نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۲۸۲-۲۷۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 2, Summer. 2014, p. 273-282

تأثیر راهبردهای مدیریتی نیتروژن و کود زیستی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰٤

عیسی مقصودی[1*] - امیر قلاوند[2] - مجیدآقاعلیخانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۰

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم توجه به اهمیت مواد آلی در بهبود حاصلخیزی خاک، منجر به افزایش مصرف کودهای شیمیایی، آلودگی‌های محیطی و غیره شده است. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و تلفیقی) بر عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل پنج سطح مختلف کودی: ۱- (هشت تن کود آلی در هکتار)، ۲- (شش تن کود آلی و ۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، ۳- (چهار تن کود آلی و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، ۴- (دو تن کود آلی و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و ۵- (۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و فاکتور دوم شامل: ۱- (بذور تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و ۲- (بذور تلقیح نشده) بود. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده، داشتند. بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۷/۷)، عملکرد دانه (۱۰۰۰ گرم در مترمربع)، وزن هزار دانه (۲۱۳ گرم) و درصد پروتئین (۱۱ درصد) از سطح کودی سوم و بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۲۵۶ سانتی‌متر و ۲۲ تن در هکتار از سطح کودی چهارم به دست آمد. همچنین در بذور تلقیح شده با کود زیستی صفات اندازه‌گیری شده از میزان بیشتری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) برخوردار بودند، به طوری‌که در تیمار تلقیح شده (اول) میزان شاخص سطح برگ (۷/۷)، ارتفاع بوته (۲۵۲ سانتی‌متر)، عملکرد دانه (۹۷۸ گرم در مترمربع)، وزن هزار دانه (۲۰۵ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۲۲ تن در هکتار) و درصد پروتئین (۱۰ درصد) بود. با توجه به نتایج به دست آمده استفاده از کودهای زیستی و همچنین تلفیق کود آلی با شیمیایی روش مناسبی برای افزایش عملکرد کمی و کیفی ذرت محسوب می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ماده آلی، پروتئین، کود شیمیایی

مقدمه

تنوع ژنتیکی، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوان ذرت، باعث شده است که گیاه ذرت (*Zea mays*) در ردیف مهم‌ترین گیاهان زراعی ایران و جهان قرار داده شود (۸). از آنجایی‌که مصرف داخلی ذرت دانه‌ای در کشور ۲/۸ میلیون تن در سال است و تولید داخلی فقط ۱/۷ میلیون تن (۴۳ درصد مصرف کشور) از نیازهای مربوطه را برآورده می‌سازد (۳۳)، بنابراین توسعه و گسترش این محصول راهبردی دارای اهمیت می‌باشد. در سال‌های اخیر در پی بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی به دلیل استفاده بی رویه از نهاده‌های سنتزی که منابع غذایی انسان‌ها را آلوده کرده و سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده‌اند، تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کشاورزی پایدار بر پایه مصرف انواع کودهای زیستی و آلی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مناسب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی و همچنین اصلاح و تعدیل PH خاک می‌شوند و به سبب بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (۲۵). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده با جمعیت متراکم یک یا چند نوع

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(* - نوسینده مسئول: Email: eisa2663@yahoo.com)

میکروارگانیزم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (۵). با مصرف کودهای آلی، شیمیایی و زیستی به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود. بطوری‌که، نه تنها هیچ گونه 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 و کودهای زیستی با افزایش فعالیت باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهند (۲۸).

در مطالعه‌ای با بررسی مقادیر مختلف کود شیمیایی اوره و کود دامی و همچنین کاربرد آن‌ها به صورت تلفیقی روی ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ اظهار داشته شد که بیشترین عملکرد دانه (۷/۵ تن در هکتار) از سطح تلفیقی (۳۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره در هکتار + ۷/۵ تن کود دامی در هکتار) و بیشترین وزن هزار دانه (۱۷۳ گرم) از سطح تلفیقی (۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره در هکتار + ۵ تن کود دامی در هکتار) حاصل گردید (۷). نتایج به دست آمده از بررسی چهار سطح کود شیمیایی اوره، سه سطح کود مرغی و تلفیق آن‌ها روی ذرت نشان داد که سطح تلفیقی (۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + ۱۰ تن کود مرغی در هکتار) بیشترین عملکرد دانه (۴/۵ تن در هکتار) و سطح تلفیقی (۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + پنج تن کود مرغی در هکتار) بیشترین ارتفاع بوته (۲۲۲ سانتی‌متر) را به خود اختصاص دادند. همچنین سطوح تلفیقی بیشترین درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه را دارا بودند (۱۱). در مطالعه‌ای با بررسی سطوح مختلف کود شیمیایی، دامی و تلفیق آن‌ها روی ذرت گزارش شد که بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۷۹ سانتی‌متر)، وزن هزار دانه (۲۶۹ گرم)، عملکرد دانه (۱۱ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۲۴ تن در هکتار) از سطح تلفیقی (۹۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + ۱۶ تن کود مرغی) به دست آمد (۶). در پژوهشی با بررسی مقادیر مختلف کود آلی، شیمیایی و تلفیقی روی ذرت اظهار گردید که در سطح تلفیقی (۶/۹ تن کود مرغی + ۲۱۸ کیلوگرم کود شیمیایی اوره در هکتار) بیشترین وزن هزار دانه (۲۹۱ گرم)، عملکرد دانه (۵/۹ تن در هکتار) و شاخص برداشت (۲۶ درصد) به دست آمد (۱۷). در آزمایشی مزرعه‌ای مقادیر مختلف کود آلی، شیمیایی و تلفیقی جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز ذرت مورد بررسی قرار گرفت، نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۵/۶ تن در هکتار) و شاخص برداشت (۲۴ درصد) از سطح کودی تلفیقی (۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی) و بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۲ تن در هکتار)، وزن هزار دانه (۲۸۲ گرم) و ارتفاع بوته (۲۶۲ سانتی‌متر) نیز از سطح کودی تلفیقی (۲۵درصد آلی + ۷۵ درصد شیمیایی) به دست آمد (۱۳). محققان افزایش ۱۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح بذر با ۱۱ سویه از PGPR را گزارش دادند که پنج سویه از آن‌ها با اثر افزاینده پایدار به جنس سودوموناس تعلق داشتند (۱۶). محققان در مطالعه‌ای تأثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم را روی میزان عناصر پر مصرف و کم مصرف و همچنین عملکرد ذرت مورد مطالعه قرار دادند، نتایج به دست آمده حاکی از افزایش میزان عناصر غذایی و عملکرد دانه ذرت در تیمارهای تلقیح شده با باکتری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) بود (۳). در مطالعه‌ای که جهت بررسی تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه روی ذرت انجام گرفت، اظهار گردید که بیشترین ارتفاع بوته به میزان ۲۲۱ سانتی‌متر از تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و بیشترین پروتئین به میزان ۱۱ درصد از تلقیح بذر با ازتوباکتر به دست آمد (۲۳). محققان در مطالعه‌ای با بذور تلقیح شده ذرت با چهار سویه آزوسپیریلیوم و دو سویه سودوموناس گزارش دادند که ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار تلقیح شده نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (۱۵). پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و تلفیقی) و کود زیستی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران - کرج به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از پنج سطح مختلف کودی (شیمیایی، آلی و تلفیقی) و دو سیستم باکتریایی بود. کود آلی مورد استفاده شامل زئوپونیکس جمع آوری شده از بستر مرغداری‌ها با ۲/۲ درصد نیتروژن کل و کود شیمیایی شامل کود اوره به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. پنج سطح مختلف کودی عبارت بودند از: A_1 (هشت تن کود آلی در هکتار)، A_2 (شش تن کود آلی و ۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، A_3 (چهار تن کود آلی و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، A_4 (دو تن کود آلی و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و A_5 (۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و دو عامل باکتریایی شامل B_1 (بذور تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) و B_2 (بذور تلقیح نشده) بود. عملیات خاک-ورزی اولیه شامل شخم با عمق مناسب (۳۰ سانتی‌متر) و دیسک زدن و عملیات آماده‌سازی بستر کشت به صورت تسطیح و ایجاد شیار صورت گرفت، سپس کرت‌هایی به ابعاد ۱۲/۶ مترمربع و با ۶ خط کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متری، تشکیل شد. سپس بذرهای ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ (رقم دیررس)، با فاصله۲۰ سانتی‌متر از

هم، روی ردیف‌های کاشت در عمق سه تا پنج سانتی‌متری در نیمه اول خرداد ماه به صورت هیرم کاری با دست کشت گردید. ۵۰ درصد کود نیتروژنی در مرحله ۴-۳ برگی و ۵۰ درصد دیگر به صورت سرک قبل از مرحله ظهور تاسل توزیع گردید. کود زیستی به صورت مایه تلقیح مایع به میزان یک لیتر به ازای ۳۰ کیلوگرم بذر در هکتار و مخلوطی از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن شامل ازتوباکتر کروئوکوکوم، ازتوباکتر آجیلیس، آزوسپیریلیوم برازیلنس و آزوسپیریلیوم لیپوفروم بود. هرگرم مایه تلقیح مایع حاوی 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود که از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با مایه تلقیح مایع محتوی باکتری تلقیح شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت به زمین داده شد و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه انجام گرفت. در مرحله دو برگی، ذرت تنک شده و به تراکم مورد نظر رسانده شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و با دست انجام گرفت. شاخص سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf area meter)، ارتفاع بوته (با استفاده از متر) و شاخص برداشت (تقسیم عملکرد بیولوژیک به عملکرد دانه) اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور بررسی عملکرد دانه و همچنین غلظت سه عنصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر در دانهٔ ذرت، از هر واحد آزمایشی مساحتی برابر دو متر مربع با رعایت حاشیه از خط شماره دو، سه، چهار و پنج برداشت گردید. برای هضم نمونه‌های گیاهی از روش هضم در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه (۱) استفاده شد. نیتروژن کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با دستگاه کجلدال[1]، پتاسیم کل به روش نشر شعله‌ائی (ا ای اف) با دستگاه فلیم فتومتر مدل پی‌اف‌پی۷، جن‌وای[2] و فسفر کل به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ۶۵۰۵ جن وای اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد روغن و پروتئین نمونه های ۰۰ ۴ گرمی از دانه‌های جدا شده مربوط به هر واحد آزمایشی انتخاب و در آزمایشگاه بوسیله آسیاب پودر شده و درصد پروتئین و روغن دانه‌های آسیاب شده توسط دستگاه اینفراماتیک اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌ها با نرم افزار SAS[3] انجام شد و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار ($p\leq$ ۰/۰۱) بود (جدول ۱)، به طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۷/۷ از سطح کودی A_3 حاصل گردیده است. سطوح کودی A_4 و A_2 به ترتیب با ۷/۵ و ۶/۵ از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به سطوح A_1 و A_5 برخوردار بودند (جدول ۲). همچنین سطح کودی A_1 نیز با ۵/۴ از کمترین شاخص سطح برگ برخوردار بود که نسبت به سطح کودی A_5 به میزان۱۶ درصد سطح برگ پایین‌تری داشت. احتمالاً تأمین تلفیقی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه منجر به افزایش آماس سلولی، تقسیم و بزرگ شدن سلولی و همچنین توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاه جهت جذب عناصر غذایی شده که این امر افزایش شاخص سطح برگ در سطوح کودی تلفیقی نسبت به سطوح کودی آلی و شیمیایی را به دنبال داشته است. افزایش سطح برگ با کاربرد تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی بوسیله محققین دیگر نیز گزارش شده است (۹). همچنین نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ در تیمار تلقیح یافته با کود زیستی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به میزان ۵۲ درصد افزایش یافت (جدول ۲). از جمله دلایل افزایش سطح برگ در تیمار تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد می‌توان به تولید انواع متابولیت‌های مؤثر در رشد گیاه مانند ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد و اسیدهای آمینه به عنوان عوامل افزاینده رشد گیاه، تثبیت زیستی نیتروژن یا فراهمی فسفر، گوگرد و سایر عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی‌ها در خاک و گسترش سطح ریشه در اثر فعالیت باکتری‌ها و به دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاه از نقاط دورتر و عمیق‌تر از سطح ریشه، اشاره کرد (۱۵).

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج به دست آمده ارتفاع بوته در سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی تفاوت معنی‌داری داشت و سطوح کودی تلفیقی موجب بلندتر شدن ارتفاع بوته گردید. به طوری که سطح کودی A_4 با میزان ۲۵۶ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع و سطوح کودی A_4 و A_2 به ترتیب (۲۵۱ و ۲۴۶ سانتی‌متر) دارای کمترین ارتفاع بودند (جدول ۲). ارتفاع گیاه در سطح کودی A_5، ۲/۲ درصد بیشتر از سطح کودی A_1 بود، که احتمالاً دسترسی به نیتروژن بیشتر در خاک، افزایش جذب، افزایش آماس سلول، تقسیم سلولی، تأثیر افزاینده در جذب سایر عناصر غذایی و فتوسنتز بیشتر توسط گیاه دلیل این امر می‌باشد. افزایش ارتفاع بوته در سطوح کودی تلفیقی در گیاه ذرت (۱۳) به علت افزایش جذب مواد غذایی توسط محققان گزارش شده است. همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌ها تیمار تلقیح یافته با کود زیستی دارای ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) بوده و دارای اختلاف ۴/۸ درصدی بود (جدول ۲)، که با توجه به اثر افزاینده رشد این باکتری‌ها بر رشد گیاه قابل توجیه می‌باشد.

1- Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator
2- Photometer, JenWay PFP7
3- Statistical Analysis System

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

فسفر قابل دسترس (mg/kg^{-1})	۲۲	نیتروژن کل (%)	۰/۰۸
پتاسیم قابل دسترس (mg/kg^{-1})	۲۴۵	رس (%)	۹
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۱/۴	لای (%)	۱۲
اسیدیته	۷/۷	ماسه (%)	۷۹
کربن آلی (%)	۰/۸۳	بافت خاک	لوم-شنی

خصوصیات کود آلی (زئوپونیکس) مورد استفاده

نیتروژن (%)	۲/۲	آهن (ppm)	۸۵۰
فسفر (%)	۱/۰	روی (ppm)	۱۶۰
پتاسیم (%)	۰/۹	مس (p.p.m)	۴۰
گوگرد (%)	۰/۳۹	منگنز (p.p.m)	۲۲۵
کلسیم (ppm)	۲/۲	بر (p.p.m)	۱۹
منیزیم (ppm)	۰/۱۶		

دلیل افزایش ارتفاع در تیمار تلقیح شده می‌تواند تولید جیبرلین و به دنبال آن افزایش رشد طولی سلول‌ها و تقسیمات سلولی توسط باکتری‌ها باشد. با توجه به این که جیبرلین سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میانگره‌های ساقه شده و اکسین‌ها موجب افزایش تقسیمات سلولی می‌شوند می‌توان افزایش ارتفاع را توجیه کرد (۴). زهیر و همکاران (۳۲) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت را در اثر تلقیح با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش دادند.

وزن هزار دانه

نتایج بدست آمده حاکی از تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی بر وزن هزار دانه می‌باشد (جدول ۱). سطح کودی A_3 با ۲۱۳ گرم دارای بیشترین وزن هزار دانه بوده و سطح کودی A_1 دارای کمترین وزن هزار دانه (۱۸۸ گرم) بود (جدول ۲). احتمالاً افزایش شاخص سطح برگ جهت تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیشتر به دانه و همچنین آزادسازی عناصر غذایی بویژه نیتروژن و فسفر از کود آلی در مرحله پر شدن دانه دلیل بالا بودن وزن هزار دانه در سطح کودی A_3 می‌باشد. همچنین ناکافی بودن نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح کودی A_1 در مرحله پر شدن دانه و شستشوی عناصر غذایی در مراحل اولیه رشد در سطح کودی A_5 موجب گردیده که میزان دسترسی گیاه به این عناصر در مرحله پر شدن دانه کاهش یابد. فلاح و همکاران (۶) گزارش کردند که وزن هزار دانه در سطح کودی تلفیقی (۲۶۹ گرم) نسبت به سطح شیمیایی (۲۳۵ گرم) و سطح آلی (۲۶۷ گرم) بیشتر بود. مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که وزن هزار دانه در تیمار تلقیح شده برابر ۲۰۵ گرم بوده که اختلاف ۶/۸ درصدی با تیمار کنترل (تلقیح نشده) دارد (جدول ۲). بنا به اظهارات جاوید و همکاران (۱۶) افزایش وزن هزار دانه با توجه به افزایش سطح برگ و همچنین افزایش طول دوره پرشدن دانه قابل توجیه بوده و بیانگر تأثیر باکتری‌ها از طریق افزایش میزان مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه، بر وزن دانه می‌باشد.

عملکرد دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی به طور جداگانه اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند ($p\leq$ ۰/۰۱ و $p\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف نیتروژن نشان می‌دهد که عملکرد سطوح کودی تلفیقی از سطوح کودی آلی و شیمیایی بیشتر بوده و در بین تیمارهای سطوح کودی تلفیقی نیز تیمار A_3 با عملکرد ۱۰۰۰ گرم در مترمربع و با اختلاف ۲۸ درصدی نسبت به پایین‌ترین میزان عملکرد، بیشترین عملکرد را داشته است (جدول ۲). همچنین سطوح کودی A_4 و A_2 به ترتیب با ۹۵۳ و ۹۰۸ گرم در مترمربع به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. عملکرد دانه در سطح کودی A_5 نسبت به سطوح کودی تلفیقی کمتر بوده است، همچنین پایین‌ترین عملکرد دانه به میزان ۷۸۱ گرم در مترمربع مربوط به سطح کودی A_1 بود. پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در سطوح کودی تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم‌های تلفیقی می‌دانند (۲۰). به طوری که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است میزان نیتروژن معدنی آنها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی دانه ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی

تیمار	سطوح تیمار	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته(cm)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک ($ton\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)	نیتروژن دانه (٪)	فسفر دانه (٪)	پتاسیم دانه (٪)	درصد پروتئین	درصد روغن
کود	B1	۷/۷ a	۲۵۲ a	۲۰۵/۴۸ a	۹۷۸ a	۲۲ a	۴۴ a	۱/۷ a	۰/۴۶ a	۰/۶۴ a	۱۰ a	۶/۱ a
زیستی	B2	۵/۷ b	۲۴۰ b	۱۹۲/۳۸ b	۸۱۱ b	۱۹ b	۴۱ b	۱/۵ b	۰/۳۸ b	۰/۵۹ b	۹/۹ b	۵/۵ b
سطوح مختلف نیتروژن	A1	۵/۴ b	۲۳۵ c	۱۸۸ c	۷۸۱ c	۱۹ c	۴۰ b	۱/۵ d	۰/۳۶ d	۰/۵۱ d	۹/۴ d	۶/۴ a
	A2	۶/۵ ab	۲۴۶ abc	۲۰۰ abc	۹۰۸ abc	۲۱ abc	۴۳ ab	۱/۶ bc	۰/۴۲ bc	۰/۶۲ bc	۱۰ bc	۶/۲ a
	A3	۷/۷ a	۲۵۱ ab	۲۱۳ a	۱۰۰۰ a	۲۱ ab	۴۶ a	۱/۸ a	۰/۴۷ a	۰/۷۲ a	۱۱ a	۵/۰ c
	A4	۷/۵ a	۲۵۶ a	۲۰۶ ab	۹۵۳ ab	۲۲ a	۴۳ ab	۱/۷ ab	۰/۴۵ ab	۰/۶۶ ab	۱۰ ab	۵/۶ bc
	A5	۶/۳ ab	۲۴ bc	۱۹۵ bc	۸۳۰ bc	۲۰ bc	۴۱ b	۱/۶ c	۰/۳۸ cd	۰/۵۷ cd	۱۰ c	۵/۹ ab

سطوح مختلف نیتروژن : A_1 (۸ تن در هکتار کود آلی)، A_2 (۶ تن در هکتار کود آلی و ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، A_3 (۴ تن در هکتار کود آلی و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، A_4 (۲ تن در هکتار کود آلی و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و A_5 (۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و B_1 (بذور تلقیح شده) و B_2 (بذور تلقیح نشده).

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی دانه ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	نیتروژن دانه	فسفر دانه	پتاسیم دانه	درصد پروتئین	درصد روغن
تکرار	۲	۱/۱۴ ns	۸/۷۵ ns	۳۳/۲۸ ns	۰/۸۲ ns	۰/۲۸ ns	۲/۷۶ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۱۱ ns	۰/۰۰۰۸ ns	۰/۱۵ ns	۰/۱۶ ns
کود زیستی	۱	۳۰/۲۰ **	۱۰۳۱/۳۶ **	۱۲۸۵/۷۶ **	۲۱/۰۰ **	۳۹/۴۲ **	۳۸/۸۲ *	۰/۱۵۱ **	۰/۰۴۹۶ **	۰/۰۱۳۶ **	۵/۹۰ **	۲/۷۷ **
نیتروژن	۴	۵/۴۰ **	۴۰۱/۷۳ *	۵۳۶/۰۹ *	۴/۸۰ *	۶/۵۵ *	۳۸/۴۳ **	۰/۰۷۷ **	۰/۰۱۳۱ **	۰/۰۳۷۳ **	۳/۰۳ **	۱/۷۱ **
کود زیستی× نیتروژن	۴	۰/۱۰ ns	۱/۹۱ ns	۲۲/۸۸ ns	۰/۵۱ ns	۰/۱۲ ns	۱۸/۳۷ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۳ ns
خطای آزمایشی	۱۸	۰/۸۰	۱۰/۳۶	۱۱/۵۳	۱/۲۶	۱/۲۹	۲/۲۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۳۵
C.V.		۱۱/۸۷	۴/۲۱	۵/۷۹	۱۴/۱۱	۶/۱۶	۵/۲۱	۳/۵۱	۷/۰۹	۵/۵۵	۳/۵۰	۶/۰۳

ns ، * و **- به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و۱ درصد

همچنین کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانوله‌ای خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک از دلایل افزایش عملکرد در سطوح کودی تلفیقی می باشد (۱۲). چون در سطح کودی A_5 بخشی از نیتروژن مورد نیاز در مراحل اولیه کشت و باقیمانده نیتروژن قبل از مرحله تاسل‌دهی مصرف گردید، احتمال می‌رود در اثر رشد گیاه و همچنین آب‌شویی، غلظت نیتروژن در محیط کم شده و در نتیجه نیاز گیاه به طور کامل تامین نشده است. ولی در سطوح کودی تلفیقی مقدار کم کود شیمیایی در ابتدای دوره رشد کمبود عناصر محیط ریشه را جبران نموده و حتی ممکن است باعث بهبود تجزیه میکروبی کود آلی شود و با پیشرفت دوره رشد نقش کود آلی بیشتر شده است. به عبارت دیگر در سطوح کودی تلفیقی نقش کود شیمیایی جبران کردن نیتروژن‌ربایی باکتری‌ها در اوایل دوره رشد و در نتیجه تسریع تجزیه کود آلی و در نهایت فراهم نمودن مواد غذایی قابل دسترس است. (۱۳).

بررسی جدول مقایسه میانگین افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه بذور تلقیح شده با کود زیستی نسبت به دانه بذور تلقیح نشده را نشان می‌دهد (جدول ۲)، این افزایش احتمالاً ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است، که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه می‌شوند (۲۶). ترشح مواد تنظیم کننده و تحریک کننده رشد گیاه مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها به وسیله ازتوباکتر کرئوکوکوم به دلیل همیاری این باکتری‌ها با ریشه ذرت مهم‌ترین سازوکار برای افزایش رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش شده است (۱۸). بنا به گزارش محمد و همکاران (۱۹) عملکرد دانه در اثر کاربرد کود زیستی (۷/۹ تن در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (۶/۴ تن در هکتار) به میزان ۲۳ درصد افزایش یافته است.

عملکرد بیولوژیک

جدول تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف نیتروژن و همچنین کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک بود ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان ماده خشک تولید شده به میزان ۲۲ تن در هکتار مربوط به سطح کودی A_4 بود که اختلاف آن با سطح کودی A_1 و A_5 به ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصد بود (جدول ۲).

همچنین سطح کودی A_5 نسبت به سطح کودی A_1 که با میزان ۱۹ تن در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بود و اختلاف ۲ درصدی داشت (جدول ۲). در سطوح کودی تلفیقی، وجود کود نیتروژنی در مراحل اولیه رشد باعث افزایش رشد رویشی شده است و در مراحل بعدی آزادسازی نیتروژن و دیگر عناصر غذایی از کود آلی نیز موجب بهبود رشد زایشی گیاه گردید، در نتیجه در تیماری که عناصر غذایی مورد نیاز در طی طول رشد به صورت مطلوبی تأمین شده میزان عملکرد بیولوژیک آن نیز بالاتر بوده است. محققان نیز با کاربرد سطوح کودی تلفیقی به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین بذور تلقیح شده عملکرد بیولوژیک بالاتر و همچنین اختلاف ۱۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) دارند (جدول ۲)، که تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته، افزایش سیستم توسعه ریشه، افزایش رشد رویشی و در نتیجه امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز می‌تواند دلیل آن باشد (۳۱).

شاخص برداشت

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$ و $p\leq ۰/۰۵$) (جدول۱). بیشترین شاخص برداشت (۴۶ درصد) مربوط به سطح کودی A_3 و کمترین میزان شاخص برداشت (۴۰ درصد) مربوط به سطح کودی A_1 بود (جدول ۲). سطح کودی A_4 به میزان ۴۳ درصد در رتبه بعدی قرار گرفت. همچنین سطح کودی A_5 از شاخص برداشت بالاتری (۴۱ درصد) نسبت به سطح کودی A_1 برخوردار بود. در سطح کودی A_5 ، عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در مرحله رشد رویشی مصرف شده و گیاه در مراحل بعدی به تدریج با کمبود آن‌ها روبرو می‌گردد. در سطح کودی A_1 مواد غذایی مورد نیاز گیاه در اثر معدنی شدن کود فراهم می‌گردد، که احتمالاً به علت عدم توسعه ریشه‌ها و سرعت کم معدنی شدن در مراحل اولیه رشد دسترسی به عناصر غذایی محدود بوده و با پیشرفت رشد این محدودیت کاهش یافته است. با این حال در سطوح کودی تلفیقی کود شیمیایی مصرف شده علاوه بر بهبود رشد اولیه گیاه، معدنی شدن کود آلی را نیز تسریع می‌کند. همچنین کود آلی تا مراحل پایانی رشد عناصر غذایی را برای گیاه فراهم نموده و در نتیجه عملکرد و شاخص برداشت را به بالاترین سطح ارتقاء می‌دهد. نتایج بدست آمده با یافته‌های سایر محققان در این زمینه مطابقت دارد (۱۷). با توجه به مقایسه میانگین‌ها شاخص برداشت در تیمار تلقیح شده با کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۵/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۲). افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی با توجه به اثر افزاینده آن‌ها بر رشد رویشی و زایشی توجیه‌پذیر است. بنابراین می‌توان بیان داشت که باکتری‌ها با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده‌اند. ثانی و همکاران (۲۷) گزارش دادند که با کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم شاخص برداشت به میزان ۵/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافته است.

صفات کیفی

نیتروژن دانه

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و همچنین کود زیستی بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بر اساس جدول مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه در سطوح کودی تلفیقی نسبت به سطوح آلی و شیمیایی بیشتر بوده و در بین سطوح تلفیقی نیز A_3 به ترتیب با میزان ۱/۸درصد نیتروژن در دانه در بالاترین سطح قرار گرفت. سطوح A_4 و A_2 به ترتیب با ۱/۷ و ۱/۶ درصد نیتروژن در دانه در مکان‌های بعدی جای گرفتند (جدول ۲). همچنین سطح کودی A_1 نیز با ۱/۵ درصد نیتروژن در دانه پایین‌ترین سطح را به خود اختصاص داد. احتمالاً افزایش مصرف کود آلی در تلفیق با کود شیمیایی به دلیل افزایش فراوانی این عنصر در خاک و به دنبال آن افزایش جذب توسط گیاه موجبات افزایش درصد نیتروژن ساقه و برگ را فراهم ساخته که در نتیجه آن نیتروژن دانه نیز در سطح کودی A_3 افزایش یافت. همچنین شستشوی نیتروژن و به دنبال آن کاهش مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه در سطح کودی A_5 موجب کاهش درصد نیتروژن دانه شده است. افزایش نیتروژن دانه در اثر افزایش مقدار کود مصرفی توسط تیند و همکاران (۳۰) نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند. همچنین درصد نیتروژن دانه در تیمار تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به ترتیب به میزان ۸/۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). از جمله دلایل برتری تیمار تلقیح شده با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) می‌توان به افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر فعالیت باکتری‌ها و همچنین افزایش توسعه سطح ریشه برای جذب نیتروژن از خاک اشاره نمود که موجب بالا رفتن میزان نیتروژن در دانه گیاه شده است. بیاری و همکاران (۳) افزایش نیتروژن دانه ذرت را در اثر کاربرد کودهای زیستی باکتریایی گزارش کردند.

فسفر دانه

سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی به طور جداگانه تأثیر معنی‌داری بر میزان فسفر دانه داشتند ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده سطح کودی A_3 با میزان ۰/۴۷درصد فسفر دانه در بالاترین سطح قرار گرفت و سطوح کودی A_4 و A_2 نیز بعد از آن قرار دارند. سطح کودی A_1 با ۰/۳۶درصد فسفر دانه پایین‌ترین سطح را به خود اختصاص داد (جدول ۲). با توجه به این که فسفر موجود در کود مرغی در حد مطلوبی بود (جدول ۲)، لذا با افزایش مصرف کود مرغی در ترکیب با کود شیمیایی در سطح کودی A_3 میزان عناصر قابل دسترس برای گیاه و همچنین جذب آن نیز افزایش یافت. افزایش درصد فسفر دانه نیز توسط آینی و ادیتانجی (۱۱) گزارش شده است. همچنین درصد فسفر دانه در بذور تلقیح شده نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) بیشتر بوده و به ترتیب دارای اختلاف ۲۱ درصدی با آن بود (جدول ۲). با توجه به نقش باکتری‌های افزاینده رشد در افزایش حلالیت و میزان فراهمی فسفر و همچنین گسترش سیستم ریشه‌ای و به دنبال آن بهبود جذب فسفر توسط گیاه این امر قابل توجیه می‌باشد (۲).

پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این است که تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و کود زیستی بر درصد پتاسیم دانه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین درصد پتاسیم دانه به میزان ۰/۷۲ درصد از سطح کودی A_3 به دست آمده و سطوح کودی A_4 و A_2 در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفتند (جدول ۲). سطح کودی A_1 با ۰/۵۱درصد پتاسیم دانه پایین‌ترین سطح را به خود اختصاص داد. با توجه به این که پتاسیم موجود در کود مرغی در حد مطلوبی بود، بنابراین با افزایش میزان کاربرد کود مرغی در تلفیق با کود شیمیایی در سطح کودی A_3 میزان عناصر قابل دسترس برای گیاه به ویژه پتاسیم و همچنین جذب آن نیز افزایش یافت. آینی و ادیتانجی (۱۱) اظهار داشتند که درصد پتاسیم دانه در سیستم تلفیقی از کود مرغی و کود شیمیایی افزایش یافته است. همچنین درصد پتاسیم دانه در بذور تلقیح شده نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) بیشتر بود و اختلاف ۱۱ درصدی با آن داشت (جدول ۲). با توجه به نقش باکتری‌های افزاینده رشد در افزایش میزان فراهمی پتاسیم و همچنین گسترش سیستم ریشه جهت بهبود جذب پتاسیم توسط گیاه از نقاط دورتر این امر قابل توجیه می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با اظهارات بیاری و همکاران (۳) مطابقت دارد. افزایش جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف) توسط گیاه در اثر تلقیح با آزوسپیریلیوم به دلیل افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده در اثر هورمون‌ها و برخی ماکرومولکول‌های تولید شده توسط باکتری می‌باشد (۲۲).

درصد روغن

با توجه به جدول تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و همچنین کود زیستی بر درصد روغن معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین درصد روغن به میزان ۶/۳ درصد از سطح کودی A_1 حاصل گردیده و سطوح کودی A_2، شیمیایی، A_4 و A_3 به ترتیب با ۶/۲، ۵/۹، ۵/۶ و ۵/۰ در مکان‌های بعدی جای گرفتند. به طوری که سطح کودی A_1 نسبت به سطح کودی A_3 که کمترین میزان روغن را به خود اختصاص داده بود اختلاف ۳۶ درصدی داشت (جدول ۲). کود نیتروژن تعداد و وزن هزار دانه و همچنین درصد پروتئین را افزایش داده و از درصد روغن می‌کاهد. بنابراین در سطح کودی A_1 به دلیل کمبود نیتروژن نسبت به سایر سطوح کودی درصد روغن نیز

بالاتر بوده است. استیر و سیلر (۲۹) اظهار داشتند که بین میزان دسترسی به نیتروژن و درصد روغن رابطه منفی وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده تأثیر کود زیستی بر عملکرد دانه نیز معنی‌دار بوده و در تیمار تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد درصد روغن نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به میزان ۱۰ درصد افزایش نشان می‌دهد (جدول ۲). احتمالاً کودهای زیستی با فراهم آوردن شرایط مناسب‌تری جهت رشد گیاه مانند تولید هورمون‌های گیاهی و توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش جذب آب و دیگر عناصر غذایی، زمینه افزایش درصد روغن را در ذرت فراهم آورده‌اند. به طوری که گزارش شده است که کاربرد ازتوباکتر به طور معنی‌داری میزان روغن کلزا را در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش می‌دهد (۱۰).

درصد پروتئین

بر اساس جدول تجزیه واریانس تأثیر کود زیستی و سطوح مختلف نیتروژن بر درصد پروتئین معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد پروتئین به میزان ۱۱ درصد از سطح کودی A_3 به دست آمده که دارای اختلاف ۱۹ درصدی با کمترین درصد پروتئین است. سطوح کودی A_4 با ۱۰ درصد در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۲). همچنین در سطح کودی A_5 درصد پروتئین به میزان ۶/۶ درصد بیشتر از سطح کودی A_1 بدست آمد. جلوگیری از هدرروی نیتروژن به علت وجود کود مرغی در سطح کودی A_3 موجب شده که نیتروژن بیشتری نسبت به سایر سطوح کودی در اختیار گیاه قرار گرفته و به همین دلیل میزان پروتئین در این سطح بالاتر رفته است. در واقع با افزایش قابلیت دسترسی به نیتروژن درصد پروتئین دانه نیز افزایش می‌یابد (۱۴). مونیر و همکاران (۲۱) نیز گزارش دادند که بالاترین درصد پروتئین از سطح تلفیقی از کود شیمیایی و آلی به دست می‌آید. همچنین درصد پروتئین در تیمار تلقیح شده با کود زیستی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به میزان۸/۹ درصد افزایش یافت (جدول ۲). این نتایج تأثیر مثبت کود زیستی را در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه ثابت می‌کند، که در نتیجه پیامد تلقیح باکتری‌ها در این تیمار کارایی تنظیم‌کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی در گیاه افزایش یافته است (۲۴). ناصری‌راد و همکاران (۲۲) افزایش ۴/۵ درصدی پروتئین دانه ذرت را در اثر کاربرد توأم آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر گزارش کردند.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمار A_3 (۴ تن در هکتار کود آلی و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) به علت فراهمی بهتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در طول فصل رشد گیاه و به دنبال آن گسترش بیشتر شاخص سطح برگ و در نتیجه عملکرد بیشتر دانه نسبت به سایر سطوح کودی مناسب‌تر بوده و قابل توصیه است.

قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس و تمامی کسانی که امکان اجرای این پژوهش را فراهم نمودند، قدردانی میگردد.

منابع

۱- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی شماره۹۸۲، موسسه خاک و آب.
۲- امیرآبادی، م.، ف. رجالی، م. ر. اردکانی، و م. برجی. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتو باکتر و قارچ میکوریزا بر جذب برخی عناصرمعدنی توسط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس (۷۰۴) در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۳(۱): ۱۱۵-۱۰۷.
۳- بیاری، آ.، ا. غلامی، و ه. اسدی رحمانی.۱۳۸۶. تولید پایدار و بهبود جذب عناصر غذایی ذرت در عکس‌العمل به تلقیح بذر توسط باکتری‌های محرک رشد. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. ۱۴۱-۱۲۷.
۴- حمیدی، آ. ۱۳۸۵. جنبه‌های اگرواکولوژیک کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه و علوفه سیلویی دورگ‌های دیرس ذرت. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. رساله‌ی دکتری.
۵- صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. ۵۴-۱.
۶- فلاح، س. ا.، ا. قلاوند، و م. ر. خواجه‌پور.۱۳۸۶. تأثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌دانه‌ای در خرم‌آباد لرستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۰: ۲۴۲-۲۳۳.
۷- مجیدیان، م .۱۳۸۷. اثر کود شیمیایی نیتروژنه، کود آلی و تنش رطوبت در نظام‌های کشاورزی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات زراعی کمی و کیفی ذرت. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. رساله‌ی دکتری.
۸- نورمحمدی، ق.، ع. سیادت، و ع. کاشانی. ۱۳۸۴. زراعت غلات. جلد اول، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز. ۳۹۴ صفحه.

9- Agyenim Boateng, S., J. Zickermann, and M. Kornahrens. 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. West Africa Journal of Applied Ecology. 9: 1-11.
10- Asghar, H. N., Z. A. Zahir, M. Arshad, and A. Khaliq. 2002 Relationship between invitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in Brassica Juncea L. Biology and Fertility of Soil. 35: 231-237.
11- Ayeni, L. S. and M. T. Adetunji. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth omponents of maize. Nature and Science. 8(1): 60-67.
12- Basu, M., P. B. S. Bhadoria, and S. C. Mahapatra. 2008. Growth, nitrogen fixation yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresource Technology. 99: 4675-4683.
13- Cheema, M. A., W. Farhad, M. F. Saleem, H. Z. Khan, M. A. Vahid, F. Rasul, and H. M. Hammad. 2010. Nitrogen management strategies for sustainable maize production. Crop and Environment. 1(1): 49-52.
14- Ghani, A., M. Hussain, and A. Hassan. 2000. Interactive effect of nitrogen and water stress on leaf area of sunflower. Pakistan Journal of Biological Sciences. 3: 989-990.
15- 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 Academy of Science, Engineering and Technology. 49: 19-24.
16- Javed, M., M. Arshad, and K. Ali. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. Pakistan Journal of Soil Science. 14: 36-42.
17- Khaliq, T., T. Mahmood, J. Kamal, and A. Masood. 2004. Effectiveness of farmyard manure, poultry manure and nitrogen for corn (*Zea mays* L.) productivity. International Journal of Agriculture and Biology. 2: 260-263.
18- Martinez-Toledo, M. V., T. de la Rubia, J. Moreno, and J. Gonzalez- Lopez, 1988. Root exudates of *Zea mays* and production of auxins, gibberellins and cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant and Soil. 110: 149-152.
19- Mohamed, S. A. E., A. S. E. Y. Sawsan, and M. E. S. Dalia. 2008. Improving maize grain yield and its quality grown on a newly reclaimed sandy soil by applying micronutrient, organic manure and biological inoculation. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 4(5): 537-544.
20- Mooleki, S. P., J. J. Schoenau, J. L. Charles.and, G. Gwen. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattele manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil Science. 84: 199-210.
21- Munir, M. A., M. A. Malik, and M. F. Saleem. 2007. Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, Malik, yield and quality of spring planted sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pakistan Journal of Botany. 39(2): 441-449.
22- Naidu, V. S. G. R., J. D. S. Panwar, and K. Annapurna. 2003. Yield response in rice to auxin application and inoculation with Azospirillum brasilense. Indian Journal Plant Physiology. 8: 96–98.
23- Naserirad H., Soleymanifard A. and Naseri R. 2011. Effect of integrated application of bio-fertilizer on grain yield, yield components and associated traits of maize cultivars. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 10 (2): 271-277.
24- Ram Rao, D. M., J. Kodandaramaiah, and M. P. Reddy. 2007. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworn cocoon characters under semi-aride conditions. Caspian Journal of Environmental Sciences. 5(2): 111-117.
25- Renato, Y., M. E. Ferreira, C. Cruz, and J. C. Barbosa. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology. 60: 59-63.
26- Roesty, D., R. Gaur, and B. N. Johri. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation 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.
27- Sani, B., R. Z. Faezeh, H. L. yaghati, F. ghoshchi, and M. Karver. 2007. The role of biological fertilizers on the qualitative and quantitative indicators in corn crop ecosystem. Proceedings of the National Conference of Ecological Agriculture in Iran. 885-899.
28- Shata, S. M., A. Mahmoud, and S. Siam. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Recearch Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(6): 733-739.
29- Steer, B. T. and G. I. Seiler. 1990. Changes in fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 51: 11-26.
30- Thind, S. S., M. Sing, A. S. Sidhu, and I. M. Chhibba. 2002 Influence of continuous application of organic manures and nitrogen fertilizer on crop yield, N uptake and nutrient status under maize-wheat rotation. Journal of Research Punjab Agricultural University. 39(3): 357-361.

31- Tilak, K. V. B. R., C. S. Singh, N. K. Roy, and N.S. Rao. 1982. Azosprillum brasilense and *Azotobacter chroococcum* inoculum: Effect on yield of maize (Zea mays) and sorghum (Sorghum bicolor). Soil Biology and Biochemistry. 4: 417-418.

32- Zahir, A. Z., S. A. Abbas, A. Khalid, and M. Arshad. 2000. Substrate depended microbial derived plant hormones for improving growth of maize seedling. Pakistan Journal of Biological Science. 3: 289-291.

33- www.fao.org