

بهبود کارآیی کودهای شیمیایی و امکان کاهش مصرف آن‌ها با کاربرد کودهای زیستی در ذرت

عبدالله جوانمرد^{۱*}، مصطفی امانی ماجیانی^۲

۱ و ۲ به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

*a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی با استفاده از جایگزینی کودهای زیستی، آزمایشی مزرعه‌ای بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۳۹۷ اجرا گردید. فاکتور اول شامل کود شیمیایی در سه سطح (N₁: بدون مصرف کود، N₂: مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و N₃: مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه + ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و فاکتور دوم شامل کود زیستی در چهار سطح (F₁: عدم تلقیح، F₂: تلقیح با نیتروکسین، F₃: تلقیح با فسفات بارور ۲ و F₄: تلقیح با فسفات بارور ۲+ نیتروکسین) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی سبب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گردید. در این مطالعه کاربرد توأم نیتروکسین و فسفات بارور ۲ از لحاظ بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت موثرتر از کاربرد انفرادی آن‌ها بود. همچنین کاربرد نصف کودهای شیمیایی از ته و فسفره به همراه تلقیح بذور با هر دو نوع کود زیستی ایده‌آل‌ترین شرایط را برای رشد ذرت فراهم آورد. در این ترکیب تیماری با توجه به اینکه از کودهای شیمیایی بصورت متعادل استفاده می‌شود، لذا خطرات زیست محیطی آن‌ها نیز می‌تواند کم گردد. یافته‌های این پژوهش نشان داد کودهای زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی می‌توانند بواسطه افزایش جذب مواد غذایی از خاک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را افزایش دهند.

کلمات کلیدی: فسفات بارور ۲، کود شیمیایی، عملکرد دانه، نیتروکسین.

۱. مقدمه

کودهای شیمیایی همیشه به عنوان انرژی ورودی باارزش در خاک برای تولید گیاه ارزیابی می‌شوند. اما هم‌اکنون مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و تأثیر سوئی که بر چرخه‌ی زیستی و خودپایداری بوم‌نظام‌های زراعی دارند، از یک سو و مسأله‌ی تامین غذای کافی با کیفیت مناسب برای جمعیت روزافزون جهان از سوی دیگر، تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است [۱۶]. نیتروژن و فسفر دو عنصر غذایی مهم می‌باشند که برای رشد گیاهان ضروری هستند. نیتروژن اساس تشکیل پروتئین و نوکلئیک اسید است و فسفر نیز در تمام فرایندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها دخالت دارد. کودهای نیتروژنه اصلی‌ترین عوامل آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشند. مشکل عمده کودهای فسفوره نیز تثبیت عمده این عنصر در خاک می‌باشد. فسفر در بیشتر خاک‌ها با کلسیم و به ندرت با آهن و آلومینیوم تشکیل کمپلکس می‌دهد. در خاک‌های آهکی رسوب فسفر به صورت فسفات کلسیم، عامل اصلی کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک به شمار می‌رود. جلالی و کلاهچی [۴] نشان دادند زمانی که کود فسفر به خاک افزوده می‌شود، بخشی از آن باعث افزایش فسفر محلول و بقیه رسوب می‌نماید و با قدرت زیاد در خاک تثبیت می‌شود. در صورت استفاده بیش از حد کودهای فسفوره نیز، علاوه بر تجمع بیش از نیاز فسفر، باعث ایجاد رقابت در جذب عناصر ریزمغذی به ویژه روی، اتلاف سرمایه، کاهش جمعیت قارچ میکوریزا و از همه مهمتر تجمع بیش از حد کادمیوم در محصولات کشاورزی می‌شود. در یک دهه گذشته کودهای زیستی به طور فشرده به عنوان دوستان بوم‌نظام‌های زراعی به کار برده می‌شوند، که سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک می‌شوند. کودهای زیستی جمعیت‌های میکروبی ریزوسفر هستند که شامل باکتری‌های افزایش دهنده‌ی رشد گیاه می‌باشند و قادرند از طریق فرایندهای مختلف بیولوژیکی، عناصر غذایی را از فرم غیرقابل جذب برای گیاه به فرم قابل جذب تبدیل کنند. مجموعه‌ای از باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن، توانایی حل‌کنندگی فسفر خاک، ترشح انواع هورمون‌های محرک رشد، آنزیم‌های طبیعی، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیباتی مانند سیدروفورها و گازهای فرار را دارند که موجب رشد ریشه، توسعه بخش هوایی گیاه، مقاومت به عوامل بیماریزا و حمله نماتدها می‌شوند [۲۷]. زبارت و همکاران [۳۴] گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه با افزایش تثبیت نیتروژن سبب تداوم سطح برگ می‌شود که با افزایش دوام سطح برگ، مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده‌ی خشک بیشتری تولید کند. نیتروکسین و فسفات بارور ۲، دو کود زیستی مهم و پرکاربرد در بهبود تولیدات کشاورزی می‌باشند. کود زیستی نیتروکسین، دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن از جنس‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر است. کود زیستی فسفات بارور ۲، دارای ۲ سویه (باکتری P5) که با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی شده و (باکتری P13) که با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی آن می‌شود. ملکی نارگ موسی و همکاران [۸]، پوریوسف و یدوی [۲] و کریمی و همکاران [۷] اثرات مثبت نیتروکسین و فسفات بارور ۲ را به ترتیب روی ذرت شیرین، آفتابگردان و لوبیا گزارش کردند. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و ارزیابی امکان جایگزینی کامل کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و یا حداقل امکان کاربرد تلفیقی این دو کود که در نهایت سبب صرفه جویی در مصرف کودهای شیمیایی و کاهش عوارض جانبی آن می‌باشند، اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریا ۱۴۷۷ متر، طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول کود شیمیایی در سه سطح شامل

N1 (بدون مصرف کود شیمیایی)، N2 (مصرف نیتروژن با توجه به نتایج آزمایش خاک و جداول توصیه کودی)، N3 (مصرف ۵۰ درصد N+۵۰ درصد P) و فاکتور دوم شامل کود زیستی در چهار سطح F1 (بدون مصرف کود زیستی)، F2 (کود زیستی نیتروکسین)، F3 (کود زیستی فسفات بارور ۲) و F4 (شامل نیتروکسین + فسفات بارور ۲) می‌باشد. قابل ذکر است که نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از موثرترین باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن از جنس *Azotobacter* و *Azospirillum* می‌باشد که این باکتری‌ها رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان را موجب می‌شود. کود بیولوژیکی فسفات بارور ۲ از انواع کودهای باکتریایی فسفره با جمعیت ۱۰۸ CFU/g باکتری‌های *Pantoea agglomerans strain P5* و *Pseudomonas putida strain P13* تشکیل شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). تهیه زمین شامل شخم، دیسک و لولر به طور یکسان برای تمام تیمارها صورت گرفت. هر کرت آزمایش شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۴ متر بود. فواصل بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی متر و فواصل بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی متر انتخاب شدند. در این آزمایش از رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد که در دسته ارقام دیررس با طول فصل رشد ۱۲۰ روزه قرار دارد. البته قبل از کاشت، خاک مزرعه جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱). مصرف کود اوره بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک، ۲۵ درصد آن در مرحله کاشت (۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۵۰ درصد آن ۳۰ روز بعد از کاشت به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و ۲۵ درصد باقیمانده (۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار) نیز در زمان ظهور گل تاجی به زمین اضافه شد. همچنین به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت مصرف شد. کودهای زیستی به صورت بذرمال استفاده شدند. ابتدا بذره‌های مصرفی با توجه به مساحت مورد نیاز روی یک پلاستیک تمیز ریخته شدند، سپس کود نیتروکسین (یک لیتر در هکتار) و فسفات بارور ۲ به مقدار ۰/۱ کیلوگرم در هکتار به تدریج و با استفاده از آبپاش روی بذرها پاشیده شدند تا زمانی که بذرها کاملاً آغشته شدند [۸]. تلفیق این دو با بذر ذرت تلقیح و بلافاصله نسبت به کشت به صورت هیرم کاری اقدام گردید. زمانی که رطوبت دانه‌ها به ۲۵ درصد رسید (اواخر شهریور)، برداشت جهت تعیین عملکرد دانه از دو ردیف وسطی در سطحی معادل ۳ مترمربع انجام گرفت. زمان ۵۰ درصد ظهور گل نر و ماده برای هر کرت ثبت و در زمان ۵۰ درصد ظهور ابریشم‌ها و ظهور بلال عدد SPAD به عنوان شاخصی از میزان کلروفیل برگ اطراف بلال از دو ردیف وسط هر کرت اندازه‌گیری گردید. نحوه اندازه‌گیری به این صورت بود که ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و میزان کلروفیل در برگ بلال و در سه نقطه از برگ (نوک، وسط و قاعده برگ) تعیین و میانگین آن برای هر کرت ثبت شد. در زمان رسیدگی هر کرت تعداد ۱۰ بلال از ردیف‌های وسط برداشت و تعداد ردیف دانه، تعداد دانه‌ها در بلال، وزن هزار دانه، نسبت چوب به بلال و قطر بلال اندازه‌گیری شد. از برداشت بلال‌های دو ردیف وسطی عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و در نهایت شاخص برداشت محاسبه گردید. داده‌های مربوط به صفات با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC و SPSS تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن از آزمون دانکن استفاده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

| عمق نمونه (cm) | هدایت الکتریکی (ds/m) | اسیدیته (pH) | کربن آلی (%) | ازت کل (%) | فسفر قابل جذب (ppm) | پتاسیم قابل جذب (ppm) | شن (%) | سیلت (%) | رس (%) | بافت خاک |
|----------------|-----------------------|--------------|--------------|------------|---------------------|-----------------------|--------|----------|--------|----------------|
| ۳۰-۰ | ۱/۳۶ | ۸/۰۹ | ۱/۳ | ۰/۱۳ | ۱۴/۶۲ | ۴۴۴ | ۱۸ | ۵۳ | ۲۹ | سیلتی-رسی لومی |
| ۳۰-۶۰ | ۲/۲۶ | ۸/۰۵ | ۱/۰۶ | ۰/۱ | ۶/۶۹ | ۳۱۴ | ۱۸ | ۵۲ | ۳۰ | سیلتی-رسی لومی |

۳. نتایج و بحث

ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که، کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی، تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع بوته نداشت (جدول ۲). با وجود این بیشترین ارتفاع به تیمارهای کود ازت و نیتروکسین بدست آمد که نشانگر نقش نیتروژن و کودهای زیستی نیتروژنه در افزایش رشد اندام هوایی مربوط می‌باشد (جدول ۳ و ۴). طبق جدول ۲ شاخص کلروفیل برگ نیز فقط تحت تأثیر کودهای شیمیایی قرار گرفت. مقایسه میانگین از نظر صفت شاخص کلروفیل نشان داد که تنها بین اعمال کودهای شیمیایی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). مصرف ۵۰ درصد کود نیتروژنه + ۵۰ درصد کود فسفره با میانگین ۵۴/۲۶ بالاترین و تیمار شاهد با میانگین ۳۸/۴ کمترین مقدار این شاخص را نشان دادند. با توجه به این‌که نیتروژن به طور مستقیم در ساختار ملکول کلروفیل شرکت می‌کند، می‌توان ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و کلروفیل را انتظار داشت [۱۹]. اسکارف و همکاران [۲۵] گزارش کردند که کلروفیل و نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند و به همین دلیل از میزان کلروفیل برای تعیین وضعیت نیتروژن در گیاهان استفاده می‌شود. طبق جدول ۵، صرف نظر از معنی‌دار نبودن اثر متقابل، مشاهده می‌گردد که در زمان عدم استفاده از کودهای شیمیایی، کود نیتروکسین بالاترین مقدار شاخص کلروفیل را داشت، اما در زمان استفاده از کود ازته حضور کود زیستی فسفات ۲ بارور سبب افزایش شاخص کلروفیل شده است. به نظر می‌رسد که، با این‌که نیتروژن نقش بسزایی در افزایش کلروفیل دارد اما تأمین فسفر نیز لازم و ضروری است. کریمی و همکاران [۷] و ملکی نارگ موسی و همکاران [۸] نیز تأثیرات مثبت کودهای زیستی را روی محتوی کلروفیل لوبیا سبز و ذرت شیرین گزارش کردند. کودهای زیستی با بهبود جذب عناصر مخصوصاً نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن برای گیاه می‌توانند سبب افزایش کلروفیل گردند.

تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه

بر اساس تجزیه واریانس اثر کود شیمیایی روی تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر کود زیستی نیز روی تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه آن هم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). ضمن اینکه اثر متقابل کود شیمیایی و زیستی نیز در سطح احتمال ۱ درصد در مورد وزن هزار دانه معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها از نظر تعداد دانه در بلال نشان داد که مصرف ۵۰ درصد کود اوره + ۵۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل با متوسط ۷۷۶/۸ دانه در بلال، مقدار این صفت را ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۳). در بین کودهای زیستی نیز، کاربرد توأم نیتروکسین و فسفات ۲ بارور سبب افزایش ۹ درصدی تعداد دانه در بلال گردید که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با کاربرد نیتروکسین نداشت (جدول ۴). با توجه به نتایج، نقش همزمان نیتروژن و فسفر در شکل‌گیری دانه در بلال بیشتر نمایان می‌گردد. به نظر می‌رسد که ریشه گیاه ذرت، کود سوپرفسفات تریپل را بوسیله باکتری‌های موجود در کود زیستی در مدت زمان کمی در اختیار می‌گیرد، اما به دلیل نیاز بیشتر فسفر در اوایل رشد گیاه، حضور باکتریهای فعال و حل‌کننده فسفر در تیمارهای بالای فسفر شیمیایی، با افزایش حلالیت فسفر و عناصر دیگر مورد نیاز گیاه، منجر به تقویت رشد گیاه و افزایش تعداد و وزن دانه شود که این موضوع با نتایج و زهیر و همکاران [۳۱] و یزدانی و همکاران [۳۰] مطابقت داشت. بیاری و همکاران [۱۱] و زاید و همکاران [۳۲] روی ذرت نتایج مشابهی را نیز گزارش کردند. مقایسه میانگین داده‌های وزن هزار دانه نشان داد که در بین تیمارهای کود شیمیایی، تیمار کود ازته با میانگین ۲۷۴ گرم بالاترین وزن هزار دانه را در مقایسه با تیمارهای دیگر داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد این تیمار به واسطه افزایش شاخص کلروفیل و افزایش تولید مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه منجر به افزایش مقدار این صفت شده است. در بین تیمارهای کود زیستی نیز کاربرد توأم نیتروکسین و فسفات ۲ بارور سبب بیشتر از کاربرد انفرادی آن‌ها سبب افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان می‌دهد که در زمان عدم استفاده از کودهای شیمیایی، کود نیتروکسین نسبت به شاهد و کود فسفات ۲ بارور ۲ وزن هزاردانه بیشتری داشت. همچنین در زمان استفاده از کود ازته حضور کود زیستی فسفات ۲ بارور اثر بهتری روی افزایش وزن هزار دانه داشت. بنابراین تأمین همزمان نیتروژن و فسفر اثر بهتری روی پر شدن دانه داشته است. در ارتباط با افزایش وزن هزار دانه به

دنبال کاربرد کودهای زیستی می‌توان اظهار داشت که این افزایش می‌تواند به تاثیر باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن و توسعه‌ی بهتر سیستم ریشه‌ای و به تبع آن جذب بهتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن نسبت داده شود. باتوجه به نقش هورمون‌ها به خصوص سیتوکینین در افزایش ظرفیت مخزن و نقش آن در پر کردن دانه، به نظر می‌رسد که وزن کمتر بذر در تیمارهای عدم تلقیح، به دلیل کاهش میزان این هورمون‌ها باشد [۲۱]. زیدان [۳۳] نشان داد که افزایش محتوای فسفر خاک از صفر تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار به علت افزایش فسفر محلول نقش بسیار مهمی در جذب عناصری از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی دارد و باعث اختصاص بیشتر مواد غذایی و مواد فتوسنتزی به بذر و در نتیجه بزرگتر شدن اندازه دانه می‌شود و به نظر می‌رسد که قسمتی از افزایش وزن هزاردانه می‌تواند به همین دلیل باشد. افزایش مقدار فسفر محلول، میزان ذخیره فیتین بذر را افزایش می‌دهد. فیتین منبع اصلی ذخیره فسفر در اکثر دانه‌ها و بذرها و ترکیب مهمی برای جوانه زدن و رشد دانه است و می‌تواند نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد. نورمحمدی و همکاران [۹] گزارش کردند فسفر در هنگام تشکیل و پر شدن دانه‌ها همانند ازت که تا این موقع در برگ و ساقه و چوب بلال ذخیره شده بود؛ به دانه‌ها انتقال پیدا می‌کند (حدود ۷۵ درصد فسفر در دانه‌ها ذخیره می‌شود) طوری کمبود هر از کدام از این عناصر سبب ریز شدن دانه‌ها می‌گردد. پوریوسف و یدوی [۲] نشان دادند که تلقیح بذر آفتابگردان با نیتروکسین و فسفات‌ها بارور ۲ سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید. قاسمی و همکاران [۱۶] گزارش کردند که افزایش وزن هزاردانه در ذرت زمانی بالاترین مقدار را داشت که کود زیستی با کود شیمیایی فسفر بصورت تلفیقی مورد استفاده قرار گرفت که علت آن را افزایش فسفر قابل دسترس برای ریشه گیاه در اثر افزایش حلالیت فسفر شیمیایی بوسیله باکتری‌های موجود در کود زیستی اعلام کردند.

عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت

عملکرد بیولوژیکی هم تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی قرار گرفت، اما برهمکنش بین دو نوع کود بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی با میانگین ۳۲/۵ تن در هکتار به تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره بدون تفاوت معنی‌دار با مصرف ۵۰ درصد کود نیتروژنه + ۵۰ درصد کود تعلق داشت (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی نیز سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد گردید و بیشترین عملکرد با کاربرد همزمان نیتروکسین و فسفات‌ها بارور ۲ حاصل شد (جدول ۴). هج و همکاران [۱۸] در آزمایشی اثر زیستی فسفر را در ذرت مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که مصرف کود زیستی موجب افزایش عملکرد زیستی در ذرت شد که این اثر را به افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه نسبت دادند. در شرایط کمبود فسفر در سطوح پایین فسفر محلول، افزایش فعالیت هورمون‌هایی مانند اتیلن باعث ممانعت از رشد و توسعه اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و در شرایط کمبود فسفر فعالیت هورمون‌هایی مانند سیتوکینین که نقش حیاتی در تقسیم و توسعه سلولی در مناطق مریستمی دارند نیز کاهش می‌یابد، ولی در شرایط فراهمی فسفر، فعالیت این هورمون‌ها افزایش یافته و موجب رشد اندام‌های گیاهی و تقویت رشد اندام‌های زایشی و در نتیجه عملکرد زیستی مطلوب را فراهم می‌کند [۲۲]. همچنین دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی بخصوص نیتروژن، از طریق تاثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و همچنین افزایش کلروفیل، در افزایش زیست توده گیاه بسیار موثر می‌باشد. همچنین باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با دارا بودن خاصیت تثبیت نیتروژن، حل‌کنندگی فسفر و همچنین توانایی تولید اکسین و افزایش ریشه‌زایی، موجب توسعه‌ی بخش هوایی ذرت گردیده و با تغییرات عمده در فیزیولوژی گیاه موجب افزایش چشمگیر عملکرد و کیفیت گیاه شد [۸]. بیارت و روی [۱۰]، کوآومن و آل کاسی [۲۰] و شفاعتی و همکاران [۵] گزارش کردند که ازت و فسفر تاثیر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت داشتند. ملکی نارگ موسی و همکاران [۸] نیز اثرات مثبت کودهای زیستی در افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت را گزارش کردند.

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها برای صفت عملکرد دانه نشان داد که، بین سطوح مختلف کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما اثر متقابل این دو روی عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

در بین تیمارهای کود شیمیایی، مصرف ۵۰ درصد کود نیتروژنه + ۵۰ درصد کود فسفره با میانگین ۱۶/۹۱ تن در هکتار بالاترین عملکرد و تیمار شاهد با میانگین ۱۳/۶۸ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده‌اند. بیارت و روی [۱۰] گزارش کردند که واکنش عملکرد دانه سورگوم با افزایش مقادیر نیتروژن و فسفر افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت. در بین تیمارهای کود زیستی، تیمارهای کاربرد نیتروکسین، فسفات‌ه بارور ۲ و تیمار کاربرد توأم نیتروکسین و فسفات‌ه بارور ۲ به ترتیب سبب افزایش ۱۴، ۲۳ و ۲۸ درصدی در عملکرد دانه گردیدند (جدول ۴). همچنین با توجه به نتایج ملاحظه می‌گردد که کاربرد کودهای زیستی به همراه نصف مقدار کودهای شیمیایی سودمندتر از عدم کاربرد کودهای شیمیایی و یا کاربرد نیتروکسین است (جدول ۵). افزایش عملکرد دانه تحت تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی را می‌توان در نتیجه تاثیر مثبت این تیمارها روی اجزای عملکرد ذرت (تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه) دانست (جداول ۳ و ۴). نتایج مشابهی توسط پوریوسف و یدوی [۲] روی آفتابگردان و ملکی نارگ موسی و همکاران [۸] روی ذرت شیرین گزارش شده است. برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که باکتری‌های محرک رشد از طریق فرآیندهای مختلفی از قبیل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد و ترشح آنزیم‌های مختلف، از قبیل آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی که موجب محلول‌سازی فسفات و افزایش فسفات قابل جذب گیاه می‌شوند، عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند [۲۸]. دوره پر شدن دانه، مرحله اصلی تشکیل عملکرد ذرت است و طولانی بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد [۱۷]. داینارد و همکاران [۱۴] وجود تفاوت ۴ روزه در طول دوره پر شدن دانه ذرت را در حضور کود زیستی گزارش کردند. بنابراین تفاوت طول دوره پر شدن دانه دور از انتظار نیست و احتمال دارد کودهای زیستی، به ویژه باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم سازند. زبارت و همکاران [۳۴] گزارش کردند که نیتروژن باعث تداوم سطح برگ می‌شود. با افزایش دوام سطح برگ مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده‌ی خشک بیشتری تولید کند. کالمب و همکاران [۱۳] اظهار داشتند، با افزایش میزان مصرف فسفر، رشد گیاه تحت تاثیر قرار گرفته است، شاخص سطح برگ افزایش یافته و به تبع آن کلروفیل و فتوسنتز بیشتر شده و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌گردد. کرمی و سپهری [۶] گزارش کردند که کاربرد ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + زیستی توانسته در شرایط تنش کم آبی ریشی عملکرد بهتری نسبت به کاربرد کامل ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی داشته باشند.

شاخص برداشت نشان دهنده میزان مواد انتقال یافته و ذخیره شده در دانه نسبت به کل مواد تولید شده در دوره‌های ریشی و زایشی است و به عنوان یک صفت مهم در ارزیابی تولید محصولات زراعی پیوسته مورد تاکید محققان قرار گرفته است. این شاخص بطور معنی‌داری تحت تاثیر کودهای زیستی و اثر متقابل کود شیمیایی و زیستی قرار گرفت (جدول ۲). در بین تیمارهای کود زیستی، تلقیح بذور با فسفات‌ه بارور ۲ سبب افزایش تقریباً ۱۶ درصدی در این صفت گردید که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). جدول ۵ نشان می‌دهد که در تیمارهای عدم تلقیح باکتری‌ها، کاربرد کودهای شیمیایی سبب افزایش شاخص برداشت گردید. همچنین کاربرد انفرادی کودهای زیستی نیز به تنهایی سبب افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد گردید، اما زمانیکه این دو نوع کود با هم مورد استفاده قرار گرفتند، تاثیر معنی‌داری روی شاخص برداشت نداشتند. نیتروژن و فسفر، موجب سرعت رشد، شادابی رنگ بوته‌ها، افزایش رشد ریشه‌ها، و افزایش ارتفاع می‌گردد و همچنین اضافه کردن نیتروژن به خاک باعث افزایش سطح برگ و در نهایت عملکرد و بالا بردن شاخص برداشت می‌شود. شفاعتی و همکاران [۵] افزایش در شاخص برداشت را با اعمال کود شیمیایی نیتروژن و فسفر گزارش کردند. توحیدی نیا و همکاران [۳] نتیجه گرفتند که جذب فسفر توسط گیاه با وجود این که علاوه بر عملکرد اقتصادی بر عملکرد زیستی نیز تاثیر مثبت دارد، ولی تاثیر آن بر افزایش شاخص برگ‌ها بیشتر از تاثیر آن بر عملکرد دانه است و این تاثیر بیشتر باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود. احتشامی و همکاران [۱] نیز طی آزمایشی مربوط به بررسی اثر آبیاری و منابع و مقادیر مصرف فسفر بر ذرت گزارش کردند که کود فسفر شیمیایی و زیستی بر صفت شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تاثیر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی و زیستی

| میانگین مربعات | | | | | | | |
|------------------------|------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | شاخص کلروفیل | تعداد دانه در بلال | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | عملکرد شاخص برداشت |
| تکرار | ۲ | ۱۱۸۱/۹۳** | ۳۷۳/۱۹** | ۲۰۹۶/۷ ^{ns} | ۳۵۷/۶۸ ^{ns} | ۳۶/۱۲** | ۰/۰۴۱** |
| کودشیمیایی | ۳ | ۱۳۲/۳ ^{ns} | ۱۳۰/۳** | ۶۵۶۸** | ۲۲۱۹** | ۴۹/۷** | ۹۱/۱ ^{ns} |
| کود بیولوژیک | ۶ | ۱۳۰/۱ ^{ns} | ۸۶/۲ ^{ns} | ۱۰۵۶۶* | ۹۶۴* | ۳۳/۷** | ۱۶۲/۳* |
| کودشیمیایی*کودبیولوژیک | ۳۳ | ۵۹/۳ ^{ns} | ۳۲/۱ ^{ns} | ۵۶۹۲ ^{ns} | ۱۵۶۵* | ۳/۸ ^{ns} | ۱۴۸/۳* |
| خطای آزمایشی | | ۱۲۳/۸ | ۵۷/۴ | ۳۱۲۹/۳ | ۳۱۲ | ۳/۳ | ۴۹/۲ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۳/۸۸ | ۱۵/۵ | ۷/۶۶ | ۷/۹۷ | ۱۱/۶ | ۱۱/۸۱ |

*، **، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

جدول ۳- میانگین سطوح مختلف کود شیمیایی از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد ذرت.

| تیماز | ارتفاع بوته | شاخص کلروفیل | تعداد ردیف دانه | تعداد دانه در ردیف | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد بیولوژیک (تن/هکتار) | عملکرد دانه (تن/هکتار) | شاخص برداشت |
|-------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|-------------|
| شاهد | ۲۸۳/۷a | ۳۸/۴۰b | ۱۵/۱b | ۴۳/۴b | ۲۵۱/۳b | ۲۵/۲۵b | ۱۳/۶۹b | ۵۵/۶۹a |
| N | ۲۸۹/۵a | ۵۳/۸۰a | ۱۵/۶ab | ۴۸/۴a | ۲۷۴/۸a | ۳۲/۵۲a | ۱۶/۵۳a | ۵۰/۹۴a |
| ۵۰٪ (N + P) | ۲۸۶/۸a | ۵۴/۲۶a | ۱۵/۸a | ۴۸/۹a | ۲۶۴/۴a | ۳۱/۹۴a | ۱۶/۹۱a | ۵۲/۹۷a |

در هر ستون میانگین دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- میانگین سطوح مختلف کود زیستی از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

| تیماز | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | شاخص کلروفیل | تعداد دانه در بلال | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) | عملکرد دانه (تن در هکتار) | شاخص برداشت |
|-------------------|-------------------------|--------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------|
| شاهد | ۲۸۲/۶a | ۴۴/۸a | ۷۰۲/۵b | ۲۵۳/۱b | ۲۷/۶b | ۱۳/۴c | ۴۹/۹b |
| نیتروکسین | ۲۹۰/۵a | ۴۹/۶a | ۷۴۰ab | ۲۶۱/۴ab | ۳۰/۳ab | ۱۵/۳b | ۵۰/۶b |
| بارور ۲ | ۲۸۷/۱a | ۵۰/۵a | ۷۱۱/۵b | ۲۶۴/۸ab | ۲۹/۴ab | ۱۶/۶ab | ۵۷/۹a |
| نیتروکسین+بارور ۲ | ۲۸۷/۴a | ۵۰/۲a | ۷۶۸a | ۲۷۴/۸a | ۳۲/۲a | ۱۷/۲a | ۵۴/۲ab |

در هر ستون میانگین دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- میانگین ترکیبات تیماری کودهای زیستی و شیمیایی از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد

| شخص برداشت (درصد) | عملکرد دانه (تن در هکتار) | عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار) | وزن هزار دانه (گرم) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | کود زیستی | کود شیمیایی |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| ۴۵/۷c | ۱۰/۱ | ۲۴/۴ | ۲۱۵/۰c | ۲۷۶/۸ | عدم تلقیح | شاهد |
| ۴۸/۴c | ۱۳/۵ | ۲۸/۰ | ۲۵۷/۰ab | ۲۸۸/۹ | نیتروکسین | |
| ۶۸/۱a | ۱۵/۰ | ۲۲/۱ | ۲۴۷/۰b | ۲۸۴/۸ | بارور ۲ | |
| ۶۰/۴ab | ۱۵/۹ | ۲۶/۴ | ۲۸۶/۳a | ۲۸۴/۸ | نیتروکسین+بارور ۲ | |
| ۵۰/۳bc | ۱۵/۲ | ۳۰/۴ | ۲۸۱/۳a | ۲۸۷/۱ | عدم تلقیح | کود نیتروژنه |
| ۵۲/۱bc | ۱۵/۳ | ۲۹/۴ | ۲۵۷/۳ab | ۲۹۳/۸ | نیتروکسین | |
| ۵۲/۷bc | ۱۷/۸ | ۳۳/۹ | ۲۸۱/۵a | ۲۹۱/۸ | بارور ۲ | |
| ۴۸/۵c | ۱۷/۶ | ۳۶/۲ | ۲۷۹/۳a | ۲۸۵/۵ | نیتروکسین+بارور ۲ | |
| ۵۳/۷bc | ۱۵/۰ | ۲۷/۹ | ۲۶۳/۰ab | ۲۸۴/۰ | عدم تلقیح | ۵۰ درصد (N + P) |
| ۵۱/۴bc | ۱۷/۲ | ۳۳/۵ | ۲۷۰/۰ab | ۲۸۹/۱ | نیتروکسین | |
| ۵۲/۸bc | ۱۷/۰ | ۳۲/۲ | ۲۶۶/۰ab | ۲۸۲/۰ | بارور ۲ | |
| ۵۳/۸bc | ۱۸/۲ | ۳۴/۰ | ۲۵۸/۸ab | ۲۹۲/۱ | نیتروکسین+بارور ۲ | |

در هر ستون میانگین دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش اعمال کودهای شیمیایی و زیستی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نسبت به شرایط عدم استفاده از کود شد و از بین تیمارها، تلفیق کود شیمیایی و کودهای زیستی بیشترین تاثیر را بر افزایش عملکرد این گیاه داشت. همچنین تلاش برای تامین تمامی عناصر ضروری و پر مصرف هر چند به مقدار کم بهتر از تامین یک عنصر به مقدار زیاد است. با توجه به اثر بهتر تیمارهای تلفیقی می‌توان اینگونه بیان کرد که کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور ۲ به تنهایی قادر به تامین کامل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه ذرت نیستند ولی اگر با کودهای شیمیایی مورد نیاز استعمال گردند، می‌توانند در بهبود و افزایش عملکرد کمی کیفی گیاه موثر واقع شوند.

مراجع

- [1] اکبری، پ.، فلاوند، الف.، مدرس ثانوی، ع. م. 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 و تولید پایدار. ۱(۱۹): ۸۳-۹۳.
- [2] پوریوسف، ز.، یدوی، ع. ۱۳۹۳. تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴ (۱): ۹۵-۱۱۲.
- [3] توحیدی نیا، م. ع.، مظاهری، ع.، حسینی، م. ب.، مدنی، ح. ۱۳۹۲. اثر مصرف توأم کود زیستی بارور ۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵ (۴): ۳۰۷-۲۹۵.
- [4] جلالی، م.، کلاه‌چی، ز. ۱۳۸۴. فراهمی فسفر در خاک در اثر افزودن مقادیر مختلف کود فسفر در خاکهای استان همدان. مجله علوم آب و خاک، ۱۹ (۱): ۵۳-۶۰.
- [5] شفاعتی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، پیردشتی، ه.، عباسیان، الف. ۱۳۸۹. اثر کاربرد کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare*). خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- [6] کریمی، ا.، سپهری، ع. ۱۳۹۲. اثر کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر کارایی مصرف عناصر و شاخص برداشت گاوزبان (*Borage officinalis L.*) تحت تنش کم آبی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۱۳ (۳): ۱۴۳-۱۵۶.

- [7] کریمی، ک.، بلند نظر، ص.، آشوری، س. ۱۳۹۲. اثر کودهای زیستی و قارچ میکوریز آرباسکولار بر عملکرد، صفات رشد و کیفیت لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris* L.). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳ (۳): ۱۵۷-۱۶۷.
- [8] ملکی نارگ موسی، م.، بلوچی، ح.ر.، فرجی، ه.، یدوی، ع. ۱۳۹۲. اثر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت شیرین. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳ (۲): ۱۰۴-۸۹.
- [9] نورمحمدی، ق.، سیادت، ع.، کاشانی، ع. ۱۳۸۶. زراعت جلد اول (غلات). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [10] Beyaert, R. P., Roy, R. C. 2005. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum - sudangrass yield and nitrogen use. *Agronomy Journal*. 97:1493-1501.
- [11] Biari, A., Gholami, A., 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 (6): 1015-1020.85
- [12] Chandrasekar, B. R., Ambrose, G., Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. *Journal of Agricultural Technology*. 1(2): 223-234.
- [13] Colomb, B., Kinivy, R., Debaeke, P. H. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. *Agronomy Journal*. 25: 428-443.
- [14] Daynard, T. B., Tanner, J.W., Duncan, W. G. 1971. Duration of the grain filling period and its relative to grain yield in corn. *Crop Sci*. 11: 45-48.
- [15] Ehteshami, M., Aghaalikhani, M., Chaechi, M., Khavazi, K. 2009. Effects of phosphate biological fertilizer on quantitative and qualitative properties of maize under water stress. *J. Agric Sci*. 40: 15-26.
- [16] Ghasemi, S., K. Siavoshi, R. Choukan, Khavazi, K. 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) cv. KSC704 under water deficit stress conditions. *Seed Plant Prod. J*. 27-2 (2): 219-233.
- [17] Grant, R. F. 1986. Simulation of maize phenology. *Agron J*. 81: 451-457.
- [18] Hegde, D., Dwived, M., Sudhakara, B. S. 1999. Biofertilizers for cereal production in India-A review. *Indian J. Agric. Sci*. 69: 73-83.
- [19] Hopkins, W., Huner, N. P. A. 2008. Introduction to plant physiology. Fourth edition. Wiley press.
- [20] Kwaw-Mensah, D., Al-Kasi, M. 2006. Tillage and nitrogen source and rate effects on corn response in corn-soybean rotation. *Agronomy Journal*. 98: 507-513.
- [21] Lohar, D. P., Schaff, J. E., Laskey, J. G., Kieber, J. J., Bilyeu K. D., Bird, D. M. 2004. Cytokinins play opposite roles in lateral root formation, and nematode and rhizobial symbioses. *Plant J*. 38 (2): 203-214.
- [22] Lopes, A. S. 2003. Soils under Cerrado: A success story in soil management In: IFA278 references (Eds.) IFAPPI Regional Conference for Latin America and the Caribbean. International Fertilizer Industry Association, Paris, pp.1-10.
- [23] Mahfouz, S. A., Sharaf-Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculumvulgare* Mill.). *International Agrophysics*. 21:361-366.
- [24] Mittal, V., Sigh, O., Nayyar, H., Kaur, G. and Tewari, R. 2008. Stimulatory effect of phosphate solubilizing fungal strains (*Aspergillus awarvori* and *Pencillum citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L). *Soil Biology and Biochemistry*. 40: 718-727.
- [25] Scharf, P. C., Brouder, S. M., Hoef, R. G. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Agronomy Journal*. 95:655-665.
- [26] Shata, S. M., Mahmoud, A., Siam, S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3(6): 733-739.

- [27] Spaepen, S., Dobbelaere, S. 2008. Effect of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants. *Plant Soil*, 312: 15-23.
- [28] Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- [29] Yasari, E., Patwardhan, A.M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. *Asian Journal Plant Sciences*. 6(1):77-82.
- [30] Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., Esmaili, M. A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *Int. J. Biol. Life Sci.* 1: 2-8.
- [31] Zahir, Z. A., Akram, M., Arshad, M., Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pak. J. Soil Sci.* 15: 7-11.
- [32] Zaid, K. A., Abd El-Hadi, A. H., Sharief, A.E., Ashour, E. H., Nassef, M. A. 2007. Effect of horizontal DNA transfer in *Azospirillum* and *Azotobacter* strains on biological and biochemical traits of non-legume plants. *Journal of Applied Science Research*. 3: 73-6.
- [33] Zeidan, M. S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3(6): 748-752.
- [34] Zebbarth, B., Shard, R., Howblin, J. 2001. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red Winter wheat. *Plant science*. 72:13-19.

Improvement of chemical fertilizers efficiency and the possibility of reduction their application by biofertilizers in the production of maize (*Zea mays* cv. SC704)

Abdollah Javanmard^{1*}, Mostafa Amani Machiani²

1 and 2- Associate Professor and Ph.D student of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran, respectively.

(*Corresponding author: a.javanmard@maragheh.ac.ir)

m.amanim@maragheh.ac.ir

Abstract

In order to evaluation of the possibility of reduction of chemical fertilizer application via their replacement with biofertilizers, a field experiment based on randomized complete block design (RCBD) with 12 treatment and four replication was established at the Research Farm of university of Maragheh during 2017. The first factor was included chemical fertilizer (N₁: control, without fertilizer, N₂: application of 150 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer and N₃: 75 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer+ 50 kg ha⁻¹ super phosphate triple) and the second factor was included biofertilizer (F₁: control, F₂: inoculation with Nitroxin, F₃: inoculation with Barvare-2 and F₄: inoculation with Nitroxin and Barvare-2). Results revealed that application of chemical and biological fertilizers lead to significant increasing in chlorophyll index, number of kernal per ear, 1000-seed weight, biological and grain yield. In this research, co-application of Nitroxin and phosphate Barvare-2 was more effective than their single application on maize yield and yield components. Also application of 50% nitrogen+ 50% phosphor fertilizers with biofertilizers supplied ideal situation for maize growth. In the above mentioned treatment (50% nitrogen+50% super phosphate triple+ biofertilizers), environmental hazardous could be decreased in order to balanced application of chemical fertilizers. Our finding showed that the biological fertilizers accompanied with chemical fertilizer could increase maize yield and its yield components by enhancement of nutrients uptake.

Keywords: Chemical fertilizers, Grain yield, Nitroxin, Phosphate Barvare-2.