

تاثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی زراعی و جذب نیتروژن در ذرت

Effect of Biological and Chemical Fertilizers Application on Yield, Yield Components, Agronomic Efficiency and Nitrogen Uptake in Corn

جواد حمزه‌بی^{۱*} و حسین سرمدی نایبی^۲

چکیده

در کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی نقش ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصل‌خیزی پایدار خاک دارد. به همین منظور، اثر کودهای زیستی (عدم تلقیح، تلقیح با نیتراژین و تلقیح با نیتروکسین) و شیمیایی نیتروژنه (صفر، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بر عملکرد ذرت و کارایی مصرف نیتروژن مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. صفات مورد بررسی شامل تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کارایی جذب نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن بودند. اثر نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. اثر کودهای زیستی نیز بر کلیه صفات به‌جز وزن هزاردانه، شاخص برداشت و شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار شد. اثر متقابل کود شیمیایی در کود زیستی نیز بر صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار شد. بیش‌ترین (۹۵۶ گرم در مترمربع) و کم‌ترین (۴۷۵ گرم در مترمربع) عملکرد دانه به‌ترتیب در ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کود زیستی نیتراژین و تیمار شاهد (عدم تلقیح و عدم مصرف نیتروژن) به‌دست آمد. در کل، تیمار ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن به همراه کودهای زیستی، با تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و بدون تلقیح، در یک گروه آماری قرار داشتند، بنابراین، تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه، می‌تواند علاوه بر تولید محصول کافی و بهبود کارایی جذب نیتروژن، مصرف کود شیمیایی نیتروژنه را کاهش دهد که این امر کمک قابل توجهی به سالم سازی محیط زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اوره، کارایی جذب، کارایی زراعی، نیتراژین، نیتروکسین

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

* نویسنده مسوول Email: j.hamzei@basu.ac.ir

زیست کمک می‌کند. در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصل‌خیزی پایدار خاک برخوردار است (نورمحمدی و همکاران، 1997). اصطلاح کودهای زیستی به ریز جانداران باکتریایی و قارچی به ویژه رایزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR; Plant Growth Promoting Rhizobacteria) و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها اطلاق می‌گردد (ملکوتی و غیبی، 2003). این گروه از باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماری‌زا، از طریق تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (شارما^۱، 2003).

کارایی نیتروژن شامل کارایی جذب (بازیافت)، کارایی مصرف (کارایی فیزیولوژیکی) و کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) می‌باشد. کارایی جذب، نسبت نیتروژن موجود در زیست توده به نیتروژن اضافه شده به خاک به صورت کود است و نشان می‌دهد که از مجموع کود نیتروژن مصرف شده، چه میزان از آن در بیوماس تجمع یافته است و به صورت درصد بیان می‌شود. کارایی مصرف نیتروژن، میزان تولید اندام اقتصادی در هر واحد به نیتروژن موجود در خاک است. در نهایت کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی)، میزان تولید اندام اقتصادی به نیتروژن مصرف شده به صورت کود می‌باشد (حمیدی و دباغ محمدی نسب، 2000). با توجه به این که لازم است مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش و پایداری تولید باشد و هم‌چنین، سبب حفظ محیط زیست گردد، پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر کودهای زیستی بر کارایی زراعی نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان اجرا شد. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم و دیسک زنی در بهار سال ۱۳۸۸ صورت گرفت و کودهای نیتروژن پایه و کل فسفر و پتاس مورد نیاز بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک مصرف گردید. مشخصات خاک و شاخص‌های جوی محل اجرای آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. کشت به صورت جوی و پشته و با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۸ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف و تراکم نهایی ۷۴۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد.

ذرت به دلیل ویژگی‌های مطلوب زیاد به‌ویژه قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون در تمام دنیا گسترش یافته و از نظر سطح زیر کشت رتبه سوم را بعد از گندم و برنج به خود اختصاص داده است. اهمیت ذرت عمدتاً به دلیل داشتن قدرت بالقوه بالا در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی و سازگاری آن در محدوده فوق‌العاده وسیعی از شرایط محیطی است (مودب شبستری و مجتهدی، 1989).

در کشاورزی رایج نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم و موثر در رشد و نمو گیاهان زراعی محسوب می‌شود که نقش مهمی در تغذیه گیاه دارد. بنابراین، در بسیاری از مناطق به‌ویژه در خاک‌های فقیر از مواد آلی، یک عنصر محدود کننده رشد و تولید محصول می‌باشد. کارایی مصرف نیتروژن به صورت نسبت عملکرد دانه به مقدار نیتروژن در نظر گرفته شده و عاملی کلیدی در مدیریت نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (گروف^۱ و همکاران، 1982). پایین بودن کارایی نیتروژن به دلیل نیترات زدایی، آبشویی و تصعید آمونیوم می‌باشد. به طوری که، کارایی مصرف نیتروژن در ایران حدود ۳۳ درصد گزارش شده است. با احتساب مقدار کودهای نیتروژنه مصرفی در کشور که تقریباً معادل ۲۳۰۰۰۰۰ تن در سال است و نیز با در نظر گرفتن کارایی مصرف آن، سالیانه مقدار ۱۳۸۰۰۰۰ تن معادل ۳۴۵ میلیارد ریال یارانه تخصیص داده شده هدر می‌رود که علاوه بر هزینه‌های اقتصادی اثرات نامطلوبی بر محیط زیست دارد (ملکوتی و غیبی، 2003). کودهای نیتروژنه اغلب در خاک متحرک هستند که این امر اثرات نامطلوب زیادی از جمله آلوده سازی منابع آب‌های زیر زمینی و خاک را به دنبال دارد (دی‌پاسکال^۲ و همکاران، 2006). به همین منظور امروزه مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه (IPNM; Integrated Plant Nutrient Management) با هدف افزایش حاصل‌خیزی طبیعی خاک از طریق بهینه‌سازی منابع قابل دسترس، جهت افزایش عملکرد و کیفیت محصول در گیاهان زراعی مورد توجه قرار گرفته است (موباسارا^۳ و همکاران، 2008). در این روش سعی بر این است که از کودهای زیستی به‌عنوان وسیله‌ای برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن به‌ویژه در گیاهان غیر لگوم مانند ذرت، گندم، برنج، سورگوم و نیشکر که از ارزش اقتصادی بالایی نیز برخوردار هستند، استفاده شود. این فرایند نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد و به سالم سازی محیط

1. Grove *et al.*
2. De Pascal *et al.*
3. Mubassara *et al.*

4. Sharma

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1: Chemical and physical characteristics of soil for experimental site

Available potassium (ppm)	Available phosphorus (ppm)	pH	Total nitrogen (%)	EC ($\mu\text{m}/\text{cm}^2$)	O.M (%)	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)
210	18.8	8.1	0.04	0.72	0.4	13.8	62.2	24

جدول ۲: میانگین داده‌های هواشناسی محل آزمایش در طول فصل رشد

Table 2: Average of microclimatological data for experimental site in the growing season

Precipitation (mm)	Relative humidity (%)	M. Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Min. Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	Month
5.2	37.6	18.6	8.9	۲۸/۳	June
0.5	29.4	23.9	13.3	34.6	July
0	24.5	25	14.5	35.6	August
11.2	32.7۷	20	10	30.4	September
1.3	35	14.5	3.6	24.6	October
115.8	71.1	9	2.8	15.3	November

عملکرد بر اساس آن تعیین گردید. به منظور تعیین صفات تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال نمونه‌هایی شامل ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و میانگین اندازه‌گیری‌ها برای هر صفت ثبت گردید. پس از خشک شدن نمونه‌های برداشت شده از مساحت دو متر مربع هر واحد آزمایشی (که به مدت ۴۸ ساعت در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بودند) و توزین با ترازوی دقیق، عملکرد بیولوژیک به دست آمد. در ادامه پس از جدا کردن دانه‌ها از بلال‌های همه بوته‌های برداشت شده از هر واحد آزمایشی و توزین آن‌ها، عملکرد دانه بر حسب ۱۴ درصد رطوبت محاسبه گردید.

برای محاسبه وزن هزار دانه نیز تعداد ۴ نمونه ۱۰۰۰ عددی بذر از هر واحد آزمایشی جدا شد و پس از توزین میانگین آن‌ها به عنوان وزن هزاردانه در نظر گرفته شد. صفات مرتبط با کارایی مصرف نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن با استفاده از روابط زیر و بر اساس روش مول^۱ و همکاران (1982) محاسبه گردید. مقدار نیتروژن دانه و زیست توده ذرت به روش کج‌لدال و در مجتمع آزمایشگاه‌های تخصصی امور دام و طیور وابسته به معاونت تولیدات دامی سازمان جهاد کشاورزی استان همدان تعیین گردید. کورت شاهد

در هر کرت ۵ ردیف ذرت به طول شش متر کشت شد. فاصله بین کرت‌ها یک و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر منظور گردید. در این آزمایش از رقم سینگل کراس ۵۰۰ استفاده شد که در دسته ارقام میان‌رس با طول فصل رشد ۱۱۵ تا ۱۲۰ روزه قرار دارد. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور و سه تکرار در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذر ذرت با کودهای زیستی نیتروژنه در سه سطح (BF_1 ، BF_2 و BF_3 : به ترتیب عدم تلقیح، تلقیح با نیتراژین و تلقیح با نیتروکسین) و چهار سطح کود شیمیایی نیتروژنه (CF_1 ، CF_2 ، CF_3 و CF_4 : به ترتیب صفر، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) بودند. کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین مورد استفاده دارای مجموعه‌ای از موثرترین باکتری‌های تثبیت کننده ازت از جنس‌های آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر هستند که به ترتیب توسط موسسه فن‌آوری زیستی آسیا و شرکت فراوری شیمیایی زنجان تولید شده‌اند. سهم هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر نیتروکسین و نیتراژین 10^8 سلول زنده است. روش مصرف کودهای زیستی به صورت بذرمال و تلقیح بذور در سایه انجام گرفت. بلافاصله پس از خشک شدن بذرها، کشت صورت گرفت.

پس از رسیدن محصول با رعایت اثر حاشیه، نمونه برداری از واحدهای آزمایشی صورت گرفت و عملکرد و اجزای

1. Moll et al.

تاثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد...

بدون مصرف کود نیتروژن، تعداد ردیف دانه کمتری در بلال تشکیل می‌دهد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

تعداد دانه در ردیف

تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک و پنج درصد به ترتیب تحت تاثیر سطوح کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها حاکی از این بود که بیش‌ترین (۳۵/۱۱) و کم‌ترین (۲۹/۴۴) تعداد دانه در ردیف در تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد، ولی بین سطوح کودی ۱۸۰ و ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن از این نظر تفاوتی وجود نداشت. در مقایسه بین اثر کودهای زیستی بر تعداد دانه در ردیف، گیاهان تحت تیمار دو کود زیستی نیتروکسین و نیتراژین اختلاف معنی‌داری با همدیگر نداشتند و به ترتیب با تعداد دانه در ردیف ۳۳/۴۵ و ۳۴/۰۸ به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) برتر بودند. تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال پنج درصد تحت تاثیر اثر متقابل نیتروژن و کودهای زیستی قرار گرفت (جدول ۳). به طوری که، بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف (۳۷/۰) در تیمار $CF_4 \times BF_2$ و کم‌ترین تعداد دانه در ردیف (۲۵/۶۶) در تیمار $CF_1 \times BF_1$ حاصل شد (جدول ۴). حمیدی و دباغ محمدی نسب (۲۰۰۰) گزارش دادند که فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه موثر است و این وضعیت موجب ایجاد همبستگی قوی میان تعداد دانه در بلال با شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم‌دهی می‌شود. بیاری و همکاران (۲۰۰۸) نیز در آزمایشی اثر آزوآسپیریلوم و ازتوباکتر را بر ذرت بررسی نمودند و اظهار داشتند که تلقیح بذر ذرت با باکتری-های محرک رشد به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، وزن خشک و تر دانه، وزن ساقه، وزن بلال، طول بلال و تعداد دانه در ردیف را افزایش می‌دهد. آن‌ها علت این امر را به افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر مصرف کودهای زیستی نسبت دادند.

تعداد دانه در بلال

تعداد دانه در بلال نیز به تبع افزایش تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف تحت تاثیر تیمارهای کودی ($P < 0.01$) و اثر متقابل بین آن‌ها ($P < 0.05$) قرار گرفت (جدول ۳). به طوری که، در تیمارهای مربوط به کود زیستی، گیاهان ذرت تحت تیمار کود زیستی نیتروکسین و نیتراژین به ترتیب با تولید تعداد ۶۵۷/۴۵ و ۶۴۷/۲۳ دانه

(بدون مصرف کود شیمیایی و عدم تلقیح بذر) به منظور محاسبه کارایی‌ها در نظر گرفته شد که در تجزیه‌های آماری مربوط به محاسبه کارایی، وارد نشده است.

$$\text{عملکرد دانه در تیمار شاهد} - \text{عملکرد دانه در تیمار کودی} = \frac{\text{کارایی زراعی مصرف نیتروژن}}{\text{مقدار کود نیتروژن مصرف شده}}$$
$$\text{نیتروژن جذب شده در تیمار شاهد} - \text{نیتروژن جذب شده در تیمار کودی} = \frac{\text{کارایی جذب نیتروژن}}{\text{مقدار کود نیتروژن مصرف شده}}$$
$$\frac{\text{مقدار نیتروژن در دانه}}{\text{مقدار نیتروژن در زیست توده}} = \text{شاخص برداشت نیتروژن}$$

پس از وارد کردن داده‌ها به رایانه و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج جدول‌های ۳ و ۶ نشان می‌دهد که اثر کود شیمیایی نیتروژنه و کودهای زیستی بر تعداد ردیف دانه در بلال به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن از نظر تعداد ردیف دانه در بلال نشان داد که تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و شاهد به ترتیب با میانگین ۱۹/۸۳ و ۱۷/۵۸ بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد ردیف دانه در بلال را به خود اختصاص دادند. کاهش قابل توجه تعداد ردیف دانه در بلال در تیمار شاهد، از تنش کمبود نیتروژن ناشی می‌شود که به کاهش توسعه سطح برگ، میزان فتوسنتز، تعداد گلچه‌های بلال (دانه‌های بالقوه) و افزایش پیری برگ‌ها و سقط دانه‌ها منجر می‌شود (موسر^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). مقایسه کودهای زیستی نیز حاکی از این بود که نیتروکسین با دارا بودن ۱۹/۶۴ تعداد ردیف دانه در بلال در بالاترین سطح و کود نیتراژین و تیمار شاهد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۶). علت این امر به توانایی تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های محرک رشد توسط کودهای زیستی نسبت داده شده است. مجیدیان و همکاران (۲۰۰۶) گزارش دادند که تلفیق کودهای زیستی با کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار تعداد ردیف دانه در بلال در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی می‌شود. موسر و همکاران (۲۰۰۶) نیز اظهار داشتند ذرت در شرایط

1. Moser et al.,

وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). در مقایسه سطوح کودهای زیستی نیز مشخص گردید که نیتراژین و نیتروکسین با وزن هزار دانه ۱۷۸/۶۲ و ۱۷۷/۷۲ گرم، اثر مثبتی بر این ویژگی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) داشتند. ولی، اختلاف بین آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). احتمالاً کودهای زیستی مورد استفاده، نتوانستند به تنهایی نیاز نیتروژنی ذرت را تامین کنند و لذا دانه‌های ذرت در حالت عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژنه، به خوبی تغذیه نشده و در نتیجه وزن هزار دانه آن در مقایسه با تیمار عدم تلقیح افزایش معنی‌داری نداشت. با وجود این، بیاری و همکاران (2008) گزارش کردند که در صورت استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی وزن هزار دانه ذرت افزایش می‌یابد. هانان^۴ و همکاران (2008) اظهار داشتند که مصرف کود نیتروژن به افزایش معنی‌دار وزن صدانه ذرت در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود) منجر می‌شود. ناصر و همکاران (2009) نیز نتایج مشابهی را در مورد ذرت گزارش کردند. یوهارت و آندرید (1995) نیز اظهار داشتند که کمبود نیتروژن عملکرد دانه ذرت را از طریق کاهش تعداد و وزن دانه‌ها کاهش می‌دهد. آن‌ها علت این امر را به افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و به تبع آن به افزایش در فرایند فتوسنتز نسبت دادند و اظهار داشتند که کربوهیدرات و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گل دهی تعیین کننده میزان دانه‌بندی در بلال ذرت بوده و کمبود نیتروژن وزن دانه را از طریق کاهش فتوآسمیلات‌ها کاهش می‌دهد.

در بلال به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بدون کود (۵۸۱/۹۱) برتر بودند. بین دو کود زیستی از لحاظ تاثیر بر تعداد دانه در بلال، اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۴). مقایسه سطوح کود شیمیایی نیتروژنه از نظر ویژگی تعداد دانه در بلال نیز حاکی از این بود که تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن، بیش‌ترین تعداد دانه در بلال (۶۹۴/۸۳) را تولید کرد، ولی از لحاظ آماری با تیمار ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن تفاوتی نداشت. در تیمار شاهد (CF₁) در مقایسه با گیاهان تیمار شده با ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن (CF₄)، تعداد دانه در بلال ۳۳ درصد کمتر بود. با مقایسه میانگین اثرمتقابل کود شیمیایی نیتروژنه و کودهای زیستی بر تعداد دانه در بلال ذرت نیز مشخص گردید که تیمار CF₄×BF₂ با تولید ۷۱۵/۳۳ دانه در بلال نسبت به سایر تیمارها برتری داشت، به‌طوری‌که در مقایسه با تیمار CF₁×BF₁، تعداد دانه در بلال را ۷۰ درصد افزایش داد (جدول ۴).

به‌نظر می‌رسد در این آزمایش نیز نیتروژن، موجب فراهمی مواد پرورده برای بلال از طریق دوام فتوسنتز گردید و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها برای عناصر غذایی تعداد دانه در بلال افزایش یافت. ناصر^۱ و همکاران (2009) نیز گزارش نمودند کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در بلال را افزایش می‌دهد. یوهارت^۲ و آندرید (1995) اظهار داشتند در شرایط کمبود نیتروژن تعداد دانه در بلال به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت از بین رفتن دانه‌ها در شرایط کمبود نیتروژن، ممکن است نا باروری یا افزایش سقط و یا تکامل نیافتن آن‌ها باشد. میلانی^۳ و آنتوفر (2008) نیز در مطالعه اثر ازتوباکتر و آزوسپریلوم بر عملکرد دانه گندم و جو، تلقیح بذر با کودهای زیستی را یک روش کم هزینه و سازگار با محیط زیست جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی دانستند.

وزن هزاردانه

تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر نیتروژن بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. به‌طوری‌که، جدول مقایسه میانگین حاکی از آن است که گیاهان تحت تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب با میانگین ۱۹۴/۰۶ و ۱۵۴/۷۷ گرم، بیش‌ترین و کم‌ترین

1. Nasser *et al.*
2. Uhart and Andrade
3. Milani and Anthofer

4. Hanan *et al.*

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 3: Analysis of variance for the effect of bio-fertilizer and chemical fertilizer of nitrogen on yield and yield components of corn.

Mean square						df	Source of variation
Biological yield	Grain yield	1000-seed weight	No. seed/ear	No. seed/row	No. seed row/ear		
155500**	7541 ^{ns}	839*	10026**	1.23 ^{ns}	5.25**	2	Replication
392129**	174587**	2515**	52991**	59.25**	8.21**	3	(CF) N chemical fertilizer
133325**	20781*	58 ^{ns}	20155**	15.93*	6.76**	2	(BF) bio-fertilizers
58041**	12594*	40 ^{ns}	3138*	9.93*	0.97 ^{ns}	6	CF×BF
10416	4101	171	1192	2.84	0.43	22	Error
6.29	10.84	7.39	8.60	5.69	4.56		ضریب تغییرات (%)

ns, *, **: non significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کارایی جذب نیتروژن در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه

Table 4: Means comparison for yield and yield components of corn under different levels of bio and chemical fertilizers of nitrogen

Nitrogen uptake efficiency (g g^{-1})	Biological yield (g m^{-2})	Grain yield (g m^{-2})	N. seed/ear	N. seed/row	تیمار ترکیبی
-	1354 e	500 e	420 f	25.66 e	CF ₁ ×BF ₁
-	1798 d	620 de	561 e	31.00 d	CF ₁ ×BF ₂
-	1834 cd	762 bc	580 de	31.66 dc	CF ₁ ×BF ₃
1.25 d	1777 d	712 dc	602 cde	32.40 bcd	CF ₂ ×BF ₁
2.30 a	1884 bcd	824 bc	636 bcd	33.33 bcd	CF ₂ ×BF ₂
1.80 bc	1951 bc	892 ab	651 bc	33.34 bcd	CF ₂ ×BF ₃
1.40 cd	1940 bc	849 ab	647 bc	34.33 abc	CF ₃ ×BF ₁
1.60 bcd	2150 a	962 a	676 ab	34.35 abc	CF ₃ ×BF ₂
1.95 ab	1931 bcd	861 ab	659 abc	34.50 abc	CF ₃ ×BF ₃
1.15 d	2049 ab	908 ab	677 ab	35.00 ab	CF ₄ ×BF ₁
1.42 cd	2226 a	989 a	715 a	37.00 a	CF ₄ ×BF ₂
1.62 bcd	2179 a	926 ab	710 a	35.00 ab	CF ₄ ×BF ₃

CF₁ to CF₄: Nitrogen rates; 0, 90, 135 and 180kg N ha⁻¹, respectivelyBF₁, BF₂ and BF₃: Non inoculation, inoculation with Nitrazhin and Nitroxin, respectively

عملکرد دانه

۶۲۷/۰۸ گرم در مترمربع، بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند و بین تیمارهای CF₃ و CF₄ از این نظر تفاوتی وجود نداشت. در مقایسه بین اثر کودهای زیستی، نیتروکسین و نیتراژین با عملکرد دانه ۸۵۷/۱۱ و ۸۵۰/۲۵ گرم در مترمربع، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (عدم تلقیح) داشتند. بیشترین عملکرد دانه با تیمار شاهد (۹۵۵/۷۷ گرم در مترمربع) در گیاهان تیمار شده با

عملکرد دانه به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تحت تاثیر نیتروژن و کودهای زیستی نیتروژنه قرار گرفت. اثر متقابل CF×BF نیز عملکرد دانه را در سطح احتمال پنج درصد تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳). مقایسه عملکرد دانه در سطوح نیتروژن نشان داد که تیمارهای CF₁ و CF₄ به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۹۴۱/۵۱ و

اختلاف معنی داری با تیمار شاهد (بدون تلقیح) داشتند. در مقایسه اثرات متقابل نیز مشخص گردید که بیشترین (۲۲۲۵/۷۲) گرم در مترمربع) و کمترین (۱۳۵۴/۴۶) گرم در مترمربع) عملکرد بیولوژیک به ترتیب در گیاهان تیمار شده با تیمارهای کودی $CF_4 \times BF_2$ و $CF_1 \times BF_1$ به دست آمد که حاکی از تاثیر ۶۴ درصدی تیمار $CF_4 \times BF_2$ در افزایش عملکرد بیولوژیک می باشد (جدول ۴). به نظر می رسد کودهای زیستی با افزایش کارایی و جذب نیتروژن موجب رشد بیشتر اندامهای هوایی و به تبع آن افزایش عملکرد بیولوژیک شده اند. حمیدی و همکاران (2009) نیز در آزمایشی تاثیر باکتری های محرک رشد گیاه را بر عملکرد ذرت علوفه ای بررسی و نتیجه گرفتند که باکتری های محرک رشد، عملکرد بیولوژیک ذرت را به طور معنی داری افزایش دادند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

کارایی جذب نیتروژن

کارایی جذب نیتروژن در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر کودهای شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی قرار گرفت. همچنین، اثر متقابل کود شیمیایی و کودهای زیستی کارایی جذب نیتروژن را در گیاه ذرت به طور معنی داری در سطح احتمال پنج درصد تحت تاثیر قرار داد (جدول ۵). به طوری که، مقایسه میانگین ها نیز نشان می دهد کارایی جذب نیتروژن به طور معنی داری در ذرت های تیمار شده با ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن بیشتر از تیمارهای مصرف ۹۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن بود (جدول ۵).

بیشترین کارایی جذب نیتروژن به تیمار ترکیبی نیتراژین و مصرف ۱۳۵ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن مربوط بود و کمترین کارایی جذب به تیمار بدون تلقیح و مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن تعلق داشت (جدول ۴). از این رو، به نظر می رسد که کاربرد تلفیقی ۷۵ درصد کود شیمیایی نیتروژنه (۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و کودهای زیستی، باعث افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه افزایش کارایی جذب آن شده است.

وو^۱ و همکاران (2005) طی آزمایشی روی ذرت اظهار داشتند که تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلوم جذب نیتروژن را ۱۷٪ افزایش می دهد، نتایج پژوهش آنها نشان داد که آزوسپریلیوم باعث توسعه سیستم ریشه ای شده و بنابراین به طور طبیعی امکان دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی را برای گیاه فراهم می سازد.

ترکیب کودی $CF_4 \times BF_2$ به دست آمد و تیمار شاهد ($CF_1 \times BF_1$) با تولید متوسط عملکرد دانه ۴۷۴/۵۷ گرم در مترمربع در پائین ترین سطح قرار گرفت (جدول ۴). قابل ذکر است که بین تیمارهای $CF_4 \times BF_2$ ، $CF_4 \times BF_1$ ، $CF_3 \times BF_3$ و $CF_3 \times BF_2$ از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت. حمیدی و همکاران (2009) در آزمایشی اثر باکتری های افزایش دنده رشد بر هیبریدهای دیررس ذرت را بررسی نموده و گزارش کردند که کاربرد این باکتری ها طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی، پر شدن دانه و عملکرد دانه را افزایش می دهد. بنابراین، به نظر می رسد دلیل افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط کاربرد کودهای زیستی، طولانی تر شدن طول دوره پر شدن دانه و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک در نتیجه افزایش حجم کل ریشه های ذرت باشد.

نیتروژن یکی از ترکیبات اساسی در تغذیه گیاهانی مانند ذرت است. به نظر می رسد در این آزمایش نیز نیتروژن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه تولیدی در بلال موثر بوده است. علاوه بر این، نیتروژن موجب فراهمی مواد پرورده برای بلال از طریق دوام فتوسنتز گردید و به دلیل کاهش رقابت دانه ها برای عناصر غذایی، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه افزایش یافت. از این رو، با افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه نیز افزایش پیدا کرد. کافی قاسمی و اصفهانی (2005) نیز در آزمایشی تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه (۰، ۶۷، ۱۳۸، ۲۰۷ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) را بر عملکرد ذرت دانه ای بررسی نموده و نتیجه گرفتند تیمارهای مختلف کودی، اثرات معنی داری بر عملکرد دانه دارند و بیشترین میزان عملکرد با مصرف ۲۰۷ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست می آید.

عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول ۳ نشان می دهد که اثر نیتروژن و کودهای زیستی نیتروژنه و اثر متقابل آنها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن از نظر عملکرد بیولوژیک موید این بود که گیاهان تحت تیمار مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و شاهد به ترتیب با میانگین ۲۱۵۰/۹۸ و ۱۶۶۱/۹۵ گرم در مترمربع، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. همچنین، کودهای زیستی نیتروکسین و نیتراژین به ترتیب با عملکرد بیولوژیک ۲۰۰۰/۲۲ و ۲۰۱۴/۳۰ گرم در متر مربع،

1. Wu et al.

جدول ۵: تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر کارایی جذب، کارایی زراعی و شاخص برداشت نیتروژن در ذرت

Table 5: Analysis of variance for the effect of bio-fertilizer on nitrogen uptake efficiency (NUP), agronomic nitrogen efficiency (ANE), and nitrogen harvest index (NHI) for corn.

Nitrogen harvest index	Agronomic nitrogen efficiency	Nitrogen uptake efficiency	Degree of freedom	Source of variation
0.012*	59 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2	Replication
0.006*	543**	0.60**	2	(CF) N chemical fertilizer
0.002 ^{ns}	109*	0.28**	2	(BF) bio-fertilizers
0.001 ^{ns}	8 ^{ns}	0.14*	4	CF×BF
0.001	27	0.05	16	Error

ns, *, **: non significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively

کارایی زراعی نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مصرف کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی بر کارایی زراعی نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار است. همان‌طوری‌که، در جدول ۶ مشاهده می‌شود با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن در گیاهان تحت تیمار مصرف ۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن و کم‌ترین میزان کارایی به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن اختصاص یافت. مقایسه اثر کودهای زیستی نیز نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی به ترتیب به تلقیح با نیتروکسین و تیمار عدم تلقیح تعلق داشت. مول و همکاران (1982) مشاهده نمودند که کارایی استفاده از نیتروژن در هیبریدهای ذرت، در سطوح کم مصرف نیتروژن، تغییرات بیشتری دارد و در سطوح بالاتر مصرف نیتروژن، این کارایی برای اندام‌های هوایی از تغییرات کمتری برخوردار بوده است. وو و همکاران (2004) نیز گزارش کردند که تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های محرک رشد، کارایی استفاده از کود را افزایش می‌دهد که نتیجه آزمایش حاضر نیز با نتایج این پژوهش‌گران مطابقت دارد.

شاخص برداشت نیتروژن

شاخص برداشت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفت، ولی اثر کودهای زیستی و اثر متقابل بین کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری این صفت را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۵).

مقایسه بین سطوح مختلف کاربرد کود شیمیایی نیتروژن نشان می‌دهد که تیمار مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن با شاخص برداشت ۵۸ درصدی به‌طور معنی‌داری با تیمار بدون مصرف کود با شاخص برداشت ۵۳ درصد اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۶). احتمالاً به‌نظر می‌رسد فراهمی نیتروژن باعث تسهیل انتقال مجدد نیتروژن شده و باعث افزایش این شاخص شده است. کودهای زیستی نیز هرچند تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشتند، ولی این شاخص در تیمارهای مربوط به مصرف کودهای زیستی بالاتر از تیمار شاهد (بدون کود) بود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار تلفیقی مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه تلقیح با نیتراژین ($CF_4 \times BF_2$) با عملکرد ۹۵۶ گرم در مترمربع به‌دست آمد. تیمار ترکیبی بدون مصرف نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی ($CF_1 \times BF_1$) با تولید متوسط عملکرد دانه ۴۷۵ گرم در مترمربع در پائین‌ترین سطح قرار گرفت، ولی بین تیمارهای $CF_4 \times BF_1$ ، $CF_4 \times BF_2$ ، $CF_4 \times BF_3$ ، $CF_3 \times BF_2$ و $CF_3 \times BF_3$ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن، می‌تواند علاوه بر تولید محصول کافی و بهبود کارایی جذب نیتروژن، مصرف کود شیمیایی نیتروژن را کاهش دهد که این امر کمک قابل توجهی به سالم سازی محیط زیست نموده و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

جدول ۶: میانگین تعداد ردیف دانه در بلال، وزن هزار دانه، کارایی زراعی و شاخص برداشت نیتروژن در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه

Means comparison for N. seed row/ear, 1000-seed weight, agronomic nitrogen efficiency (ANE), Table 6 and nitrogen harvest index (NHI) for corn under different levels of bio-fertilizer and chemical fertilizer of nitrogen

Nitrogen harvest index (%)	Agronomic nitrogen efficiency (kg seed/kg N)	1000-seed weight (g)	N. seed row/ear	Treatment
N chemical fertilizer				
-	-	154.77c	17.58c	CF ₁
53b	42.81a	174.92b	19.00b	CF ₂
55ab	34.29b	183.99ab	19.25ab	CF ₃
58a	27.30c	194.07a	19.83a	CF ₄
bio fertilizers				
54a	31.05b	174.45a	18.14c	BF ₁
57a	35.44ab	178.62a	18.95b	BF ₂
55a	37.91a	177.72a	19.64a	BF ₃

- Biari, A. Gholami, A. and Rahmani, H. A. 2008. Growth Promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. *Journal of Biological Science*, 8: 1015-1020.
- De Pascal, S., Tamburrino, R., Maggio, A., Barbieri, G., Fogliano, V. and Pernice, R. 2006. Effect of nitrogen fertilization on the nutritional value of organically and conventionally grown tomatoes. *Proceedings of the International Symposium towards Ecologically Sound Fertilisation Strategies for Field Vegetable Production*, 700: 107-110
- Grove, T. L., Ritchey, K. D. and Naderman, G. C. 1982. Nitrogen fertilization of maize on an oxisol of the cerrado of Brazil. *Agronomy Journal*, 72: 261-265.
- Hamidi, A., Chokan, R., Asghar Zadeh, A., Dehghan shoaar, M., ghalavand, A. and Malakoti, M. J. 2009. The effect of use bacterial growth promoting (PGPR) on the phenology of late maturitu hybrid. *Iranian Journal of Crop Science*, 11:270-249.
- Hamidi, A. and Dabbagh Mohammadi Nasab, A. 2000. Effects of plant density on crop nitrogen use efficiency in corn hybrid. *Agricultural Science*, 10: 57-43.
- Hanan, S. S., Mona, G. A. and El-Alia, H. I. 2008. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4: 399-412.
- Hokmalipour, S., Shiri, M., Darbandi, H. M., Peyghami, F., Hasanzadeh, M., Seied, M. N. and Shabani, R. 2010. Comparison of agronomical nitrogen use efficiency in three cultivars of corn as affected by nitrogen fertilizer levels. *World Applied Sciences Journal*, 8: 1168-1174.
- Kafi-Ghasemi, E. and Esfahani, M. 2005. Effect of nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of dent corn (*Zea mays* L.) in Gilan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12:55-62.
- Majidian, M., Ghalavand, E. A. L. and Karimian, N. A. 2006. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and organic fertilizer at different growth stages on corn crop characteristics. *Conference ecological Iran*. October 26-25, Gorgan University, 3108-3099.
- Malakoti, M. J. R. and Gheibi, M. N. 2003. Principles of corn nutrition: Optimization of fertilizer a step toward self sufficiency in maize production in the country. 0.39. Sana press. p 39.
- Milani, P. M. and. Anthofer, J. 2008. Effect of Azotobacter and Azospirillum on the yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in Kermanshah and Lorestan, Iran. *Proceedings of the International Workshop on: Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin*, September 10-11, 2007, Karaj, Iran, P: 17-28.
- Moadeb shabestari, M. and Mojtahedi, M. 1989. *Crop Physiology (Translation)*. Tehran university publication, p.220.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J. and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74: 562-564.
- Moser, S. M., Feil, B., Jampatong, S. and Stamp, P. 2006. Effects of pre-anthesis drouth, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agriculture Water Management*, 81:41-58.
- Mubassara, S. U., Zahed, M., Khan, M., Motiur, R., Fazlul, K. and Aknod, M. 2008. Seed inoculation effect of azospirillum spp. on growth, biomass and yield parameters of wheat. *Academic Journal of Plant Sciences*, 1: 56-61.
- Nasser, K. H. and El-Gizawy, B. 2009. Effects of nitrogen rate and planting density on agronomic nitrogen efficiency and maize yields following wheat and faba bean. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5: 378-386.
- Noormohammadi, G. A., Siadat. A. and Fathi, G. 1997. *Grain farming*. Martyr Chamran University of Ahvaz Press. PP: 468.
- Pablobarbieri, A. E., Hernan Echeverria, R., Hernan, S. R. and Fernando, A. 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*, 100: 1094-1100.
- Sharma, A. K. 2003. *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agro- Bios Publisher, India. PP: 300.
- Uhart, S. A. and Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science*, 35: 1384-1359.
- Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma*, 125:155-166.

Effect of Biological and Chemical Fertilizers Application on Yield, Yield Components, Agronomic Efficiency and Nitrogen Uptake in Corn

Hamzei^{1*}, J. and Sarmadi Naiebi², H.

Abstract

Application of bio-fertilizers in Sustainable Agriculture perform important role at increasing of crop production and improving of soil fertility. Hence, a field experiment was performed during 2009 growing season at Agricultural Research Center of Hamedan, to study the effect of nitrogen fertilizer rates, i.e., 0, 90, 135 and 180 kg N ha⁻¹; as CF₁ to CF₄, respectively, and bio-fertilizers sources i.e., without bio-fertilizer, Nitrazhin inoculation and Nitroxin inoculation; as BF₁ to BF₃, respectively, on yield and nitrogen use efficiency of corn. So, a factorial experiment was carried out based on randomized complete block design (RCBD) with three replications. Traits of number of grain rows/ear, grain/row, grain/ear, 1000-seed weight, grain yield, nitrogen uptake efficiency (NUPE), Agronomic nitrogen efficiency (ANE) and N-harvest index (NHI) were evaluated. Results showed that nitrogen rates had significant effects on all traits. Also, the effect of bio-fertilizer treatment on grain rows/ear, grain/row, grain/ear, grain yield, biological yield, NUPE and ANE was significant. The interaction of N rates × bio-fertilizers sources had significant effect on number of grain rows/ear, grain/ear, grain yield, biological yield and nitrogen uptake efficiency (NUPE). Maximum grain yield (956 g m⁻²) was achieved at CF₄ × BF₂ treatment. Also, the lowest grain yield (475 g m⁻²) belonged to CF₁ × BF₁ treatment. In general, with application of bio-fertilizers, there was no significant difference between CF₃ and CF₄ treatments for grain yield. So, it can be concluded that bio-fertilizer application with CF₃ treatment, can reduce the N fertilizer up to 25% and increased yield of corn. So, it seems that, this treatment could be beneficial for corn production.

Keywords: Nitrazhin, Nitroxin, Urea, Harvest index, Uptake efficiency

1. Assistant Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

2. Former MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University.

*: Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir

