دوفصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دهم، شماره اول، بهارو تابستان 99

اثر مدیریت مصرف کودهای زیستی و شیمیایی‌بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در رامهرمز

شهین اکبری[1]، مهرو مجتبایی زمانی[2*]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران.

2- استادیار گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران

* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیکی: mahroo.mojtabaei@gmail.com

(تاریخ دریافت: 2 مرداد ماه 1399; تاریخ پذیرش: 21 شهریورماه 1399)

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی-دامی و زیستی بر عملکرد ذرت (سینگل کراس 703)، این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان سال 1395 در شهرستان رامهرمز اجرا شد. کرت‌های اصلی در چهار سطح مصرف کود شیمیایی (100، 50 و 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK و عدم مصرف کود شیمیایی (مصرف کود دامی)) و کرت‌های فرعی در سه سطح عدم تلقیح بذر؛ تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات و پتاسیم (ازتوبارور+فسفاته‌بارور+پتابارور) و تلقیح بذر با کودهای زیستی مذکور+قارچ آسپرژیلوس بود. بیشترین عملکرد دانه به سطح تیماری 100 درصد مصرف NPK تعلق داشت، ولی بین دو سطح 100 و 50 درصد مصرف NPK ازلحاظ تعداد برگ در بوته، طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نبود. اثر کود زیستی بر عملکرد دانه و اجزای آن معنی‌دار بود و بین دو سطح تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری+قارچ آسپرژیلوس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط عدم تلقیح بذر، با کاهش 50 درصدی مصرف NPK، عملکرد دانه در حدود 24 درصد کاهش یافت، درحالی‌که با تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و کاهش 50 درصدی مصرف NPK، کاهش عملکرد دانه نسبت به مصرف 100 درصد NPK بدون تلقیح بذر، حدود 12 درصد بود. ازاین‌رو، تلقیح توأم بذر با کودهای زیستی ازتوبارور، فسفاته‌بارور و پتابارور در تلفیق با مصرف 50 درصد توصیه‌شده کود شیمیایی NPK به دلیل کاهش هزینه نهاده‌های شیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی در زراعت ذرت در منطقه رامهرمز مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آسپرژیلوس، باکتری‌های محرک رشد، کشاورزی پایدار

مقدمه

روش‌های کشاورزی رایج وابستگی زیادی به مصرف کودهای شیمیایی دارند. آلودگی محصولات کشاورزی به مواد شیمیایی، آلودگی آب، خاک و هوا، وابستگی نظام‌های کشاورزی به مصرف انرژی حاصل از سوخت‌های تجدید ناپذیر، عدم مدیریت منابع و عدم پایداری تولید ازجمله معایب استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در نظام‌های کشاورزی رایج محسوب می‌شوند (18). در این میان کاربرد کودهای آلی و زیستی در تلفیق با کودهای شیمیایی یکی از روش‌های مدیریتی مناسب محسوب می‌شود.

امروزه طیف وسیعی از باکتری‌های خاکزی، قارچ‌ها و جلبک‌ها با سازوکارهای مختلف برای تولید کودهای زیستی استفاده می‌شوند و باکتری‌ها فراوان‌ترین نوع مصرف در تولید کودهای زیستی محسوب می‌شوند (2). ازتوباکتر یک باکتری آزادزی هوازی در خاک است که علاوه بر تثبیت نیتروژن، در سنتز تحریک‌کننده‌های رشدی نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلیک اسید مؤثر بوده و ازاین‌رو، این باکتری به‌عنوان یکی از انواع ریزوباکترهای تحریک‌کننده رشد گیاهی شناخته می‌شود (17). باکتری‌های سودوموناس نیز نقش بسیار مهمی در جذب فسفر و بعضی از عناصر غذایی دارند. این باکتری‌ها با کاهش اسیدیته محیط و تولید اسیدهای آلی نظیر اسید کتوگلوکونیک، اسید فوماریک و اسید فرمیک، روی حلالیت فسفات‌های نامحلول اثر می‌گذارند. توانایی تولید آنزیم‌هایی نظیر فسفاتاز (که در معدنی شدن فسفر آلی خاک نقش دارد) از ویژگی‌های دیگر این باکتری‌ها محسوب می‌شود (1). علاوه بر این، توانایی سویه‌های مختلف باکتری‌های سودوموناس نظیر *Pseudomonas vancouverensis* و *Pseudomonas koreensis* در تبدیل پتاسیم تثبیت‌شده و غیر تبادلی به فرم قابل‌استفاده برای گیاه به اثبات رسیده است (8 و 16). باکتری *Pantoea agglomerans* نیز ازجمله باکتری‌های مؤثر در محلول سازی فسفات معرفی‌شده است. بررسی‌های به‌عمل‌آمده در مورد این باکتری حاکی از آن است که این باکتری با تثبیت نیتروژن اتمسفری، تولید فیتوهورمون‌هایی نظیر ایندول استیک اسید، تخریب فیتات و محلول سازی فسفات نقش مؤثری در رشد گیاه دارد (15). علاوه بر باکتری‌ها، قارچ‌ها نیز توانایی بالایی در حل نمودن فسفات نامحلول در خاک‌دارند. قارچ‌های آسپرژیلوس قادرند در شرایطی که منبع نیتروژن و کربن آن‌ها فراهم باشد، فسفر را از کانی‌ها جدا و به حالت قابل‌دسترس درآورند. این قارچ‌ها با تولید اسیدهای آلی نظیر اسیدسیتریک، اسید گلوکونیک، اسید تانیک و آنزیم‌هایی نظیر آمیلاز، پکتیناز، بتاگالاکتوزیداز و فسفاتاز در آزادسازی فسفر مؤثرند (1).

اثر مثبت کودهای زیستی (حاوی باکتری‌های مختلف یا قارچ) در تلفیق با کودهای شیمیایی‌بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی نظیر ذرت به اثبات رسیده است (4، 6 و 13). شدت این اثر بسته به شرایط آب و هوایی منطقه، ویژگی‌ها و حاصلخیزی خاک، مدیریت زراعی و نوع کود زیستی متفاوت است. در بررسی مدیریت تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی‌بر عملکرد ذرت مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار مصرف کودهای زیستی (حاوی آزوسپریلوم، سودوموناس، ازتوباکتر و باسیلوس) همراه با 50 درصد مصرف توصیه‌شده کودهای شیمیایی (حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به دست آمد (21). یزدانی و همکاران (23) با بررسی اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات (سودوموناس و باسیلوس) و باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر و آزوسپریلوم) همراه با مصرف کود شیمیایی حاوی NPK باعث افزایش وزن بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و نهایتاً عملکرد دانه شد. ایشان اظهار داشتند که با اعمال همه تیمارهای کودی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محرک رشد، بدون کاهش عملکرد دانه ذرت، می‌توان مصرف کود شیمیایی حاوی فسفر را

به نصف تقلیل داد. در پژوهشی دیگر، کاربرد 50 درصد توصیه‌شده کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر در تلفیق با کود زیستی فسفاته بارور و نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلوم) منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی شد و بیشترین عملکرد دانه در این تیمار حاصل شد (3).

کمبود مواد آلی در خاک زراعی مناطـقی از خوزستان ازجمله رامهرمز به دلیل عدم اجرای تناوب مناسب، استفاده از راهکارهای کشاورزی فشرده، بارنـدگی سالیانه کم و دمای زیاد منجر به تضعیف ساختمان خاک و ایجـاد بسـتری نامناسب برای رشـد گیاهـان شده است. با توجه به اینکه در گیاهان پرتوقـعی نظـیر ذرت، افـزایش تولـید نیازمـند افزایش مصرف نهاده‌های کشاورزی است، به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی (که قادرند بخشی از نیاز غـذایی گیاه را فراهم کنند) در کنار مصـرف مقدار مناسب انواع کـودهای شیمـیایی می‌تواند در جـهت افزایش عملـکرد ذرت و بهـبود شرایط فـیزیکی و شیمیایی خاک راهگشا باشد. ازاین‌رو هدف از این پژوهش بررسی امکان کاهش میزان کـاربرد کـودهای شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با کودهای زیستی و تعیین مناسـب‌ترین سطح مصرف کودهای شیمیایی NPK در تلفـیق با مصرف کودهای زیستی تأمین‌کننده NPK برای گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی خوزستان- رامهرمز بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال 1395 در مزرعه‌ی تحقیقاتی هنرستان کشاورزی شهید رجایی شهرستان رامهرمز (طول جغرافیایی 49 درجه و 36 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 31 درجه و 16 دقیقه شمالی، 150 متر ارتفاع از سطح دریا و میانگین بارش سالانه در حدود 297 میلی‌متر) به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. چهار سطح مصرف کودهای شیمیایی شامل: 1- 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، 2- 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، 3- 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، 4- مصرف کود دامی (عدم مصرف کود شیمیایی) به‌عنوان کرت اصلی و سه سطح مصرف کود زیستی شامل: 1- عدم تلقیح بذر، 2- تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری (کود زیستی پتابارور حاوی باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم *Pseudomonas vancouverensis* سویه 26 و *Pseudomonas koreensis* سویه 104+ کود زیستی فسفاته بارور حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Pantoea agglomerans* سویه P_5 و *Pseudomonas putida* سویه P_{13} + کود زیستی ازتوبارور حاوی باکتری *Azotobacter vinelandii* سویه O_4)، 3- تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری + قارچ آسپرژیلوس (*Aspergillus niger*) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل پژوهش (جدول 1)، مصرف 115 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره حاوی 46 درصد نیتروژن)، 23 کیلوگرم P_2O_5 در هکتار (از منبع سوپر فسفات تریپل) و 75 کیلوگرم K_2O در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) معادل 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK در نظر گرفته شد و بر اساس آن برای سطوح تیماری 50 و 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، مقادیر مصرف کود شیمیایی تخمین زده شد. میزان کود دامی (کود گاوی سه سال پوسیده) مورداستفاده (با رطوبت 15 درصد) برای تأمین 115 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به فرض قابل‌دسترس بودن 50 درصد از کل نیتروژن موجود در کود گاوی برای گیاه (22) و بر اساس رابطه 1 و نتایج تجزیه شیمیایی این کود (جدول 2) 25 تن در هکتار تخمین زده شد که ده روز قبل از کاشت به کرت‌های متعلق به سطح تیماری مصرف کود دامی اضافه و پا بیل شد.

(1) مقدار کیلوگرم نیتروژن موردنیاز در هکتار = وزن خشک کود (کیلوگرم) × درصد نیتروژن قابل‌دسترس در کود دامی برای گیاه × درصد نیتروژن در کود دامی

جدول 1- مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
3/4	7/37	1/5	0/13	16/9	224

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی کود گاوی مورداستفاده

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر کل (درصد)	پتاسیم کل (درصد)
2/58	7/25	12/10	1/05	2/10	0/93

کودهای زیستی پتابارور، فسفاته بارور و ازتوبارور از شرکت زیست‌فناوری سبز تهیه شدند و هر گرم کود زیستی حاوی 10^7 تا 10^8 باکتری بود. مصرف هر بسته‌ی 100 گرمی از کودهای زیستی مذکور برای آغشته سازی بذر موردنیاز در یک هکتار توسط شرکت سازنده توصیه شد. قارچ آسپرژیلوس نیز از موسسه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی (آزمایشگاه تولید فرآورده‌های بیولوژیک) به‌صورت پودر تالک حاوی قارچ تهیه شد. میزان مصرف این قارچ بر اساس توصیه آزمایشگاه مذکور، 20 گرم پودر برای سه کیلو بذر مصرفی بود. عملیات تلقیح بذر (هیبرید سینگل کراس 703) شب قبل از کاشت انجام شد.

یک هفته قبل از کاشت با استفاده از شیار ساز، جوی و پشته‌هایی به فواصل 70 سانتی‌متر در زمین ایجاد شد. هر کرت فرعی دارای پنج‌خط کاشت به طول پنج‌متر بود. برای جلوگیری از تداخل تیماری، دو خط نکاشت بین کرت‌های فرعی و سه خط نکاشت بین کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد و هر تکرار از جوی مجزا برخوردار شد. در زمان کاشت، کود پایه به‌صورت نواری روی هر پشته پخش و سریعاً روی کودها پوشانده شد. در تاریخ 15 مردادماه بر روی پشته‌ها، به فواصل 22 سانتی‌متر سه بذر در هر کپه کاشته شد که در مرحله‌ی سه تا چهار برگی تنک شدند. توزیع کود سرک نیتروژن بر اساس توصیه منتج از تجزیه خاک محل آزمایش با توجه به مقدار در نظر گرفته‌شده برای هر کرت اصلی (100، 50 و 25 درصد مصرف توصیه‌شده N) در مرحله شش برگی (کد زیداکس 16) و مرحله ظهور گل تاجی (کد زیداکس 55) انجام شد. آبیاری مزرعه به‌طور منظم و به نحوی انجام شد که گیاه با تنش کم‌آبی مواجه نشود. علف‌های هرز مزرعه نیز به‌صورت دستی وجین شدند. از ردیف‌های دو و چهار هر واحد آزمایشی، هفت بوته برای اندازه‌گیری تعداد برگ در بوته، طول بلال و قطر بلال و سه بوته برای ارزیابی حداکثر شاخص سطح برگ استفاده شد. سنجش تعداد برگ در بوته در مرحله شیری دانه‌های بلال (کد زیداکس 75)، حداکثر شاخص سطح برگ گیاه ذرت در مرحله ظهور نوک ابریشم (کد زیداکس 63) و طول و قطر بلال در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی انجام شد. جهت سنجش سطح برگ از رابطه 2 استفاده شد 112
L طول برگ، W عرض آن و 0/75 ضریب ثابت سطح برگ برای ذرت است (11).

$$A = L \times W \times 0.75 \qquad (2$$

در زمان رسیدگی بوته‌های ذرت، تعداد 30 بوته متعلق به ردیف‌های دو، سه و چهار هر واحد آزمایشی به مساحتی معادل 4/6 مترمربع کف برشدند و پس از خشک شدن بوته‌های برداشت‌شده، عملکرد بیولوژیک، عملکرد بلال و عملکرد دانه (در رطوبت 14 درصد) اندازه‌گیری شد. از بین بلال‌های موجود، 15 بلال به‌طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال شمارش و ثبت شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه‌ی 500 تایی از دانه‌های مربوط به هر واحد آزمایشی شمارش شد و به مدت 48 ساعت

در آون 75 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از توزین و اطمینان از کمتر بودن انحراف معیار از 4 درصد، مجموع آن به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. در پایان پژوهش، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و از طریق نرم‌افزار SAS (نسخه 9/1) موردبررسی قرار گرفت. سپس تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از همین نرم‌افزار انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن مقادیر F، میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

تعداد برگ و حداکثر شاخص سطح برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف کود شیمیایی- دامی بر هر دو صفت تعداد برگ در بوته و حداکثر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سطوح مختلف کود زیستی فقط بر تعداد برگ در بوته (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار بود. اثر متقابل کود شیمیایی-دامی در کود زیستی برای هر دو صفت مذکور غیر معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین تعداد برگ در بوته به سطوح تیماری 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK تعلق داشت و در سطوح تیماری 25 درصد مصرف NPK و عدم مصرف کود شیمیایی (مصرف کود دامی) تعداد برگ در بوته کاهش یافت (جدول 4). در مطالعه برومند و همکاران (4) نیز با کاهش مصرف کود شیمیایی از تعداد برگ در بوته ذرت کاسته شد، ولی بین دو سطح تیماری مصرف کامل و دوسوم مصرف توصیه‌شده کود شیمیایی NPK تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین 3/92 به سطح تیماری 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK اختصاص داشت و اگرچه با کاهش مصرف کود شیمیایی، شاخص سطح برگ کاهش یافت، ولی بین سطوح 50 و 25 درصد مصرف NPK و مصرف کود دامی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 4). عدم تفاوت معنی‌دار بین دو سطح 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK برای صفت تعداد برگ در بوته و وجود تفاوت معنی‌دار بین این دو سطح ازنظر شاخص سطح برگ، حاکی از آن است که با کاهش 50 درصدی کود شیمیایی NPK تعداد برگ در بوته کاهش نیافت، ولی اندازه هر برگ کوچک شد و سرانجام به کاهش شاخص برگ منجر شد. فراهمی نیتروژن یکی از عوامل مؤثر بر توسعه برگ در گیاه است و گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، از سطح برگ بزرگ‌تری برخوردارند (10). حمزه‌ئی و بابایی (7) نیز فراهم‌سازی عناصر غذایی موردنیاز رشد ذرت ازجمله فسفر را سبب بهبود رشد رویشی و توسعه برگ‌ها و به دنبال آن افزایش شاخص سطح برگ در ذرت دانست. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مصرف کود زیستی اثر معنی‌داری بر حداکثر شاخص سطح برگ ذرت نداشت. اثر افزایشی مصرف کود زیستی بر تعداد برگ در بوته نیز، اگرچه معنی‌دار، ولی در حدود دو درصد به دست آمد (جدول 4). این نتایج حاکی از عدم تأثیرپذیری رشد و توسعه برگ از فعالیت باکتری‌ها و قارچ استفاده‌شده در این پژوهش است. درحالی‌که در مطالعه عیدی زاده و همکاران (11)، مصرف تلفیقی کودهای زیستی (حاوی باکتری‌های سودوموناس، ازتوباکتر و آزوسپریلوم) با کود 113 ی به افزایش شاخص سطح برگ منجر شد.

طول و قطر بلال

هر دو صفت طول و قطر بلال از سطوح مختلف کود شیمیایی-دامی و سطوح مختلف کود زیستی متأثر شدند، اما اثر متقابل کودشیمیایی-دامی در کود زیستی معنی‌دار نبود (جدول 3). با توجه به نتایج مقایسات میانگین، بین سطوح تیماری 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK تفاوت معنی‌داری ازلحاظ طول بلال مشاهده

نشد. با کاهش مصرف کود شیمیایی در سطوح تیماری 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK و مصرف کود دامی، طول بلال به‌طور معنی‌داری نسبت به سطوح تیماری 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK کاهش یافت. قطر بلال نیز با کاهش مصرف کود شیمیایی کاهش یافت. بیشترین قطر بلال با میانگین 5/15 سانتی‌متر در شرایط مصرف 100 درصد توصیه‌شده NPK و کمترین قطر بلال با میانگین 4/93 سانتی‌متر به شرایط عـدم مصرف کود شیمیایی (مصرف کود دامی) اختصاص داشت (جدول 4). مصرف کود زیستی اثر معنی‌داری بر هر دو صفت طول و قطر بلال داشت و نسبت به شرایط عدم تلقیح بذر، طول و قطر بلال افزایش یافت، ولی بین دو سطح تیماری تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری + قارچ آسپرژیلوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش قطر بلال در اثر مصرف کود زیستی با نتایج توحیدی نیا و همکاران (5) مطابقت داشت. ایشان افزایش حلالیت فسفر خاک و قابل‌دسترس شدن سایر عناصر غذایی، که به استفاده مؤثرتر از عناصر غذایی برای سوخت‌وساز گیاهی منجر شده است را دلیل افزایش قطر بلال دانستند.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیکی ذرت در واکنش به سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی – دامی و کود زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ	طول بلال	قطر بلال
بلوک	2	0/266^{ns}	0/086^{ns}	0/113^{ns}	0/025^{ns}
کود شیمیایی-دامی	3	1/718**	1/005**	9/639**	0/086*
اشتباه کرت اصلی	6	0/179	0/124	0/913	0/011
کود زیستی	2	0/347*	0/183^{ns}	5/315**	0/086**
کود شیمیایی-دامی x کود زیستی	6	0/070^{ns}	0/041^{ns}	0/701^{ns}	0/024^{ns}
اشتباه کرت فرعی	16	0/0896	0/118	0/853	0/014
ضریب تغییرات (درصد)		2/11	10/28	4/53	2/32

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 4 - مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیکی ذرت در سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی–دامی و کود زیستی

تیمار	تعداد برگ در بوته	شاخص سطح برگ	طول بلال (سانتی‌متر)	قطر بلال (سانتی‌متر)
کود شیمیایی-دامی				
100درصد مصرف توصیه‌شده NPK	14/60 ^{a}	3/92 ^{a}	21/54 ^{a}	5/15 ^{a}
50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	14/57 ^{a}	3/34 ^{b}	20/97 ^{a}	5/08 ^{ab}
25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	13/96 ^{b}	3/09 ^{b}	19/40 ^{b}	4/98 ^{bc}
مصرف کود دامی	13/73 ^{b}	3/02 ^{b}	19/64 ^{b}	4/93 ^{c}
کود زیستی				
عدم تلقیح	14/06 ^{b}	3/38	19/64 ^{b}	4/94 ^{b}
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری	14/39 ^{a}	3/44	20/58 ^{a}	5/07 ^{a}
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری+ قارچ	14/19 ^{ab}	3/20	20/93 ^{a}	5/10 ^{a}

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

تعداد ردیف در بلال، دانه در ردیف و دانه در بلال

اثر سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی-دامی بر تعداد ردیف در بلال در سطح احتمال 5 درصد و بر تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سطوح مختلف مصرف کود زیستی نیز در سطح احتمال یک درصد صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال را متأثر کرد، ولی اثر متقابل کود شیمیایی-دامی با کود زیستی برای صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول 5). بیشترین تعداد ردیف در بلال به سطح تیماری 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK و پس‌ازآن به 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK تعلق داشت. بین دو سطح تیماری 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK و مصرف کود دامی تفاوت معنی‌داری ازلحاظ تعداد ردیف در بلال مشاهده نشد (جدول 6). بیشترین تعداد دانه در ردیف به سطح تیماری 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK اختصاص داشت. بیشترین تعداد دانه در بلال نیز به دو سطح 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK متعلق بود و سطوح تیماری مصرف کود دامی و 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK از تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال کمتری برخوردار بودند (جدول 6). اگرچه با کاهش مصرف کود شیمیایی تعداد دانه در ردیف و دانه در بلال کاهش یافت، ولی بین دو سطح مصرف 100 و 50 درصد توصیه‌شده NPK تفاوت معنی‌داری ازلحاظ تعداد دانه در بلال مشاهده نشد. کاهش طول بلال و قطر بلال درنتیجه کاهش مصرف کود شیمیایی از دلایل کاهش تعداد دانه در هر ردیف و تعداد دانه در بلال است و وجود همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار بین طول بلال و تعداد دانه در ردیف ($r=0/82$ ،$P<0/01$) و بین قطر بلال و تعداد دانه در بلال ($r=0/77$ ،$P<0/01$) تائید کننده این موضوع است. در سطوح مختلف مصرف کود زیستی نیز کمترین تعداد دانه در ردیف و دانه در بلال به سطح تیماری عدم تلقیح بذر تعلق داشت و مصرف کود زیستی منجر به افزایش تعداد دانه در ردیف و دانه در بلال شد. بین دو سطح تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری + قارچ آسپرژیلوس تفاوت معنی‌داری ازلحاظ صفات مذکور مشاهده نشد (جدول 6). پیش‌ازاین نیز اثر مثبت مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات سودوموناس و محرک رشد ازتوباکتر بر تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال گزارش شده است (4 و 23). با توجه به توان آزادسازی فسفر توسط باکتری‌های *Pseudomonas putida* (1)، *Pantoea agglomerans* (15) موجود در کود زیستی فسفاته بارور و قارچ آسپرژیلوس (14) و همچنین با توجه به نقش فسفر در تقویت رشد زایشی و افزایش تعداد دانه (7)، افزایش تعداد دانه در بلال ذرت درنتیجه تلقیح بذر با باکتری و قارچ در پژوهش حاضر قابل توضیح است. از طرفی، با تأمین نیتروژن از طریق باکتری‌های محرک رشد موجود در کود زیستی ازتوبارور و فسفاته بارور (*Azotobacter vinelandii* و *Pantoea agglomerans*) در طول دوره رشد (19)، از سقط گلچه‌ها جلوگیری شده و تعداد دانه در بلال افزایش‌یافته است.

وزن هزار دانه

اثر سطوح مختلف کود زیستی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، ولی سطوح مختلف کود شیمیایی و اثر متقابل کود شیمیایی-دامی با کود زیستی وزن هزار دانه را متأثر نکرد و اگرچه با کاهش مصرف کود شیمیایی، وزن هزار دانه کاهش یافت، ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول 5). بیشترین وزن هزار دانه با میانگین 296/17 گرم به سطح تیماری تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری + قارچ آسپرژیلوس اختصاص داشت و بین دو سطح تیماری عدم تلقیح و تلقیح با کودهای زیستی حاوی باکتری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اگرچه تلقیح با باکتری نیز در مقایسه با عدم تلقیح منجر به افزایش وزن هزار دانه شد. لوهار و همکاران(20) وجود هورمون‌های

تولیدشده (به‌ویژه سیتوکنین) توسط باکتری‌های محرک رشد را دلیل افزایش ظرفیت مخزن و پر شدن دانه و درنهایت افزایش وزن دانه دانستند. از طرفی افزایش فسفر محلول در خاک درنتیجه مصرف قارچ آسپرژیلوس و باکتری‌های حل‌کننده فسفات نقش مهمی در اندازه و وزن بذر دارد. زیرا با افزایش جذب فسفر توسط گیاه و افزایش ذخیره فیتین بذر که منبع اصلی ذخیره فسفر دردانه‌ها است، اندازه و وزن بذر افزایش می‌یابد (5).

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد ذرت در واکنش به سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی–دامی و کود زیستی

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه
بلوک	2	0/216^{ns}	0/263^{ns}	456/67^{ns}	17/69^{ns}
کود شیمیایی-دامی	3	0/352*	41/07**	12225/24**	433/96^{ns}
اشتباه کرت اصلی	6	0/052	3/22	1197/79	557/32
کود زیستی	2	0/835**	36/53**	13833/72**	955/11**
کود شیمیای-دامی x کود زیستی	6	0/169^{ns}	2/37^{ns}	1229/56^{ns}	86/41^{ns}
اشتباه کرت فرعی	16	0/148	2/48	768/65	153/67
ضریب تغییرات (درصد)		2/55	4/01	4/69	4/33

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 6 - مقایسه میانگین اجزای عملکرد ذرت در سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی-دامی و کود زیستی

تیمار	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)
کود شیمیایی-دامی				
100درصد مصرف توصیه‌شده NPK	15/07 ^{ab}	42/03 ^{a}	633/65 ^{a}	292/00
50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	15/31 ^{a}	39/79 ^{b}	609/40 ^{a}	292/56
25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	14/88 ^{b}	37/74 ^{bc}	562/01 ^{b}	283/78
مصرف کود دامی	14/91 ^{b}	37/40 ^{c}	558/18 ^{b}	278/11
کود زیستی				
عدم تلقیح	14/80 ^{b}	37/25 ^{b}	551/75 ^{b}	278/50 ^{b}
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری	15/33 ^{a}	39/99 ^{a}	613/25 ^{a}	285/17 ^{b}
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری+ قارچ	15/00 ^{ab}	40/48 ^{a}	607/43 ^{a}	296/17 ^{a}

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

عملکرد دانه، عملکرد بلال، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی- دامی بر عملکرد بلال و دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد بلال و عملکرد دانه از سطوح مختلف کود زیستی، به ترتیب، در سطح احتمال 5 و یک درصد متأثر شدند، ولی سطوح مختلف کود زیستی، عملکرد بیولوژیک را

متأثر نساخت. اثر متقابل کود شیمیایی- دامی در کود زیستی برای هیچ‌یک از صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول 7). بیشترین عملکرد بلال و دانه به سطح تیماری 100 درصد مصرف NPK تعلق داشت و با کاهش مصرف کود شیمیایی، میزان عملکرد نیز کاهش یافت (جدول 8). کمترین عملکرد بلال و دانه به سطح تیماری 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK متعلق بود و میزان عملکرد بلال و دانه در شرایط مصرف کود دامی (عدم مصرف کود شیمیایی)، هرچند غیر معنی‌دار، بیشتر از سطح تیماری 25 درصد مصرف کود شیمیایی بود. کاهش عملکرد ذرت درنتیجه کاهش مصرف هر یک از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم از مقدار بهینه مصرف، پیش‌ازاین در تحقیقات مختلف تائید شده است (4 و 10). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در سطوح مختلف مصرف کود زیستی نیز کمترین عملکرد بلال و دانه به تیمار عدم تلقیح اختصاص داشت و بین سطوح تیماری تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری + قارچ آسپرژیلوس تفاوت معنی‌داری ازنظر عملکرد بلال و دانه مشاهده نشد (جدول 8). با تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات و پتاسیم موجود در کودهای زیستی ازتوبارور، فسفاته بارور و پتابارور و تلقیح بذر با باکتری‌های مذکور و قارچ آسپرژیلوس، به‌طور متوسط، میزان عملکرد بلال 9/65 درصد و عملکرد دانه 13/65 درصد نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش یافت (جدول 8). به گزارش سلیمانی فرد و ناصری (9) نیز کاربرد باکتری محرک رشد ازتوباکتر اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت داشت و به‌طور متوسط منجر به افزایش 8/4 درصدی عملکرد دانه گردید. در مطالعه ایشان با کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن دار، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش پیدا کرد، ولی با تلقیح بذر با باکتری محرک رشد از شدت این کاهش کاسته شد. در پژوهش حاضر، با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار در عملکرد بلال و دانه بین سطوح مصرف 25 درصد توصیه‌شده NPK و کود دامی (جدول 8)، به نظر می‌رسد که مصرف کود دامی قادر است شرایط تغذیه‌ای مشابه با مصرف 25 درصد توصیه‌شده NPK ایجاد نماید. مصرف کود دامی ازیک‌طرف با بهبود شرایط فیزیکی خاک و از طرفی به دلیل تولید اسید هیومیک، کاهش اسیدیته و تولید ترکیباتی نظیر فسفوهیومیک، که با سهولت بیشتری جذب گیاه می‌شود، در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه مؤثر است (24).

بیشترین عملکرد بیولوژیک به سطح تیماری 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK اختصاص داشت و بین سطوح مصرف 50 و 25 درصد توصیه‌شده NPK و مصرف کود دامی (عدم مصرف کود شیمیایی) تفاوت معنی‌داری ازنظر عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد (جدول 8). با کاهش 50 درصدی مصرف NPK، عملکرد بیولوژیک در حدود 19 درصد و با کاهش 75 درصدی مصرف NPK، عملکرد بیولوژیک در حدود 28/3 درصد کاهش یافت. همچنین، در شرایط مصرف کود دامی (عدم مصرف کود شیمیایی) در مقایسه با 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، عملکرد بیولوژیک در حدود 27 درصد کاهش یافت (جدول 8). کاهش عملکرد بیولوژیک درنتیجه کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بلاخص نیتروژن، پیش‌ازاین نیز گزارش‌شده است (4 و 10). نیتروژن یکی از عوامل مؤثر بر توسعه سطح برگ و سایه‌انداز است. با توجه به نقش نیتروژن در طولانی شدن رشد رویشی و افزایش شاخ و برگ و اثر آن بر عملکرد بیولوژیک (10)، کاهش عملکرد بیولوژیک درنتیجه کاهش مصرف نیتروژن دور از انتظار نیست. کاهش مصرف پتاسیم و فسفر نیز به دلیل نقش کلیدی این دو عنصر در فتوسنتز و تداوم آن و انتقال آسیمیلات‌ها به اندام‌های در حال رشد، منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود (5).

جـــــدول 7- نتـایـج تجـزیه واریانـــس عملـکرد و شاخص برداشت ذرت در واکنش به سطـوح مختـلف مصرف کـــود شیمیایی–دامی و کود زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه	عملکرد بلال	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	2	470577/96 ns	167128/5 ns	1282633/0ns	18/09ns
کود شیمیایی-دامی	3	2209762/70**	36902786/8**	108493535/7**	8/43ns
اشتباه کرت اصلی	6	642004/43	1335598/2	4870148/6	17/74
کود زیستی	2	7870248/47**	7222540/5*	906349/6ns	133/24**
کود شیمیای-دامی x کود زیستی	6	685112/38ns	1177389/9ns	1539003/4ns	17/19ns
اشتباه کرت فرعی	16	1196263/5	1630393/5	1495441/3	6/54
ضریب تغییرات (درصد)		9/8	8/6	5/7	4/9

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 8- مقایسه میانگین عملکرد و شاخص برداشت در سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی-دامی و کود زیستی

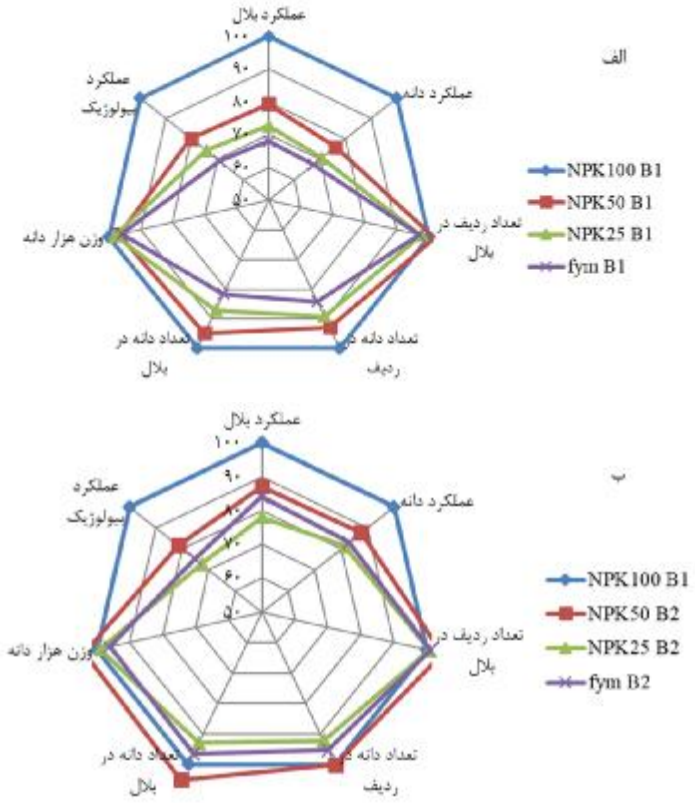
تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بلال (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
کود شیمیایی-دامی				
100درصد مصرف توصیه‌شده NPK	13423/3 a	17580/6 a	26535 a	50/7
50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	11236/4 b	14941/8 b	21500 b	52/2
25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK	10083/2 c	13191/0 c	19032 b	53/0
مصرف کود دامی	10115/9 c	13399/2 c	19319 b	52/3
کود زیستی				
عدم تلقیح	10279/6 b	13884/9 b	21317/3	48/2 b
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری	11679/1 a	15165/6 a	21605/7	54/2 a
تلقیح با کود زیستی حاوی باکتری + قارچ	11685/4 a	15283/9 a	21866/7	53/8 a

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، کمترین شاخص برداشت در شرایط عدم مصرف کود زیستی حاصل شد و با تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری+ قارچ آسپرژیلوس، شاخص برداشت به‌طور متوسط 12 درصد افزایش یافت (جدول 8). به نظر می‌رسد که نقش کودهای زیستی بکار رفته در پژوهش حاضر در افزایش شاخسارِ و برگ کمتر از اثر آن بر عملکرد دانه بوده است و ازاین‌رو منجر به افزایش شاخص برداشت‌شده است. با توجه به معنی‌دار بودن اثر کود زیستی بر عملکرد بلال، دانه و شاخص برداشت و عدم تأثیر آن بر عملکرد بیولوژیک (جدول 7)، می‌توان نتیجه گرفت که در این آزمایش، کاربرد کود زیستی نتوانست جبران‌کننده کاهش رشد رویشی ناشی از کاهش مصرف کودهای شیمیایی باشد، ولی توانست با تأثیر مثبت بر اجزای سهیم در بخش اقتصادی قابل‌برداشت، از شدت کاهش عملکرد دانه درنتیجه کاهش

مصرف کود شیمیایی بکاهد. پیش‌ازاین نیز، اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های آزوسپریلوم، ازتوباکتر و کود زیستی فسفاته بارور بر شاخص برداشت گزارش‌شده است (12 و 5).

در این پژوهش، به‌منظور بررسی دقیق امکان جبران کاهش مصرف کود شیمیایی با مصرف کود زیستی، تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد در اثر کاهش مصرف کود شیمیایی و چگونگی اثر مصرف کود زیستی بر این تغییرات موردبررسی قرار گرفت (شکل 1) و با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو سطح تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری+قارچ آسپرژیلوس در صفات ارزیابی‌شده، فقط اثر تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری بر این تغییرات ارزیابی شد. در این راستا، درصد افزایش یا کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در سطوح تیماری 50 و 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK و مصرف کود دامی بدون مصرف کود شیمیایی در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با کود زیستی نسبت به سطح تیماری 100 درصد مصرف توصیه‌شده NPK بدون تلقیح بذر با کود زیستی ارزیابی شد (شکل 1).



شکل 1. تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در چهار سطح مصرف کود شیمیایی -دامی

NPK100، NPK50، NPK25: به ترتیب 100، 50 و 25 درصد مصرف توصیه‌شده NPK، fym: مصرف کود دامی. B1: عدم تلقیح بذر، B2: تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری. (مقایسه بر مبنای درصد نسبت به سطح مصرف NPK100 بدون تلقیح بذر است)

نتایج نشان داد که در شرایط عدم تلقیح بذر، با کاهش 50 درصدی مصرف NPK، عملکرد دانه ذرت از 13082/3 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد مصرف NPK با کاهشی در حدود 24 درصد به 9950/2 کیلوگرم در هکتار در تیمار 50 درصد مصرف NPK رسید (شکل 1، الف). درحالی‌که با تلقیح بذر با کودهای

زیستی حاوی باکتری و کاهش 50 درصدی مصرف NPK توصیه‌شده، کاهش عملکرد تنها در حدود 12 درصد بود و عملکرد دانه ذرت در تیمار 50 درصد مصرف NPK معادل 11461/8 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 1،ب). بهبود عملکرد دانه در شرایط مصرف کود زیستی نسبت به شرایط عدم تلقیح بذر به دلیل افزایش تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال بود و مقادیر این دو صفت در شرایط مصرف کود زیستی باوجود کاهش 50 درصدی مقادیر مصرف کود شیمیایی، بالاتر از شرایط عدم مصرف کود زیستی بود (شکل 1،ب). دلیل افزایش این دو صفت را می‌توان به جذب بیشتر عناصر فسفر، نیتروژن و پتاسیم در این تیمارها و بهبود کارایی مصرف کود نسبت داد. با مصرف کودهای زیستی به دلیل تولید هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین، اندازه و مورفولوژی داخلی و خارجی ریشه‌ها تغییر کرده و به دلیل افزایش تارهای کشنده و افزایش سطح تماس ریشه با خاک، جذب عناصر غذایی و آب افزایش‌یافته است و درنهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و بهبود عملکرد دانه می‌شود (6 و 13). باکتری‌های *Azotobacter* و *Pantoea agglomerans* موجود در کودهای زیستی ازتوبارور و فسفاته بارور ازیک‌طرف با تثبیت نیتروژن مولکولی و از طرفی با تولید فیتوهورمون‌هایی نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین نقش مؤثری در تقسیم سلولی در مناطق مریستمی، افزایش کارایی مصرف کود و تأمین نیتروژن برای رشد اندام‌های زایشی دارند (15 و 17). علاوه بر آن باکتری‌های *Pseudomonas putida*، *Pseudomonas vancouverensis*، *Pseudomonas koreensis* موجود در کودهای زیستی فسفاته بارور و پتابارور در فراهم نمودن فسفر و پتاسیم قابل‌جذب برای گیاه نقش مؤثری دارند (16 و 23). وجود این جمعیت میکروبی در خاک به حفظ سلامت ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و آب و درنهایت رشد اندام‌های زایشی گیاه کمک کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که عملکرد بلال و دانه و تمامی اجزای عملکرد دانه ذرت از کاربرد کود زیستی متأثر شدند، ولی بین دو سطح تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری و تلقیح بذر با کودهای زیستی حاوی باکتری+ قارچ آسپرژیلوس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل کود شیمیایی-دامی در کود زیستی برای هیچ‌یک از صفات موردبررسی معنی‌دار نشد و اثر مصرف کود زیستی در سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی-دامی یکسان و مثبت بود. بین دو تیمار کودی 100 و 50 درصد مصرف توصیه‌شده NPK ازلحاظ طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و باوجودی که عملکرد دانه ذرت در نظام مدیریتی مصرف 50 درصد توصیه‌شده NPK همراه با تلقیح بذر با کود زیستی نسبت به مصرف 100 درصد NPK بدون تلقیح بذر به میزان 12 درصد کاهش یافت، ولی این کاهش با کاهش 50 درصدی هزینه نهاده شیمیایی قابل جبران است و فواید زیست‌محیطی حاصل از مصرف کمتر نهاده شیمیایی را نیز به دنبال دارد. ازاین‌رو، تلقیح توأم بذر با کودهای زیستی ازتوبارور، فسفاته بارور و پتابارور در تلفیق با مصرف 50 درصد توصیه‌شده کود شیمیایی NPK به دلیل کاهش هزینه نهاده‌های شیمیایی، هم‌سویی با اهداف کشاورزی پایدار و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی در زراعت ذرت تابستانه در منطقه رامهرمز مناسب به نظر می‌رسد.

منابع مورداستفاده

1- **ابراهیمی، ر.، رسولی صدقیانی، م. و برین، م.** 1394. میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات به‌عنوان کود بیولوژیک. فصلنامه نظام‌مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، 13(47): 25-22.

2- **اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا.، رجالی، ف. و افشاری، م.** 1391. کودهای زیستی در ایران: فرصت‌ها و چالش‌ها. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، 26(1): 77-87.

3- **امانی، ن.، سهرابی، ی. و حیدری، غ.** 1396. عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ذرت با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی تحت سطوح خشکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 27(2): 65-83.

4- **برومند، ع.، ساجدی، ن. و چنگیزی، م.** 1391. تأثیر تلفیق کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی اراک. یافته‌های نوین کشاورزی، 6(4): 295-307.

5- **توحیدی نیا، م.، مظاهری، د.، حسینی، م. و مدنی، ح.** 1392. اثر مصرف توأم کود زیستی بارور 2 و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays*) رقم سینگل کراس 704. مجله علوم زراعی ایران، 15(4): 295-307.

6- **جهان، م.، کوچکی، ع.، قربانی، ر.، رجالی، ف.، آریایی، م. و ابراهیمی، ا.** 1388. اثر کاربرد کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، 7(2): 357-390.

7- **حمزه‌ئی، ج. و بابایی، م.** 1394. واکنش مزرعه‌ای ذرت به کاربرد مایکوریزا و کود فسفر ازنظر برخی شاخص‌های اگروفیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، 5(18): 279-289

8- **دیلمی‌راد، م.، ساریخانی، م. و اوستان، ش.** 1396. اثر تلقیح سودوموناس‌های آزادکننده پتاسیم بر رشد و جذب پتاسیم گوجه‌فرنگی در دو خاک با مقادیر مختلف پتاسیم در دسترس. نشریه آب‌وخاک، 31(4): 1159-1170.

9- **سلیمانی فرد، ع. و ناصری، ر.** 1393. اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات فنولوژی و فیزیولوژیکی ذرت در سطوح مختلف کود نیتروژن. اولین کنگره بین‌المللی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران

10- **صدقی، م.، نعمتی، ع.، سید شریفی، ر. و غلام حسینی، م.** 1395. تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف کود ذرت دانه‌ای برای تاریخ‌های مختلف کاشت در اردبیل. نشریه تولید گیاهان زراعی، 9(3): 45-65.

11- **عیدی زاده، خ.، مهدوی دامغانی، ع.، صباحی، ح. و صوفی زاده، س.** 1389. اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی‌بر رشد ذرت (*Zea mays* L.) در شوشتر. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 2(2): 292-301.

12- **مقصودی، ع.، قلاوند، ا. و آقا علیخانی، م.** 1393. تأثیر راهبردهای مدیریتی نیتروژن و کود زیستی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت هیبرید سینگل کراس 704 .نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، 12(2): 273-282

13- **یزدانی، م.، پیر دشتی، ه.، اسماعیلی، م. و بهمنیار، م.** 1389. اثر تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره درکشت ذرت سینگل‌کراس 604. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، 3(2): 65-80

14-Babana, A.H. and Antoun, H. 2006. Effect of tilemsi phosphate rock solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in mail. Plant and Soil. 287(1-2):51-58.

15-Dutkiewicz, J., Mackiewick, B. Lemieszek, M.K., Golec, M and Milanowski, J. 2016. Pantoea agglomerans: A mysterious bacterium of evil and good. Part IV. Beneficial effects. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 23(2): 206-222.

16-Fathi, Sh., Bolandnazar, S., Alizadeh-Salteh, S. and Zare-Nahandi, F. 2016. Alleviating the adverse effects of water limitation on basil (*Ocimum basillicum* L.) physiological traits and yield, by exogenous application of biofertilizers. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 9(1): 329-336.

17-Jnawali, A.D., Ojha, R.B. and Marahatta, M. 2015. Role of Azotobacter in soil fertility and sustainability–A Review. Advances in Plants and Agriculture Research. 2(6): 00069.

18-Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M.A. and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry. 36: 1229-1244.

19-Kizilkaya, R. 2009. Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated form soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. Journal of Environmental Biology. 30(1): 73-82.

20-Lohar, D.P., chaff, J.E., Laskey, J.G., Kieber, J.J., Bilyeu, K.D. and Bird, D.M. 2004. Cytokinins play opposite roles in lateral root formation, and nematode and rhizobial symbioses. The Plant Journal. 38(2): 203-214.

21-Nouraki, F., AlaviFazel, M., Naderi, A., Panahpoor, E. and Lak, Sh. 2016. Effects of integrated management of bio and chemical fertilizers on yield of maize hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural sciences. 4: 421-426.

22-Van Kessel, J.S. and Reeves, J.B. 2002. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. Biology and Fertility of Soils. 36: 118-123.

23-Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H. and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). International Journal of Biological and Life Sciences. 1: 2-6.

24-Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy. 81: 97-168.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 10, No. 1, Spring and summer 2020

The Effect of Biological and Chemical Fertilizer Managing on Morphological Traits and Yield of Corn (*Zea mays* L.) in Ramhormoz- Iran

Shahin Akbari [1], Mahroo Mojtabaie Zamani [2*]

1- M.Sc. graduated student of Agroecology, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
2- Assistance Professor, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.
* Corresponding Author; Email: mahroo.mojtabaei@gmail.com

(Received: 23 July 2020; Accepted: 11 September 2020)

Abstract

In order to evaluate the effect of integrated application of the combined chemical -farmyard manure and bio-fertilizer on yield and yield components of corn (S.C.703), in summer 2016, an experiment was conducted as split plot in randomized complete bock design with three replications in Ramhormoz - Iran. The main plots were consisting of four levels of chemical fertilizer (100, 50 and 25% of recommended NPK and no chemical fertilizer application (use of farmyard manure), and sub plots were consisting of three levels (no-inoculation; inoculation of seeds with biofertilizers containing growth-promoting bacteria and phosphate and potassium Solubilizing Bacteria (Azeto Barvar+Phosphate Barvar+Peta Barvar); seed inoculation with biofertilizers containing bacteria+*Aspergillus* fungus). The highest grain yield belonged to the 100% NPK, but between the two levels of 100 and 50% NPK consumption in terms of plant leaf number, ear length, ear diameter, number of rows per ear, number of grains per row and 1000-grain weight there was no significance difference. Grain yield and yield components were affected by biofertilizer application and there was no significant difference between the two levels of seed inoculation with biofertilizers containing bacteria and seed inoculation with biofertilizers containing bacteria+*Aspergillus*. In case of non-inoculation of seeds, with 50% reduction of NPK consumption, grain yield decreased by about 24%. However, by inoculation of seeds with biofertilizers containing bacteria and 50% reduction of NPK consumption, grain yield compared to 100% NPK consumption without inoculation Seeds was decreased about 12%. Therefore, co-inoculation of seeds with Azeto Barvar, Phosphate Barvar and Peta Barvar biofertilizers in combination with 50% of the recommended consumption of NPK chemical fertilizer is considered suitable for corn cultivation in Ramhormoz region due to reducing the cost of chemical inputs and preventing environmental pollution.

Keywords: *Aspergillus*, Growth Promoting Bacteria, Sustainable agriculture