه، موجب می‌شود تا زارعین مقادیر مختلفی از کود نیتروژن را به‌منظور جبران بخشی از کاهش طول دوره رشد به‌کار گیرند، این در حالی است که باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل افزایش جذب مواد غذایی می‌توانند عملکرد و دوره مؤثر پر شدن دانه را تحت تأثیر قرار دهند. در این راستا این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه انجام شد تا مناسب‌ترین ترکیب تیماری از نظر کارایی مصرف کود نیتروژن، عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه مشخص شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی با مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. اقلیم محل اجرای طرح از نوع نیمه خشک سرد بوده و خاک منطقه از نظر مواد آلی، فقیر و زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل در آیش بود. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. The properties of physicochemical of experimental farm soil

عمق Depth	شن Sand %	سیلت Silt %	رس clay %	نیتروزن کل Total nitrogen (%)	پتاسیم قابل جذب absorbable K (PPM)	فسفر قابل جذب absorbable P (PPM)	کربن آلی Organic carbon %	نسبت جذب سدیم Sodium adsorption ratio SAR	درصد سدیم محلول SSP solution of sodium percent	pH	EC×10^3
0-30	34	42	24	0.09	455	11.6	0.72	5.9	47	7.95	4.1
30-60	34	42	24	0.09	370	7	0.52	7.3	50	7.9	5.22

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک در بهار بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل چهار سطح کود نیتروژنه (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد[1] در سه سطح (تلقیح با *آزوسپریلیوم لیپوفروم* استرین OF، *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین ۵ و عدم تلقیح با باکتری به‌عنوان شاهد) بودند. رقم ذرت مورد استفاده سینگل‌کراس ۵۰۰ بود. این هیبرید از طول دوره رشدی ۱۱۵-۱۲۰ روزه برخوردار بوده و مناسب کاشت برای مناطق اقلیمی سرد و معتدل است که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. هر کرت شامل ۵ خط کاشت به طول چهار متر با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها از هم روی ردیف ۱۳/۳ سانتی‌متر بود تا تراکم کاشت بر اساس تراکم متداول منطقه (۱۰ بوته در متر مربع) در نظر گرفته شد. کاشت به‌صورت دستی و به‌طریقه خشکه‌کاری و با کاشت دو بذر در هر کپه در عمق ۴-۶ سانتی‌متری در محل داغ آب بر روی پشته‌هایی که از قبل با استفاده از دستگاه جوی – پشته‌ساز ایجاد شده بود، انجام شد. در مرحله ۳-۲ برگی، بوته‌های اضافی با دست تنک شدند. آبیاری به صورت نشتی و اولین آبیاری بعد از کاشت انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی در طول دوره رشد بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی صورت گرفت. کود نیتروژنه در سه مرحله به خاک اضافه شد، بدین ترتیب که یک سوم آن در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ۶-۸ برگی و مابقی قبل از ظهور گل تاجی به‌صورت دست‌پاش و به‌طور

[1]Plant Growth Promoting Rhizobacteria

یکنواخت با خاک مزرعه مخلوط شد. به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز مزرعه، عملیات وجین با دست درطول دوره رشد گیاه زراعی انجام شد. خاک‌دهی پای بوته از عملیات دیگر داشت بود که برای مقابله با ورس بوته‌ها در طول دوره رشد انجام گرفت. بیماری و آفت خاصی در مزرعه مشاهده نشد.

به‌منظور بررسی سرعت و طول دوره پر شدن دانه ذرت، ۱۰ روز پس از شروع دوره پر شدن دانه (۱۸ روز بعد از ظهور گل‌تاجی)، در فواصل زمانی هر ۵ روز یک‌بار از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای سه بوته از بین بوته‌های رقابت‌کننده به‌تصادف انتخاب و پس از انتقال به ازمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از بلال جدا شدند. متعاقباً تعداد ۱۰۰ دانه از هر بلال شمارش و خشک شد. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al*., 2004). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به‌صورت زیر استفاده گردید:

رابطه (۱)
$$GW=\begin{cases} a+bt_0 & t<t_0 \\ a+bt & t>t_0 \end{cases}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان، b شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی که بیانگر سرعت پر شدن دانه است، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ 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، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t<t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pietafilho, 1992). 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) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه ۱ قرار داده شد و GW که وزن دانه است، محاسبه گردید. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه ۲ به شرح زیر استفاده شد (Ellis and Pietafilho., 1992).

رابطه (۲) EFP=MGW / GFR

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

کارایی زراعی مصرف کود نیتروژن از رابطه پیشنهادی گودرود و جلوم (Goodroad and Jellum., 1988) به‌صورت زیر محاسبه شد:

رابطه (۳) Ee=Ydf-Yef/F

در این رابطه Ydf= عملکرد دانه تولید شده در کرتی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Yef= عملکرد دانه تولید شده در کرتی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار) و F= مقدار کود مصرف شده (کیلوگرم در هکتار).

برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات مرتبط از جمله تعداد دانه در بلال، دانه در ردیف و عملکرد دانه در بلال، تعداد بلال در بوته در پایان دوره رشد از خطوط اصلی هرکرت ۸ بوته از بین بوته‌های رقابت کننده به تصادف انتخاب و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش ان صفت در تجزیه واریانس به‌کار گرفته شد. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع و با رعایت اثر حاشیه‌ای از خطوط اصلی هر کرت برآورد شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS, Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

کارایی مصرف نیتروژن: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر مقادیر کود نیتروژنه و تلقیح بذر با کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مقادیر کود نیتروژنه، مقدار آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین کارایی مصرف کود در مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۳۵/۱۳ کیلوگرم درکیلوگرم) و کمترین آن (۲۳/۳۷ کیلوگرم در کیلوگرم) در مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). به‌عبارتی واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژنه از قانون بازده نزولی میچرلیخ تبعیت می‌کند. به این مفهوم که هرچه میزان کود بیشتر شود، میزان عملکرد کمتر افزایش می‌یابد (Singh *et al*., 1996). گودرود و جلوم (Goodroad and Jellum., 1988) اظهار داشتند که بالاترین کارایی با جذب

اولین سطح کودی به‌دست می‌آید و به‌تدریج با مصرف مقادیر بالاتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف می‌شود و از این مرحله به بعد واکنش گیاه در برابر کود مصرفی و به‌تبع از آن کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد. آنان علت این کاهش را فزونی سرعت از دست رفتن نیتروژن از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آبشویی و یا به علت عدم استفاده مؤثر از آن نسبت دادند. دجان وایلر و همکاران (Dejuan Valerol *et al*., 2005) بیان داشتند که کاهش کارایی مصرف نیتروژن در سطوح بالای کود در مقایسه با سطوح پایین آن به بیش از ۵۰ درصد نیز می‌رسد. اولزن و همکاران (Olesen *et al*., 2008) کارایی مصرف نیتروژن را ۲۹ تا ۳۸ درصد در جو بهاره و ۲۳ تا ۴۴ درصد در غلات پاییزه گزارش کردند. گودرود و جلوم (Goodroad and Jellum., 1988) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن موجب کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن در ذرت شد. گریف (Greef, 1994) اظهار داشت در هنگام مصرف مقادیر بالاتر از حد بهینه نیتروژن، گیاه ذرت قادر به بهره‌گیری از مزایای بالقوه مکانیسم C_4 و استفاده از نیتروژن نیست.

کاربرد کودهای زیستی نیز موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن شد. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۳۳/۸۷ کیلوگرم درکیلوگرم) در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و کمترین آن (۲۵/۳ کیلوگرم درکیلوگرم) به تیمار شاهد مربوط بود. مانسک و همکاران (Manske *et al*., 2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح *ازتوباکتر* با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم می‌شود. یزدانی و همکاران (Yazdany *et al*., 2010) در بررسی تأثیر کودهای زیستی و کودهای نیتروژنه و فسفره در ذرت گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیتروژنه با کاهش ۵۰ درصد از کود نیتروژنه و مصرف کامل کود فسفره به همراه کودهای زیستی (PGPR) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد.

جدول۲-تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و کودهای زیستی بر کارایی مصرف کود

Table 2. Analysis of variance the effects of different levels of nitrogen fertilizer and biofertilizers on nitrogen use efficiency

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS کارایی مصرف کود Nitrogen use efficiency
تکرار Replication	2	42.29*
سطوح کود نیتروژن Nitrogen fertilizer levels	2	311.2**
کودهای بیولوژیک biofertilizers	2	171.53**
سطوح نیتروژن × کودهای زیستی Nitrogen levels× biofertilizers	4	10.55ns
خطا Error	16	8.07
ضریب تغییرات CV	-	9.75

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد.

ns, * and** are non significant, signification at 5 and 1 % in probability levels respectively.

به‌نظر می‌رسد برای صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *برادی ریزوبیوم* که تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، امری ضروری باشد (Zaidi and Mohammad., 2006). زهیر و همکاران (Zahir *et al*., 2004) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها به‌دلیل افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده در جذب عناصر غذایی و آب، در نهایت به افزایش کارایی زراعی مصرف کود و عملکرد بیشتر منجر می‌شوند. *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* به‌عنوان تحریک‌کننده

رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید مواد تنظیم کننده رشد مانند اکسین و سیتوکنین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و سبب بهبود کارایی زراعی مصرف کود می‌شوند. نتایج مشابهی نیز توسط زیدی و محمد (Zaidi and Mohammad., 2006)، انجم و همکاران (Anjum *et al*., 2007)، کندی و همکاران (Kennedy *et al*., 2004)گزارش شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و کودهای زیستی بر کارایی مصرف نیتروژن در ذرت

Table 3. Mean comparison of the effects of different levels of nitrogen fertilizer and biofertilizers on nitrogen use efficiency in corn

Treatments تیمارها		Traits صفات
		کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) Nitrogen use efficiency (kg/kg)
کود نیتروژنه (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen fertilizer (kg/ha)	60	35.13a
	120	28.88b
	180	23.37c
کود زیستی Biofertilizer	عدم تلقیح No inoculation	25.3c
	ازتوباکتر Azotobacter	28.19b
	آزوسپریلیوم Azosprilium	33.87a

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری باهم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

سرعت و دوره پر شدن

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) حداکثر وزن دانه، سرعت و دوره پر شدن دانه و طول دوره مؤثر پر شدن دانه تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر سرعت و طول دوره پر شدن دانه ذرت در شکل ۱ نشان داده شده است. بررسی سرعت پر شدن دانه ذرت در سطح ثابت از مصرف نیتروژن در تلقیح بذر با کودهای زیستی نشان داد که الگوی نمو بذر در ابتدا در حالت تلقیح با کلیه کودهای زیستی مشابه است. بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در حالت عدم تلقیح و تلقیح بذر با انواع مختلف باکتری‌ها به‌صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی یا فیزیولوژیک). پس از این مرحله وزن دانه تغییرات محسوسی نداشته و به صورت یک خط افقی درآمد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که در تمامی ترکیب‌های تیماری بین *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در سطوح مختلف کود نیتروژن، از نظر دوره مؤثر پر شدن، حداکثر وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد. به‌عبارت دیگر شیب خط برازش شده یا سرعت پر شدن دانه در تلقیح بذر با باکتری‌ها یکسان نبود که حاکی از تفاوت در سرعت پر شدن دانه در تیمارهای مختلف سطوح نیتروژنه در تلقیح بذر با باکتری بود. به‌طوری‌که در هر ترکیب تیماری در حالت عدم مصرف نیتروژن، وزن تک بذر کمترین و در بالاترین سطح کودی بیشترین مقدار آن برآورد شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد با افزایش میزان مصرف نیتروژن، به‌دلیل افزایش میزان اسیمیلاسیون و نقل و انتقال مواد به دانه، پر شدن دانه افزایش می‌یابد. وزن نهایی دانه نتیجه رشد دانه در طول دوره خطی یا دوره مؤثر پر شدن دانه است و فراهمی اسیمیلات‌ها یک عامل مهم برای دوره مؤثر پر شدن دانه محسوب می‌شود (Tollenaar and Daynard, 1982; Cirilo and Andrade, 1996; Andrade and Ferreior, 1996). طول دوره مؤثر پر شدن دانه نیز در سطوح مختلف نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد متفاوت بود، به‌طوری‌که با افزایش سطوح کود نیتروژنه، طول دوره مؤثر پر شدن دانه نیز افزایش یافت. همچنین تلقیح بذر با

ازتوباکتر و *ازوسپریلیوم* نسبت به عدم تلقیح بذر موجب افزایش طول دوره مؤثر پر شدن دانه شد. حداکثر طول دوره مؤثر پر شدن دانه (۵۴/۳۷ روز) در ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و حداقل طول این دوره (۴۰ روز) در عدم مصرف کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها برآورد شد (جدول ۵). چو و همکاران (Cho *et al*., 1987) دلیل بالا بودن سرعت پر شدن دانه را در بوته‌هایی گزارش کردند که کود نیتروژنه به‌صورت سرک دریافت کرده بودند و علت را به غلظت بالای نیتروژن برگ طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند. تسونو و همکاران (Tsuno *et al*., 1994) اظهار داشتند که مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به‌ویژه دوره پر شدن دانه، موجب بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ می‌شود و این امر موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می‌گردد. نتایج نشان داد که طول دوره پر شدن دانه با افزایش سطوح کود نیتروژن و تلقیح بذر با کودهای زیستی افزایش یافت (جدول ۵). حداکثر طول دوره پر شدن دانه (۷۰/۸۴ روز) به ترکیب تیماری مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و حداقل طول این دوره (۴۸/۴۱ روز) به عدم مصرف کود نیتروژنه در عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها تعلق داشت، به‌طوری که ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* از حداکثر شیب (۰/۰۰۸۹) و ترکیب تیماری عدم مصرف کود نیتروژنه در عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد از حداقل شیب (۰/۰۰۶۵) برخوردار بود (جدول ۵). فاکورد و همکاران (Fakorede *et al*., 1980) نیز حداکثر وزن دانه را به رابطه بین سرعت و طول دوره پرشدن دانه نسبت دادند.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با کودهای زیستی برحداکثر وزن دانه، دوره مؤثر و سرعت پر شدن دانه ذرت

Table 4. Variance analysis of different levels of nitrogen fertilizer and seed inoculation with biofertilizers on maximum of grain weight, effective filling period and grain filling rate of corn

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		حداکثر وزن دانه Maximum of grain weight	دوره موثر پر شدن دانه Effective grain filling period	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	طول دوره‌ی پر شدن دانه Grain filling period
تکرار Replication	2	0.0037**	271.52**	0.000007**	424.06**
سطوح کود نیتروژن Nitrogen fertilizer levels	3	0.0435**	160.4**	0.000004**	108.34**
کودهای زیستی Biofertilizers	2	0.0263**	113.6**	0.000002**	426.91**
کودهای زیستی × نیتروژن Nitrogen levels× Biofertilizers	6	0.0003**	5.16**	0.0000002**	3.75**
خطا Error	22	0.00005	4.62	0.0000001	10.12
ضریب تغییرات (CV)	-	4.24	0.96	0.98	1.14

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

ns, * and** are non significant, signification at 5 and 1 % perbbility levels respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و کودهای زیستی بر حداکثر وزن دانه، دوره مؤثر، طول دوره پر شدن و سرعت پر شدن دانه ذرت

Table 5. Mean comparison of the effects of different levels of nitrogen fertilizer and biofertilizers on maximum of grain weight, effective filling period, grain filling period and grain filling rate of corn

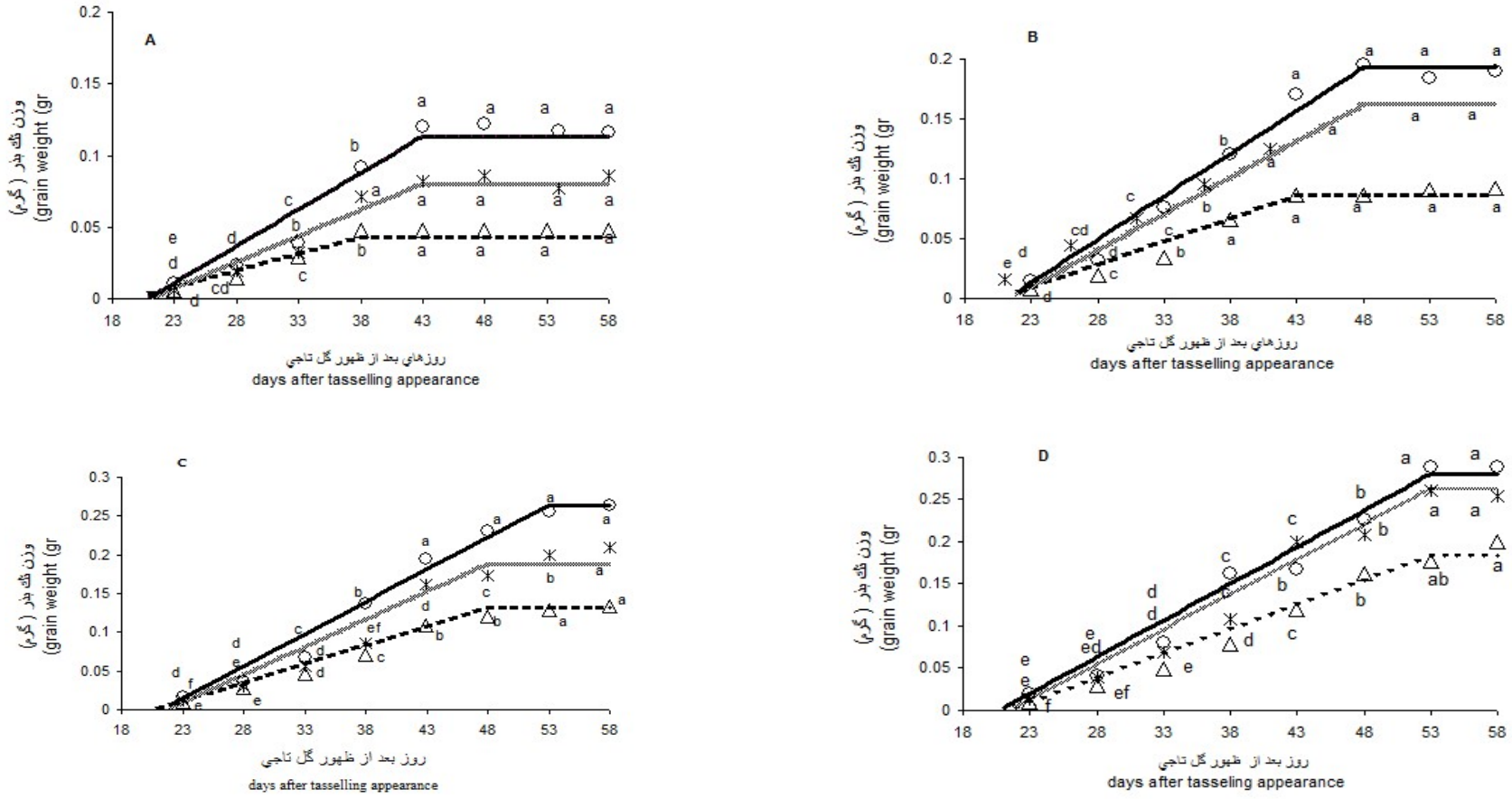
مقادیرکود نیتروژنه Nitrogen rates (kg/ha)	کودهای زیستی Biofertilizers	طول دوره پرشدن دانه Grain filling period (day)	دوره مؤثر پرشدن دانه Effective grain filling period (day)	حداکثر وزن دانه Maximum weight of grain (g)
0	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	48.41i	40 k	0.047 i
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	50 k	43.67 h	0.1 j
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	53.1 j	45.79g	0.13 i
60	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	56.82 i	42.07 j	0.09 k
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	58.42 g	48.71 f	0.18 g
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	60.47 f	49.7 e	0.2 e
120	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	58 h	42.79 i	0.14 h
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	62 e	50.51 d	0.21 d
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	65.99 e	52.37 b	0.22 c
180	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	63.2 d	49.07 e	0.19 f
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	66.56 b	51.59 c	0.28 b
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	70.84 a	54.37 a	0.31 a

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم دارند

Means with no similar letters in each column are significantly different

عملکرد و اجزای عملکرد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در جدول ۶ ارائه شده است.

عملکرد دانه: تلقیح بذر با باکتری‌ها، کاربرد کود نیتروژنه در سطح احتمال یک و اثر ترکیب تیماری آنها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه داشت (جدول ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین آن (۹۳۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار) به ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و کمترین عملکرد دانه (۴۰۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار) به عدم مصرف نیتروژن در عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد تعلق داشت (جدول ۸). نیتروژن عنصر ضروری برای رشد گیاه بوده و کمبود آن می‌تواند به کاهش عملکرد دانه منجر شود (Jamil, 1996). دوبلار و همکاران (Dobbelaere *et al*., 2003) افزایش عملکرد دانه را به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی گزارش نمودند. زهیر و همکاران (Zahir *et al*., 1998) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* گزارش کردند. روستی و همکاران (Roesti *et al*.,



شکل ۱- بررسی سرعت پر شدن دانه ذرت متأثر از تلقیح بذر با کودهای زیستی در حالت عدم مصرف کود نیتروژن (A)، کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (B)، کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (C)، کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (D)

Figure 1. Study of grain filling rate of corn as affected by seed inoculation with biofertilizers at no nitrogen application (a), application of 60 kg N/ha (b), 120 kg N/ha (c) and 180 kg N/ha (d)

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر مقادیر کود نیتروژنه و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ذرت

Table 6. Analysis variance (mean squares) the effects of different levels of nitrogen fertilizer and seed inoculation with bio fertilizers on yield and some morphological traits of corn

منابع تغییر S.O.V	میانگین مربعات Mean square						
	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد دانه در بلال grain yield per ear	تعداد بلال در بوته Number of ear per plant	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	تعداد دانه در بلال Number of kernel per ear	وزن صد دانه 100 grain weight
تکرار	2	1752844.4**	273.88**	0.17**	0.4ns	3985.16ns	3.34ns
سطوح نیتروژن Nitrogen levels	3	18590155.5**	2904.71**	0.01ns	407.56**	4194.44ns	148.87**
کودهای زیستی Biofertilizers	2	5208052.7**	813.75**	0.01ns	322.88**	7217.91*	92.23**
نیتروژن×کودهای بیولوژیک Nitrogen× bio fertilizers	6	463063.8*	72.35**	0.01ns	4.92**	4238.06*	4.19ns
خطا Error	22	146020.2	22.81	0.02	0.77	1590.27	32.6
ضریب تغییرات	-	5.68	5.68	11.97	4.03	11.016	8.1

ns ، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

ns, * and** are non significant, signification at 5 and 1 % perbbility levels respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و کودهای زیستی بر وزن صد دانه ذرت

Table 7. Mean comparisons the effects of different levels of nitrogen fertilizer and seed inoculation with biofertilizers on 100 grains weight of corn

صفات Traits تیمارها Treatments	وزن صد دانه 100 grain weight (gr)
سطوح کود نیتروژن Nitrogen fertilizer levels	
0	19.21d
60	28.48a
120	24.51b
180	21.15c
کودهای زیستی Biofertilizers	
عدم تلقیح No inoculation	20.28c
ازتوباکتر *Azotobacter*	24.04b
آزوسپریلیوم *Azosprilium*	25.69a

میانگین‌های با حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری باهم دارند.

Means with no similar letters in each column are not significantly different

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری مقادیر کود نیتروژنه و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 8. Mean comparison of the effects of nitrogen rates × seed inoculation with biofertilizers on yield and yield components of corn

مقادیرکود نیتروژنه Nitrogen rates (kg/ha)	کودهای زیستی Biofertilizers	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	وزن دانه در بلال Grain weight per ear (g)	تعداد دانه در ردیف Number of kernel per row	تعداد دانه در بلال Number of kernel per ear
0	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	4013.3g	50.16g	10.5h	318.08d
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	5260f	52.60f	15.41h	324.7cd
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	5773.3fe	72.16ef	17.04f	335.2cd
60	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	5913.3e	73.91e	11.22h	415.6ab
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	6103.3e	76.29e	21.02de	347.9cd
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	6346.7de	79.33e	22.35d	458.08a
120	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	7086.7d	88.58d	19.55e	359.5bcd
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	7340cd	91.75cd	29.33e	367.05bcd
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	8206.7b	102.58b	30.2bc	338.1cd
180	عدم تلقیح بذر Without seed inoculation	7370cd	92.12cd	22.39d	338.1cd
	تلقیح بذر با ازتوباکتر Inoculation with *Azotobacter*	7980bc	99.75bc	22.39ab	351.3bcd
	تلقیح بذر با ازوسپریلیوم Inoculation with *Azosprilium*	9313.3a	116.41a	31.21a	390.6abc

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند

Means with no similar letters in each column are significantly different

2006) علت افزایش عملکرد توسط کودهای زیستی را به نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادند که با کمک به جذب بیشتر مواد، به بهبود عملکرد کمک می‌نماید.

تعداد بلال در بوته: اثر نیتروژن، کودهای زیستی و اثر متقابل این دو عامل بر روی تعداد بلال در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد این صفت بیشتر تابع عوامل ژنتیکی و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی واقع می‌شود. دجان و همکاران (De Juan *et al*., 2005) گزارش کردند که تعداد بلال در بوته تحت تأثیر مقادیر کود نیتروژنه قرار نگرفت. نتایج مشابهی نیز مبنی بر عدم معنی‌داری تعداد بلال در بوته تحت تلقیح بذر با کودهای زیستی توسط غلامی و همکاران (Gholami *et al*., 2009) گزارش شده است.

وزن صد دانه: تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژنه و کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش مقدار کود مصرفی بر وزن صد دانه نیز افزوده شد، به‌طوری‌که بیشترین وزن صد دانه (۲۸/۴۸ گرم) به بالاترین سطح کودی (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و کمترین آن (۱۹/۲۱ گرم) به عدم مصرف کود

نیتروژنه مربوط می‌شد (جدول ۷). کاربرد کودهای زیستی نیز موجب افزایش وزن صد دانه شد. حداکثر وزن صد دانه (۲۵/۶۹ گرم) در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و حداقل آن (۲۰/۲۸ گرم) در عدم تلقیح بذر برآورد گردید. غلامی و نظارت (Gholami and Nezarat, 2009) نشان دادند که تلقیح بذرهای ذرت با کودهای زیستی وزن صد دانه را به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (جدول ۷).

عملکرد دانه در بلال: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کود نیتروژنه مصرفی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، عملکرد دانه در بلال افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه در بلال (۱۱۶/۴۱ گرم) به ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و کمترین آن (۵۰/۱۶ گرم) در عدم مصرف کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد شد (جدول ۸).

تعداد دانه در ردیف: کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژنه، کودهای زیستی و اثر متقابل این دو عامل نیز اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد دانه در ردیف (۳۲/۱۱) به ترکیب تیماری مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* و کمترین آن (۱۰/۵) به عدم مصرف کود نیتروژنه در عدم تلقیح بذر با باکتری مربوط شد (جدول ۸). تأمین به موقع عوامل اثرگذار مانند نیتروژن، می‌تواند با افزایش تعداد دانه در ردیف به افزایش عملکرد دانه کمک کند. پال (Pal, 1998) با مصرف کود نیتروژنه، افزایش تعداد دانه در ردیف بلال ذرت را گزارش نمود.

نتیجه‌گیری

کاربرد کود نیتروژنه به همراه تلقیح بذر با کودهای زیستی در مقایسه با عدم تلقیح بذر، منجر به افزایش کارایی مصرف کود، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه گردید. به‌نظر می‌رسد به‌کارگیری این دو عامل روشی مناسب در بهبود عملکرد و کارایی مصرف کود نیتروژنه است. از این رو به‌منظور افزایش عملکرد دانه، سرعت و طول دوره مؤثر پر شدن دانه می‌توان پیشنهاد نمود که ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با *آزوسپریلیوم* به کار برده شود.

منابع

Afifi, M.H., Manal, F.M. and Gomaa, A.M. 2003. Efficiency of applying biofertilizers to maize crop under different levels of mineral fertilizers. Annul Agricultural Science, 41 (4): 1411-1420. **(Journal)**

Andrade, F.H. and Ferreior, M.A. 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Research, 48: 155-165. **(Journal)**

Anjum, M.A., Sajjad, M.R., Akhtar, N., Qureshi, M.A., Iqbal, A., Jami, A.R. and Hasan, M. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. Agricultural Research, 45: 135-143. **(Journal)**

Bundy, G.L. and Carter, P.R. 1988. Corn hybrid response to nitrogen fertilization in northern corn belt. Journal of Production and Agriculture, 1 (2): 99-104. **(Journal)**

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-Rhizospher System for Efficient Crop Production and Fertilizer use, October, 16-20, Thailand, pp. 11. **(Conference)**

Cho, D.S., Jong, S.K., Park, Y.K. and Son, S. 1987. Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.). I. Varietal difference and effects of nitrogen. Korean Crop Science, 32(1): 103-111. **(Journal)**

Cirilo, A.G. and Andrade, F.H. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. Crop Science, 36: 325-331. **(Journal)**

Daynard, T.B., Tannar, J.W. and Duncan, W.G. 1971. Duration of the grain filling period and its relationship to grain yield in corn (*Zea mays* L.). Crop Science, 11: 45-48. **(Journal)**

De Juan, J.A., Maturano, M., Artigao Ramirez, A., Tarjuelo Martin-Benitol, J.M. and Ortega Alvarez, J.F. 2005. Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as effected by nitrogen fertilization. Spanish Journal of Agricultyral Research, 3(1): 134-144. **(Journal)**

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Yaacov Okon, Y. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Plant Science, 2: 107-149. **(Journal)**

Dorarach, B.A. and Baker, R.J. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes. Crop Science, 30: 525-529. **(Journal)**

Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. Seed Science, 2: 19-25. **(Journal)**

El-Sheikh, F.T. 1998. Effect of soil application of nitrogen and foliar application with manganese on grain yield and quality of maize (*Zea mays* L.) proc. 8th Conf. Agron., SuezCanal Univ., Ismailia, Egypt, 28-29 Nov. pp:174-181. **(Conference)**

Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advance Agronomy, 88: 97-185. **(Journal)**

Fakorede, M.A.B. and Mock, J. 1980. Growth analysis of maize variety hybrids obtained from two recurrent selection programmers for grain yield. New Phytologists, 85: 393-408. **(Journal)**

Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science. Engineers of Technology, 37: 2070-3740. **(Journal)**

Goodroad, L.L. and Jellum, M.D. 1998. Effect of N fertilizer rate and soil pH on efficiency in corn. Plant and Soil, 106: 85-89. **(Journal)**

Greef, J.M. 1994. Productivity of maize (*Zea mays* L.) in relation to morphological and physiological characteristic under varying amount of nitrogen supply. Crop Science, 172: 317-326. **(Journal)**

Hardas, G. and Aragiaanne-Hrestous, M.K. 1985. Long term fertilizer trail in the Kopais area with a two-year rotation of maize and wheat.I: The effect of N.P. and K. application on yield. Georgike Ereuna, 9: 81-90. **(Journal)**

Kamprath, E.L., Moll, R.H. and Rodringuez, H. 1980. Effect of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid populations of corn. Agronomy Journal. 74: 955-958. **(Journal)**

Kato, T. 1999. Genetic invironmental variations and association of the characters related to the grain filling processing rice cultivars. Plant Production Science, 2(1): 32-36. **(Journal)**

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T. and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: Can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry, 36: 1229-1244. **(Journal)**

Manske, G.B., Luttger, A., Behi, R.K., Vlek, P.G. and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter chroococcum* in wheat. Plant Breeding, 13: 78-83. **(Journal)**

Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P. and Peng, S. 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? European Science, 53: 2217-2224. **(Journal)**

Olesen, J.E., Rasmussen, I.A. and Askegaard, M. 2008. Nitrogen use efficiency of cereals in arable organic farming. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20. **(Conference)**

Pal, S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant Soil, 198: 169-177. **(Journal)**

Ronanini, D., Savin, R. and Hall, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Rersearch, 83: 79-90. **(Journal)**

Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry, 38: 1111-1120. **(Journal)**

Samira, M., Hussein, A., Haikeland, M.A. and El-Masry, A. 1998. Effect of some preceding crops, hill spacing and nitrogen fertilization on yield attributes and grain yield of maize under reclaimed sandy soil conditions in East Delta. proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28-29Nov. pp: 174-181. **(Conference)**

Sanchez, E., Rivero, R.M., Ruzi, J.M. and Romero, L. 2004. Yield and biosynthesis of nitrogenous compounds in fruits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.C.V. strike) in response to increasing N fertilization. Journal of Science and Food Agriculture, 84: 575-580. **(Journal)**

Sanjeev, K. and Bangarwa, A.S. 1997. Yield and yield components of winter maize (*Zea mays* L.) as influenced by plant density and nitrogen levels. Agricultural Science, 17: 181-184. **(Journal)**

Seyed Sharfi, R. and Hokmalipour, S. 2010. Forage Crop. University of Mohaghegh Ardabili and Amidi Tabriz press. 422 pp. (In Persian) **(Book)**

Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. **(Book)**

Shokat, K., Singh, R., Sharma, R.K. and Singh, M. 1996. Effect of P, Zn, Fe, CaCo3 and farm yard manure application on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Agronomy Science, 12: 267-272. **(Journal)**

Singh, G. 2005. Biofertilizer an eco-friendly fertilizer for the reclamation of over burden dum., National Biofertilizer Development Center, Govt, of India, Ministry of Agriculture. **(Book)**

Spiets, J.H. and Vos, J. 1985. Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply. Crop Science, 36: 541-549. **(Journal)**

Tollenaar, M. 1977.Sink–source relationships during reproductive development in maize. A review, Maydica, 22: 49-85. **(Journal)**

Tollenaar, M. and Daynard, B. 1982. Effect of source: sink ratio on dry matter accumulation and leaf senescence of maize. Canadian Journal of Plant Science, 62: 855-860. **(Journal)**

Torbert, H.A., Potter, K.N. and Morrison, J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. Agronomy Journal, 93: 1119-1124. **(Journal)**

Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Bull. Facu. Agric Tottori Uni. 47: 1-10.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G. and Cheung, K.C., 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. Geoderma, 125: 155-166. **(Journal)**

Yamaguchi, T., Tsuno, Y., Nakano, J. and Miki, K. 1995. Influence of nitrogen content on grain weight at the early ripening stage and relationship between root respiration and leaf area per spikelet of rice plants. Agronomy Journal, 33: 251-258. **(Journal)**

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaili, M.A. and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (*Zea mays* L.) cultivation. Electronic Journal of Crop Production, 3 (2): 65-80. (In Persian) **(Journal)**

Zahir, A.Z., Arshad, M. and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation wit plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science, 15: 7-11. **(Journal)**

Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advance Agronomy, 81: 97-168. **(Journal)**

Zaidi, A. and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Agricultural Science, 30: 223-230. **(Journal)**

Evaluation of nitrogen fertilizer application and seed inoculation by *Azotobacter* and *Azosprillium* on yield, rate and grain filling period of corn SC-500 cultivar

Raouf Seyed Sharifi[*1], Zohreh Zare Zad[2], Morteza Barmaki[1], Akbar Abdi[3], Reza Seyed Sharifi[1]

Received: January 2, 2016 Accepted: February 15, 2016

Abstract

In order to evaluation of nitrogen fertilizer application and seed inoculation by *Azotobacter and Azosprillium on* yield, rate and grain filling period of corn SC-500 cultivar, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in farm of Agriculture and Natural Resource research center of Azarbaijan-e- Shargi province in 2011. The factors were included: nitrogen rates in four levels (0, 60, 120 and 180 kg/ha form urea) as N_0, N_1, N_2 and N_3 respectively and seed inoculation with rhizobacteria (without inoculation as control, seed inoculation with *Azotobacter chrococcocum* strain 5, *Azosprillium* lipoferum strain OF). The results showed that maximum of nitrogen use efficiency (35.13 kg/kg) was obtained in application of 60 kg N/ha and minimum of it (23.37 kg/kg) was in application of 180 kg N/ha. Seed inoculation with bio fertilizers increased nitrogen use efficiency compared to no seed inoculation. Nitrogen rates and seed inoculation with bio fertilizers had significantly effects on yield and yield components. Maximum of grain yield (9313.3 kg/ha), grain weight (0.31 gr), rate (0.0089 gr/day) and grain filling period (54.37 day) were obtained in seed inoculation with *Azosprillium* ×180 kg N ha^{-1}. So, in order to increasing of grain yield, rate and grain filling period can be suggested that be applied 180 kg N ha^{-1} × seed inoculation with *Azospirillum lipoferum.*

Key words: Biofertilizers; Corn; Grain Filling Period; Nitrogen fertilizer; Yield

1- College of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- MSc student, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Faculty member, Agriculture and Natural Resource center of Azarbaijan-e- Shargi province, Tabriz , Iran.
* Corresponding author : Raouf_ssharifi@yahoo.com