نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۳(۶۷)، پاییز ۱۴۰۲، صفحه ۳۱۴-۲۹۷

مقاله پژوهشی DOI:

اثر کودهای آلی، میکوریزا و خاک‌ورزی بر عملکرد و میزان نیتروژن و فسفر در دانه، برگ و خاک تحت کشت ذرت

علیرضا فیلی‌نژاد[۱]، محمد میرازیی حیدری[۲*]، فرزاد بابایی[۳]، عباس ملکی[۳] و محمود رستمی‌نیا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۵

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر خاک‌ورزی، کودهای آلی و میکوریزا بر صفات کمی و جذب عناصر در ذرت انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات با ۴ تکرار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مرداد ماه سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در شهرستان ایوان در استان ایلام انجام شد. خاک‌ورزی در ۳ سطح (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی تا عمق ۱۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی تا عمق ۳۰ سانتی‌متر)، کود آلی در ۳ سطح (عدم مصرف، ورمی‌کمپوست ۳۰ تن در هکتار و کود گاوی ۳۰ تن در هکتار) و قارچ میکوریزا جنس *Glomus mosseae* و به روش تلقیح با خاک (مصرف و عدم مصرف) بود. در سیستم خاک‌ورزی سطحی، عملکرد دانه به‌مقدار ۷۰۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی که کمترین مقدار را داشت ۲۱ درصد افزایش نشان داد. در سیستم خاک‌ورزی سطحی و مصرف کود گاوی، بیشترین عملکرد دانه به‌مقدار ۸۱۹۸/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. برهم‌کنش میکوریزا و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. در حالت خاک‌ورزی سطحی و میکوریزا حداکثر عملکرد دانه به‌مقدار ۷۰۷۶/۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون خاک‌ورزی و عمیق هم در حالت مصرف میکوریزا و هم در حالت عدم مصرف میکوریزا داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این بررسی مشخص شد که اجرای خاک‌ورزی سطحی نسبت به عمیق موجب افزایش عملکرد گیاه شده است.

واژگان کلیدی: خاک‌ورزی، عملکرد، ذرت، میکوریزا، پتاسیم.

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران.

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۳- استادیار گروه زراعت، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران.

۴- استادیار گروه خاک و آب، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

نگارنده مسئول Mirzaeiheydari@yahoo.com

مقدمه

ذرت با نام علمی *Zea Mays* L. پس از گندم و برنج، مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. ذرت از لحاظ فتوسنتزی گیاهی چهار کربنه است و از گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری است که عملکرد آن در مناطق معتدله بیشتر است. ذرت علوفه‌ای به‌عنوان گیاهی با توانایی تولید بالا و سازگاری در اکثر مناطق کشور می‌تواند نقش مهمی در تامین علوفه مورد نیاز دام‌ها به‌ویژه در فصل زمستان ایفا نماید. این گیاه با وجود داشتن یک مرحله برداشت دارای عملکرد ماده خشک بالایی است. سیلوی آن به آسانی تهیه می‌شود و یک علوفه خوش‌خوراک با کیفیت پایدار برای دام می‌باشد و انرژی بیشتری نسبت به گیاهان علوفه‌ای داراست (Bahamin *et al*., 2019; Charkhab *et al*., 2021).

خاک‌ورزی حفاظتی یک حرکت سریع و روبه‌رشد در ایران است که به‌عنوان ابزاری برای رسیدن به پایداری در سیستم‌های کشاورزی در نظر گرفته شده است (Wozniak *et al*., 2015). به‌نظر بسیاری از محققان از گزینه‌های مناسب که می‌تواند بدون تخریب محیط زیست، باروری خاک و نهایتاً افزایش عملکرد گیاهان را تضمین کند استفاده از کودهای بیولوژیک و قارچ‌های میکوریزا است (Shamsibeiranvand *et al*., 2017). گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. با وجود آنکه کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده‌اند، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است و سعی بر آن است تا از پتانسیل ارگانیسم‌های خاک و مواد آلی به‌منظور به حداکثر رساندن تولید و توجه به کیفیت خاک استفاده گردد (Singh *et al*., 2017). یکی از مباحث نوین کشاورزی پایدار در مدیریت منابع خاک، بررسی موجودات خاک‌زی و روابط همزیستی متقابل مفید بین اجزای اکوسیستم در زنجیره‌های غذایی و چرخه حیاتی است (Jalali *et al*, 2015; Hosseini *et al*., 2014). کودهای زیستی از جمله نهاده‌های طبیعی هستند که می‌توانند به‌عنوان مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار به‌کار برده شوند (Bahamin *et al*., 2019; Shamsibeiranvand *et al*., 2017). محققان بیان کردند که به‌طورکلی قارچ‌های میکوریزا سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد (Mesbah *et al*., 2021) گردید، زیرا از یک طرف این قارچ‌ها دارای ریسه‌های فراوانی بوده که این ریسه‌ها وارد ریشه‌های گیاه شده و بر وزن ریشه می‌افزایند و از طرف دیگر با جذب فسفر و آب سبب افزایش اجزای عملکرد می‌گردند (Maleki *et al*., 2008; Maleki *et al*, 2014). برقراری رابطه همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه می‌تواند از طریق جذب مواد غذایی و آب بر تعداد دانه‌های تشکیل شده موثر باشد (Salimi *et al*., 2020). همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا سبب استفاده بهتر از فسفر غیرقابل جذب خاک توسط هیف‌های قارچ شد که این می‌تواند در وزن دانه موثر باشد (Foladvand *et al*., 2017).

اضافه کردن مواد آلی به خاک، به‌دلیل تامین بزرگ‌ترین نیازهای گیاه از مزایای اصلی این قبیل کودها است. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به‌صورت کاملاً متناسب با تغذیه‌ی طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط

زیست از مهم‌ترین مزیت‌های بیولوژیک به‌شمار می‌روند (Foladvand *et al.*, 2017; Dawoudian *et al.*, 2021). استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث تخریب خاک و آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد (Dawoudian *et al.*, 2021) لذا می‌توان به‌منظور حاصل‌خیزی پایدار خاک از کودهای آلی استفاده نمود.

کمپوست یکی از مهم‌ترین موادآلی بوده که به‌خاطر مزایای متعدد آن امروزه به شدت مورد توجه محققان قرار گرفته است. کود آلی ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی *Eisenia foetid*–می‌باشد. این کرم با تغذیه از مواد آلی موجود در طبیعت آن را به کود آلی مغذی تبدیل می‌کند به‌طوری‌که در حال حاضر این کود به‌عنوان یکی از غنی‌ترین کودهای آلی بیولوژیک شناخته شده و در تمام دنیا مورد توجه و کاربرد قرار گرفته است (Cociu and Alionte, 2017; Tabatabai *et al.*, 2021). ورمی‌کمپوست علاوه بر قابلیت جذب آب با حجم بالا شرایط مناسب جهت دانه‌بندی و قدرت نگهداری مواد غذایی مورد نیاز را فراهم می‌نماید (Sieling *et al.*, 2005; Rezaei *et al.*, 2015). کودهای آلی به‌ویژه کود ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار می‌روند که این عناصر را به مرور زمان در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Cociu and Alionte, 2017). سیستم‌های کشاورزی متداول نشان داده‌اند که اگرچه به کمک کودهای شیمیایی در کوتاه مدت می‌توان به عملکردهای بالایی دست یافت، اما پایداری حاصل‌خیزی خاک و سلامت محیط زیست در این سیستم‌ها زیر سؤال است. محققین مهم‌ترین روش فائق آمدن بر این مشکل را رو آوردن به کشاورزی پایدار و استفاده از کودهای آلی زیستی از جمله ورمی‌کمپوست اعلام می‌کنند (Fathi and Bahamin, 2018). با توجه به مرور مطالب ذکر شده هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر متقابل روش‌های خاک‌ورزی (شامل بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی سطحی و خاک‌ورزی عمیق)، مواد آلی و قارچ میکوریزا بر صفات عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر جذب شده در اندام‌های رویشی و زایشی ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرداد ماه سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ (به‌صورت دو سال متوالی در همان قطعه زمین) در شهرستان ایوان واقع در استان ایلام انجام شد. ویژگی آب و هوایی محل انجام آزمایش (تهیه شده از اداره آب و هواشناسی استان ایلام) نیز در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات با ۴ تکرار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. این آزمایش دارای سه فاکتور شامل خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی سطحی تا عمق ۱۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی عمیق تا عمق ۳۰ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی، منابع کود آلی (عدم مصرف، ورمی‌کمپوست ۳۰ تن در هکتار و کود گاوی ۳۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی و قارچ میکوریزای جنس *Glomus mosseae* و به روش تلقیح با خاک (مصرف و عدم مصرف) به‌عنوان عامل فرعی فرعی بود. منابع کود آلی پس از تناسب بندی با مساحت هر کرت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک و با روش دستی مخلوط شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزا به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (Qiao *et al.*, 2011) و به‌صورت جاگذاری در زیر و کنار بذور در زمان کاشت مورد

استفاده قرار گرفت. مایه تلقیح قارچ میکوریزا در این تحقیق با توجه به گونه‌های قارچ داخل آن در هر گرم آن، ۱۰۰ اسپور قارچ (Qiao *et al.*, 2011) وجود دارد. برخی از ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش و کودهای آلی مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

در روش خاک‌ورزی عمیق از دستگاه‌های رایج منطقه که به‌صورت کامل خاک‌ورزی را انجام می‌دهد استفاده شد. زمین پس از گاورو شدن ابتدا توسط گاو آهن برگرداندار خاک‌ورزی عمیق (۲۵-۲۰ سانتی‌متری) زده شد. سپس دو دیسک عمود برهم با عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر برای نرم کردن کلوخ‌ها زده شد و در آخر با استفاده لولر زمین تسطیح شد. برای کاشت دانه نیز از ردیف-کار تراشکده استفاده شد. در این روش تردد ماشین آلات جهت آماده سازی و کاشت بذر ۵ بار بود.

در روش خاک‌ورزی سطحی از دستگاه خاک‌ورزی سطحی که یک دستگاه خاک‌ورز مرکب است جهت آماده سازی زمین برای کشت استفاده شد که تنها یک بار وارد زمین شد. پس از تهیه زمین، ردیفکار تراشکده جهت کاشت بذر وارد زمین شد.

در روش بدون خاک‌ورزی از دستگاه بدون خاک‌ورزی (No-tillage) که بذر را با استفاده از ردیف‌کار بدون شخم تراشکده در خاک می‌کاشت، استفاده شد. در این روش تردد ماشین آلات جهت آماده سازی و کاشت بذر ۱ بار بود.

فاکتورهای اندازه گیری شامل وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، فسفر خاک، دانه و برگ؛ و نیتروژن خاک، دانه و برگ بودند. اندازه‌گیری صفات عملکرد، اجزای عملکرد و میزان نیتروژن و فسفر باقیمانده در خاک پس از برداشت گیاه ذرت هم در سال اول و هم در سال دوم انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات ذرت، بدین ترتیب که دو خط از هر کرت آزمایشی بعد از حذف اثر حاشیه از طرفین نمونه‌برداری و به آزمایشگاه انتقال داده شد و در نهایت عملکرد هر کرت به واحد کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شد. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه، با حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، یک متر مربع از قسمت میانی هر کرت، کف‌بر و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید.

در مرحله رسیدگی کامل (رسیدن رطوبت به ۵ درصد)، با استفاده از یک کوآدرات یک متر مربعی از بوته‌های وسط هر کرت انتخاب و از سطح خاک کف برداشت گردید و نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. بعد از توزین عملکرد بیولوژیک به کیلوگرم در هکتار تعمیم داده شد.

همزمان با برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت جداگانه انتخاب و تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰۰۰دانه اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه کجلدال (Anonymous, 2000; Bradford, 1979) و میزان فسفر و پتاسیم گیاه با روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (اسپکترومتر جذب اتمی AAS مدل GeminAA ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (Nelson and Sommers, 1982). میزان غلظت عناصر میکرو (روی) با استفاده از دستگاه جذب اتمی (اسپکترومتر جذب اتمی

AAS مدل GeminAA ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد.

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS ۳,۹ با استفاده از دستور PROC GLM آنالیز شدند. بعد از تعیین همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون بارتلت، آنالیز واریانس مرکب انجام شد. جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

فسفر خاک، دانه و برگ: اثر اصلی کود آلی و میکوریزا بر فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در حالت مصرف کود گاوی حداکثر فسفر دانه به‌مقدار ۰/۱۰ درصد حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری با مصرف ورمی‌کمپوست نداشت اما اختلاف آن با تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر اصلی کود آلی، و کود و برهم‌کنش کود آلی و خاک‌ورزی بر فسفر برگ معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). در حالت مصرف ورمی‌کمپوست فسفر برگ به‌مقدار ۰/۰۸۸ درصد حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری با کود گاوی نداشت (جدول ۴). برهم‌کنش کود آلی و میکوریزا بر فسفر برگ معنی‌دار بود. در حالت مصرف ورمی‌کمپوست و میکوریزا حداکثر فسفر برگ به‌مقدار ۰/۰۹۱ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کود گاوی داشت. در حالت مصرف کود گاوی نیز حداکثر فسفر برگ در حالت مصرف میکوریزا حاصل شد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که در کود آلی کود گاوی شرایط محیطی برای رشد ذرت مناسب‌تر بوده و توانسته فسفر بیشتری به سمت اندام هوایی منتقل کند (Wang *et al*., 2011). افزایش میزان فسفر و عناصر کم مصرف خاک در اثر افزودن کودهای دامی را می‌توان به تولید اسیدهای آلی متعدد که مانع از تثبیت فسفر می شوند نسبت داد. این اسیدها قادر به جایگزینی فسفر پیوند شده با سطوح تثبیت کننده بوده و باعث آزادسازی آنها می‌شوند (Kafkafi *et al*., 1988). با افزودن کودهای دامی و تجزیه آن در خاک، عناصر کم مصرف و برخی عناصر پرمصرف موجود در این کودها آزاد شده و در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد. مواد آلی می‌تواند با کلات کردن عناصر قابلیت دسترسی این عناصر را افزایش دهند (Khadem *et al*, 2014; Bahamin *et al*, 2021).

نیتروژن خاک، دانه و برگ: اثر اصلی کود آلی و اثر اصلی خاک‌ورزی بر نیتروژن خاک معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). در حالت مصرف ورمی‌کمپوست حداکثر نیتروژن خاک به‌مقدار ۰/۰۶۹ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی داشت و اختلاف آن با تیمار شاهد نیز معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر اصلی کود آلی بر نیتروژن دانه معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). در خصوص اثر کود بر این صفت نیز مشاهده شد که در حالت مصرف ورمی‌کمپوست حداکثر نیتروژن دانه به‌مقدار ۱/۶۷ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی و همچنین با تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر اصلی کود آلی و اثر اصلی خاک‌ورزی و برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر نیتروژن برگ معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). در خصوص اثر کود آلی بر این صفت

نیز مشاهده شد که در حالت مصرف ورمی‌کمپوست حداکثر نیتروژن برگ به‌مقدار ۱/۱۰ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی نداشت (جدول ۴). در سیستم خاک‌ورزی سطحی و مصرف ورمی‌کمپوست، بیشترین نیتروژن برگ به‌مقدار ۱/۱۵ درصد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی نداشت. کمترین نیتروژن برگ به‌مقدار ۰/۹۷۱ درصد در حالت خاک‌ورزی عمیق و عدم مصرف کود حاصل شد. به‌طورکلی، در سطوح مختلف نیتروژن همواره بیشترین نیتروژن برگ در تیمار خاک‌ورزی سطحی حاصل شد و خاک‌ورزی عمیق کمترین مقدار را داشت (شکل ۲). در بررسی محققان دیگر (Wang *et al*., 2011) نیتروژن دانه با افزایش مصرف کود افزایش یافت. با توجه به اینکه با افزودن ماده آلی به خاک، ابتدا فرآیند آلی شدن و سپس معدنی شدن نیتروژن انجام می‌گیرد، افزودن همزمان کود آلی و شیمیایی، ضمن تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، به‌دلیل آلی شدن نیتروژن شیمیایی توسط باکتری‌های تجزیه کننده ماده آلی خاک، هدرروی نیتروژن (آبشویی، متصاعد شدن یا تثبیت) کاهش یافته و سپس به‌دلیل فرآیند معدنی شدن، مجدداً نیتروژن به‌صورت تدریجی به شکل قابل جذب گیاه در آمده و سبب فراهمی آن در طول دوره رشد گیاه می‌شود. شهاتا و ال-خواس (Shehata and EL-Khawas, 2003) بیان کردند که در حضور کودهای آلی و زیستی، جذب نیتروژن از کود شیمیایی افزایش می‌یابد. بالاتر بودن میزان جذب نیتروژن در ذرت ممکن است تحت اثر بهبود وضعیت خاک ناشی از خاک‌ورزی و تلفات کمتر نیتروژن باشد. در تیمار خاک‌ورزی سطحی به دلیل آن که بخشی از بقایای گیاهی کود آلی قبل در کرت‌های مربوطه حفظ شده بودند لذا با گذشت زمان، خاک‌ورزی سطحی احتمالاً باعث آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از باقیمانده‌های گیاهی شده است که این عناصر آزاد شده می‌تواند جذب دانه یا اندام‌های محصول زراعی گردد (Wang *et al*., 2011; Zabet *et al*, 2015).

تعداد دانه در ردیف بلال: اثر اصلی کود آلی بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار بود ولی سایر اثرهای اصلی و برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۵). در خصوص اثر کود آلی بر این صفت مشاهده شد که در حالت مصرف ورمی‌کمپوست حداکثر تعداد دانه در ردیف بلال به‌مقدار ۳۹/۵۷ عدد حاصل شد (جدول ۶). افزایش کود به‌جهت تامین نیازهای غذایی گیاه ذرت سبب افزایش توان فتوسنتزی در گیاه ذرت می‌شود، از آنجایی که ذرت دارای ریشه هایی قوی می‌باشد می‌تواند عناصر غذایی را هم از خاک جذب کند که به‌همین دلیل در میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود مصرفی بر روی تعداد دانه در ردیف اثر معنی‌داری داشته است (Sing *et al*., 2017).

تعداد دانه در بلال

اثر اصلی کود آلی بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۵). در حالت مصرف ورمی‌کمپوست حداکثر تعداد دانه در بلال به‌مقدار ۶۳۹/۵ عدد حاصل شد. کمترین مقدار نیز در حالت عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۶). نتایج مشابهی نیز توسط رید و همکاران (Reed *et al*., 1998) مبنی بر افزایش تعداد دانه در بلال متناسب با افزایش سطح کود گزارش شده است. مصرف مناسب کود می‌تواند کاهش تعداد دانه را جبران نماید و در نتیجه از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری کند (Sing *et al*., 2017).

وزن هزار دانه: اثر سه گانه خاک‌ورزی، میکوریزا و کود آلی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). در سیستم خاک‌ورزی سطحی و مصرف کود گاوی، بیشترین وزن هزار دانه به‌مقدار ۳۴۶/۴ گرم حاصل شد. کمترین وزن هزار دانه به‌مقدار ۲۵۴/۶ گرم در حالت خاک‌ورزی عمیق و عدم مصرف کود حاصل شد. به‌طورکلی، در سطوح مختلف نیتروژن همواره بیشترین وزن هزار دانه در تیمار خاک‌ورزی سطحی حاصل شد و خاک‌ورزی عمیق کمترین مقدار را داشت (شکل ۳). کاهش وزن هزار دانه در تیمار بدون خاک‌ورزی را احتمالاً می‌توان به کاهش عملکرد زیستی و در نتیجه کم بودن سطوح فتوسنتز کننده در زمان پر شدن دانه‌ها نسبت داد. طی آزمایش‌های جداگانه مشاهده شده که وزن هزار دانه آفتابگردان و ذرت در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته و عمیق کمتر بود، درحالی‌که بین سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته و عمیق از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (Roozbeh and Pooskani, 2003). افزایش کاربرد کود موجب رفع محدودیت‌های غذایی برای ذرت شده و بازده فتوسنتزی و تولیدی گیاه را افزایش می‌دهد و در نهایت موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود. تورک و تاواها (Turk and Tawaha, 2002) نشان دادند که باقلا به سطوح مختلف آلی واکنش خوبی نشان داده و وزن هزار دانه با کاربرد کود آلی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش می‌یابد (Khoshkhabar *et al.*, 2015).

عملکرد بیولوژیک: اثر اصلی کود آلی، اثر اصلی خاک‌ورزی و اثر اصلی میکوریزا و برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود ولی سایر برهم‌کنش‌ها اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۵). در سیستم خاک‌ورزی سطحی، عملکرد بیولوژیک به‌مقدار ۱۲۷۹۰/۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی که کمترین مقدار را داشت ۱۶ درصد افزایش نشان داد. در حالت مصرف ورمی‌کمپوست عملکرد بیولوژیک به‌مقدار ۱۳۱۸۸/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی نداشت (جدول ۶). در سیستم خاک‌ورزی سطحی و مصرف کود گاوی، بیشترین عملکرد بیولوژیک به‌مقدار ۱۴۹۱۹/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با مصرف ورمی‌کمپوست داشت. کمترین عملکرد بیولوژیک به‌مقدار ۹۵۹۹/۱ کیلوگرم در هکتار در حالت خاک‌ورزی سطحی و عدم مصرف کود حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار خاک‌ورزی عمیق نداشت. در سطوح مختلف مصرف نیتروژن همواره بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار خاک‌ورزی سطحی حاصل شد (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد علل کاهش عملکرد بیولوژیک در شیوه بدون خاک‌ورزی ناشی از افزایش فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه باشد. این فشردگی می‌تواند به کاهش تراکم طول ریشه منجر شده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش پیدا کند، بنابراین رشد یکنواختی در روش بدون خاک‌ورزی در مزرعه حاصل نمی‌گردد که در نهایت کاهش عملکرد را به‌دنبال داشت. محققان (Halvorson *et al.*, 2006) در یک آزمایش بررسی سیستم‌های خاک‌ورزی در طولانی مدت اظهار داشتند با مصرف کود اوره در خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد ذرت افزایش یافت از طرفی گزارش شده پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز داشته و افزایش کود

پتاسیم موجب افزایش شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن عملکرد ماده خشک گردید.

عملکرد دانه: اثر اصلی کود آلی، اثر اصلی خاک‌ورزی و اثر اصلی میکوریزا و برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی، و برهم‌کنش میکوریزا و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). در سیستم خاک‌ورزی سطحی، عملکرد دانه به‌مقدار ۷۰۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار بدون خاکورزی که کمترین مقدار را داشت ۲۱ درصد افزایش نشان داد. در حالت مصرف ورمی‌کمپوست عملکرد دانه به‌مقدار ۷۰۲۸/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کود گاوی نداشت (جدول ۶). در سیستم خاک‌ورزی سطحی و مصرف کود گاوی، بیشترین عملکرد دانه به‌مقدار ۸۱۹۸/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین عملکرد دانه به‌مقدار ۴۶۰۵/۳ کیلوگرم در هکتار در حالت خاک‌ورزی عمیق و عدم مصرف کود حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار خاک‌ورزی سطحی داشت. در سطوح مختلف مصرف نیتروژن همواره بیشترین عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی سطحی حاصل شد (شکل ۵). برهم‌کنش میکوریزا و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. در حالت خاک‌ورزی سطحی و میکوریزا حداکثر عملکرد دانه به‌مقدار ۷۰۷۶/۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون خاک‌ورزی و عمیق هم در حالت مصرف میکوریزا و هم در حالت عدم مصرف میکوریزا داشت (شکل ۶). محققان (Schillinger *et al*., 2010) دریافتند که خاک‌ورزی سطحی در میزان عملکرد می‌تواند برابر یا حتی بهتر از خاک‌ورزی رایج باشد. محققان بیان نمودند در اکثر خاک‌ها عملکرد در عدم خاک‌ورزی مساوی یا کمتر از خاک‌ورزی عمیق یا کم خاک‌ورزی است. همچنین، در تحقیقی بیان شده است به علت آنکه خاک‌ورزی سطحی موجب افزایش ماده آلی در سطح خاک شده عملکرد محصول بهبود یافته است (Kardoni *et al*, 2019). کاهش عملکرد در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی رایج ناشی از افزایش فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه بوده است. این فشردگی به کاهش تراکم طول ریشه منجر شده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند (Mahajan *et al*., 2012). با توجه به این نکته که کود آلی از جمله مهم‌ترین عناصر مؤثر در افزایش درصد نیتروژن دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد کود تجمع این عنصر در دانه و همچنین در اندام‌های هوایی مورد مطالعه را افزایش داده است و این وضعیت در نهایت منجر به بهبود شاخص برداشت شده است.

نتیجه‌گیری کلی

در خاک‌ورزی سطحی و مصرف کود آلی عناصر غذایی آسان‌تر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، لذا میزان باروری و تبدیل گلچه‌ها به دانه بالاتر خواهد بود. در این مطالعه با مصرف کود جذب و انتقال این عناصر به بخش‌های مختلف گیاه افزایش یافته و در هنگام تکمیل فرآیندهای رشد زایشی مانند مرحله پر شدن دانه‌ها، با انتقال مجدد مواد غذایی عملکرد دانه نیز افزایش یافته است. از سوی دیگر توان بالای ذرت در به کارگیری این عناصر از اهمیت خاصی برخوردار است که این مورد به‌وجود سیستم کارآمد فتوسنتزی ذرت مربوط می‌شود. بنابراین، افزایش میـزان کود از طریق افزایش تعداد دانه و وزن هزار دانه به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش عملکرد می‌شود.

جدول ۱- مقادیر ماهانه داده‌های هواشناسی در منطقه مورد آزمایش طی فصل کاشت

Table 1- Monthly values of meteorological data in the tested area during the planting season

تبخیر Evaporation (mm)		رطوبت نسبی relative humidity (٪)		بیشترین درجه حرارت Maximum temperature (°C)		کمترین درجه حرارت The lowest temperature (°C)		بارندگی Rainfall (mm)		ماه Month
2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	
454.2	487.3	10	12	36.6	47.5	23.9	22.4	0	0	August
380.5	377.7	12	15	33.5	45.9	18.7	17.4	0	0	September
239	237	21	18	41.3	39.2	10.7	13.3	0	0	October
138	143.4	14	31	38	32.6	9	6	0.4	0.6	November

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)، کود گاوی و ورمی کمپوست

Table 2- Some of physical and chemical properties of soil experiment site (2017, 2018) cow manure and vermi-compost

	عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته Acidity	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Nitrogen Totall (%)	فسفر قابل‌جذب Phosphorus Absorbable ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب Potassium absorbable ($mg.kg^{-1}$)
مکان Site	0-30	Loam-clay	7.2	1.1	0.91	0.06	10	150
کود گاوی cattle manure	-	-	7.3	3.8	12.1	0.87	0.89	1.3
ورمی کمپوست vermi-compost	-	-	7.4	4.1	19.6	0.99	0.98	1.36

جدول ۳-تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات ذرت

Table 3 - Analysis of variance of the effect of experimental treatments on maize traits

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	نیتروژن برگ Leaves nitrogen	نیتروژن دانه Seed nitrogen	نیتروژن خاک Soil nitrogen	فسفر برگ Leaves phosphorus	فسفر دانه Seed phosphorus	فسفر خاک Soil phosphorus
سال Year (Y)	1	0.026 **	0.014*	0.00004	0.000079 *	0.0012**	0.005 **
تکرار (سال) Rep(year)	6	0.0123	0.0017	0.000003	0.000016	0.00003	0.000001
خاک‌ورزی Tillage (T)	2	0.036	0.191	0.000006	0.000001	0.00027	0.00001
خطای a Error a	6	0.0120	0.0159	0.000068	0.000022	0.00022	0.000002
میکوریزا Mycorrhiza (M)	1	0.029 **	0.133**	0.0026**	0.00066 **	0.0044**	0.0003
میکوریزا ×خاک‌ورزی M×T	2	0.0128**	0.0017	0.000003	0.000016	0.00003	0.000001
خطای b Error b	18	0.0123	0.0029	0.00028	0.00054	0.00012	0.00011
کود آلی Organic Fertilizer (O)	2	0.0242**	0.0158**	0.000093	0.000015	0.0026**	0.005
خاک‌ورزی ×کود آلی T×O	4	0.0005	0.0066	0.000004	0.000005	0.00003	0.000004
میکوریزا ×کود آلی M×O	2	0.0002	0.0002	0.000001	0.00029 **	0.00011	0.00009
کود آلی×مایکوریزا×خاک‌ورزی T×M×T	4	0.0008	0.0013	0.000006	0.000044	0.00003	0.00005
کود آلی×مایکوریزا ×خاک‌ورزی×سال Y×T×M×O	4	0.0005	0.0066	0.000004	0.000005	0.00003	0.000004
خطای c Error total	114	0.0012	1.002	0.001	0.00086	0.0051	0.000003
ضریب تغییرات (٪) C.V.	-	12.5	11.2	6.9	3.4	5.6	6.3

*، ** وns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

*, ** and ns indicate significant differences in the probability levels of 5, 1% and no significant difference, respectively.

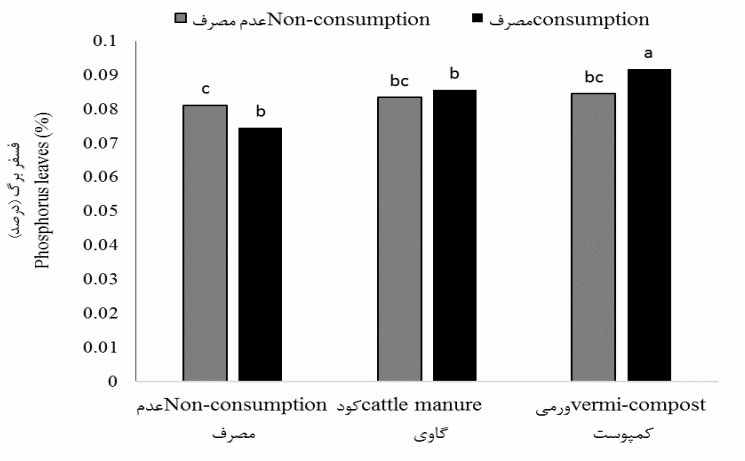
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرهای اصلی میکوریزا، کود آلی و خاک‌ورزی در ذرت

Table 4 - Comparison of the mean of the main effects of mycorrhiza, organic fertilizer and tillage on maize

تیمارها Tratment	سطوح level	نیتروژن دانه Seed nitrogen (%)	نیتروژن خاک Soil nitrogen (%)	فسفر برگ Leaves phosphorus (%)	فسفر دانه Seed phosphorus (%)
میکوریزا Mycorrhiza	عدم مصرف Non-consume	1.64	0.057	0.083	0.0874[b]
	مصرف consume	1.67	0.059	0.0839	0.0994[a]
خاک‌ورزی Tillage	سطحی Minimum	1.76	0.058	0.084	0.09
	بدون خاکورزی Non-tillage	1.59	0.059	0.083	0.09
	عمیق Deep	1.62	0.058	0.084	0.10
کود Organic Fertilizer	عدم مصرف Non-consumption	1.57c	0.048[c]	0.078[b]	0.08[b]
	کود گاوی cattle manure	1.67b	0.057[b]	0.085[ab]	0.10[a]
	ورمی‌کمپوست vermi-compost	1.72a	0.069 [a]	0.088 [a]	0.10[a]

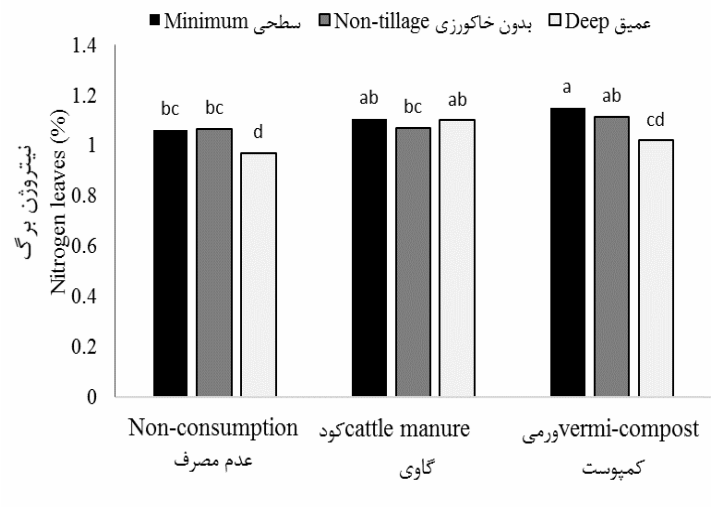
در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column and in each treatment; Means that have common letters are not significantly different..



شکل ۱- برهم‌کنش کود آلی و میکوریزا بر فسفر برگ

Figure 1- Interaction of organic fertilizer and mycorrhiza on leaf phosphorus



شکل ۲- برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر نیتروژن بر نیتروژن برگ

Figure 2 - Interaction of tillage and organic fertilizer on nitrogen on leaf nitrogen

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات ذرت

Table 5 - Analysis of variance of the effect of experimental treatments on maize traits

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی DF	تعداد ردیف دانه در بلال Number of seed row per ear	تعداد دانه در ردیف Number of seed per row	تعداد دانه در بلال umber of seeds per ear	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Year (Y) سال	1	0.648	27.11	3286.8	409.7	272612	1708392**
Rep(year) تکرار (سال)	6	0.204	46.78	13638	210.5	221342	265097
Tillage (T) خاک‌ورزی	2	0.500	46.93	40182	6134**	20687089**	12733298**
Error a خطای a	6	0.204	47.74	13656	493.7	197017	1711961
Mycorrhiza (M) میکوریزا	1	2.167	62.43 **	88838 **	2302**	8084290**	76347817**
M×T میکوریزا ×خاک‌ورزی	2	1.167	2.87	4444.8	906.2**	2192759**	7556784**
Error b خطای b	18	0.454	9.4	1983.5	212.3	221342	254324
Organic Fertilizer (O) کود آلی	2	0.500	10.51	655.3	1927**	1624206**	48313211**
T×O خاک‌ورزی ×کود آلی	4	1.167	2.31	2999.6	1826 **	553545**	698722
M×O میکوریزا ×کود آلی	2	1.500	15.86	2512.2	720.3	22160	1606326
T×M×T کود آلی×مایکوریزا×خاک‌ورزی	4	0.167	13.12	1433.5	959.3 *	40548	1549856*
Y×T×M×O کود آلی×مایکوریزا ×خاک‌ورزی×سال	4	0.456	9.4	1983.5	734.1	55376	698720
Error total خطای c	114	7.94	493.7	25290.7	406.5	83390	591055
C.V. ضریب تغییرات (٪)	-	8.9	10.3	14.5	21.3	17.4	10.4

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

* and** are significant at the level of one and five percent probability, respectively.

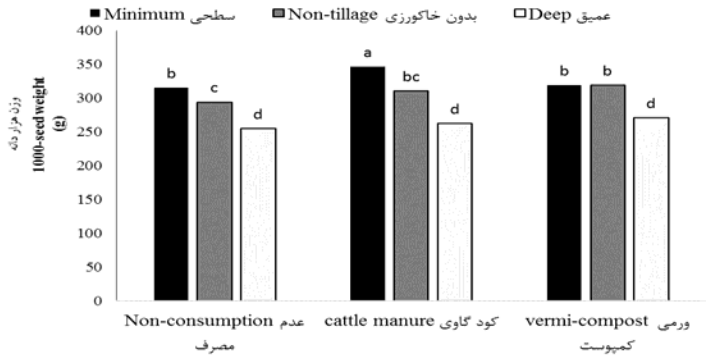
جدول ۶- مقایسه میانگین اثرهای اصلی میکوریزا، کود آلی و خاک‌ورزی در ذرت

Table 6- Comparison of the average of the main effects of mycorrhiza, organic fertilizer and tillage on corn

تیمارها Treatments	سطوح level	تعداد ردیف دانه در بلال Number of seed row per ear	تعداد دانه در بلال Number of seeds per ear	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
میکوریزا Mycorrhiza	عدم مصرف Non-consume	37.23	577.9	293.8 b	6155.5 b	11137.9b
	مصرف consume	37.99	583.9	304.1 a	6455.9 a	12776.2a
خاک‌ورزی Tillage	سطحی Minimum	39.12	600.8	326.8 a	7053.1 a	12792.5a
	بدون خاکورزی Non-tillage	38.95	608.1	307.6 b	6221.4 ab	11623.1ab
	عمیق Deep	34.75	533.8	262.5 c	5642.7 b	11455.5b
کود Organic Fertilizer	عدم مصرف Non-consumption	33.79 b	518.1 c	287.8 b	5062.1 c	9911.6b
	کود گاوی cattle manure	39.47 a	585.2 b	306.4 a	6826.3 b	13188.0a
	ورمی‌کمپوست vermi-compost	39.57 a	639.5 a	302.6 ab	7027.7 a	12771.4ab

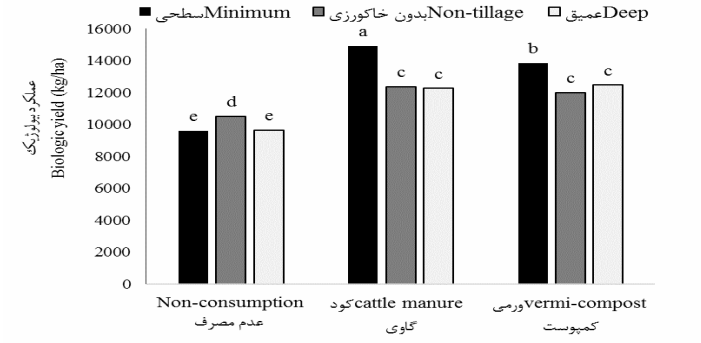
در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column and in each treatment; Means that have common letters are not significantly different.



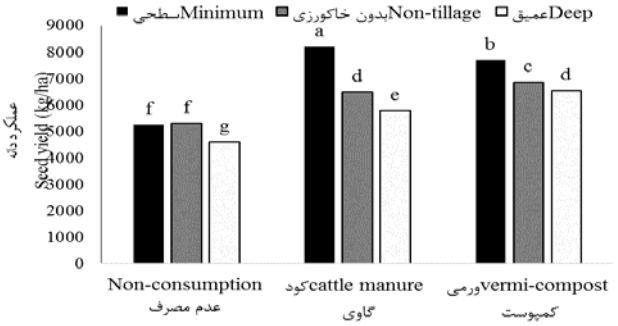
شکل ۳- برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر وزن هزار دانه

Figure 3- Interaction of tillage and organic fertilizer on 1000-seed weight



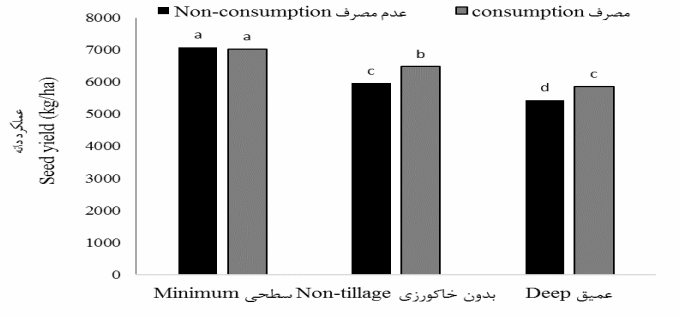
شکل ۴- برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر عملکرد بیولوژیک

Figure 4 - Interaction of tillage and organic fertilizer on biological yield



شکل ۵- برهم‌کنش خاک‌ورزی و کود آلی بر عملکرد دانه

Figure 5- Interaction of tillage and organic fertilizer on seed yield



شکل ۶- برهم‌کنش میکوریزا و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه

Figure 6- Interaction of mycorrhiza and tillage on seed yield

References منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2000. AOAC Official methods of analysis. 17th ed. Arlington (VA): Association of official analytical chemists.
- Bahamin, S., A. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Beheshti, S. 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(1): 123-139. (In Persian).
- Bahamin, S., S. Parsa, and S. Ghoreishi. 2021. The examination of effects of growth stimulating and salinity bacteria on the characteristics of *Mentha spicata* leaves. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (9): 2119-2125.
- Bradford, M.M. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
- Charkhab, A., M. Mojaddam, S. Lack, T. Sakinejad, and M. Dadnia. 2021. The effect of biochar and humic acid rates on some phophysiological characteristics and grain yield SC704 corn (*Zea mays* L.) hybrid under water deficit stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(58): 171-192. (In Persian).
- Cociu, A.I., and E. Alionte. 2017. Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions. *Romanian Agricultural Research*. 34: 59-67.
- Dawoudian, J., S. Bahamin, and H.B. Tantoh. 2021. Environmental impact assessment of cement industries using mathematical matrix method: case of Ghayen cement, South Khorasan, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*. 28(18): 22348-22358.
- Fathi, A., and S. Bahamin. 2018. The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 11(3): 661-674. (In Persian).
- Foladvand, F., H. Khoshkhabar, N. Naghdi, M. Hosseinabadi, S. Bahamin, and A. Fathi. 2017. The effect of sowing date and nitrogen on yield, and essential oil of German chamomile. *Scientia*. 19(3): 85-92.
- Halvorson, A.D., A.R. Mosier, C.A. Reule, and W.C. Bausch. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agronomy Journal*. 98: 63-71.
- Hosseini, A., A. Maleki, K. Fasihi, and R. Naseri. 2014. The co-application of plant growth promoting rhizobacteria and inoculation with rhizobium bacteria on grain yield and its components of mungbean (*Vigna radiate* L.) in Ilam province, Iran. *International Journal of Biological, Food, Veterinary and Agricultural Engineering*. 8(7).
- Jalali, M., A. Fathi, M. Namrvari, S. Karami Chameh, and S. Bahamin. 2015. The effect of sodium silicate on yield and yield components of pea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress. *Agronomic Research in Semi Desert Regions*. 12(3), 165-174. (In Persian).
- Kafkafi, U., B. Bar-Yosef, R. Rosenberg, and G. Sposito.1988. Phosphorus adsorption by kaolinte and montmorillonite: Organic anion competition. *Soil Science Society of American Journal*. 52: 1585-1589.

- Kardoni, F., S. Bahamin, B. Khalil Tahmasebi, S.H. Ghavim-Sadati, and S.E. Vahdani. 2019. Yield comparisons of mung-bean as affected by its different nutritions (chemical, biological and integration) under tillage systems. *Journal of Crop Ecophysiology*. 13(49): 87-102. (In Persian).
- Khadem, A., A. Golchin, and E. Zare. 2014. The effect of animal manure and sulfur on the uptake of nutrients by maize (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* (Sazandegi & Pajouhesh), 103: 2-11. (In Persian).
- Khoshkhabar, H., M. Jafari, A. Feilinezhad, and S. Bahamin. 2015. Effect of sodium silicate on the yield and yield components of pea under salinity stress. *Biological Forum.* 7(1): 1080-1084.
- Mahajan, G., B.S. Chauhan, J. Timsina, P.P. Singh, and K. Singh. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. *Field Crops Research*. 134: 59–70.
- Maleki, A., F. Babaei, H. Cheharsooghi, J. Amin, and A.A. Dizaji. 2008. The study of seed yield stability and drought tolerance indices of bread wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. *Research Journal of Biological Sciences*. 3: 841-844.
- Maleki, A., P. Maryam, N. Rahim, and R. Reza. 2014. Effect of supplemental irrigation, nitrogen chemical fertilizer, and inoculation with rhizobium bacteria on grain yield and its components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. *International Journal Agriculture, Biosystem Science Enginerring*. 8(2): 88-92.
- Mesbah, R., M. Ardakani, A. Moghaddam, and F. Rafiei. 2021. Effect of biofertilizer and biochar applications on quantitative, qualitative yields and root characteristics of flue-cured tobacco (*Nicotiana tobacum* L.) under dryland farming condition. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(58): 229-250. (In Persian).
- Nelson, R.E., and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp: 539- 579. In: Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison.WI.
- Qiao, G., X.P. Wen, L.F. Yu, and X.B. Ji1. 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. *Plant Soil Environment*. 57(12): 541-546.
- Reed, A.J., G.W. Singletary, J.R. Schuster, D.R. Williamson, and A.L. Christy. 1998. Shadding effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number and yield of maize. *Crop Science*. 28: 819-825.
- Rezaei, A., B. Lotfi, M. Jafari, and S. Bahamin. 2015. Survey of effects of PGPR and salinity on the characteristics of Nigella leaves. *Biological Forum–An International Journal*. 7(1): 1045-1049.
- Roozbeh, M., and M.A. Pooskani. 2003. The effect of different tillage methods on wheat yield when in rotation with corn. *Iranian Journal Agricultural Science*. 34 (1): 29-38.
- Salimi, G., M. Feizian, and N. Aliasgharzad. 2020. Effect of arbuscular mycorrhiza inoculation on nutrient uptake and essential oil composition of dragonhead

(*Dracocphalum moldavica* L.) under drought stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 14(55): 325-344. (In Persian).

- Schillinger, W.F., D.L. Young, A.C. Kennedy, and T.C. Paulitz. 2010. Diverse no-till irrigated crop rotations instead of burning and plowing continuous wheat. *Field Crops Research.* 115(1): 39-49.
- Shamsibeiranvand, Z., Z. Sadeghi, H. Khoshkhabar, M. Hosseinabadi, and S. Bahamin. 2017. Survey some physiological characteristics of medicinal plant Scrophularia striata Boiss in Ilam province. *Scientia.* 19(3): 62-68.
- Shehata, M.M., and S.A. EL-Khawas. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6(14): 1257-1268.
- Sieling, K., C. Stahl, C. Winkelmann, and O. Christen. 2005. Growth and yield of winter wheat in the first 3 years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. *European Journal of Agronomy*. 22: 71-84.
- Singh, P., M. Agrawal, and S.B. Agrawal. 2009. Evaluation of physiological, growth and yield responses of a tropical oil crop (*Brassica campestris* L. var. Kranti) under ambient ozone pollution at varying NPK levels. *Environmental Pollution*. 157(3): 871-880.
- Singh, S., A.A. David, and T. Thomas. 2017. Response of different levels of NPK, zinc and neem cake on soil health growth and yield of maize (*Zea mays* L.) var. Ganga 101. *International Journal Current. Microbiology Applied Science.* 6(7): 194-202.
- Tabatabai, S., H. Madani, H. Heidari Sharifabad, G. Noormohammadi, and F. Darvish. 2021. Effect of planting date and nutritional treatments on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 14(56): 519-534. (In Persian).
- Turk, M.A., and A.R.M. Tawaha. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean in absence of moisture stress. Biotech. *Agronomy Environmental*. 6: 171-178.
- Wang, X., K. Dai, D. Zhang, X. Zhang, Y. Wang, Q. Zhao, D. Cai, W.B. Hoogmoed, and O. Oenema. 2011. Dryland maize yields and water use efficiency in response to tillage/crop stubble and nutrient management practices in China. *Field Crop Research*. 120: 47-57.
- Wozniak, A., M. Wesolowski, and M. Soroka. 2015. Effect of long-term reduced tillage on grain yield, grain quality and weed infestation of spring wheat. *Journal of Agriculture Science and Technology*. 17: 899-908.
- Zabet, M., S. Bahamin, S. Ghoreishi, H. Sadeghi, and S.G. Moosavi. 2015. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 7(2): 187-194. (In Persian).

Research Article DOI:

Effect of Organic Fertilizers, Mycorrhiza and Tillage on Yield and Uptake of Nitrogen and Phosphorus in Seed, Leaves and Soil under Maize Cultivation

Alireza Feilinezhad[1], Mohammad Mirzaeiheydari [2*], Farzad Babaei[3], Abbas Maleki[3] and Mahmood Rostaminya [4]

Received: October 2021 , Revised: 15 Marvh 2022, Accepted: 24 April 2022

Abstract

The present experiment was conducted to investigate the effect of tillage, organic fertilizers and mycorrhiza on quantitative traits and nutrient uptake in maize. The experiment was performed as a split plot with 4 replications in a randomized complete block design in August of the crop year 2017 and 2018 in Ivan city in Ilam province. Tillage at 3 levels (no tillage, tillage to a depth of 10 cm and tillage to a depth of 30 cm), organic fertilizer at 3 levels (no use, vermicompost 30 tons per hectare and bovine manure 30 tons per hectare) and mycorrhizal fungus Glomus mosseae and it was by soil inoculation method (consumption and non-consumption). In a minimal tillage system, seed yield was 7053.2 kg ha^{-1}, an increase of 21% compared to the least amount of tillage-free treatment. In the minimum tillage system and the consumption of cow manure, the highest grain yield was obtained in the amount of 8198.2 kg ha^{-1}. The interaction of mycorrhizae and tillage on grain yield was significant. In the case of minimal tillage and mycorrhizae, the maximum grain yield was707.1 kg ha^{-1}, which was significantly different from the treatment without tillage and deep in both mycorrhizal and non-amycorrhizal states. According to the results obtained in this study, it was found that soil application at least relative to the deep system has increased plant yield.

Key words: Corn, Mycorrhiza, Potassium, Tillage, Yield.

1- Ph.D. Student, Department of Agrotecnology, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.
2- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agrotecnology, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Water and Soil Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
**Corresponding Authors: Mirzaeiheydari@yahoo.com*