



اثرات مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای

خالد عیدی زاده^۱، * عبدالمجید مهدوی دامغانی^۲، فرشاد ابراهیم پور^۳، حسین صباحی^۲
^۱دانشجوی کارشناسی ارشد اکرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، آگروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ^۲دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور استان تهران

چکیده

به منظور مطالعه اثرات کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و کودهای شیمیایی و همچنین روش کاربرد کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۸۷ در شوشتر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در ۴ سطح به عنوان عامل اول و روش کاربرد کود زیستی در ۳ سطح به عنوان عامل دوم بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی (۱۱/۸ تن در هکتار) و کمترین عملکرد در تیمار کود زیستی (۶ تن در هکتار) به دست آمد. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب در تیمار کود شیمیایی (۰/۵۹) و کود زیستی (۰/۴۷) مشاهده شد. تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف بلال تیمارهای تلفیقی اختلافی با مقادیر تیمار کود شیمیایی نداشت. در بین روش‌های کاربرد کود زیستی، روش بذرمال + آبیاری نتایج مطلوب‌تری در مقایسه با دو روش دیگر نشان داد. نتایج آزمون خاک نشان داد که نقش کودهای زیستی بیشتر در رابطه با افزایش دسترسی فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر کم‌مصرف بود. با وجودی که جایگزینی کامل کودهای شیمیایی با کود زیستی موجب کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای شد، اما کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی ضمن تولید بیشترین عملکرد، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، نیتروژن، فسفر، ذرت

*مسئول مکاتبه: mmd323@yahoo.com

مقدمه

ذرت به دلیل اهمیت بالایی که در تغذیه انسان و دام داشته و سازگاری گسترده‌ای نیز با مناطق آب و هوایی معتدل و گرمسیری دارد، یکی از گیاهان زراعی راهبردی محسوب می‌شود (یزدانی و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش سطح زیر کشت ذرت طی چند دهه گذشته، فشرده‌سازی سیستم‌های کشت این گیاه به همراه نیاز بالای ذرت به عناصر غذایی موجب شده است که علاوه بر مصرف مفرط نهاده‌های شیمیایی، هزینه‌های تولید افزایش یافته و خطرات زیست‌محیطی ایجاد شود (بیاری و همکاران، ۲۰۰۸).

باید اشاره کرد که با وجود ضرورت تامین عناصر غذایی خاک و گیاه زراعی، فراهمی عناصر غذایی باید به شکلی باشد که ضمن تامین نیازهای زراعی، از اتلاف منابع و آلودگی آنها جلوگیری شود. گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد تا دو سوم نیتروژن معدنی مصرف‌شده در سیستم‌های کشاورزی از طریق آبشویی، تصعید، روان‌آب و فرسایش تلف می‌شود (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۸). این امر موجب تشدید اثرات گلخانه‌ای، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات (رجسوس و هورن بکر، ۱۹۹۹) و کاهش کارایی اقتصادی سیستم‌های کشاورزی می‌شود. کاربرد پیوسته کودهای فسفات نیز به افزایش کادمیوم خاک‌های کشاورزی منجر شده است (کیانی صدر و برنا، ۲۰۰۸).

کاربرد منابع و نهاده‌های تجدیدپذیر، یکی از اصول کشاورزی پایدار است که موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کمترین خطرات زیست‌محیطی می‌شود (کیزیلکایا، ۲۰۰۸). این امر، یعنی دسترسی به عملکرد مطلوب و کاهش مخاطرات، نیازمند به‌کارگیری راهکارهای نوین زراعی است که از این میان می‌توان به کودهای زیستی اشاره کرد (هگلد و همکاران، ۱۹۹۹). کودهای زیستی، ریزموجودات باکتریایی و قارچی هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک (به‌ویژه در مناطقی که کلسیم خاک بالا باشد)، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های محرک رشد، عمدتاً انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین ویژگی‌های خاک تاثیر می‌گذارند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). کودهای زیستی امروزه قادرند در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند (وسی، ۲۰۰۳).

تحقیقات گوناگون حاکی از تاثیر مثبت کودهای زیستی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. نتایج مطالعه شاهرنا و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد، باکتری‌های سودوموناس وزن خشک ذرت را در

شرایط گلخانه‌ای ۲۲/۵ درصد افزایش داد. همین پژوهش‌گران در شرایط مزرعه نشان دادند که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن توانست تاثیر این باکتری‌ها را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد و تولید ماده خشک را در مقایسه با شاهد ۵۸ درصد افزایش دهد. همچنین با تلقیح بذر توسط *Azospirillum brasilense* عملکرد دانه برنج به میزان ۱۶/۷، گندم ۲۱/۸، جو ۲۶/۶ و یولاف ۴۳/۸ درصد افزایش یافت (المریچ و همکاران، ۱۹۹۲). یاسری و پتواردهان (۲۰۰۷) گزارش دادند که کاربرد *Azotobacter* و *Azospirillum* در تلفیق با کودهای شیمیایی عملکرد کلزا (۲۱/۱۷ درصد)، تعداد غلاف در گیاه (۱۶/۰۵ درصد)، تعداد انشعابات شاخه (۱۱/۷۸ درصد) و وزن هزار دانه (۲/۹۲ درصد) را در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی افزایش داده است.

با توجه به اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و ضرورت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با سطوح مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های خاک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در شهرستان شوشتر (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۷۷ دقیقه شرقی) در فاصله ۹۰ کیلومتری اهواز، مرکز استان خوزستان انجام شد. قبل و بعد از اجرای آزمایش از قطعه مورد نظر یک نمونه مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از قبیل نیتروژن کل به روش کج‌لدال، فسفر قابل استخراج بوسيله بی‌کربنات سدیم (روش اولسن)، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و غلظت آهن، روی، مس و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (علی‌احیایی و محمدی، ۱۹۹۳) (جدول ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول سطوح مختلف کاربرد کود شیمیایی به تنهایی و در تلفیق با کود زیستی در چهار سطح؛ ۱۰۰٪ کود شیمیایی N و P (F_{100%})، ۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی (F_{50%+B})، ۲۵٪ کود شیمیایی + کود زیستی (F_{25%+B}) و کود زیستی به تنهایی (B) و عامل دوم روش‌های کاربرد کود زیستی در سه سطح بذر مال (S)، همراه آب آبیاری (I) و بذر مال + آبیاری (SI) بود. در این آزمایش منبع مورد استفاده برای کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به ترتیب اوره (۲۰۰

کیلوگرم در هکتار) و سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. به علت بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد. کود زیستی مورد استفاده در این آزمایش شامل تلفیق کود زیستی نیتروکسین (*Azotobacter chroococcum.Pseudomonas fluorescens*) و کود میکروبی فسفات (*Bacillus coagulans*) به ترتیب به عنوان منبع تامین نیتروژن و فسفر می باشد.

کاربرد کود زیستی به همراه آب آبیاری در مرحله ۸ برگی گیاه ذرت اعمال گردید. همچنین در روش تلفیق کاربرد کود زیستی به شکل بذرمال و آبیاری، نصف مقدار توصیه شده کود زیستی برای ذرت به صورت بذرمال و نصف دیگر در مرحله ۸ برگی ذرت به همراه آب آبیاری به کار برده شد. مرحله اول کود سرک شیمیایی در زمان ۸ برگی و مرحله دوم کود سرک قبل ظهور کاکل انجام شد. ابعاد هر کرت ۸×۴/۵ متر بود. در هر کرت ۶ ردیف کاشت به فواصل ۷۵ سانتی متری بین ردیف و ۲۰ سانتی متری روی ردیفها در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از عمل تداخل و آلودگی کودهای شیمیایی و باکتریها دو خط به صورت نکاشت بین کرت های اصلی قرار گرفت و آب اضافی هر کرت توسط یک جوی خروجی از مزرعه خارج شد. نوع بذر مورد استفاده هیبرید دیررس سینگل کراس ۷۰۴ بود. در روش بذرمال، قبل از تلقیح بذور با کود زیستی، بذور با صمغ عربی آغشته و سپس مایه تلقیح به آنها افزوده شد. پس از مخلوط کردن، بذور در سایه خشک و بلافاصله کشت شدند. بعد از کشت، مزرعه آبیاری گردید.

طی دوره رشد، عملیات داشت از قبیل آبیاری، تنک کردن و کنترل علف های هرز (در مرحله ۶ برگی) انجام شد. توصیه کودی لازم در طول فصل براساس نتایج حاصل از تجزیه خاک و با توجه به تغذیه متعادل گیاه به اجرا درآمد. جهت تعیین عملکرد و اجزاء عملکرد، از هر کرت ۲ خط کاشت انتخاب و تمام بلالها و بوته های ذرت به صورت دستی برداشت و پس از شمارش تعداد بلال در هر کرت، عملکرد کل تعیین شد. همچنین جهت تعیین اجزاء عملکرد نظیر تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه، پس از انتخاب ۴۰ بلال از بلال های هر کرت میانگین هر کدام از موارد فوق به عنوان اجزاء عملکرد منظور گردید. اندازه گیری وزن هزار دانه نیز پس از بوجاری دقیق دانه ها و خشک کردن آنها در هوای آزاد انجام شد. همچنین در آخر آزمایش جهت تعیین اثرات کودهای زیستی و شیمیایی بر روی دسترسی برخی عناصر غذایی و خصوصیات شیمیایی خاک از هر تیمار در تکرارهای مختلف از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری گردید و به آزمایشگاه ارسال

گردید. برای تجزیه آماری داده‌ها از بسته نرم‌افزاری SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه پیش از کاشت.

مشخصات	دستی زینس بر (مگ)	هدایت الکتریکی	اشباع pH	واکنش	خشک‌شونده (درصد)	درصد مواد	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب	قابل جذب پتاسیم	آهن (میل گرم در کیلوگرم)	روی (میل گرم در کیلوگرم)	مگنیز
خاک مزرعه	۴/۸۲	۷/۷	۵۷	۱/۲	۰/۱	۱۱	۳۲۰	۲/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۴	

نتایج و بحث

عملکرد: اثرات سطوح مختلف کودی بر تمام پارامترهای آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد (۱۱/۸ تن در هکتار) در تیمار کود زیستی به همراه نصف میزان توصیه‌شده کودهای شیمیایی بود. بعد از آن تیمار $F_{100\%}$ و $F_{25\%+B}$ به ترتیب با مقدار ۱۱/۴۸ و ۹/۷۷ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد بودند. در حالی که کمترین عملکرد در تیمار کاربرد کود زیستی به تنهایی (B) به دست آمد. بین تیمار شیمیایی کامل ($F_{100\%}$) با تیمار ۵۰٪ شیمیایی + کود زیستی ($F_{50\%+B}$) اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

روش‌های مختلف کاربرد کود زیستی نشان داد که بین روش‌های مختلف کاربرد کود زیستی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲ و ۳). با این حال کاربرد کود زیستی به صورت بذرمال و یا بذر مال + آب آبیاری، نتایج مطلوب‌تری به همراه داشت.

کاربرد کود زیستی در این آزمایش اثرات معنی‌داری بر عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه شوشتر به همراه داشت. در این رابطه، نتایج مشابهی از سوی پژوهشگران دیگر ارائه شده است. یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات در تلفیق با کود شیمیایی توانستند کاربرد کود فسفره را ۵۰ درصد بدون افت عملکرد دانه ذرت، کاهش دهند. در همین رابطه، توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند تلقیح بذر سویا با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* و باکتری حل‌کننده فسفات به همراه نیمی از مقادیر کودهای نیترژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد دانه و میزان نیترژن، فسفر و پتاسیم جذب‌شده گیاه نسبت به مصرف

کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد. بادی دوبرینر (۱۹۹۸) طی تحقیقات خود نشان دادند که تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد علاوه بر کاهش ۳۰ تا ۳۵ درصد مصرف کود نیتروژن، رشد گیاه را نیز بهبود بخشید. این نتایج نشان می‌دهد مصرف کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی باعث افزایش کارایی کودهای زیستی می‌شود.

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 (وسی، ۲۰۰۳). ساریچ و همکاران (۱۹۸۸) افزایش ۲۸ درصد عملکرد سورگوم با تلقیح بذر سورگوم با باکتری‌های آزوسپریلیوم، را گزارش دادند.

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 (گران، ۱۹۹۸). داینارد و همکاران (۱۹۷۱) 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. از جمله دلایل عدم تأثیر روش کاربرد کود زیستی بر عملکرد ذرت می‌توان به فرصت حضور باکتری در خاک و زمان لازم برای بروز اثرات مثبت آن بر رشد و عملکرد گیاه و حتی سن گیاه (اولیوریا، ۲۰۰۶) اشاره کرد.

اجزاء عملکرد: از بین اجزاء عملکرد تعداد ردیف تحت تأثیر نوع کوددهی قرار نگرفت (جدول ۲ و ۳)، ولی تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه در تیمار $F_{50\%+B}$ بیش از دو تیمار دیگر بود (جدول ۳). کمترین مقدار این دو جزء عملکرد مربوط به تیمار کود زیستی (B) بود. روش کاربرد کود زیستی بر هیچ یک از اجزاء عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

بررسی‌های مختلفی افزایش اجزاء عملکرد را با کاربرد کودهای زیستی در تلقیح با کود شیمیایی نشان داده‌اند. یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند وزن بلال، تعداد ردیف، تعداد دانه در ردیف و سرانجام عملکرد دانه ذرت با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و حل‌کننده فسفات به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی، افزایش یافت. داهیلون و همکاران (۱۹۸۰) نیز به افزایش وزن هزار دانه در حضور

کودهای زیستی اشاره کردند. افزایش وزن هزار دانه ذرت نیز تحت تاثیر کودهای زیستی گزارش شده است (غلامی و بیاری، ۲۰۰۸).

تولید ماده خشک و شاخص برداشت: جدول ۳ نشان می دهد بیشترین مقدار ماده خشک (۲۰۶۷ گرم در متر مربع) در تیمار $F_{50\%+B}$ به دست آمد که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها داشت. روش کاربرد کود زیستی تاثیری بر تولید ماده خشک ذرت نداشت (جدول ۲ و ۳).

شاخص برداشت، نسبت عملکرد اقتصادی به کل ماده خشک تولیدی است که شاخصی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختارهای رویشی و زایشی است (کاروتر و همکاران، ۲۰۰۰). بالاترین شاخص برداشت در تیمار کود شیمیایی و کمترین شاخص برداشت در تیمار کاربرد کود زیستی مشاهده شد (جدول ۳). در این آزمایش اثر روش های مختلف کاربرد کود زیستی بر شاخص برداشت معنی دار نبود.

کاربرد کود زیستی موجب افزایش تولید ماده خشک در ذرت شد که این اثر را می توان به افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه نسبت داد (هجد و همکاران، ۱۹۹۹). زاید و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که این باکتری ها علاوه بر توانایی تثبیت نیتروژن به تولید مواد گوناگون محرک رشد، نظیر ایندول استیک اسید، جیبرلین و نیز ویتامین ها کمک می کنند. میرزا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی غیر از تثبیت نیتروژن، موجب تولید اکسین شده که این امر تارهای کشنده و بنابراین جذب مواد غذایی را افزایش داده و تولید ماده خشک گیاه را بهبود می بخشد. چابوت و همکاران (۱۹۹۳)، افزایش ۳۲٪ و زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۸ درصدی تولید ماده خشک ذرت را در اثر تلقیح بذر با این باکتری گزارش کردند. جاوید و همکاران (۱۹۹۸) نیز نشان دادند وزن خشک اندام های هوایی ذرت بر اثر کاربرد باکتری های محرک رشد، ۶۸/۴٪ افزایش یافت.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ذرت

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	ماده خشک	ارتفاع ساقه
تکرار	۲	۱/۲۷۷ ^{ns}	۰/۵۸۲ ^{ns}	۵/۳۷۳ ^{ns}	۲۶۶۲/۳۳۳*	۲۴۷/۴۴ ^{ns}	۵۶۷۹۳/۲۴۱ ^{ns}	۳/۵۴۱ ^{ns}
کود زیستی	۲	۷۷/۸۳۱**	۰/۰۳۴ ^{ns}	۹۴/۹۷۳**	۱۷۰۴۷/۴۴۴**	۳۴۰/۹۳۳**	۱۴۳۰۸۹۳/۴۹۳**	۴۹/۱۱۸*
روش	۲	۰/۶۰۰ ^{ns}	۰/۰۲۰ ^{ns}	۱/۸۶۲ ^{ns}	۳۶۹/۷۷۷ ^{ns}	۲۲/۵۴۸ ^{ns}	۲۲۰۲۷/۷۲۲ ^{ns}	۱۰۸/۶۰۹**
روش در کود	۴	۱/۴۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۱/۴۱۰ ^{ns}	۶۹۵/۸۸۸ ^{ns}	۷/۸۵۲ ^{ns}	۲۵۷۱۰/۳۵۵ ^{ns}	۱۲۸/۳۲**
خطا	۱۶	۳/۲۲۴	۰/۲۳۲	۱/۵۲۹	۵۷۹/۷۰۸	۱۰/۱۱۴	۵۳۰۳۲/۱۰۴	۱۲/۹۹۷
ضریب تغییرات		۱۹/۵	۳/۴	۳/۲	۷	۵/۸۳۸	۱۳/۸	۱/۶۷۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار بودن، معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۳- تاثیر سطوح مختلف کود شیمیایی و کود زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای در شوشتر

تیمار**	عملکرد (تن/هکتار)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	ماده خشک (گرم در مترمربع)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)
F100%	۱۱/۴۸۳a	۱۴a	۴۰/۵۳a	۳۷۸/۶۷a	۵۹/۲۸a	۱۹۳۵/۹b	۱۷۷/۹۴c
F50%+B	۱۱/۸۲۲a	۱۳/۹۲a	۴۱/۳۰a	۳۸۷/۸۹a	۵۷/۰۶a	۲۰۶۶۹a	۱۸۴/۷۷a
F25%+B	۹/۷۷۳b	۱۳/۹۴a	۳۸/۲۰b	۳۳۴/۴۴b	۵۸/۹۰a	۱۶۴۸/۴c	۱۸۰/۱۰b
B	۶/۰۲۳c	۱۳/۸۲a	۳۴/۹۰c	۳۰۱/۶۷c	۴۷/۴۴b	۱۲۶۹/۸d	۱۸۲/۵۳a
روش کاربرد							
S	۹/۳۱۶a	۱۳/۹۴a	۳۷/۹۲a	۳۳۴/۲۲a	۵۶/۱۸a	۱۶۳۹/۸a	۱۸۵/۹۸a
I	۸/۹۱۱a	۱۳/۸۹a	۳۷/۸۸a	۳۴۳/۱۱a	۵۴/۱۶a	۱۶۲۷a	۱۷۹/۰۳b
S+I	۹/۳۹۱a	۱۳/۵۸a	۳۸/۶۹a	۳۴۶/۶۷a	۵۳/۰۶a	۱۷۱۸/۳a	۱۸۲/۴۰ab

F100% = کود شیمیایی + کود زیستی، F50%+B = کود شیمیایی + کود زیستی، F25%+B = کود

شیمیایی + کود زیستی، B = کود زیستی

S = بذرمال، I = آبیاری، S+I = بذرمال + آبیاری

** اختلاف معنی داری بین تیمارهای با حروف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ وجود ندارد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک: کاربرد کودهای زیستی بر محتوای عناصر غذایی و برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک تاثیر گذاشت (جدول ۴). در رابطه با نیتروژن، در ابتدای آزمایش

کل نیتروژن خاک ۰/۱ درصد بود، در حالی که پس از کاربرد کودهای زیستی، محتوای نیتروژن کل خاک به ترتیب در تیمارهای $F_{100\%}$ ، $F_{25\%+B}$ ، $F_{50\%+B}$ و B برابر بود با ۰/۱، ۰/۱۱، ۰/۱۲ و ۰/۰۸۹ درصد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد حضور باکتری‌ها اثرات معنی‌داری بر محتوای نیتروژن خاک گذاشته است که با تلفیق کودهای شیمیایی اثرات مطلوب آنها تشدید شده است.

مقدار فسفر خاک تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت، به طوری که حضور کودهای زیستی توانست مقدار فسفر قابل دسترس را به طور فزاینده‌ای افزایش دهد. با اضافه شدن کودهای شیمیایی، دسترسی فسفر قابل جذب به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار فسفر قابل جذب در تیمار $F_{50\%+B}$ که دارای بیشترین درصد کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی است، به دست آمد.

نتایج آزمون خاک نشان داد pH خاک در تیمارهای کود زیستی در مقایسه با شاهد کاهش پیدا کرد. pH خاک از ۷/۷ در تیمار شاهد به ۷/۶ در تیمار $F_{25\%+B}$ و $F_{50\%+B}$ و به ۷/۵ در تیمار B کاهش یافت، حال آن که در تیمار شاهد pH خاک از ۷/۷ به ۷/۳ افزایش پیدا کرد.

در این آزمایش کاربرد کودهای زیستی بر مقدار پتاسیم قابل دسترس تاثیر داشت. مقدار پتاسیم قابل جذب در تیمارهای $F_{25\%+B}$ ، $F_{50\%+B}$ و B به ترتیب ۳۴۹، ۳۸۲ و ۳۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، در حالی که این رقم در تیمار شاهد ۳۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. افزایش اسیدیته خاک و عدم تثبیت کود پتاس مورد استفاده در حضور کودهای زیستی می‌تواند از دلایل افزایش دسترسی این عنصر در خاک باشد.

کاربرد کود زیستی اثرات معنی‌داری بر مقدار آهن، روی و منگنز خاک داشت، به طوری که بیشترین و کمترین مقدار محتوی آهن ۴/۶ و ۲/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در تیمارهای $F_{50\%+B}$ و شاهد به دست آمد، در حالی که مقدار آهن خاک قبل از کاشت ۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کاهش pH خاک و تولید اسیدهای آلی بوسیله کودهای زیستی نقش مهمی در دسترسی و انتقال عناصر کم مصرف از قبیل آهن دارند (ساندارا، ۲۰۰۲). منگنز و روی نیز در اثر کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت، به طوری که در تیمارهای کاربرد کود زیستی محتوای منگنز خاک به بیش از ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش پیدا کرد، در حالی که این مقدار در تیمار شاهد ۳/۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. تیمارهای مختلف کودی اثرات معنی‌داری را بر روی محتوی مس خاک ایجاد نکرده و مقدار مس خاک در شروع و پایان آزمایش تغییری نکرده است.

برخی پژوهشگران بر این باورند که نقش اصلی کودهای زیستی در تولید هورمون‌های محرک رشد و دسترسی بیشتر عناصری از قبیل فسفر است تا تولید و تثبیت نیتروژن (وسی، ۲۰۰۳). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که ارتباط مستقیمی بین کاهش مواد خثی‌شونده و افزایش فسفر، پتاسیم و برخی عناصر میکرو قابل دسترس وجود دارد، به طوری که با کاهش مواد خثی‌شونده بر میزان فسفر قابل دسترس اضافه شده است. این امر می‌تواند به علت پیوند شدن فسفر با عناصری همچون کلسیم و منیزیم باشد که در منطقه مورد مطالعه (شوشتر) این عناصر به‌وفور یافت می‌شود به همین دلیل، میزان این مواد خثی در ابتدای آزمایش ۵۷ درصد بوده است که در مقایسه با بسیاری از خاک‌های زراعی، مقدار بالایی است. حضور کودهای زیستی، به ویژه باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق تولید اسیدهای آلی نقش مهمی در شکستن پیوند فسفر-کلسیم و کاهش درصد مواد خثی‌شونده، به علت افزایش دسترسی فسفر خاک، دارد (ساندرا و همکاران، ۲۰۰۲).

کاهش pH در تیمارهای کاربرد کودهای زیستی می‌تواند به دلیل تولید انواع مختلف اسیدهای آلی توجیه شود که توسط سایر پژوهشگران نیز تایید شده است. ساندرا و همکاران، (۲۰۰۲) و گور و پاریک (۱۹۷۳)، گزارش دادند که کودهای زیستی، به ویژه باکتری‌های حل‌کننده فسفات pH خاک را از طریق تولید انواع اسیدهای آلی از قبیل اسیدهای سیتریک، گلوتامیک، لاکتیک، اگزالیک، گلیواگزالیک، مالیک، فومریک، تارتاریک و α -کتوتاریک کاهش می‌دهند. در نتیجه، کاهش pH خاک در اثر کاربرد کودهای زیستی بیانگر این واقعیت است که اسیدی شدن خاک توسط اسیدهای آلی و افزایش ماده آلی خاک (جدول ۳) ممکن است علت اصلی دسترسی بیشتر عناصری از قبیل فسفر و پتاسیم تثبیت‌شده باشد. در نتیجه می‌توان افزایش دسترسی فسفر و پتاسیم را به کاهش pH خاک نسبت داد.

کوسی و همکاران (۱۹۹۸) به افزایش سطوح فسفر قابل دسترس خاک در اثر تلقیح با کودهای زیستی اشاره کردند که باعث افزایش سطح ریشه و ساقه و در نتیجه عملکرد محصول شده است. ساندرا و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند تلفیق باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کودهای شیمیایی در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی، ضمن افزایش ۱۲/۶ درصد عملکرد نیشکر توانست ۵۰ درصد مصرف سوپر فسفات تریپل را از طریق کاربرد سنگ فسفات (و ۲۵ درصد بدون کاربرد سنگ فسفات) جبران کند و حتی با کاهش ۷۵ درصد سوپر فسفات، کاهش معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشد. نتایج مشابهی در تلفیق کودهای شیمیایی فسفره و زیستی در لویا چشم‌بلی (استمفورد و

همکاران، ۲۰۰۸) و سورگوم (آپانا، ۲۰۰۷) گزارش شده است. در رابطه با پتاسیم خاک، هان و لی (۲۰۰۵) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در تلفیق با کودهای شیمیایی باعث افزایش ۱۵ درصد پتاسیم شدند. افزایش دسترسی پتاسیم و فسفر در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد توسط پژوهشگران دیگر نیز تایید شده است (لین و همکاران، ۲۰۰۲؛ اسچلینگ، ۱۹۹۸).

کاربرد کود زیستی اثرات معنی‌داری بر مقدار آهن، روی و منگنز خاک داشت. کاهش pH خاک و تولید اسیدهای آلی بوسیله کودهای زیستی نقش مهمی در دسترسی و انتقال عناصر میکرو از قبیل آهن دارند (ساندرا، ۲۰۰۲). اردکانی و همکاران (۲۰۰۱) افزایش جذب آهن، منیزیم، روی، مس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به ترتیب ۱۶، ۲۰، ۱۸، ۲۱، ۱۷، ۱۴ و ۲۰ درصد را در تلفیح بذور گندم با کودهای زیستی را گزارش دادند.

نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی می‌تواند با کاهش ۵۰ درصد مصرف کودهای شیمیایی، عملکرد مطلوبی نیز تولید کند و بنابراین، نه تنها باعث افزایش سود کشاورز شود، بلکه پیامدهای منفی مصرف مفرط نهاده‌های شیمیایی را نیز بر محیط کاهش دهد. همچنین در کاربرد فقط ۲۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود زیستی، عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد تنها ۱۵ درصد کاهش یافت که در صورت محاسبه هزینه‌های اقتصادی زیست‌محیطی مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیز قابل توجیه است؛ ضمن آن که بهبود مدیریت زراعی قادر خواهد بود این کاهش عملکرد را جبران کند.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد در گیاهی مانند ذرت که برای تولید عملکرد مطلوب، نیازهای غذایی بالایی دارد، کودهای زیستی موجود به تنهایی نمی‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی شوند، بلکه می‌توان از آنها به شکل مکمل در کنار کودهای شیمیایی استفاده کرد. این امر موجب بهبود پایداری سیستم‌های تولید ذرت در استان خوزستان شده و کودهای شیمیایی نیز همچنان جزئی لازم، البته با کاربرد بهینه‌شده، در کشاورزی پایدار مدنظر قرار خواهند گرفت. مطالعه خاک نیز در این آزمایش نشان داد کودهای زیستی نقش مهمی در افزایش دسترسی عناصر غذایی، به ویژه فسفر، و بهبود شرایط شیمیایی و زیستی خاک دارند.

جدول ۴- اثرات کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر دسترسی برخی عناصر غذایی (بر حسب میلی گرم در کیلوگرم) و دیگر خصوصیات شیمیایی خاک.

تیمارها	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	موادخثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
F _{100%}	۴/۰۶ b**	۷/۷۳a	۵۸ a	۱/۰۳ b	۰/۱ b	۹d	۳۱۴/۳۳ c	۲/۲c	۱/۰۶ b	۱/۱۳ a	۳/۶۰ b
F _{50%+B}	۴/۳۹ a	۷/۶۰ b	۴۱/۳۳ b	۱/۳۴ a	۰/۱۲a	۲۳/۶۶a	۳۸۲/۶۶a	۴/۴۶a	۱/۴۶ a	۱/۱۶ a	۵/۲ a
F _{25%+B}	۴/۱۹ b	۷/۶۰ b	۴۲/۶۶b	۱/۲۳ a	۰/۱۱ a	۱۷/۳۳b	۳۴۹/۳۳b	۴/۱ b	۱/۴ a	۱/۲ a	۵/۰۶ a
B	۴/۳ b	۷/۵ b	۴۲b	۰/۹۶b	۰/۸۹۰b	۱۳c	۳۴۵/۶۶ b	۴/۳ ab	۱/۳۶ a	۱/۱۳a	۵/۰۳ a

F_{100%} = ۱۰۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی، F_{50%+B} = ۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی، F_{25%+B} = ۲۵٪ کود شیمیایی + کود زیستی، B = کود زیستی S = بذرمال، I = آبیاری، S+I = بذرمال + آبیاری
 **تیمارهای با حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد.

سپاسگزاری

از کارکنان محترم موسسه آب و خاک، به ویژه جناب آقای دکتر اصغرزاده، به خاطر تامین کودهای زیستی این آزمایش سپاسگزاری می شود. همچنین از همکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، به ویژه جناب آقای دکتر لرزاده، رئیس دانشکده کشاورزی، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- Ali ehiae, M. and Mohamadi, A.A. 1993. Number 893. Methods of soil analysis. Soil and Water Research Institute. Number 893. Tehran.
- Ardakani, M. R, D., Mazaheri, F., Majd, G., and Mohamadi, N. 2001. Role of Azospirillum bacteria on micro and macro nutrient uptake in wheat. 6th Irania Congress of Agronomy and Plant Breeding .107-115.
- Appanna, V. 2007. Efficacy of phosphate solubilizing bacteria isolated from vertisols on growth and yield parameters of sorghum. Res. J. Microbiol. 2: 550-559.
- Biari, A., Gholami, A., and Rahmani., H.A. 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. J. Biol Sci. 8: 1015-1020.
- Biswas, B., Singh, R., and Mukhopadhyay, A.S.N. 2008. Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer for non-legumes: prospects and challenges. Appl. Microb. Biotechnol. 80: 199-209.

- Boddey, R.M., and Dobereiner, J. 1988. Nitrogen fixation association with grasses and cereals: Recent results and perspective for future research. *Plant Soil*. 108: 53-65.
- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *Agron. J.* 12(2): 103-115.
- Chabot, R., Anton, H., and Cescas, M.P. 1993. Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphorus-solubilizing micro-organism. *Can. J. Microbiol.* 39: 941-947.
- Daynard, T.B., Tanner, J.W., and Duncan, W.G. 1971. Duration of the grain filling period and its relative to grain yield in corn. *Crop. Sci.* 11: 45-48.
- Dhillon, G., Kler, G.S., Walia, A.S., Chahal, V.P.S. 1980. Effect of *Azotobacter chroococcum* and seed size on growth and yield of maize. *Indian. Agron. J.* 25: 244-249.
- Elmerich, C.W., Immer, Z., and Vielle, C. 1992. Associative nitrogen fixing bacteria. In: biological nitrogen fixation. Chapman and Hall Publisher.
- Gholami, A., and Biari, A. 2008. The effect of bio-priming with *Azotobacter* and *Azospirillum* on yield and yield components of field grown maize. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan. 338-349.
- Grant, R.F. 1986. Simulation of maize phenology. *Agron J.* 81: 451-457.
- Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. *Res J. Agric Biol Sci.* 1: 176-180.
- Hegde, D.M., Dwivedi, B.S., and Sudhakara, S.N. 1999. Biofertilizers for cereal production in India-a review. *Indian J. Agri. Sci.* 69: 73-83.
- Javed, M., Arshad, M., and Ali, K. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. *Pakistan J. Soil. Sci.* 14: 36-42.
- Kianisadr, M., and Borna, A. 2008. Environmental effects of chemical fertilizers. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan. 4216-4199.
- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Eco. Eng.* 33: 150-156.
- Kucey, R.M.N., Janzen, H.H., and Leggett, M.E. 1998. Microbially mediated increases in plant available phosphorus. *Adv. Agron.* 42: 199-225.
- Lin, Q.M., Rao, Z.H., Sun, Y.X., Yao, J., and Xing, L.J. 2002. Identification and practical application of silicate-dissolving bacteria. *Agric Sci China.* 1: 81-85.
- Mirza, M.S., Rasul, G., MehnazLadha, J.K., Ali, S., and Malik, K.A. 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In: Ladha, J.K., Reddy, P.M. (eds) *The quest for nitrogen fixation in rice*. International Rice Research Institute. P: 191-204.

- Oliverira, A., de Canuto, E.L., Urquiaga, S., Reis, V.M., and Baldani, V.M. 2006. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. *Plant Soil*. 284: 23-32.
- Pareek, R.P., and Gaur, A.C. 1973. Release of phosphate from tricalcium phosphates by organic acids. *Curr Sci*. 42: 278-279.
- Rejesus, R.M., and Hornbaker, R.H. 1999. Economic and environmental evaluation of alternative pollution-reducing nitrogen management practices in central Illinois. *Agric Ecosyst Environ*. 75: 41-53.
- Sandra, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane sugar yields. *Field Crop Res*. 77: 43-49.
- Sarige, S., Blum, A., and Okon, Y. 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum by inoculation with *Azospirillum brasilense*. *J. Agri. Sci*. 110: 271-277.
- Schilling, G., Gransee, A., Deuble, A., Lezovic, G., and Ruppel, S. 1998. Phosphorus availability, root exudates, and microbial activity in the rhizosphere. *Pflanzenernahr. Bodenk*. 161: 465-478.
- Shaharoon, B., Arshad, M., Zahir, A.Z., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol. Biochem*. 38: 2971-2975.
- Tohidi-Moghadam, H., Nasri, M., Zahedi, H., Paknegad, F., and Ranzhad, R. 2008. Application of biofertilizers due to decrease utilization of chemical fertilizers in soybean. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan. 1423-1434.
- Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan J. Soil Sci*. 15: 7-11.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture. *Adv Agron*. 81: 97-168.
- Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Afify, H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakistan J. Biol Sci*. 6 (4): 344-358.
- Yasari, E., Patwardhan, A.M. 2007. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian J. Plant Sci*. 6(1): 77-82.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *Inter. J. Biol. Life Sci*. 1:2.



Effects of integrated application of biological and chemical fertilizer and application method of biofertilizer on yield and yield components of maize

Kh. Eidizadeh¹, *A.M. Mahdavi Damghani¹, F. Ebrahimpoor²
and H. Sabahi¹

¹Shahid Beheshti University (G.C.), Dept. of Agroecology, Tehran, Iran

²Peyam-e-Noor University (PNU) of Tehran, Iran

Abstract

In order to study the effects of integrated application of bio- and chemical fertilizers and application method of biofertilizer on the yield and yield components of maize (*Zea mays* L.), an experiment was conducted in 2008 in Shushtar in a factorial arrangement with completely randomized block design with three replicates. Treatments were integrated application of biological and chemical fertilizers in four levels and biofertilizer application method in three levels. Results showed that the highest grain yield was obtained by application of biofertilizers + 50% chemical fertilizer (11.8 t/ha). The greatest and lowest harvest indices were recorded in chemical (0.59) and biofertilizer (0.47) treatments, respectively. Number of grain per row and row per ear had not significant differences in integrated and chemical treatments. Methods of biofertilizer application had not significant effect on maize yield and yield components. Results showed that biofertilizers increased P, K as well as other micro elements availability rather N fixation. Results revealed although replacing chemical fertilizers by biofertilizers reduced maize yield, integrated application of these sources produced highest grain yield as well as reduced substantially consumption of chemical fertilizer.

Keywords: Biofertilizer; Nitrogen; Phosphorus; Corn.

*- Corresponding author. E-mail: mmd323@yahoo.com

