

## بهینه سازی مصرف نیتروژن و فسفر در زراعت پایدار ذرت با استفاده از میکوریزا

### و ورمی کمپوست

امید علیزاده\*، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد

اردلان علیزاده، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان

لادن آریانا، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

### چکیده

این تحقیق به جهت بررسی اثر میکوریزا و ورمی کمپوست بعنوان عوامل بیولوژیک در مقایسه با کود شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در شرایط کنترل شده خاک در سال ۱۳۸۸ طراحی و اجرا شد. تیمارها عبارت بود از مصرف کود شیمیایی (F) در سه سطح از منابع کود، اوره، سوپر فسفات تریپل و پتاسیم شامل: F0 (ازت ۰، فسفر ۰، پتاس ۰ kg/ha) و F1 (ازت ۷۰، فسفر ۵۰، پتاس ۳۰ kg/ha) و F2 (ازت ۱۵۰، فسفر ۱۰۰ و پتاس ۵۰ kg/ha)، تیمار ورمی کمپوست در دو سطح (مصرف V1 و عدم مصرف V0) و تیمار میکوریزا در دو سطح (مصرف M1 و عدم مصرف M0) (جمعیت ۱۰<sup>۵</sup> گرم / اسپور). نتایج آنالیز واریانس نشان داد بر هم کنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، کود شیمیایی و میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار بوده و بر تعداد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد. مقایسه میانگین برهم کنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، کود شیمیایی و میکوریزا بر معنی داری را بر عملکرد دانه نشان داد. به طوری که تیمارهای V<sub>1</sub>F<sub>0</sub>M<sub>1</sub> و V<sub>1</sub>F<sub>1</sub>M<sub>1</sub> به ترتیب با میانگین ۱۱۹/۳۳ و ۱۱۳/۰۰ گرم در بوته بالاترین میزان عملکرد دانه را نسبت به تیمار V<sub>1</sub>F<sub>2</sub>M<sub>1</sub> با میانگین ۱۰۶/۳۳ گرم در بوته را داشته است. و تیمار V<sub>1</sub>F<sub>0</sub>M<sub>0</sub> با میانگین ۸۷/۰۰ گرم در بوته کمترین میزان عملکرد دانه را داشته است. مقایسه میانگین برهم کنش ورمی کمپوست، سطوح کودی و میکوریزا تفاوت معنی داری را بر وزن ۱۰۰۰ دانه نشان داد که تیمار V<sub>1</sub>F<sub>0</sub>M<sub>1</sub> با میانگین ۱۶۸/۳۳ گرم در بوته بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشته است و تیمار V<sub>1</sub>F<sub>1</sub>M<sub>1</sub> با میانگین ۱۳۴/۶۷ گرم در بوته کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشته است. میکوریزا و ورمی کمپوست در سطوح پایین مصرف کود شیمیایی توانستند موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شوند. اما در سطوح بالای مصرف کود شیمیایی فعالیت آنها مختل گردید.

واژه های کلیدی: ذرت، میکوریزا، ورمی کمپوست، عملکرد، کودهای بیولوژیک

\* نویسنده مسئول: E-mail:omid\_alizadeh2003@yahoo.com

## مقدمه

گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. هر چند کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آورده است استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است (۷). کودهای بیولوژیک در مقایسه با مواد شیمیایی مزیت‌های قابل توجهی دارند از آن جمله این که در چرخه غذایی تولید مواد سمی و میکروبی شرکت می‌نمایند قابلیت تکثیر خودبه‌خودی دارند و باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (۴۰). در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک گردیده است (۳۸). کودهای بیولوژیک منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، پسمان‌های گیاهی و غیره اطلاق نمی‌شود بلکه تولیدات حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که در ارتباط با تثبیت ازت و یا فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی در خاک فعالیت می‌کنند را نیز شامل می‌شوند (۲). یکی از راه‌های دستیابی به کشاورزی پایدار، استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی گیاهان دارند (۲۰) که از آن جمله می‌توان به میکوریزا اشاره نمود. در روابط خاک و گیاه برقراری رابطه همزیستی در تغذیه گیاه از اهمیتی خاص برخوردار است در این میان قارچ‌ها میکوریزا با بسیاری از گیاهان زراعی و باغی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند، این قارچ‌ها از متنوع‌ترین قارچ‌هایی هستند که در تمامی انواع خاکها به رشد و نمو می‌پردازند (۹).

واژه میکوریزا به طور کلی به هم‌زیستی بین ریشه گیاهان و میسلیم‌های قارچی اطلاق می‌شود (۸). همان‌طور که می‌دانیم دو نوع اصلی از میکوریزا وجود دارد. اندومایکوریزا و اکتومیکوریزا، که وسیکولار آریسکولار، میکوریزا که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته از نوع اندومیکوریزا می‌باشد، که رایج‌ترین نوع اندومایکوریزا است. در این نوع از میکوریزا میسلیم‌های قارچ به درون ریشه گیاه نفوذ نموده و دستگاه ارتباطی به نام وزیکول و آریسکول ایجاد می‌کند (۸ و ۱۰). قارچ‌های میکوریزایی وسیکولار آریسکولار (VAM)<sup>۱</sup> قادرند با بسیاری از گیاهان رابطه هم‌زیستی برقرار نمایند و در کاهش جذب فلزات سنگین، افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه، افزایش تولیدات فیتوهورمونی، افزایش رشد ریشه‌های موئین، تشدید فعالیت تثبیت ازت و با تشدید میزان فتوسنتز باعث افزایش رشد و نمو گیاه میزبان گردند (۴۲). البته عوامل مختلفی بر روی این توانایی اثر دارند. که از جمله می‌توان به میزان توانایی میسلیم‌های خارجی قارچ‌های VAM در انتشار به درون خاک و نفوذ به درون ریشه (۲۱). عوامل محیطی نظیر شدت نور، اسیدیته خاک (۱۶). و تهویه خاک (۳۳). اشاره نمود این نوع قارچ‌ها بر جذب عناصر غذایی مثل فسفر و ازت و همچنین جذب آب در شرایط تنش، تولید هورمون‌های گیاهی،

1- Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza

تعدیل اثر تنش های محیطی، افزایش مقاومت نسبت به عوامل بیماری زا در گیاه، کاهش آسیب های ریشه ای، تأثیر بر دانه بندی خاک، تشدید فعالیت تثبیت بیولوژیک ازت، همچنین بهبود خواص کمی و کیفی فراورده های زراعی مؤثرند (۴، ۱۵ و ۳۲). از مهم ترین عناصری که توسط میکوریزا به طور فعال و در سطح وسیع جذب می شود عنصر فسفر است. نتایج بعضی تحقیقات نشان داده که سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزای ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است. علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزایی جذب آن را بالا برده است (۵، ۱۸ و ۳۳). بیش از ۹۵ درصد از گیاهان همزیستی میکوریزایی تشکیل می دهند که در این تجمعات معمولاً رابطه دو جانبه بین قارچ و ریشه های گیاه وجود دارد، به طوری که قارچ کربن مورد نیاز خود را از ریشه های گیاه میزبان تأمین کرده و به نوبه خود متعاقباً سبب افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر توسط گیاه میزبان می گردد (۳۹). استفاده از کودهای متعادل شیمیایی سبب تحریک کلونیزاسیون میکوریزایی در ذرت می شود، در حالی که مصرف کودهای شیمیایی حاوی مقادیر غیرمعمول بالا و یا پایین ازت سبب کاهش کلونیزاسیون قارچ میکوریزا می شود (۶).

از طرفی ورمی کمپوست به کودی اطلاق می شود که از مدفوع گونه ای خاص از کرم های خاکی بدست می آید. برای تهیه ورمی کمپوست از گونه ای خاص از کرم های قرمز رنگ مناطق گرم و مرطوب بنام *Eisenia foetida* که به کرم ببری یا کرم کمپوستر نیز معروف می باشند استفاده می شود. فرایند تولید ورمی کمپوست عبارت است از عبور آرام پیوسته مواد آلی از درون دستگاه گوارش کرم و تغییر حالت این مواد به مدفوع کرم، فضولات کرم ها شامل مواد مغذی برای گیاهان بوده و دارای حالتی است که به موقع برای تغذیه گیاه آزاد می شود. استفاده ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیزم های مفید خاک (مانند قارچ های میکوریز و میکروارگانیزم های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می شود (۱۲). ورمی کمپوست ماده ای است که به خوبی تغییر فرم یافته و ساختار، تخلخل، تهویه، زهکش و ظرفیت نگهداری رطوبت در آن در حد عالی بوده و از لحاظ کیفی سرشار از مواد هومیک و عناصر قابل جذب شامل کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، آهن، روی، منگنز و سایر عناصر ماکرو می باشد و شامل انواع ویتامین ها و هورمون های محرک رشد، آنزیم های مختلف و عناصر قابل جذب برای گیاه با اسیدیته تنظیم شده است. مزیت کاربرد ورمی کمپوست به تنهایی را، در رابطه با سایر کمپوست های آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی در ورمی کمپوست دانستند (۳۱). خواص فوق ورمی کمپوست را تبدیل به کودی ایده آل برای رشد و بالندگی گیاهان کرده، ارزش غذایی ورمی کمپوست در مقایسه با سایر کمپوست های تولید شده به مراتب بیشتر گزارش شده است (۲۹). با توجه به اینکه در فرایند تولید این کود از هیچ ماده شیمیایی استفاده نمی شود

محصولات کشاورزی تولید شده کاملاً طبیعی خواهند بود. این ویژگی های منحصر به فرد توجه علاقه مندان به محیط زیست را نیز در سراسر جهان به خود جلب کرده و آینده رو به رشدی برای استفاده وسیع از ورمی کمپوست در کشاورزی ارگانیک را رقم خواهد زد. نتایج یک پژوهش گل خانه ای که توسط سانیز و همکاران (۱۹۹۸) بر روی گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium Pratense*) و خیار صورت گرفت، مشخص گردید که مصرف ورمی کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه ای عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد شد (۳۷).

در تحقیقی دیگر که روی گیاه نخود انجام شد، مشخص گردید که مصرف سه تن در هکتار ورمی کمپوست، باعث افزایش بارز عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید (۲۲ و ۲۳). گزارش زالر (۲۰۰۷) نیز مبین آن بود که استعمال ورمی کمپوست موجب بهبود معنی دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگی نسبت به تیمار شاهد گردید (۴۴). ذرت (*Zea mays* L.) پرمحصول ترین گیاه از خانواده غلات به شمار می رود که از نظر میزان محصول بعد از گندم و برنج سومین محصول غله ای جهان است (۳). استان فارس به عنوان بزرگترین تولید کننده این محصول در کشور می باشد که بیش از ۴۵٪ محصول ذرت کشور را تولید می کند (۱). از آنجا که رویکرد جهانی در تولید محصولات کشاورزی بسمت استفاده از نظام های کشاورزی پایدار و به کارگیری روش های مدیریتی نظیر کاربرد کودهای بیولوژیک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی به منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی می باشد، این تحقیق به منظور بررسی کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست با هدف بهینه سازی مصرف کود شیمیایی نیتروژن و فسفر و در زراعت پایدار ذرت طراحی و اجرا گردیده است.

## مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در شیراز در قسمتی محصور در یک مزرعه با مشخصات جغرافیایی ۲۹/۶۸ عرض شمالی و ۵۲/۴۵ درجه طول شرقی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در محیط طبیعی و به صورت گلدانی اجرا گردید. برای این کار گلدان های پلاستیکی با قطر ۴۵ سانتی متر و ارتفاع ۴۰ سانتی متری و به حجم تقریبی ۱۰ کیلوگرم خاک انتخاب و سپس گلدان ها کاملاً با الکل استریل شدند. جهت زهکشی گلدان ها تعدادی سوراخ در ته آنها ایجاد شد. برای تهیه محیط کشت مناسب ابتدا خاک لازم برای گلدان ها به صورت ۵۰ درصد خاک زراعی که از عمق ۲۰-۰ سانتی متری خاک مزرعه تهیه پس از عبور از غربال ۲ میلی متری با ۵۰ درصد ماسه بادی به صورت یکنواخت مخلوط شد. نمونه ای از این خاک تهیه و برای آزمایش تجزیه و تشخیص عناصر موجود در آن آزمایش شد که نتایج به شرح زیر است.

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک

هدایت الکتریکی	pH	کربن کل	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	ازت کل (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)
۳/۶۲	۷/۰۱	۰/۴۶	۱۵	۲۵	۶۰	۴/۲	۸۰	۳/۱	۰/۰۴	۰/۳۵	۲/۸	۱/۲

سپس مخلوط خاک حاصل با استفاده از اتوکلاو و با دمای ۱۲۱/۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱۵ بار به مدت ۲ ساعت استریل گردید تا خاک کاملاً عاری از هرگونه اسپور قارچ یا مواد زنده دیگری گردد. درون هر گلدان ۹۵۰۰ گرم خاک استریل ریخته و سپس بذور ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ قبل از کاشت کاملاً شستشو داده شده و به مدت ۱۰ تا ۱۲ روز در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. بذرها در این مرحله جوانه زده و سبز شدند. گیاهچه‌های ذرت مورد استفاده برای کشت در گلدان‌ها دارای ریشه سالم به طور تقریبی ۰/۷ تا ۱/۵ سانتی‌متر بودند. تیمارها عبارت بود از: مصرف کود شیمیایی (F) در سه سطح از منابع کود، اوره، سوپر فسفات تریپل و پتاسیم شامل: F<sub>0</sub> (ازت ۰، فسفر ۰، پتاس ۰) کیلو گرم در هکتار و F<sub>1</sub> (ازت ۷۰، فسفر ۵۰، پتاس ۳۰) کیلو گرم در هکتار و F<sub>2</sub> (ازت ۱۵۰، فسفر ۱۰۰ و پتاس ۵۰) کیلوگرم در هکتار، تیمار ورمی کمپوست در دو سطح (مصرف معادل ۵ تن در هکتار V<sub>1</sub> و عدم مصرف V<sub>0</sub>) و تیمار کاربرد میکوریزا در دو سطح با مصرف ۵۰ گرم در متر مربع (M<sub>1</sub>) و عدم مصرف (M<sub>0</sub>) (جمعیت ۱۰<sup>۵</sup> گرم / اسپور میکوریزا *Glomus intaradices* در ماده حامل رس و پیت). جمعاً در این آزمایش ۳۶ گلدان اصلی و تعدادی گلدان فرعی مورد استفاده گردید. برای تلقیح گیاهچه‌های جوان (مرحله سه برگی) ذرت رقم ۷۰۴ از پروپاگول که عبارت بود از مخلوط اسپور قارچ میسلیم‌های خارجی و قطعات ریشه کلنی شده توسط میکوریزا استفاده گردید. بدین صورت که در هر گلدان ۳ حفره به فاصله ۳ تا ۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد و قبل از قرار دادن بذور جوانه زده در این حفرات در کف آنها پروپاگول ریخته شده همچنین روی آنها با پروپاگول و ماسه نرم پوشیده شد. برای تیمارهای غیرمیکوریزایی و بدون ورمی کمپوست فقط ماسه نرم روی نهال بذرها ریخته شد. سپس کلیه گلدان‌ها با آب مقطر آبیاری می‌شود. بعد از خارج شدن گیاهچه از خاک فقط ۱ گیاهچه در گلدان حفظ و بقیه حذف می‌گردد. در پایان عملکرد و اجزای عملکرد محاسبه گردید.

در نهایت میزان اثر ورمی کمپوست و میکوریز و تیمار کود شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت. مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل تیمارها با استفاده از آزمون دانکن برای صفات مورد بررسی انجام گرفت. عملکرد نهایی دانه و اجزای عملکرد دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (تشکیل لایه سیاه رنگ در قسمت پایین دانه) با برداشت از ۱ متر مربع با احتساب اثر حاشیه معین شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد بر هم کنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، کود شیمیایی و میکوریزا بر عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه و طول ریشه و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ معنی دار بوده ولی بر تعداد کل دانه و تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف تفاوت معنی داری را نشان نداد. سطوح مختلف ورمی کمپوست بر عملکرد دانه و تعداد دانه و تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف و طول ریشه و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ مؤثر بوده ولی بر وزن ۱۰۰۰ دانه تفاوت معنی داری را نشان نداد. سطوح مختلف میکوریزا بر عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه و طول ریشه و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ مؤثر بوده ولی بر تعداد کل دانه و تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف تفاوت معنی داری را نشان نداد. برهمکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست و کود، سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا، سطوح مختلف کود و میکوریزا بر عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه و طول ریشه و وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ مؤثر بوده ولی بر تعداد کل دانه و تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف تفاوت معنی داری را نشان نداد.

جدول ۱: میانگین مربعات سطوح مختلف ورمی کمپوست، کود شیمیایی و میکوریزا بر صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه (gr/plant)	تعداد کل دانه	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)	وزن خشک
تکرار	۲	۶۰۳ <sup>ns</sup>	۲۴۷۴ <sup>ns</sup>	۱۰/۳۶۱ <sup>**</sup>	۰/۵۸۳۳ <sup>ns</sup>	۵۷/۰۰ <sup>ns</sup>	۱۷۶۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۳۱ <sup>ns</sup>	
ورمی کمپوست	۱	۳۶۱/۰۰ <sup>**</sup>	۲۸۳۳۶ <sup>**</sup>	۳۷/۰۰ <sup>**</sup>	۲/۲۵۰۰ <sup>**</sup>	۶۶/۶۹ <sup>ns</sup>	۱۶۹۵۶۰ <sup>**</sup>	۱۲/۷۵۶۸ <sup>**</sup>	
سطوح کودی	۲	۲۱۱/۱۱ <sup>**</sup>	۴۵۹۰ <sup>ns</sup>	۷/۵۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۸۳ <sup>ns</sup>	۱۷۲۵/۸ <sup>**</sup>	۲۱۹۳/۶۷ <sup>ns</sup>	۱/۱۲۵ <sup>ns</sup>	
میکوریزا	۱	۱۲۴۸/۴۴ <sup>**</sup>	۵۱۲۷ <sup>ns</sup>	۵/۴۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۶۹۴۴ <sup>ns</sup>	۱۴۸۲/۲۵ <sup>**</sup>	۱۷۲۲۶۵۶ <sup>**</sup>	۱۵/۹۶۰ <sup>**</sup>	
ورمی کمپوست × سطوح کودی	۲	۱۲۹/۰۰ <sup>**</sup>	۷۶۵ <sup>ns</sup>	۱/۰۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۳۳ <sup>ns</sup>	۱۱۹۱/۹ <sup>**</sup>	۴۱۷۱۶۵ <sup>**</sup>	۳/۶۰۶۹ <sup>**</sup>	
ورمی کمپوست × میکوریزا	۱	۳۱۲/۱۱ <sup>**</sup>	۶۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۶۹۴۴ <sup>ns</sup>	۴۰۶۶/۹ <sup>**</sup>	۸۵۱۰۰۶ <sup>**</sup>	۶/۱۹۱۸ <sup>**</sup>	
سطوح کودی × میکوریزا	۲	۲۳۴/۱۱ <sup>**</sup>	۱۵۹۲ <sup>ns</sup>	۱/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۶۱۱ <sup>ns</sup>	۲۰۹۲/۵ <sup>**</sup>	۲۴۹۴۱۵ <sup>**</sup>	۱۵/۳۰۱ <sup>**</sup>	
سطوح کودی × ورمی کمپوست × میکوریزا	۲	۱۰۸/۴۴ <sup>**</sup>	۹۹۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۶۱۱ <sup>ns</sup>	۱۱۳۵/۳ <sup>**</sup>	۳۰۷۵۰۶ <sup>**</sup>	۳/۲۳۲۷ <sup>**</sup>	
خطا	۲۲	۶۰۳	۱۳۴۳	۱/۸۴۶	۰/۲۸۰۳	۹۲/۰۰	۴۸۳۹۱	۰/۵۹۲۰	

ns، \* و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشند.

مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، میکوریزا و کود شیمیایی تفاوت معنی داری را بر عملکرد دانه نشان داد (جدول ۲). به طوری که تیمارهای  $V_1F_0M_1$  و  $V_1F_1M_1$  به ترتیب با میانگین ۱۱۹/۳۳ و ۱۱۳/۰۰ گرم در بوته بالاترین میزان عملکرد دانه را داشته است. و تیمار  $V_1F_0M_0$  با میانگین

۸۷/۰۰ گرم در بوته کمترین میزان عملکرد دانه را داشته است. مقایسه میانگین برهمکنش ورمی کمپوست، سطوح کودی و میکوریزا تفاوت معنی داری را بر وزن ۱۰۰۰ دانه نشان داد به طوری که تیمار  $V_1F_1M_1$  با میانگین ۱۶۸/۳۳ گرم در بوته بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشته است و تیمار  $V_1F_1M_0$  با میانگین ۱۳۴/۶۷ کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه را داشته است. بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار مبتنی بر استفاده از منابع آلی و بیولوژیک همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می باشد. (۲۵، ۳۶ و ۳۸). بسیاری از آزمایشات مزرعه‌ای نشان می دهند که کودهای شیمیایی سبب کاهش تعداد قارچ‌های میکوریزا می شود (۶). در تحقیقی مشاهده شد که استفاده از کود شیمیایی در حد متعادل سبب تحریک کلنیزاسیون میکوریزایی در ذرت می شود در حالی که مصرف کودهای شیمیایی حاوی مقادیر غیرمعمول بالا و پایین ازت سبب کاهش کلونیزاسیون قارچ میکوریزا می شود (۶). قارچ‌های VAM از طریق مشارکت در تأمین نیازهای غذایی گیاه زراعی به فسفر در سطوحی که بازدارنده نباشند نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می دهند (۲۷). به نظر می رسد تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شرایط مناسب تری را برای بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی پرمصرف و کم مصرف توسط ریشه ذرت موجب افزایش رشد و عملکرد شدند. و مصرف متعادل کود شیمیایی سبب تحریک کلونیزاسیون میکوریزایی در ریشه ذرت شده و باعث بهبود عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه می شود.

در مقایسه تیمارهای مصرف ورمی کمپوست با عدم مصرف ورمی کمپوست دیده می شود که مصرف ورمی کمپوست به همراه میکوریز و مصرف متعادل کود شیمیایی یک اثر مثبت بر عملکرد دانه  $V_1F_1M_1$  و وزن ۱۰۰۰ دانه داشته است.

در تحقیقی مشاهده شد که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش قابل توجه تعداد سنبله در بوته جو گردید. آنها دریافتند که استفاده ورمی کمپوست از طریق تحریک میکروارگانیسم‌های خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه موجب این افزایش عملکرد شد (۳۶ و ۳۷). افزودن ورمی کمپوست به خاک ممکن است نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده باشد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه موجبات افزایش عملکرد دانه را نیز فراهم کنند. به نظر می رسد مصرف مقادیر مناسب ورمی کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک این گیاه گردید که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می شود. برهمکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، میکوریز و کود شیمیایی تفاوت معنی داری را بر طول ریشه نشان داد به طوری که تیمار  $V_1F_0M_1$  با میانگین ۶۵۵۰/۰ سانتی متر بیشترین طول ریشه را داشته است.

هنگامی که میکوریزای VA تشکیل می شود، در مورفولوژی ریشه تغییراتی صورت گرفته و فیزیولوژی ریشه ها به طور قابل توجهی تغییر می کند (۶). قارچ های میکوریز با ریشه گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به درون سلول های کورتکس راه می یابند و در عین حال با گسترش ریشه خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر را که از تحرک اندکی برخوردار است، افزایش می دهند و به این ترتیب فسفر غیر قابل جذب در خاک را به صورت فسفر قابل استفاده برای گیاه در می آورند (۱۴).

به نظر می رسد حضور میکوریز باعث تغییراتی در مورفولوژی ریشه می شود و انتشار میسلیوم های میکوریزایی مرتبط با بافت های درونی ریشه باعث افزایش طول ریشه می شود در نتیجه جذب عناصر غذایی بیشتر می شوند.

برهمکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست، میکوریز و کود شیمیایی تفاوت معنی داری را بر وزن خشک ریشه نشان داد به طوری که تیمار  $V_1F_0M_1$  با میانگین  $19/167$  گرم در گیاه بیشترین وزن خشک ریشه را داشته است.

چنین به نظر می رسد که افزایش وزن ماده خشک ریشه در تیمار های میکوریزایی در مقایسه با تیمار های غیر میکوریزایی به دلیل افزایش جذب اب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد می باشد که مورد تأیید سایر محققین می باشد (۴۱).

جدول ۲: مقایسه میانگین برهمکنش سطوح کودی و میکوریز و ورمی کمپوست بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد دانه (gr/plant)	تعداد کل دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف در بلال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)
$V_0F_0M_0$	۸۶۳۳۳C	۶۰۳/۳۳a	۱۴۴/۰۰b	۳۷/۰۰۰a	۱۹/۳۳a	۵۰۳۷b	۱۴/۹۳b
$V_0F_0M_1$	۹۵/۳۳C	۶۲۵/۰۰a	۱۵۲/۶۷a	۳۲/۳۳a	۱۹/۳۳a	۵۱۴/۰ab	۱۵/۲۰b
$V_0F_1M_0$	۹۴/۰۰C	۶۴۰/۰۰a	۱۴۷/۰۰b	۳۲/۰۰۰a	۲۰/۰۰۰a	۵۰۴/۰b	۱۴/۹۳b
$V_0F_1M_1$	۹۹/۳۳b	۶۵۳/۰۰a	۱۵۲/۶۷a	۳۲/۶۶a	۲۰/۰۰۰a	۵۱۶/۰ab	۱۵/۲۶b
$V_0F_2M_0$	۱۰۴/۰۰b	۶۵۵/۶۷a	۱۵۷/۶۷a	۳۳/۳۳a	۱۹/۶۶a	۵۱۰/۰b	۱۵/۱۰b
$V_0F_2M_1$	۱۰۷/۳۳b	۶۶۸/۶۷a	۱۶۱/۶۷a	۳۴/۰۰۰a	۱۹/۶۶a	۵۲۷/۳a	۱۶/۰۰a
$V_1F_0M_0$	۸۷/۰۰C	۶۳۷/۶۷a	۱۳۶/۳۳b	۳۳/۰۰۰a	۱۹/۳۳a	۵۲۰/۳a	۱۵/۳۵b
$V_1F_0M_1$	۱۱۹/۳۳a	۷۱۷/۰۰a	۱۶۸/۳۳a	۳۴/۶۶a	۲۰/۶۶a	۶۵۰/۰a	۱۹/۱۶a
$V_1F_1M_0$	۹۵/۰۰C	۷۰۴/۰۰a	۱۳۴/۶۷b	۳۴/۶۶a	۲۰/۳۳a	۵۱۹/۰ab	۱۵/۳۰b
$V_1F_1M_1$	۱۱۳/۰۰a	۷۲۴/۰۰a	۱۵۷/۶۷a	۳۵/۰۰۰a	۲۰/۶۶a	۵۹۴/۳a	۱۷/۶۳a
$V_1F_2M_0$	۱۰۳/۶۷b	۷۰۰/۰۰a	۱۴۹/۳۳b	۳۵/۰۰۰a	۲۰/۰۰۰a	۵۱۷/۰ab	۱۵/۴۰b
$V_1F_2M_1$	۱۰۶/۳۳b	۷۰۰/۰۰a	۱۵۳/۰۰a	۳۵/۰۰۰a	۲۰/۰۰۰a	۵۳۰/۰a	۱۵/۸۳b

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند

$V, F, M$ : به ترتیب عبارتند از تیمار مصرف میکوریز، تیمار مصرف کود شیمیایی و تیمار ورمی کمپوست



با توجه به جدول ۳ دیده می شود که سطوح مختلف میکوریز بر عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری را نشان داد.

در تحقیقی بر روی گیاه نعنای دیده شد که تلقیح گیاه نعنای با گونه ای قارچ میکوریز VAM به طور قابل ملاحظه ای عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش دادی است (۱۶) تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی دار تعداد چتر در بوته، بیوماس و درصد همزیستی ریشه آن گردید (۲۴). به نظر می رسد همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب موجب افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی و در نهایت سبب افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد می شود و گیاهان میکوریزایی می توانند فسفر غیر قابل دسترس گیاهان که با فاصله دورتری نسبت به ریشه های آنها قرار دارند و از طریق میسلیوم های خود جذب نمایند و به تحریک همزیستی میکوریزایی کمک کنند و در نتیجه باعث جذب بیشتر مواد غذایی توسط ریشه شوند. طول ریشه در تیمار میکوریزایی بیشتر از بدون میکوریز می باشد که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (۲۶). وزن خشک ریشه در حضور استفاده از میکوریز نسبت به عدم استفاده از آن افزایش یافت که با نتایج سایر محققین نیز مطابقت دارد (۱۷ و ۳۰). عملکرد دانه در تلقیح میکوریزایی در مقایسه با عدم تلقیح بیشتر شده و می توان گفت که کودهای زیستی با افزایش میزان فتوسنتز و افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب بهبود عملکرد می شوند. با توجه به میانگین عملکرد دانه با مصرف میکوریز ۱۰۶/۷۸ گرم در بوته و مصرف ورمی کمپوست ۱۰۴/۰۶ گرم در بوته در یک کلاس آماری قرار می گیرد و مصرف  $F_2$  (ازت ۱۵۰، فسفر ۱۰۰ و پتاس ۵۰ کیلوگرم در هکتار) مشابه عملکرد  $V_1$  و  $M_1$  به تنهایی می باشد، پس می توان نتیجه گرفت که مصرف کودهای بیولوژیک باعث افزایش عملکرد دانه و بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی می شود. سطوح مختلف ورمی کمپوست بر عملکرد دانه، تعداد کل دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری را نشان داد بطوری که استفاده از ورمی کمپوست بر روی هر یک از این صفات بالاترین میزان را نسبت به عدم استفاده آن نشان داد.

کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن سبب افزایش عملکرد کل دانه ذرت می شود. می توان گفت فضولات کرم های خاکی حاوی عناصر معدنی پر مصرف و کم مصرف بوده و از طریق همزیستی و تحریک رشد ریشه موجب تغذیه مستقیم و در نتیجه افزایش فتوسنتز و ماده خشک و افزایش عملکرد کل دانه می شود. سطوح مختلف کودی بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه تفاوت معنی داری را نشان داد. بطوری که تیمار  $F_2$  با میانگین ۵۸/۰۸ گرم در بوته ۱۹۶ بالاترین عملکرد دانه و با میانگین ۱۵۵/۴۲ گرم بالاترین وزن هزار دانه را داشته است. وینکوری (۱۹۸۰) با کاربرد کود نیتروژن، افزایش در وزن هزار دانه را گزارش کرد و عنوان نمود از آنجایی که کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک و دوام سطح برگ می شود، وزن دانه غلات را افزایش می دهد.

جدول ۳: مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست، میکوریزا و کود بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد دانه (gr/plant)	تعداد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف در بلال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)
V <sub>0</sub>	۹۷/۷۲b	۶۴۱/۰۰a	۱۵۲/۶۱a	۳۲/۵۵۶b	۱۹/۶۶۷b	۵۱۲۶/۱b	۱۵/۲۴۰b
V <sub>1</sub>	۱۰۴/۰۶a	۶۹۷/۱۱a	۱۴۹/۸۴a	۳۴/۵۵۶a	۲۰/۱۶۷a	۵۵۶۰/۳a	۱۶/۴۳۱a
M <sub>0</sub>	۹۵/۰۰b	۶۵۶/۷۸a	۱۴۴/۸۳b	۳۳/۱۶۷a	۱۹/۷۷۸a	۵۱۲۴/۴b	۱۵/۱۶۹b
M <sub>1</sub>	۱۰۶/۷۸a	۶۸۱/۳۳a	۱۵۷/۶۷a	۳۳/۹۴۴a	۲۰/۰۵۶a	۵۵۶۱/۹a	۱۶/۵۰۱a
F <sub>0</sub>	۹۷/۰۰b	۶۴۵/۷۵a	۱۵۰/۳۳b	۳۲/۷۵۰a	۱۹/۷۷۸a	۵۴۸۲/۵a	۱۶/۱۶۴a
F <sub>1</sub>	۱۰۰/۳۳b	۶۸۰/۳۳a	۱۴۸/۰۰b	۳۳/۵۸۳a	۲۰/۲۵۰a	۵۳۳۴/۶a	۱۵/۷۸۳a
F <sub>2</sub>	۱۰۵/۳۳a	۶۸۱/۰۸a	۱۵۵/۴۲a	۳۴/۳۳۳a	۱۹/۸۳۳a	۵۲۱۲/۵a	۱۵/۵۵۸a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند V,F,M: به ترتیب عبارتند از تیمار مصرف میکوریز، تیمار مصرف کود شیمیایی و تیمار ورمی کمپوست

با توجه به جدول ۴ مقایسه میانگین بر همکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریز بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری را نشان داد به طوری که V<sub>0</sub>M<sub>1</sub> و V<sub>1</sub>M<sub>1</sub> به ترتیب با میانگین ۱۰۵/۶۷ و ۱۱۲/۸۹ گرم در بوته بالاترین عملکرد دانه را داشته و تیمار V<sub>1</sub>M<sub>1</sub> با میانگین ۱۵۹/۶۷ بالاترین وزن هزار دانه و تیمار V<sub>1</sub>M<sub>1</sub> با میانگین ۵۹۳۲/۸ سانتی متر بالاترین طول ریشه و با میانگین ۱۷/۵۱۱ گرم بالاترین وزن خشک ریشه را داشته است.

کاوندر و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی روی گیاه سورگوم دانه‌ای، مشاهده نمودند که کاربرد توام میکوریزا و ورمی کمپوست موجب افزایش محسوس عملکرد بیولوژیک گردید. آنها اظهار داشتند که این افزایش ناشی از اثر مستقیم ورمی کمپوست بر درصد هم‌زیستی میکوریزایی نبوده بلکه حاصل اثر عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست بر روی توسعه و گسترش مستقیم و غیرمستقیم شبکه قارچ و تأثیر آن بر تحریک رشد ریشه گیاه میزبان بود. به نظر می‌رسد که مصرف ورمی کمپوست از طریق تأثیر مثبتی که بر درصد هم‌زیستی میکوریزایی و گسترش هیف‌های خارجی اعمال کرده و متعاقب آن تأثیری که قارچ میکوریزا بر گسترش و رونق رشد ریشه گیاه میزبان داشت موجب بهبود رشد و نمو و سرانجام افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت شد. با توجه به جدول ۵ مقایسه میانگین بر همکنش سطوح مختلف کودی و میکوریزا بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری را نشان داد به طوری که تیمارهایی که شامل تلقیح با میکوریز بوده‌اند با دو سطح مصرف F<sub>0</sub> و F<sub>1</sub> به ترتیب با میانگین ۱۰۷/۳۳ و ۱۰۶/۱۷ گرم در بوته بالاترین عملکرد دانه را داشته‌اند ولی در سطح F<sub>2</sub> با میانگین ۱۰۲/۸۳ گرم در بوته عملکرد کمتری داشته‌اند.

جدول ۴: مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریز بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد دانه (gr/plant)	تعداد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف در بلال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)
V <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	۹۴/۷۸b	۶۱۳/۰۰a	۱۴۹/۵۶a	۳۲/۱۱۱a	۱۹/۶۶۷a	۵۰/۶۱/۱b	۱۴/۹۸۹b
V <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	۱۰۵/۶۷a	۶۷۹/۰۰a	۱۵۵/۶۷a	۳۳/۰۰۰a	۱۹/۸۶۷a	۵۱۹۱/۱b	۱۵/۴۹۱b
V <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	۹۵/۲۲b	۶۸۰/۵۶a	۱۴۹/۱۱a	۳۴/۲۲۲a	۲۰/۶۸۹a	۵۱۸۷/۸b	۱۵/۳۵۰b
V <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	۱۱۲/۸۹a	۷۱۳/۶۷a	۱۵۹/۶۷a	۳۴/۸۸۹a	۲۰/۴۴a	۵۹۳۲/۸ a	۱۷/۵۱۱a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند

V<sub>۰</sub>M: به ترتیب عبارتند از تیمار مصرف میکوریز و تیمار مصرف ورمی کمپوست

بنابراین می توان نتیجه گرفت که با مصرف زیاد کود شیمیایی همزیستی بین ریشه گیاه و میکوریز به میزان زیادی کاهش یافته است. همچنین دسترسی به فسفر در بیشتر گیاهان میزبان که از کلونیزاسیون VAM سود می برند عموماً تولید اسپور را کاهش می دهد (۳۴). بنا بر این می توان نتیجه گرفت که قارچ های VAM در سطوح پایین کودهای شیمیایی باعث بهبود عملکرد دانه ذرت شده و شرایط بهتری را برای همزیستی با ریشه ذرت فراهم می کند ولی در سطوح بالای کود شیمیایی این همزیستی کاهش یافته و فسفر زیاد حتی بازدارنده این شرایط همزیستی باشد. کاربرد مایکوریز با افزایش مقدار کود شیمیایی موجب کاهش وزن خشک ریشه شده است همچنین در هر یک از سطوح کود شیمیایی کاربرد قارچ نسبت به عدم کاربرد آن برتری معنی داری داشته است و این برتری بدون استفاده از کود شیمیایی به بالاترین میزان رسیده است. زیرا افزایش مقدار فسفر موجود در کود شیمیایی سبب کاهش فعالیت قارچ می شود.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش سطوح کودی و میکوریز بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد دانه (gr/plant)	تعداد دانه	وزن ۱۰۰۰ دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف در بلال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)
F <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	۸۶/۶۷c	۶۲۰/۵۰a	۱۴۵/۱۷a	۳۳/۰۰۰ a	۱۹/۳۳۳a	۵۱۲/۰ c	۱۹/۱۴۲ b
F <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	۱۰۷/۳۳a	۶۷۱/۰۰a	۱۵۲/۵۰a	۳۳/۵۰۰ a	۲۰/۰۰۰ a	۵۶۴۵/۰ a	۱۷/۱۸۷ a
F <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	۹۴/۵۰c	۶۷۲/۰۰a	۱۵۰/۸۳b	۳۳/۳۳۳ a	۲۰/۱۶۷ a	۵۱۱۵/۰ c	۱۹/۱۱۷ b
F <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	۱۰۶/۱۷a	۶۸۸/۶۷a	۱۵۵/۱۷a	۳۳/۸۳۳ a	۲۰/۳۳۳ a	۵۵۵۴/۲ a	۱۶/۴۵۰ a
F <sub>2</sub> M <sub>0</sub>	۱۰۳/۸۳b	۶۷۷/۸۳a	۱۵۳/۵۰a	۳۴/۱۶۷ a	۱۹/۸۳۳ a	۵۱۳۸/۳ c	۱۵/۲۵۰ab
F <sub>2</sub> M <sub>1</sub>	۱۰۲/۸۳b	۶۸۴/۳۳a	۱۵۷/۳۳a	۳۴/۵۰۰ a	۱۹/۸۹۳ a	۵۱۸۶/۷b	۱۵/۸۶۷ab

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

F<sub>۰</sub>M: به ترتیب عبارتند از تیمار مصرف میکوریز، تیمار مصرف کود شیمیایی

با توجه به جدول ۶ مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف کود شیمیایی و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی داری را نشان داد. تیمار V<sub>0</sub>F<sub>2</sub> و تیمار

$V_1F_1$  به ترتیب با میانگین  $159/67$  و  $17/106$  گرم/۱۷ بالاترین وزن  $1000$  دانه را داشته‌اند. ایبایوچی و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی که جایگزینی کودهای ارگانیک به جای کود شیمیایی را بررسی می‌نمودند به این نتیجه رسیدند که حداکثر وزن  $1000$  دانه در تیمار تلفیقی هر دو کود و بعد از آن در تیمار کود شیمیایی حاصل می‌شود.

نتایج تحقیقی بر روی گیاه ریحان نشان داد مصرف  $5$  تن در هکتار ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK به میزان  $50$  و  $25$  و  $25$  کیلوگرم در هکتار) برتری محسوسی از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد داشته است. محققین اظهار داشتند که افزودن ورمی کمپوست به خاک با بهبود بخشیدن شرایط بیولوژیکی خاک، ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد، پیکره رویشی و تولید بیوماس را نیز فراهم آورده است (۱۱). می‌توان گفت که فضولات کرم‌های حاکی عناصر معدنی قابل استفاده برای گیاه بوده و موجب تغذیه مستقیم گیاه و مناسب گیاه ذرت شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه و وزن  $1000$  دانه شده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تعداد دانه به جز در تیمار ورمی کمپوست در هیچ یک از تیمارهای دیگر معنی‌دار نبوده و به نظر می‌رسد که تعداد دانه یک خصوصیت ژنتیکی بوده که کمتر تحت تأثیر فراهمی عناصر غذایی و مصرف کود قرار می‌گیرد.

جدول ۶: مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف کود شیمیایی و ورمی کمپوست بر صفات مورد بررسی

تیمار	عملکرد دانه (gr)	تعداد دانه	وزن $1000$ دانه (gr)	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف در بلال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (gr/plant)
$V_0F_0$	$90/83c$	$634/17a$	$148/33b$	$31/667a$	$19/333a$	$5088/3c$	$15/07b$
$V_0F_1$	$96/77b$	$646/67a$	$149/83b$	$32/333ab$	$20/000a$	$5100/0c$	$15/100b$
$V_0F_2$	$105/67a$	$662/17a$	$159/67a$	$33/667ab$	$19/667a$	$5190/0b$	$15/550b$
$V_1F_0$	$103/17a$	$667/33a$	$152/33b$	$33/833ab$	$20/000a$	$5876/7a$	$17/258a$
$V_1F_1$	$104/00a$	$714/00a$	$156/17a$	$34/833a$	$20/500a$	$5569/2a$	$16/467a$
$V_1F_2$	$105/00a$	$700/00a$	$151/17b$	$35/00a$	$20/000a$	$5235/0b$	$15/567b$

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

$V_0F$ : به ترتیب عبارتند از تیمار تیمار مصرف کود شیمیایی و تیمار مصرف ورمی کمپوست

## منابع

- ۱- خدابخنده ن. ۱۳۷۱. غلات. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۰۶ صفحه.
- ۲- صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۳۶.
- ۳- عزیززاده ا.، مظاهری، د. و هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷۶. اثر کود اوره و اوره پوشش شده با گوگرد بر روی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت. پژوهش و سازندگی، سال ۱۰، جلد ۳، صفحات ۴۲ تا ۴۵.

- ۴- علیزاده ا. و علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله علمی-پژوهشی، پژوهش در علوم کشاورزی. سال سوم. شماره اول، صفحه ۱۰۱-۱۰۸.
- ۵- علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، نادیان، ح.، نورمحمدی، ق. و عامریان، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت. مجله علمی-پژوهشی یافته های نوین کشاورزی. سال اول. شماره ۴ صفحه ۳۰۹-۳۲۰.
۶. غلامی، ا. و کوچکی، ع. ۱۳۸۰. میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه شاهرود، ۲۱۲ صفحه.
۷. معلم، ا. ح. و عشقی زاده، ح. ر. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک: مزیتها و محدودیتها، خلاصه مقالات دومین همایش ملی بوم‌شناسی ایران، گرگان، ص ۴۷.
۸. نادیان، ح. ۱۳۷۷. نقش میکوریز در کشاورزی پایدار. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صفحات ۳ تا ۴.
- 9- Adsemoye A. O. and Kloeppe, J. W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl microbial biotechnol* 85:1-12
- 10- Alizadeh, O. 2006. Evaluation effect of water stress and nitrogen rates on amount of absorption some macro and micro elements in corn plant mycorrhizae and non mycorrhizae. *ICOM5, Spain, July 23-28.*
- 11- Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A. and Khanuja, S. P. S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis*. 36: 1737-1746.
- 12- Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. 2004. influences of Vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth on yield-Bioresource technol.
- 13- Cavender, N. D., Atiyeh, R. M. and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia*. 47: 85-89.
- 14- Cox, G., Sanders, F. E., Tinker, P. B. and Wild, J. A. 1976. Ultrastructural evidence relating endophyte transfer in a VAM. In: sanders, F.E. Mosse, B. and press, London.
- 15- Denmead O. T. and Shaw, R. H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal*, 52:272-274.
- 16- FITTER, A. H. and GARBAYE, J. 1994. Interaction between mycorrhizal fungi and other soil organism. In: Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry (Ed. By A. D. Robson, L. K. Abbott and N. Malajczuk). p.p. 123-132. kluwer Academic publisher.
- 17- Gaur, A. and Adholeyir, A. 2002. Mycorrhiza inoculation of five tropical fodder crop and inoculums production in marginal soil amended with organic matter. *Biol Fertil soils* 35:214-218.
- 18- Hamel, G., Furlan, V. and Smith, D. L. 1991. N<sub>2</sub>-Fixation and transfer in a field grown Mycorrhizal. Corn and soybean intercrop. *Plant Soil*, 133:177-185.
- 19- Iabeawuchi, I. and Onweremalu, E. 2007. Effects of poultry manure on green and waterleaf on degraded ultisol of owerri South Eastern Nigeria. *JAVA*. 1: 6-53.
- 20- Ishizuka J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant and Soil*, 141:197-209.
- 21- Jackson A., Jakobsen, I. and Jensen, E. S. 1992. Hyphal transport of N-labelled nitrogen by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and its effect on depletion of inorganic soil N. *New Phytologist*, 123:61-68.
- 22- Jat, R. S. and Ahlawat, I. P. S. 2004. Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). *Indian J. Agric. Sci.* 74: 359-361.
- 23- Jat, R. S. and Ahlawat, I. P. S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *J. Sustainable Agric.* 28: 41-54.
- 24- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18: 459-463.
- 25- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technol.* 93: 307-311.

- 26- **Khaliq, A. and Sander, F. E. 1997.** Effects of phosphorus application and vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on The Growth and phosphorus Nutrition of maiz. Journal of plant nutrition, 20(11):1607-1616.
- 27- **Koide, R. T. 1991.** Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal in infection. New phytol, 117: 365-386.
- 28- **Koide, R.T. and Li, M. 1990.** on host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis-new phytol. 114: 59-65.
- 29- **Kuppuswamy, G., Jeyabal, A. and Lakshmanam, A. R. 1992** Effect of enriched biogas slurry and farm yard manure on growth and yield of rice. Agriculture Digest.
- 30- **Liu, A. C. Hamel. and Bl. Ma. 2000.** Acquisition of cu. Zn. Mn and fe by Mycorrhizal maize. Grown in soil at different P and micronutrient levels: Mycorrhiza 9:331-336.
- 31- **Mamo, M., Rosen. C. J., Halbach, T. R. and Moncrief, J., F. 1998.** corn yield and nitrogen uptake in sandy soil amended with municipal Solid wastecom pest. Jurnal of production Agriculture.
- 32- **Mohammad M., Pan, J. W. L. and Kenedy, A. C. 1995.** Wheat responses to vesicular. Arlous cular mycorrhizal fungi inoculation of soils from eroded to posequence. Journal of American Soil Science Society, 59: 1086-1090.
- 33- **Nadian, H., Smith, S. E., Alston, A. M. and Murray, R. S. 1996.** Effects of soil compaction on plant growth, phophorus uptake and morphological characteristics of vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of Trifolium subterraneum. New Phytologist, 133:303-311.
- 34- **Nelseu, C. E., Bogliano, N. C., Furutani, S. C., Safir, G. R. and Sandstra, B. H. 1981.** the effect of soil phosphorus levels on mycorrhizal infection of field-grown onion plants and mycorrhizal reproduction. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106: 786-788.
- 35- **Portas C. A. M. and Taylor, H. M. 1975.** Growth and survival of youny plant roots in dry soil. Soil Science, 121:170-175.
- 36- **Roy, D. K. and Singh, B. P. 2006.** Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agron. 51: 40-42.
- 37- **Sainz, M. J., Taboada-Castro, M. T. and Vilarino, A. 1998.** Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil. 205: 85-92.
- 38- **Sharma, A. K. 2002.** Ahandbook of organic farming Agrobios. India. 627pp.
- 39- **Smith, F. A., Grace, f. j. and Smith, SE. 2009.** More than a carbon economy:nutrient trade and ecological sustainability in facultative arbuscular mycorrhizal symbiosis. New Phytol 182 :347-358
- 40- **Stark, C., Condron, L. M., Stewart, A., Di H. J. and Ocallaghan, M. 2007.** Influence of organic and mineral amendments on microbial soil properties and processes. Appl. soil Ecol., 35:79-93
- 41- **Vamerial, T. M., Saccomani, S., Bona, G., Mosca, M., guarise. and Ganis, A. 2003.** A Comparison of root characteristics in relation to nuteient and water stress in tow maiz hybrids plant soil 255:157-167.
- 42- **Warcup, J. H. 1971.** Specificity of mycorrhizal association in some Australian terrestrial orchids. New Phytologist, 70:41-46.
- 43- **Whingwiri, E. and Kemp, D. R. 1980.** Spiklet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. Aust. J. Agri. Res. 34: 637- 647.
- 44- **Zaller, J. G. 2007.** Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Sci. Horticulturae. 112: 191-199.