دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهلم، ۱۳۹۹

تأثیر کودهای نیتروژن و ازتو باکتر بر عملکرد و راندمان مصرف نیتروژن در ذرت سینگل کراس مراکشی

آرش رستمی[۱]، خسرو محمدی[۲]

دریافت: ۹۷/۳/۶ پذیرش: ۹۷/۱۰/۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و کود زیستی ازتوباکتر بر عملکرد دانه و راندمان مصرف نیتروژن در ذرت، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور a شامل چهار سطح کود نیتروژن (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد نیاز کودی گیاه) و فاکتور b شامل مصرف و عدم مصرف کود زیستی ازتوباکتر بود. نتایج این آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفات بیوماس کل، عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه، ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی برگ بسیار معنی‌دار ($P\leq0.01$) و بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار ($P\leq0.05$) بود. تیمار مربوط به ۱۵۰ درصد کود نیتروژن بیشترین تأثیر را بر صفات مورد مطالعه داشت. اثر فاکتور b بر بیوماس کل، عملکرد دانه، وزن صد دانه، طول کچلی و شاخص سبزینگی برگ بسیار معنی‌دار و بر تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. میانگین این صفات (به غیر از طول کچلی) تحت تیمار مصرف کود ازتوباکتر بالاتر از تیمار عدم مصرف این کود بود. اثرمتقابل کود نیتروژن در ازتوباکتر برای هیچکدام از صفات معنی‌دار نگردید. با افزایش کود نیتروژن مصرفی، راندمان مصرف نیتروژن افزایش یافت البته تفاوت بسیار کمی بین مصرف ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: اوره، اجزای عملکرد، ذرت، کود زیستی

رستمی، آ. و خ. محمدی. ۱۳۹۹. تأثیر کودهای نیتروژن و ازتو باکتر بر عملکرد و راندمان مصرف نیتروژن در ذرت سینگل کراس مراکشی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴۰: ۲۱۰-۲۰۰.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، واحد سسنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران- مسئول مکاتبات.
arashpersia68@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد سسنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea mays* به دلیل نقش مهمی که به طور مستقیم و غیرمستقیم در تأمین غذای بشر دارد، به عنوان محصولی راهبردی شناخته می‌شود. طبق آمار فائو (۲۰۱٦)، ذرت با بیش از ۱۸۷ میلیون هکتار در کل دنیا پس از گندم، مکان دوم و با بیش از یک میلیارد تن تولید مکان اول را به خود اختصاص داد. در همان سال، سطح زیر کشت ذرت در ایران حدود ۱۳۰/۰۰۰ هکتار بود که با میانگین عملکرد ٦/۹ تن در هکتار، تولیدی معادل ۸۹۷ هزار تن داشت (فائو، ۲۰۱٦). دانه ذرت علاوه بر نقش مهمی که در تغذیه انسان دارد، برای خوراک دام و ماکیان، تولید روغن خوراکی، نشاسته و گلوکز و چند فرآورده دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد (خدابنده، ۱۳۸٤).

با توجه به شرایط ویژه کشور افزایش عملکرد محصولات زراعی از طریق بهبود بهره‌وری در واحد سطح از ضرورت‌های پیش روی محققان است. بنابراین، نظر به اهمیت غذایی، صنعتی و ... ذرت، لزوم افزایش عملکرد آن در واحد سطح یکی از اهداف محققان می‌باشد. یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد ذرت استفاده معقول و بجا از کودهای شیمیایی است. کود نیتروژن از رایج‌ترین، پرکاربردترین و مؤثرترین کودهای شیمیایی در زراعت ذرت می‌باشد. این کود سبب اثر بر میزان کلروفیل برگ‌ها، افزایش تعداد دانه و وزن دانه می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۲). افزایش نیتروژن منجر به تسریع رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق می‌گردد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). مطالعات نشان می‌دهد که مقدار نیتروژن قابل دسترس، می‌تواند بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی و نیز مراحل فنولوژیکی اثرگذار باشد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). مطالعات متعدد حاکی از تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش عملکرد و اجزای آن در ذرت می‌باشد (نعمتی و سیدشریفی، ۱۳۹٤؛ کاستا و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج بررسی اثر میزان کود نیتروژن (۱۰۰، ۱٤۰، ۱۸۰، ۲۲۰ و ۲٦۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) نشان داد که افزایش میزان نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه می‌گردد (مانی و همکاران، ۲۰۰٦). توربرت و همکاران (۲۰۰۱) طی بررسی‌های جداگانه گزارش دادند که عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت به واسطه افزایش نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد. بنابراین در سالیان اخیر تمایل بیشتری به استفاده از مقادیر بالاتر کود نیتروژن به وجود آمده است (لک و همکاران، ۱۳۸۵).

علی‌رغم آثار مثبت کودهای شیمیایی و به ویژه کود نیتروژن بر کمیت محصول، نباید از آثار مضر زیست‌محیطی آن غافل شد. بنابراین، با توجه به اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و ضرورت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های زراعی کشور، می‌بایست گرایش به استفاده از کودهای زیستی و یا تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی بیش از پیش افزوده گردد زیرا موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کمترین خطرات زیست‌محیطی می‌شود (کیزیل‌کایا، ۲۰۰۸). در آزمایشی روی ذرت، کاربرد تلفیقی کودهای آلی وشیمیایی و کود شیمیایی سبب افزایش درصد نیتروژن جذب شده در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی به تنهایی شد (موتگی و همکاران، ۲۰۱۲). یساری و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی نیتروژنه، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا را در مقایسه با تیمار شاهد (گیاهان تیمار شده با نیتروکسین و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژنه) افزایش می‌دهد. از این‌رو، به نظر می‌رسد که کارایی کودهای زیستی در حضور کود شیمیایی افزایش می‌یابد. شاتا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند با مصرف کودهای آلی، شیمیایی و زیستی به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود. به طوری‌که، نه تنها هیچ‌گونه تداخل منفی بین آن‌ها وجود ندارد، بلکه مکمل یکدیگر نیز می‌باشند. کودهای آلی با تولید هوموس عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده و کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهند وکودهای زیستی با افزایش فعالیت باکتری‌های افزایش دهنده رشدگیاه، تأثیر کودهای آلی و شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهند. باکتری‌های ازتوباکتر با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی چون تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون اکسین، توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر، قادر به افزایش عملکرد می‌باشند. این ریزجانداران قادرند با استفاده از مکانیسم‌های مذکور تا ۲۰ درصد افزایش عملکرد را سبب گردند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳). احتشامی و همکاران (۱۳۸٦) گزارش کردند، که مصرف کودهای بیولوژیک روی ذرت باعث می‌شود ریزجانداران افزایش یابد و اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی و عملکرد داشته باشد.

اگرچه مقدار نیتروژن قابل استفاده در ذرت همانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی، نوع رقم، هدف کشت و سایر شرایط زراعی است، اما واکنش ذرت نسبت به نیتروژن بیشتر از دیگر گیاهان به ویژه گیاهان وجینی است. از این رو، مطالعات در زمینه تأثیر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی

مصرف کود نیتروژن به دلیل مصرف زیاده از حد آن که منجر به آبشویی و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود حایز اهمیت خواهد بود (تقی‌زاده و سیدشریفی، ۱۳۹۰).

نظر به اهمیت کودهای زیستی و تلفیق با کودهای شیمیایی، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و کود زیستی ازتوباکتر بر عملکرد دانه و راندمان مصرف نیتروژن در ذرت (رقم سینگل کراس ماکسیما مراکشی) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج با طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا روی ذرت رقم سینگل کراس ماکسیما مراکشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. هر کرت شامل هشت خط کاشت ۲/۱۷ متری با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر و تراکم شش بذر در مترمربع بود. فاکتور a شامل چهار سطح کود نیتروژن (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد نیاز کودی گیاه) و فاکتور b شامل مصرف و عدم مصرف کود زیستی ازتوباکتر بود. کاشت در تاریخ ۱۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و دومین آبیاری سه روز پس از آبیاری اول و مابقی معمولاً هر ۱۰ روز یکبار به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و عملیات تنک کردن تقریباً سه هفته پس از کاشت یعنی زمانیکه ارتفاع بوته‌ها به ۳۰-٤۰ سانتی‌متر رسید، صورت گرفت.

کود نیتروژن در دو مرحله به صورت یک‌سوم همزمان با کشت و بقیه به صورت سرک در مرحله ٦-۸ برگی به کار برده شد. اعمال کود زیستی ازتوباکتر به صورت بذرمالی روی پلاستیک تمیز در سایه و به دور از نور خورشید انجام شد. کارایی مصرف نیتروژن از رابطه پیشنهادی گودرود و جلوم (۱۹۸۸) به صورت زیر محاسبه گردید:

$$Ee = (Y_{df} - Y_{ef}) / F$$

که در این رابطه Ee = کارایی مصرف کود (کیلوگرم در کیلوگرم)، Y_{df} = مقدار عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Y_{ef} = مقدار عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار) و F = مقدار اوره مصرف شده (کیلوگرم در هکتار). در این آزمایش مقدار نیاز کود نیتروژن برای ذرت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فرض شده است. لذا مقدار F در فرمول کارآیی مصرف کود برای تیمارهای ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد نیاز کودی به ترتیب ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شده است.

به منظور اندازه‌گیری سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه SPAD، بدون تخریب بافت‌های گیاهی از هر کرت، پنج برگ سالم انتخاب و از سه قسمت ابتدا، میانه و انتهای برگ اندازه‌گیری انجام شد و میانگین آن‌ها ثبت گردید. برای اندازه‌گیری صفات زراعی (ارتفاع بوته، تعداد بلال، تعداد بلال در ردیف، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه و طول کچلی) قبل از برداشت، از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه و از بین بوته‌های رقابت‌کننده، تعداد پنج بوته به تصادف انتخاب و میانگین داده‌های حاصل ثبت گردید. برداشت محصول در تاریخ ۲۲ مرداد ۱۳۹۳ زمانی که ۸۰ درصد بلال‌ها در مرحله رسیدگی کامل قرار گرفتند، با حذف بوته‌های موجود در حاشیه‌های مزرعه صورت گرفت.

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار آماری SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید. پس از تجزیه واریانس داده‌ها، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر استفاده از سطوح مختلف کود نیتروژن (فاکتور a) بر بیوماس کل، عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه، ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی برگ بسیار معنی‌دار ($P\leq0.01$) و بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار ($P\leq0.05$) بود. تأثیر مصرف کود ازتوباکتر (فاکتور b) بر بیوماس کل، عملکرد دانه، وزن صد دانه، طول کچلی و شاخص سبزینگی برگ بسیار معنی‌دار بود اما در سطح احتمال ۰/۰۵ بر تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل کود نیتروژن × کود ازتوباکتر بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود، بدین معنی که سطوح یک فاکتور در داخل سطوح فاکتور دیگر واکنش یکسانی داشته و رتبه‌بندی آن-ها تغییر نکرده است.

جدول۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		بیوماس کل	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد بلال در بوته	تعداد ردیف در بلال
تکرار	۲	۱۰۸/٤۰ ns	٥۸٦/۱٦ ns	۳۰/۳۹ns	۰/۰۱۱ ns	۸/٦**
کود نیتروژن	۳	۲۱۱۹۸/۳٤**	٤٤۹٤/۹۸**	۲۲/۱٦ ns	۰/۰۰٥ ns	٥/٦*
کود ازتو باکتر	۱	۳٦۷٦۹/٦۸**	٤۹۷۳/۷٦ **	۱/٤۰ ns	۰/۰۱٥ ns	۰/۰۱ ns
کود نیتروژن × کود ازتوباکتر	۳	۳۹۸٦/۰۸ ns	۲۱۹/٥٥ ns	۹/٥٤ ns	۰/۰٤٥ ns	۳/٦ ns
خطای آزمایشی	۱٤	۳٦٥۲/۳٤	٤٦۹/۸۲	٤۳/٤۱	۰/۰۱٦	۱/۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۳/٥	۱۳/۳	۱۸/۰	۱۱/٦	۷/۸

ns، * و ** : به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۱

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		تعداد دانه در ردیف	وزن صد دانه	طول کچلی	ارتفاع بوته	شاخص سبزینگی برگ
تکرار	۲	٥۰/۰۸**	۹/۰٤*	۰/۲ ns	۱۸/۰ ns	۱٥/٥۸ **
کود نیتروژن	۳	۲۷/٥**	۲۹/۷۸**	۰/۰۷ ns	٥۳٤/۱**	۹۰/٦۷ **
کود ازتو باکتر	۱	۱۹/٤٤*	۸۸/۱۷**	۱/۳ **	۱۲۱/٥*	۳۰/۱٥ **
کود نیتروژن× کود ازتوباکتر	۳	۲/۲۲ ns	۱/٥۰ ns	۰/۰۳ ns	٥/٦ ns	۰/٤۹ ns
خطای آزمایشی	۱٤	۲/۷۲	۱/۳۷	۰/۱	۱٦/۸	۱/۳
ضریب تغییرات (٪)	–	٦/۳٤	۲/۷۷	۱۸/۲۸	۲/۰۲	۲/۲۹

ns، * و ** : به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور a (جدول ۲)، بیشترین و کمترین مقدار صفات مورد مطالعه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی و تیمار شاهد بود. در خصوص عملکرد دانه، بالاترین مقدار (۱۹٤ گرم در بوته) مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و ۵۰ درصد نیاز کودی داشت. در تمامی صفات مورد مطالعه بجز صفات ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی برگ، تیمار ۵۰ درصد نیاز کودی تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد. همچنین در تمامی صفات مورد مطالعه بجز صفت تعداد ردیف در بلال، بین تیمار ۱۵۰ و ۵۰ درصد نیاز کودی اختلاف معنی‌دار دیده شد اما تفاوت معنی‌دار بین تیمار ۱۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی فقط برای صفات تعداد ردیف در بلال، ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی برگ وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور b (جدول ۳) نشان داد که تمامی صفات مورد مطالعه (بجز صفت منفی طول کچلی) در تیمار مصرف کود ازتوباکتر با اختلاف معنی‌دار بیشتر از تیمار شاهد بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور a

سطوح فاکتور a	بیوماس کل (گرم در بوته)	عملکرد دانه (گرم در بوته)	تعداد ردیف در بلال
شاهد	۳۹٥/۹۷b	۱۳۷/٦٥b	۱۳/٥b
۵۰ درصد نیاز کودی	٤۱۱/٦۲b	۱٤۱/٦۰b	۱٤/۳ab
۱۰۰ درصد نیاز کودی	٤٥۹/٥٥ab	۱۷٦/٦۰a	۱٤/۱b
۱۵۰ درصد نیاز کودی	٥۲۸/۲۳a	۱۹٤/۰۳a	۱٥/۸a

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ادامه جدول ۲

سطوح فاکتور a	تعداد دانه در ردیف	وزن صد دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سبزینگی برگ
شاهد	۲٤/۲۱^{b}	٤۰/۳^{b}	۱۸۹/۸^{c}	٤٤/۲ ^{c}
۵۰ درصد نیاز کودی	۲٤/۲۳^{b}	٤۰/٦^{b}	۲۰۳/٦^{b}	۵۰/۳ ^{b}
۱۰۰ درصد نیاز کودی	۲٦/۹^{a}	٤۳/۳^{a}	۲۰٦/۵^{b}	۵۰/۵ ^{b}
۱۵۰ درصد نیاز کودی	۲۸/۵^{a}	٤۵/۰^{a}	۲۱۲/۰^{a}	۵۳/۵ ^{a}

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

بیوماس کل

بالاترین مقدار بیوماس به ترتیب با مقدار ۵۲۸ و ٤۵۹ گرم در بوته مربوط به تیمار ۱۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۲). مصرف کود ازتوباکتر بیشترین اثر را بر بیوماس گذاشت به طوری که منجر به افزایش ۱۹ درصدی آن شد (جدول ۳). افزایش بیوماس به دلیل تیمارهای کودی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱؛ حق‌جو و بحرانی، ۱۳۹۳؛ فتحی و همکاران، ۱۳۹۵). به نظر می‌رسد معنی‌دار بودن اثر نیتروژن بر افزایش بیوماس در این مطالعه، به دلیل اثر مثبت نیتروژن بر اختصاص مواد فتوسنتزی در بخش‌های سبز گیاه باشد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین گزارش شده است که اثر منفی کمبود نیتروژن بر کاهش سطح برگ و دوام سطح برگ ذرت موجب کاهش راندمان استفاده از تابش، مقدار مواد پرورده و تجمع مواد خشک می‌گردد (اوهارت وآندرید، ۱۹۹۵).

عملکرد دانه

بالاترین عملکرد دانه به مقدار ۱۹٤ گرم در بوته مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای شاهد و ۵۰ درصد نیاز کودی داشت اما اختلاف تیمار ۵۰ درصد نیاز کودی با شاهد معنی‌دار نبود. پایین‌ترین عملکرد دانه (۱۳۷ گرم در بوته) نیز مربوط به شاهد بود (جدول ۲). در مطالعات مختلف نشان داده شده است که با افزایش کود نیتروژن، عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و عموماً این افزایش عملکرد به دلیل افزایش تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه می‌باشد (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱؛ حق‌جو و بحرانی، ۱۳۹۳). در آزمایش حاضر، با افزایش سطح کود نیتروژن، اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه و وزن دانه افزایش یافت (جدول ۲). در مطالعه جرفی و همکاران (۱۳۹۵)، نتایج مقایسه میانگین تیمار اختلاط کودی نشان داد که تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی به همراه ۱۰۰ درصد کود زیستی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت و بیشترین میزان عملکرد دانه را دارا بود که دلیل افزایش عملکرد دانه در این تیمار افزایش تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بود. کیهانی و مدحج (۱۳۹۳) گزارش دادند که افزایش میزان نیتروژن باعث افزیش میانگین عملکرد دانه هیبریدهای ذرت می‌گردد، همچنین این افزایش عملکرد دانه در تیمارهای مصرف نیتروژن به دلیل افزایش تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه بود. بر اساس نتایج فتحی و همکاران (۱۳۹۵)، منابع مختلف کودهای بیولوژیک نیتروژن تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه ذرت داشتند. ازتوباکتر با توان تثبیت زیستی نیتروژن و گسترش سطح ریشه، سبب کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها شده و رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می‌کند، که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌گردد. این افزایش از طریق افزایش کارایی جذب و آسیمیلاسیون نیتروژن در گیاه صورت می‌گیرد (عجمی، ۱۳۹۲).

تعداد ردیف در بلال

بالاترین مقدار این صفت (۱۵/۸ ردیف در بلال) مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد کودی نداشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد افزایش نیتروژن به دلیل افزایش سطح سبز بوته موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی، دوره گلدهی و باروری گل‌ها شده و در نتیجه سبب افزایش تعداد ردیف دانه در بلال می‌شود، حال آنکه کاهش میزان نیتروژن منجر به کاهش تعداد ردیف دانه در بلال از طریق کاهش توسعه سطح برگ، میزان فتوسنتز و افزایش پیری برگ‌ها و سقط دانه‌ها می‌شود (نمازی، ۱۳۹۲ به نقل از جرفی و همکاران، ۱۳۹۵).

تعداد دانه در ردیف

بیشترین تعداد دانه در ردیف به ترتیب مربوط به تیمار ۱۵۰ (۲۸/۵) و ۱۰۰ (۲٦/۹) درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند (جدول ۲). نتایج این تحقیق

با نتایج شافع و همکاران (۱۳۸۸) و کاستا و همکاران (۲۰۰۲) که گزارش دادند با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد دانه در ردیف افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. مصرف کود ازتوباکتر نسبت به عدم مصرف آن، سبب افزایش ٦/٨٢ درصدی تعداد دانه در ردیف گردید (جدول ۳). علاوه بر اثر مثبت کود نیتروژن در بازده فتوسنتزی و تولیدی گیاه، برخی از محققان بر این باور هستند که اثر هورمونی القا شده در گیاه توسط باکتری‌های محرک رشد، به طور مستقیم موجب افزایش تعداد دانه در ردیف می‌شود (عجمی، ۱۳۹۲). جرفی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که اثر تیمارهای اختلاط کودهای شیمیایی و زیستی و نیز برهمکنش تیمارها بر تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. طبق نتایج آن‌ها، بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف به تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی به همراه ۱۰۰ درصد کود زیستی اختصاص داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف فاکتور b

سطوح فاکتور b	بیوماس کل (گرم در بوته)	تعداد دانه در ردیف	وزن صد دانه (گرم)	طول کچلی (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سبزینگی برگ
عدم مصرف کود ازتوباکتر	٤٠٩/٧^{b}	٢٥/٠٩^{b}	٤٠/٤^{b}	١/٩^{a}	٢٠٠/٧^{b}	٤٨/٥^{b}
مصرف کود ازتوباکتر	٤٨٧/٩^{a}	٢٦/٨^{a}	٤٤/٢^{a}	١/٥^{b}	٢٠٥/٥^{a}	٥٠/٧^{a}
درصد تغییرات نسبت به شاهد	١٩/٠٩	٦/٨٢	٩/٤١	-٢٦/٦٧	٢/٢٦	٤/٥٤

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

وزن صد دانه

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و نیز مصرف کود ازتوباکتر به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر وزن صد دانه معنی‌دار بود اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین وزن صد دانه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۵۰ (٤٥/٠ گرم) و ۱۰۰ (٤٣/٣ گرم) درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشتند (جدول ۲). مصرف کود ازتوباکتر نسبت به عدم مصرف آن، سبب افزایش ۹/٤١ درصدی وزن صد دانه گردید (جدول ۳). از آنجا که وزن صد دانه در ذرت تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی از قبیل فراهم بودن رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پر شدن دانه‌ها می‌باشد، طبق این نتایج می‌توان گفت که میزان مواد غذایی قابل دسترس به وسیله کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای زیستی توانسته است تا حد زیادی منجر به افزایش وزن دانه گردد. معمولاً جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی به طور مستقیم بر وزن دانه تأثیرگذار است. این مواد می‌توانند از طریق فتوسنتز جاری و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه و برگ‌ها تأمین شوند (احمدی و بحرانی، ۱۳۸۸). از طرفی دیگر، ممکن است کود ازتوباکتر از طریق افزایش مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره شده در طی دوره پرشدن دانه، منجر به افزایش وزن دانه گردیده باشد (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸).

طول کچلی

مصرف کود ازتوباکتر نسبت به عدم مصرف آن، سبب کاهش درصد کچلی به میزان ٢٦/٦٧ درصد گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش درصد تلقیح‌پذیری ناشی از کاربرد کود ازتوباکتر در این مطالعه، تعداد بیشتری از گل‌ها تلقیح شده و در نتیجه اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه افزایش یافته و درصد کچلی بلال کاهش معنی‌داری داشته است (جدول ۳). در مطالعه جرفی و همکاران (۱۳۹۵) نیز اثر تیمار تلفیق کود زیستی نیتروکسین و کود شیمیایی نیتروژن بر طول کچلی بلال غیر معنی‌دار بود.

ارتفاع بوته

بوته‌هایی که ۱۵۰ درصد نیاز کودی، کود نیتروژن دریافت کرده بودند، با اختلاف معنی‌دار و میانگین ۲۱۲ سانتیمتر بیشترین ارتفاع را داشتند (جدول ۲). همچنین، مصرف کود ازتوباکتر نسبت به عدم مصرف آن، سبب افزایش ۲/٢٦ درصدی ارتفاع بوته گردید (جدول ۳). کودهای بیولوژیک به ویژه آن‌هایی که حاوی ازتوباکتر هستند سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی می‌شود که به دنبال آن رشد رویشی گیاه و ارتفاع بوته می‌گردد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۵). افزایش نیتروژن از طریق افزایش تقسیم سلولی و طول سلول‌ها سبب افزایش طول میانگره‌ها و ارتفاع بوته می‌گردد (وجید و همکاران، ۲۰۰۷). طبق نتایج پژوهش فتحی و همکاران (۱۳۹۵) منابع مختلف کودهای بیولوژیک نیتروژن اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند به طوری‌که بالاترین ارتفاع بوته با مصرف کود سوپرنیتروپلاس

و پایین‌ترین ارتفاع از تیمار شاهد (عدم مصرف هر نوع کود) بدست آمد. زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت را در اثر تلقیح با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش کردند.

شاخص سبزینگی برگ

بالاترین مقدار شاخص سبزینگی برگ با مقدار ۵۳/۵ مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها از جمله تیمار شاهد داشت (جدول ۲). همچنین، مصرف کود ازتوباکتر نسبت به عدم مصرف آن، سبب افزایش ٤/٥٤ درصدی این صفت گردید (جدول ۳). کاربرد کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی‌داری روی اعداد کلروفیل‌متر گذاشت و کمترین و بیشترین اعداد کلروفیل‌متر در کل مراحل رشد گیاه ذرت در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنی و بالاترین سطوح نیتروژن در مراحل ظهور گل نر عنوان شده است (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). مقدار کلروفیل با نیتروژن ارتباط مستقیمی دارد و با افزایش میزان نیتروژن در دسترس، شاخص کلروفیل نیز افزایش می‌یابد. در واقع نیتروژن با شرکت در ساختمان شیمیایی کلروفیل، منجر به اثر بر ساخت کلروفیل می‌گردد (دینگ و همکاران،۲۰۰۵). میرشکاری و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه روی ذرت هیبرید گزارش دادند که بیشترین مقدار کلروفیل از تیمار کاربرد کود زیستی توأم با مصرف کود شیمیایی نیتروژن، و کمترین مقدار آن از تیمار عدم تلقیح کود زیستی به دست آمد. برخی پژوهشگران معتقدند با افزایش میزان کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی با افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی مؤثر می‌باشند، محتوی کلروفیل برگ افزایش می‌یابد و در آزمایش آن‌ها کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی محتوی کلروفیل برگ ذرت هیبرید را بیشتر از مصرف کود شیمیایی یا زیستی افزایش داد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳).

محاسبه کارآیی مصرف کود

۱) در هر دو سطح مصرف و عدم مصرف کود زیستی: نتایج (جدول ٤) نشان داد که با افزایش کود اوره مصرفی، کارآیی مصرف کود افزایش یافت به طوری که میزان این کارآیی از ۱/۳۰۱ کیلوگرم بر کیلوگرم در مصرف ۵۰ درصد نیاز کودی گیاه (۷۵ کیلوگرم در هکتار) تا ٦/٥٧٥ کیلوگرم بر کیلوگرم در مصرف ۱۵۰ درصد نیاز کودی (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، متغیر بود. اگرچه با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف کود بالا رفت، اما تفاوت آن با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم چندان زیاد نیست. بنابراین به نظر می‌رسد مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، بهترین نتیجه را داشته است.

۲) در حالت مصرف کود زیستی: طبق نتایج (جدول ۵) در این حالت، بالاترین کارآیی مصرف کود (٦/٦٣٩ کیلوگرم بر کیلوگرم) مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ درصد نیاز کودی گیاه (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. با افزایش کود مصرفی، کارآیی مصرف کود کاهش یافت به طوری که میزان این کارآیی در مصرف ۱۵۰ درصد نیاز کودی گیاه به ۷/۷۵۸ کیلوگرم بر کیلوگرم رسید.

۳) در حالت عدم مصرف کود زیستی: نتایج (جدول ٦) نشان داد که با افزایش کود اوره مصرفی، کارآیی مصرف کود افزایش یافت به طوری که میزان این کارآیی از ۰/۵۱۷ کیلوگرم بر کیلوگرم در مصرف ۵۰ درصد نیاز کودی گیاه (۷۵ کیلوگرم در هکتار) تا ۷/۵۷۵ کیلوگرم بر کیلوگرم در مصرف ۱۵۰ درصد نیاز کودی (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، متغیر بود.

بدیهی است که بالاترین کارآیی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید، زیرا به تدریج با مصرف مقادیر بیشتر، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف شده و از آن پس، واکنش گیاه در برابر کود مصرفی نزول یافته و بنابراین کارآیی مصرف آن کاهش می‌یابد. پایین بودن کارآیی مصرف کود در هر سه حالت در این مطالعه به احتمال زیاد به دلیل هدر رفت آن توسط فرآیندهای آبشویی و نیترات زدایی و تصعید آمونیوم در حالت استفاده از کود نیتروژن است. بررسی‌های مختلف نشان داده است که افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود (صدقی و همکاران، ۱۳۹۵؛ هالوارسن و همکاران، ۲۰۰۵). فتحی (۱۳۸٤) نیز گزارش نمود که بالاترین کارایی استفاده از کود معمولاً با جذب اولین واحدها به دست می‌آید و میزان کارایی با افزایش میزان آن روندی کاهشی خواهد داشت.

جدول٤- کارآیی مصرف کود نیتروژن در هر دو سطح مصرف و عدم مصرف کود زیستی

تیمارهای کودی نیتروژن	مقدار کود اوره مصرف شده (kg/h)	کارآیی مصرف کود (Ee) (kg/kg)
شاهد	۰	-
۵۰ درصد نیاز کودی	۷۵	۱/۳۰۱
۱۰۰ درصد نیاز کودی	۱۵۰	۵/۱۵۸
۱۵۰ درصد نیاز کودی	۲۲۵	٦/۵۷۵

جدول ۵- کارآیی مصرف کود نیتروژن در حالت مصرف کود زیستی

تیمارهای کودی نیتروژن	مقدار کود اوره مصرف شده (kg/h)	کارآیی مصرف کود (Ee) (kg/kg)
شاهد	۰	-
۵۰ درصد نیاز کودی	۷۵	۳/۱۲۰
۱۰۰ درصد نیاز کودی	۱۵۰	٦/٦۳۹
۱۵۰ درصد نیاز کودی	۲۲۵	۵/۷۵۸

جدول ٦- کارآیی مصرف کود نیتروژن در حالت عدم مصرف کود زیستی

تیمارهای کودی نیتروژن	مقدار کود اوره مصرف شده (kg/h)	کارآیی مصرف کود (Ee) (kg/kg)
شاهد	۰	-
۵۰ درصد نیاز کودی	۷۵	۰/۵۱۷
۱۰۰ درصد نیاز کودی	۱۵۰	۵/۵۱٦
۱۵۰ درصد نیاز کودی	۲۲۵	۷/۳٦۵

نتیجه گیری

به طور کلی، طبق نتایج این مطالعه با افزایش کود نیتروژن، عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که پایین‌ترین عملکرد دانه (۱۳۷ گرم در بوته) مربوط به شاهد و بالاترین عملکرد دانه با مقدار ۱۹٤ گرم در بوته مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز کودی (مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. نتایج نشان داد که مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط آزمایش، برای تمامی صفات مورد بررسی، حداکثر مقدار را تولید کرد. بنابراین می‌توان این مقدار کود را قابل قبول توصیه کرد چراکه با افزایش بیش از حد کود، ممکن است کارایی مصرف آن پایین بیاد و علاوه بر مقرون به صرفه نبودن، منجر به آلودگی‌های زیست محیطی نیز گردد. از طرف دیگر اگرچه اثر متقابل کود نیتروژن × کود ازتوباکتر در این آزمایش معنی‌دار نگردید اما طبق نتایج، تمامی صفات مورد مطالعه در تیمار مصرف کود ازتوباکتر با اختلاف معنی‌دار بیشتر از تیمار شاهد بود، بنابراین می‌توان با کاربرد این کود همراه با کود نیتروژن، از مصرف بی‌رویه کود شیمیایی جلوگیری کرد.

منابع

احتشامی، م.، ع. آقاعلیخانی، م. ر. چائی‌چی و ک. خاوازی. ۱۳۸٦. تأثیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم آبی. دومین همایش ملی کشاورزی پایدار. گرگان. ۱۲۳.

احمدی، م. و م. بحرانی. ۱۳۸۸. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام کنجد در منطقه بوشهر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۳، شماره ٤۸: ۱۳۱-۱۲۳.

اسدی رحمانی، ه.، ه. خسروی، ز. علیپور و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. نقش باکتری‌های محرک رشد در رشد و سلامت گیاه، قسمت اول: افزایش عملکرد گیاه. نشریه شماره ۳۰۹. انتشارات سنا، تهران، ایران.

اکبری، پ.، ا. قلاوند و ع. مدرس‌ثانوی. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (آلی، شیمیایی و تلفیقی و کود زیستی) بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله دانش کشاورزی پایدار. جلد ۱، شماره ۱: ۹۳-۸۳ .

تقی‌زاده، ر. و ر. سیدشریفی. ۱۳۹۰. تأثیر کود نیتروژن بر کارایی مصرف کود و اجزای عملکرد در ارقام ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. جلد ۱۵، شماره ۵۷: ۲۱۷-۲۰۹.

جرفی، ا.، م. علوی فاضل و ع. مدحج. ۱۳۹۵. بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و نیتروکسین بر عملکرد، شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ۸ ، شماره ۳۲: ۱۳۸-۱۲۱.

حق‌جو، م. و ع. بحرانی. ۱۳۹۳. اثر میزان آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک ذرت رقم سینگل کراس ۲۶۰. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۶، شماره ٤: ۲۹۲-۲۸۷.

خدابنده، ن. ۱۳۸٤. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هشتم. ۵۳۷ صفحه.

سپهری، ع.، ع. م. مدرس ثانوی، ب. قره‌یاضی و ی. یمینی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم زراعی ایران. جلد ٤، شماره ۳: ۲۰۱-۱۸٤.

شافع، ل.، م. صفاری، ی. امام و ق. محمدی‌نژاد. ۱۳۸۸. ارزیابی سطوح مختلف نیتروژن و روی بر عملکرد دورقم ذرت هیبرید سینگل کراس ۵۰٤ و ۷۰٤. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان. ۱۳۱٤-۱۳۱۳.

صدقی، م.، ع. نعمتی، ر. سیدشریفی و م. غلامحسینی. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و کارایی مصرف کود ذرت دانه‌ای برای تاریخ های مختلف کاشت در اردبیل. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد ۹ ،شماره ۳: ٦۵-٤۵.

عجمی، ن. ۱۳۹۲. بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه ای با تغییر نسبت کودهای بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژن تحت شرایط قطع برگ‌های بالای بلال در شوشتر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

فتحی، ق. ۱۳۸٤. اثر خشکی و نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن در شش رقم گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٦، شماره ۵: ۱۱۰۱-۱۰۹۳.

فتحی، ا.، ا. فرنیا و ع. ملکی. ۱۳۹۵. اثر کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر خصوصیات رویشی، ماده خشک و عملکرد ذرت. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). جلد ۲۹، شماره ۱۱۰: ۷-۱.

کیهانی، ع. و ع. مدحج. ۱۳۹۳. واکنش رشد هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.) به کود نیتروژن. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ٦، شماره ۲۱: ۱۵-۵.

لک، ش.، ا. نادری، ع. ا. سیادت، ا. آینه‌بند و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰٤ در خوزستان، مجله علوم زراعی ایران. جلد ۸، شماره ۳: ۱۷۰-۱۵۳.

مجدم، م. و ع. مدحج. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ ذرت دانه ای در شرایط بهینه و تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۱۰، شماره ۳: ۵۵٤-٥٤٦.

مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ع. ا. کامگار حقیقی و ن. کریمیان. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس۷۰٤. مجلهٔ علوم زراعی ایران. جلد ۱۰، شماره ۳: ۳۳۰-۳۰۳.

مقصودی، ع.، ا. قلاوند و م. آقاعلیخانی. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و زیستی) بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل-کراس ۷۰٤. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). شماره ۱۰٤: ۱۳۵-۱۲۹.

ملکوتی، ج. ۱۳۸۲. ضرورت ارتقاء جایگاه تغذیه‌ای گوگرد به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی در کشور. نشریه فنی موسسه تحقیقات آب وخاک، شماره ۳۱۵.

میرشکاری، ب.، س. باصر و ع. جوانشیر. ۱۳۸۸. تأثیر کود زیستی نیتراژین و سطوح مختلف کود اوره بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بیولوژیک ذرت هیبرید ۷۰٤ در مناطق نیمه‌خشک سرد. یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۳، شماره ٤: ٤۱۱-٤۰۲.

نعمتی، ع. و ر. سیدشریفی. ۱۳۹٤. تأثیر مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، فیلوکرون و سرعت پیدایش برگ ذرت. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. جلد ۵، شماره ۱٦: ۲۳۰-۲۱۹.

نمازی، ا. ۱۳۹۲. اثرکود زیستی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی نیتروژن بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در بهبهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

Costa, C., L. M. Stevart and D.L. Smith. 2002. Nitrogen effects on grain yield and yield components of early and non leafy maize genotypes. Crop Sci. 42:1556-1563.

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

Ding, L., K. J. Wang, G. M. Jiang, L. F. Li and Y. H. Li. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. Ann. Bot. 96:925-930.

FAO, 2014. http://www.fao.org/faostat

Gholami, A., S. Shahsavani and S. Nezarat. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Acad. Sci. Eng. Technol. 49:19-24.

Goodroad, L. L. and M. D. Jellum. 1988. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant Soil. 106:85-89.

Halvarson, A. D., F. C. Schweissing, M. E. Bortolo and C. A. Reule. 2005. Corn responses to nitrogen fertilization in a soil with high residual nitrogen. Agron. J. 97:1222-1229.

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Eco. Engineering. 33:150-156.

Many, A., A. Bahar, M.S. Zeridan and M. Hazayn. 2006. Yield and quality of Maize (*Zea mays* L.) as affected by slow release nitrogen in newly reclaimed sandy soil. American-Eurasian J. Agric. Env. Sci. 1(3):239-242.

Mutegi, E. M., J. B. Kung'u, M. Muna, P. Pieter and D. N. Mugendi. 2012. Complementary effects of organic and mineral fertilizers on maize production in the smallholder farms of Meru South District, Kenya. J. Agric. Sci. 3(2):221-229.

Shata, S. M., A. Mahmoud and S. Siam. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3(6):733-739.

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

Uhart, S.A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I: Effects of crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. Crop Sci. 35:1384-1389.

Wajid, A., A. Ghaffar, M. Maqsood, K. Hussain W. Nasim. 2007. Yield response of maize hybrids to varying nitrogen rates. Pak. J. Agric. Sci. 44(2):217-220.

Yasari, E., A. Esmaeili Azadgoleh, H. Pirdashti and S. Mozafari. 2008. Azotobacter and *Azospirillum inoculants* as biofertilizers in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. Asian J. Plant Sci. 7:490-494.

Zahir, A. Z., S. A. Abbas, A. Khalid and M. Arshad. 2000. Substrate depended microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pak. J. Biol. Sci. 3:289-291.

Effect of nitrogen and Aztobactor fertilizers on the grain yield and nitrogen use efficiency of Moroccan single cross corn

A. Rostami[1], Kh. Mohammadi[2]

Recieved: 2018-5-27 Accepted: 2018-12-27

Abstract

In order to evaluate the effect of different amounts of nitrogen and organic fertilizer (Azotobacter) on kernel yield and nitrogen use efficiency in corn, an experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications in the field of Sanandaj branch, Islamic Azad University, Iran in 2014. The factor "a" included four nitrogen rates (i.e. control, 50, 100 and 150% of plant requirement) and the factor "b" included bio-fertilizer at two levels (non-inoculation, inoculating with *Azotobacter*). The results showed that the effect of different levels of nitrogen fertilizer was highly significant on biomass, kernel yield, number of kernels per row, 100 kernels weight, plant height and Leaf vegetation index and significant on the number of row per ear. Application of 150٪ nitrogen had the highest effect on studied traits. The effect of factor b was highly significant on biomass, kernel yield, 100 kernels weight, poor tip fill length and Leaf vegetation index and significant on number of kernels per row and plant height. The means of these traits were higher when Azotobacter fertilizer treatment was not applied. The nitrogen fertilizer × Azotobacter interaction was not significant for any of the studied traits. Nitrogen use efficiency increased with increasing N fertilizer, but there was very little difference between consumption of 150 and 225 kg N/ha.

Keywords: Nitrogen, yield components, maize, biofertilizer

1- M.Sc. Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran