



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 سینگل کراس ۵۰۰

رئوف سید شریفی<sup>\*</sup>، زهره زارع زاد<sup>۲</sup>، مرتضی برمکی<sup>۱</sup>، اکبر عبدی<sup>۳</sup>، رضا سید شریفی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲

### چکیده

به منظور ارزیابی کاربرد کود نیتروژن و تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بر عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه ذرت رقم سینگل کراس ۵۰۰، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) به ترتیب به صورت  $N_0$ ،  $N_1$ ،  $N_2$  و  $N_3$  و تلقیح بذر با کودهای زیستی (آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF، ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵ و عدم تلقیح با باکتری به عنوان 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 به دست آمد. تلقیح بذر با کودهای زیستی موجب افزایش کارایی مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم تلقیح بذر شد. مقادیر کود نیتروژن 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 (۰/۰۸۹ گرم در روز) و دوره مؤثر پر شدن دانه (۵۴/۳۷ روز) در کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم به دست آمد. از این رو به منظور افزایش عملکرد دانه، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه می‌توان پیشنهاد نمود که ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه؛ ذرت؛ عملکرد؛ کود نیتروژن؛ 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 به دلیل 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 به تدریج آثار منفی ناشی از مصرف بی‌رویه آنها به‌صورت ورس در محصولات زراعی، افزایش رشد علف‌های هرز و حمله آفات (Singh, 2005; Chen, 2006)، ورود نترات 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 (Tsunoo 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-

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.

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 به شدت 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 به دلیل کوتاه شدن دوره‌های مختلف رشدی به ویژه دوره پر شدن دانه، موجب می‌شود تا زارعین مقادیر مختلفی از کود نیتروژن را به منظور جبران بخشی از کاهش طول دوره رشد به کار گیرند، این در حالی است که باکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش جذب مواد غذایی می‌توانند عملکرد و دوره مؤثر پر شدن دانه را تحت تأثیر قرار دهند. در این راستا این آزمایش به منظور بررسی تأثیر

### جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. The properties of physicochemical of experimental farm soil

| عمق<br>Depth | شن<br>Sand<br>% | سیلت<br>Silt<br>% | رس<br>clay<br>% | نیتروژن کل<br>Total<br>nitrogen<br>(%) | پتاسیم قابل<br>جذب       | فسفر قابل<br>جذب         | کربن آلی<br>Organic<br>carbon<br>%    | نسبت<br>جذب<br>سدیم | درصد سدیم<br>محلول<br>SSP<br>solution<br>of<br>sodium<br>percent | pH   | EC×<br>10 <sup>3</sup> |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|--|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|------|------------------------|
|              |                 |                   |                 |  | absorbable<br>K<br>(PPM) | absorbable<br>P<br>(PPM) | Sodium<br>adsorpti<br>on ratio<br>SAR |                     |  |      |                        |
| 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                   |

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 به صورت دستی و به طریقه 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 ۲-۳ 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 به صورت دست‌پاش و به طور

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک در بهار بود. آزمایش به صورت 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<sup>۱</sup> در سه سطح (تلقیح با آزوسپیریلیوم لیوفروم استرین OF، /زتوباکتر کروکوکوم استرین ۵ و عدم تلقیح با باکتری به عنوان شاهد) بودند. رقم ذرت مورد استفاده سینگل کراس 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

<sup>1</sup>Plant Growth Promoting Rhizobacteria

در این رابطه EFP دوره مؤثر بر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است. کارایی زراعی مصرف کود نیتروژن از رابطه پیشنهادی گوردرد و جلم (Goodroad and Jellum., 1988) به صورت زیر محاسبه شد:

$$Ec = Ydf - Yef / F \quad \text{رابطه (۳)}$$

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 اندازه گیری 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 هر کرت ۸ بوته از بین بوته های رقابت کننده به تصادف انتخاب و میانگین داده های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس به کار گرفته شد. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع و با رعایت اثر حاشیه ای از خطوط اصلی هر کرت برآورد شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای 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 معنی دار شد. مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش مقادیر کود نیتروژنه، مقدار آن به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین کارایی مصرف کود در مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۳۵/۱۳ کیلوگرم در کیلوگرم) و کمترین آن (۲۳/۳۷ کیلوگرم در کیلوگرم) در مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۳). به عبارتی واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژنه از قانون بازده نزولی میچرلیخ تبعیت می کند. به این مفهوم که هرچه میزان کود بیشتر شود، میزان عملکرد کمتر افزایش می یابد (Singh et al., 1996). گوردرد و جلم (Goodroad and Jellum., 1988) اظهار داشتند که بالاترین کارایی با جذب

یکنواخت با خاک مزرعه مخلوط شد. به منظور مبارزه با علف های هرز مزرعه، عملیات وجین با دست در طول دوره رشد گیاه زراعی انجام شد. خاک دهی پای بوته از عملیات دیگر داشت بود که برای مقابله با ورس بوته ها در طول دوره رشد انجام گرفت. بیماری و آفت خاصی در مزرعه مشاهده نشد.

به منظور بررسی سرعت و طول دوره پر شدن دانه ذرت، ۱۰ روز پس از شروع دوره پر شدن دانه (۱۸ روز بعد از ظهور گل تاجی)، در فواصل زمانی هر ۵ روز یکبار از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه ای سه بوته از بین بوته های رقابت کننده به تصادف انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه ها 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). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه ای) به صورت زیر استفاده گردید:

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

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 می کند: 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 ( $t < t_0$ ) سرعت پر شدن دانه را نشان می دهد (Ellis and Pietafilho, 1992). با برآزش این مدل بر کلیه داده ها 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 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).

$$\text{رابطه (۲)} \quad EFP = MGW / GFR$$

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 در کیلوگرم) در تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و کمترین آن (۲۵/۳ کیلوگرم در کیلوگرم) به تیمار شاهد مربوط بود. مانسک و همکاران (Manske *et al.*, 2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح/توباکتر 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) به-طور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون تلقیح (NPK) افزایش می‌یابد.

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،

#### جدول ۲- 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<br>S.O.V   | درجه آزادی<br>df | میانگین مربعات MS<br>کارایی مصرف کود<br>Nitrogen use efficiency |
|---|------------------|---|
| تکرار<br>Replication  | 2                | 42.29*  |
| سطوح کود نیتروژن<br>Nitrogen fertilizer levels                  | 2                | 311.2**   |
| کودهای بیولوژیک<br>biofertilizers                               | 2                | 171.53**  |
| سطوح نیتروژن × کودهای زیستی<br>Nitrogen levels × biofertilizers | 4                | 10.55 <sup>ns</sup>   |
| خطا<br>Error  | 16               | 8.07  |
| ضریب تغییرات<br>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.

(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

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 Zahir *et al.*, 2006). زهیر و همکاران (Mohammad., 2006)

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.

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.

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 | تیماها                      | Traits  | صفات   |
|------------|-----------------------------|---|--------|
|            |                             | کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)<br>Nitrogen use efficiency (kg/kg) |        |
|            | 60                          |   | 35.13a |
|            | 120                         |   | 28.88b |
|            | 180                         |   | 23.37c |
|            | عدم تلقیح<br>No inoculation |   | 25.3c  |
|            | کود زیستی<br>Biofertilizer  | ازتوباکتر<br><i>Azotobacter</i>   | 28.19b |
|            |                             | آزوسپریلیوم<br><i>Azospirillum</i>  | 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

مؤثر پر شدن، حداکثر وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد. به عبارت دیگر شیب خط برآزش 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 نیتروژن در تلقیح بذر با باکتری بود. به طوری که 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). به نظر می‌رسد با افزایش میزان مصرف نیتروژن، به دلیل افزایش میزان اسیمیلسیون 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; Andrade and 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، به طوری که با افزایش سطوح کود نیتروژن، طول دوره مؤثر پر شدن دانه نیز افزایش یافت. همچنین تلقیح بذر با

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 نیتروژن 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 به صورت 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 به دست آمده مشخص شد که در تمامی ترکیب‌های تیماری بین/ازتوباکتر و/آزوسپریلیوم در سطوح مختلف کود نیتروژن، از نظر دوره

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، به طوری 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 پر شدن دانه نسبت دادند.

ازتوباکتر و آزوسپریلیوم 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 به صورت سرک دریافت کرده بودند و علت را به غلظت بالای نیتروژن برگ طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند. تسونو و همکاران (Tsunno *et al.*, 1994) اظهار داشتند که 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 می‌شود و این امر موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با کودهای زیستی بر حداکثر 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<br>S.O.V                                      | درجه<br>آزادی<br>df | میانگین مربعات<br>Mean square                 |  |   |  |
|--|---------------------|---|--|---|--|
|  |                     | حداکثر وزن دانه<br>Maximum of<br>grain weight | دوره مؤثر پر شدن دانه<br>Effective grain<br>filling period | سرعت پر شدن دانه<br>Grain filling<br>rate | طول دوره‌ی پر شدن<br>دانه<br>Grain filling<br>period |
| تکرار<br>Replication                                       | 2                   | 0.0037**                                      | 271.52**   | 0.000007**                                | 424.06**   |
| سطوح کود نیتروژن<br>Nitrogen fertilizer levels             | 3                   | 0.0435**                                      | 160.4**  | 0.000004**                                | 108.34**   |
| کودهای زیستی<br>Biofertilizers                             | 2                   | 0.0263**                                      | 113.6**  | 0.000002**                                | 426.91**   |
| کودهای زیستی × نیتروژن<br>Nitrogen levels × Biofertilizers | 6                   | 0.0003**                                      | 5.16**   | 0.0000002**                               | 3.75**   |
| خطا<br>Error   | 22                  | 0.00005                                       | 4.62   | 0.0000001                                 | 10.12  |
| ضریب تغییرات (CV)  | -                   | 4.24  | 0.96   | 0.98                                      | 1.14   |

ns, \* و \*\* به ترتیب 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**

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

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

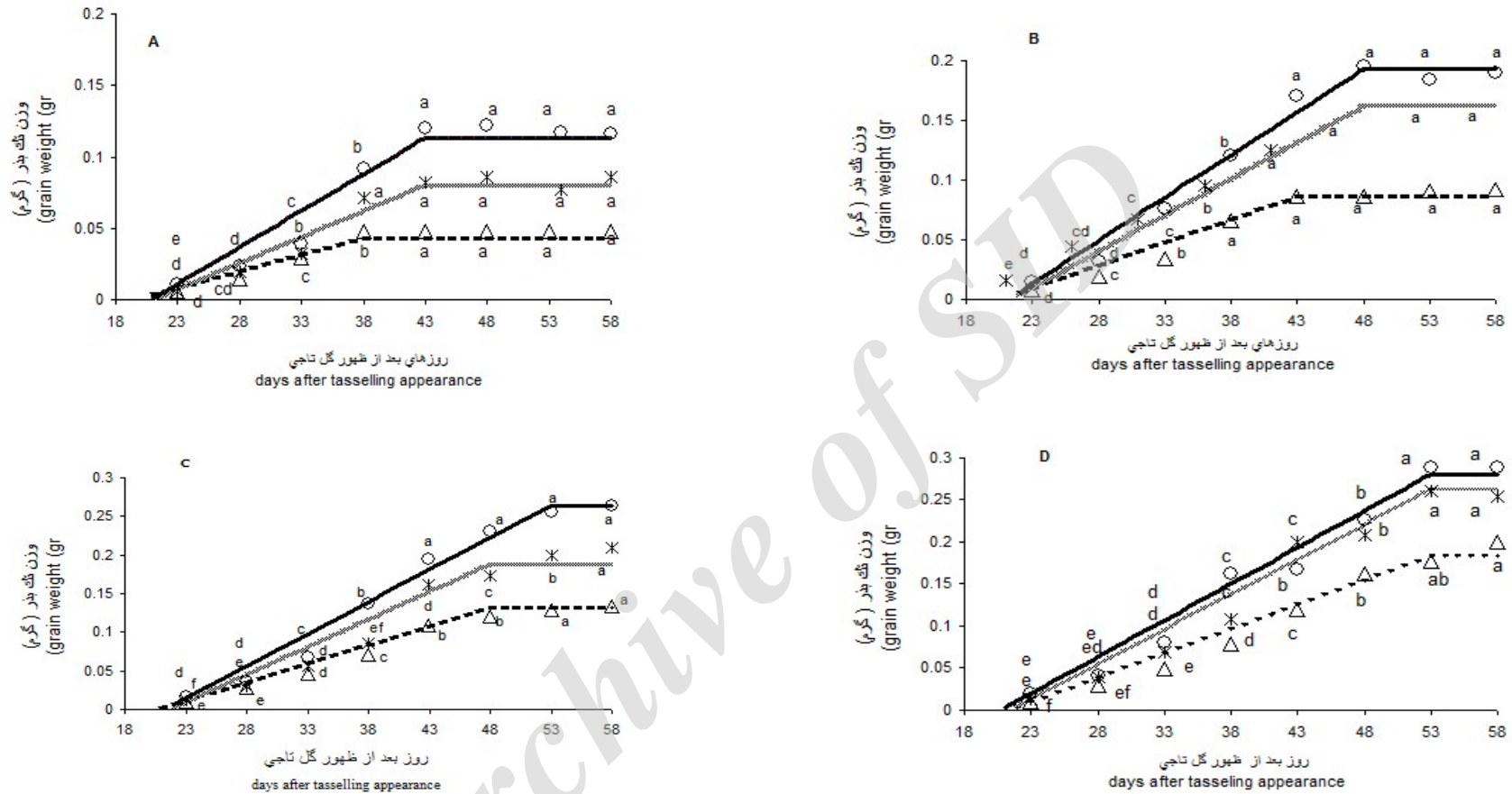
Means with no similar letters in each column are significantly different

هکتار در تلقیح بذر با ازوسپریلیوم 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 ازوسپریلیوم گزارش کردند. روستی و همکاران (Roesti et al.,

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 نیتروژن 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





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<br>S.O.V                                       | میانگین مربعات Mean square |  |  |  |   |  |          |
|--|----------------------------|--|--|--|---|--|----------|
| درجه آزادی<br>df   | عملکرد دانه<br>Grain yield | عملکرد دانه<br>در بلال<br>grain yield<br>per ear | تعداد بلال در<br>بوته<br>Number of<br>ear per<br>plant | تعداد دانه<br>در ردیف<br>Number<br>of grain<br>per row | تعداد دانه در<br>بلال<br>Number<br>of kernel<br>per ear | وزن صد<br>دانه<br>100<br>grain<br>weight |          |
| تکرار  | 2                          | 1752844.4**                                      | 273.88**   | 0.17**   | 0.4ns   | 3985.16ns                                | 3.34ns   |
| سطوح نیتروژن<br>Nitrogen levels                            | 3                          | 18590155.5**                                     | 2904.71**  | 0.01ns   | 407.56**  | 4194.44ns                                | 148.87** |
| کودهای زیستی<br>Biofertilizers                             | 2                          | 5208052.7**                                      | 813.75**   | 0.01ns   | 322.88**  | 7217.91*                                 | 92.23**  |
| نیتروژن×کودهای<br>بیولوژیک<br>Nitrogen× bio<br>fertilizers | 6                          | 463063.8*  | 72.35**  | 0.01ns   | 4.92**  | 4238.06*                                 | 4.19ns   |
| Error خطا  | 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, \* 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

| Traits صفات<br>Treatments تیمارها              | وزن صد دانه<br>100 grain weight (gr) |
|--|--------------------------------------|
| سطوح کود نیتروژن<br>Nitrogen fertilizer levels |                                      |
| 0  | 19.21d                               |
| 60   | 28.48a                               |
| 120  | 24.51b                               |
| 180  | 21.15c                               |
| کودهای زیستی<br>Biofertilizers                 |                                      |
| No inoculation عدم تلقیح                       | 20.28c                               |
| <i>Azotobacter</i> ازتوباکتر                   | 24.04b                               |
| <i>Azospirillum</i> آزوسپریلیوم                | 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 نیتروژن 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

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

کود نیتروژن 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 نیتروژن و کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش مقدار کود مصرفی بر وزن صد دانه نیز افزوده شد، به طوری که 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

(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). به نظر 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

(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 نیتروژن 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 نیتروژن، افزایش تعداد دانه در ردیف بلال ذرت را گزارش نمود.

#### نتیجه‌گیری

کاربرد کود نیتروژن به همراه تلقیح بذر با کودهای زیستی در مقایسه با عدم تلقیح بذر، منجر به افزایش کارایی مصرف کود، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه گردید. به نظر می‌رسد به‌کارگیری این دو عامل روشی مناسب در بهبود عملکرد و کارایی مصرف کود نیتروژن 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.

نیتروژن 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 نیتروژن 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 نیتروژن و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد شد (جدول ۸).

**تعداد دانه در ردیف:** کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن، 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

#### 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 Agricultural 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. 8<sup>th</sup> Conf. Agron., Suez Canal 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., Hubbard, 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. 16<sup>th</sup> 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. 8<sup>th</sup> 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, CaCo<sub>3</sub> 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 *Azospirillum* on yield, rate and grain filling period of corn SC-500 cultivar

Raouf Seyed Sharifi<sup>1</sup>, Zohreh Zare Zad<sup>2</sup>, Morteza Barmaki<sup>1</sup>, Akbar Abdi<sup>3</sup>, Reza Seyed Sharifi<sup>1</sup>

Received: January 2, 2016

Accepted: February 15, 2016

### Abstract

In order to evaluation of nitrogen fertilizer application and seed inoculation by *Azotobacter* and *Azospirillum* 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<sub>0</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> and N<sub>3</sub> respectively and seed inoculation with rhizobacteria (without inoculation as control, seed inoculation with *Azotobacter chroococum* strain 5, *Azospirillum 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 *Azospirillum* × 180 kg N ha<sup>-1</sup>. So, in order to increasing of grain yield, rate and grain filling period can be suggested that be applied 180 kg N ha<sup>-1</sup> × 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