تأثیر کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار و کودهای آلی بر عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی دو رقم گندم

بصیرا کرمانی‌زاده[۱]، احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[۱*]، سید کاظم صباغ[۲] و علیرضا سیروس‌مهر[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۱۳)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی اثرهای مستقیم کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی دو رقم گندم بومی منطقه سیستان، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل انجام شد. فاکتور کود در ۸ سطح [ورمی‌کمپوست (F1)، ورمی‌کمپوست+ کمپوست (F2)، ورمی‌کمپوست+ میکوریز (F3)، ورمی‌کمپوست+ میکوریز+ کمپوست (F4)، کمپوست (F5)، کمپوست + میکوریز (F6)، میکوریز (F7) و نمونه شاهد (عدم کاربرد کود، F8)] به همراه دو رقم گندم بولانی (C1) و کراس بولانی (C2) در نظر گرفته شد. نتایج بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱/۱۳ گرم در گلدان) از ترکیب تیمارهای میکوریز و کراس بولانی (F7C2) به دست آمد. برای درصد نیتروژن جذب شده توسط گندم، ترکیب‌های تیماری کمپوست + میکوریز و کراس بولانی (F6C2) و ورمی‌کمپوست+ کمپوست و کراس بولانی (F2C2) مناسب‌تر هستند. بیشترین درصد پروتئین (۱۰/۲۷ درصد) نیز از ترکیبات F6C2 و F2C2 به‌دست آمد. به طور کلی، ترکیب‌های کودی F6C2 و F2C2 برای رقم‌های گندم بولانی و کراس بولانی مناسب به نظر می‌رسند.

واژه‌های کلیدی: گندم، کود آلی، ورمی‌کمپوست، میکوریز، کمپوست

مقدمه

ارقام مختلف گندم سازگاری زیادی به تنش‌ها و اقلیم‌های متفاوت دارند، از این رو، گندم در مناطق خشک و نیمه خشک ایران از اهمیت اقتصادی به سزایی برخوردار است. بنابراین، شناخت راهکارهای افزایش تولید این محصول مهم و استراتژیک، با حفظ پایداری خاک، شایان توجه است. به دلیل در نظر نگرفتن اهمیت و تأثیرات مثبت مواد آلی در اراضی کشاورزی، اغلب خاک‌های کشور از این لحاظ دچار کمبود گشته و باعث کاهش چشمگیری در حاصلخیزی خاک شده است. بنابراین، برای بهبود باروری این خاک‌ها، افزودن مواد آلی به آنها ضروری است (۱۴). هر چند کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته، ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است (۱۲). برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست به دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای آلی اجتناب

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ahangar@uoz.ac.ir

ناپذیر است (۱۳). کمپوست، کودی است که حاوی اکثر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشد. کمپوست، علاوه بر داشتن عناصر پرمصرف، به مقدار کمتری دارای ریزمغذی‌ها بوده و خاک را در درازمدت در جهت تعادل از نظر عناصر غذایی ضروری پیش خواهد برد (۱۴). آتیه و همکاران (۱۷) گزارش کردند که مخلوط دو کود آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست در افزایش اجزای عملکرد گیاهان مختلف نقش مهمی داشته است. بهرا و همکاران (۱۹) در مطالعه خود بیان کردند که ترکیب کود آلی با کود معدنی، در بهبود شرایط رشد گیاه، حاصلخیزی خاک و تغییرات مثبت و بارز در فعالیت تنفسی و آنزیمی زیست‌توده عوامل میکروبی خاک در محصولات مختلف مؤثر بوده است. ورمی‌کمپوست از تجزیه میکروبی و ثبات مواد آلی در اثر فعالیت مشترک کرم‌های خاکی *Eisentia foetida* و میکروارگانیسم‌های مختلف به دست می‌آید. این محصول دارای ساختمان دانه‌ای بوده و خصوصیات آن شبیه پیت است و دارای خلل و فرج، ظرفیت نگهداری آب و فعالیت میکروبی زیاد می‌باشد. این ویژگی‌ها شرایط بسیار عالی را برای خاک ایجاد کرده و در صورت ترکیب با خاک، بستر مناسبی را برای رشد گیاهان فراهم می‌کند (۱۶). ورمی‌کمپوست دارای آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد می‌باشد که باعث افزایش رشد در گیاهان می‌شود (۲۹). در پژوهشی که در خصوص تأثیر ورمی‌کمپوست روی گیاه گوجه فرنگی انجام شد، ملاحظه شد که غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در میوه و عملکرد محصول این گیاه نسبت به تیمار شاهد به طرز چشمگیری افزایش یافت (۴۷).

یکی دیگر از راه‌های دستیابی به کشاورزی پایدار، استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی گیاهان دارند (۲۷)، که از آن جمله می‌توان به میکوریزا اشاره نمود. قارچ‌های میکوریز در خاک‌هایی که غلظت عناصر غذایی، به ویژه فسفر، کم تا متوسط باشد، قادرند نیاز گیاه به فسفر و عناصر دیگر نظیر نیتروژن، پتاسیم، مس و روی را تأمین کنند و در مقابل، گلوکز مورد نیاز خود را از گیاه دریافت نمایند (۱۵ و ۳۱). این همزیستی قارچ – ریشه‌ای بین گیاهان و قارچ‌های شاخه *Glumeromycotina* صورت می‌گیرد (۳۸). تحقیقات نشان داده که گیاهان میکوریزایی علاوه بر فسفر، جذب نیتروژن را نیز افزایش می‌دهند (۴۱ و ۴۳). محققین مختلف، از جمله هارینیکومار و باگرایاگ (۲۴)، مارشنر و دل (۳۱)، مدینا و همکاران (۳۴) و سوبرامانیان و کارست (۴۲) تأکید دارند که در اکثر موارد تلقیح ریشه گیاهان با این قارچ‌ها منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردد. نقش عمده قارچ در این همزیستی‌ها، جذب و انتقال عناصر غذایی، به ویژه فسفر، به گیاه میزبان می‌باشد (۴۱ و ۴۳). نتایج بعضی تحقیقات نشان داده که سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است (۱ و ۵).

ارقام گندم بولانی و کراس بولانی از جمله ارقامی با عملکرد نسبتاً زیاد در منطقه زابل می‌باشند. با توجه به درصد کم مواد آلی در خاک‌های کشاورزی مورد مطالعه، در این تحقیق، تأثیر سه کود کمپوست شهری، ورمی‌کمپوست، میکوریز و تلفیق این کودها بر میزان جذب برخی عناصر غذایی توسط ارقام گندم ذکر شده برای اولین بار در منطقه زابل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۱ انجام شد. تیمارها شامل فاکتور کود: ورمی‌کمپوست (F1)، ورمی‌کمپوست+ کمپوست (F2)، ورمی‌کمپوست+ میکوریز (F3)، ورمی‌کمپوست+ میکوریز+ کمپوست (F4)، کمپوست (F5)، کمپوست + میکوریز (F6)، میکوریز (F7) و شاهد (عدم کاربرد کود، F8) و فاکتور رقم گندم شامل ارقام بولانی(C1) و کراس بولانی(C2) بود. ارقام مورد استفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی زهک تهیه گردید. تعداد ۱۰ تا ۱۵

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کمپوست و ورمی‌کمپوست استفاده شده

خاک	کربن آلی	نیتروژن کل	pH	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم
	(٪)		–	(dS/m)	(mg/kg)	
لوم شنی	۰/۸۱	۰/۰۵	۸/۱	۱/۵	۹/۴۵ (قابل جذب)	۱۱۹ (قابل جذب)
کمپوست	۱۹/۶	۱	۷/۷	۸/۱	۳۸۰۰ (کل)	۱۷۷۰ (کل)
ورمی‌کمپوست	۳۸	۱/۶	۸/۱	۵/۶	۱۳۰۰ (کل)	۶۲۶ (کل)

جدول ۲. درصد همزیستی میکوریزی بعد از برداشت در تیمارهای تلقیح یافته گندم

تیمار کودی	ورمی‌کمپوست + میکوریز	ورمی‌کمپوست + میکوریز + کمپوست	کمپوست + میکوریز	میکوریز	عدم کاربرد کود
درصد همزیستی میکوریزایی	۶۸	۶۲	۵۸	۶۰	۰

عدد بذر از هر رقم، ابتدا با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۱٪ ضدعفونی سطحی شده و سپس سه بار با آب مقطر استریل شسته و در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۴ × ۱۹ سانتی‌متر، حاوی ۲/۵ کیلوگرم خاک استریل شده، که از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهیه شده بود (که دو بار و هربار به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس استریل شده بود) کشت گردید. جهت زهکشی گلدان‌ها، تعدادی سوراخ در ته آنها ایجاد شد. برای تهیه محیط کشت مناسب، ابتدا خاک لازم برای گلدان‌ها که از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک گلخانه تهیه شده بود، پس از عبور از غربال ۲ میلی‌متری مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ای از این خاک تهیه و برخی از خصوصیات در آن اندازه‌گیری شد (۹)، که نتایج در جدول ۱ آمده است. کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست از کارخانه بازیافت مواد شهرداری مشهد تهیه و بر اساس توصیه سازمان تحقیقات آب و خاک به ترتیب به مقدار ۵ و ۱۵ تن در هکتار، قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. جهت تیمار میکوریز از اسپورهای قارچ گونه *Glumos intraradices* به صورت مخلوط با ماسه با بافت ریز که از پارک علم و فن‌آوری نیشابور تهیه شده بود استفاده شد. پس از شمارش اسپورهای موجود در ۱۰ گرم خاک، برای هر گلدان، تعداد ۱۰۰۰ اسپور (۲۰۰ گرم خاک حاوی میکوریز) در محل قرار گرفتن بذر قرار داده شد. گلدان‌ها در گلخانه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری و رطوبت گلدان‌ها پس از اندازه‌گیری به روش صفحات فشاری به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. این رطوبت در طول دوره رشد گیاه به روش وزنی حفظ گردید. در مرحله ۳-۴ برگی، تعداد ۳ عدد بوته در هر گلدان نگهداری و گیاهچه‌های اضافی تنک شده و تا زمان سنبله‌دهی کامل، به طور مرتب و بر اساس نیاز گیاه آبیاری شدند. بعد از پایان دوره رویشی و پر شدن سنبله‌ها، بخش هوایی گیاه گندم از محل طوقه جدا شد و جهت انجام تجزیه شیمیایی و اندازه گیری میزان عناصر موجود در دانه به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین، از ریشه آنها نمونه‌گیری و درصد کلونیزاسیون میکوریزی در آنها تعیین گردید (جدول ۲). برای تعیین درصد همزیستی میکوریزی، با تریپان بلو (۳۶) رنگ‌آمیزی شدند و درصد همزیستی طول ریشه به روش مک-گونیگل و همکاران (۳۲) تعیین گردید.

برای تعیین غلظت عناصر مورد نظر در بخش دانه نمونه‌های گیاهی به روش اکسایش تر (اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک، سلنیم و آب اکسیژنه) هضم شدند (۲۰). سپس، در عصاره تهیه شده، درصد نیتروژن و پروتئین خام با دستگاه کجلدال (۲) و غلظت فسفر با روش رنگ‌سنجی نیترو وانادو مولیبدات با دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۳)، غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (۲) و غلظت روی و منگنز نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی برای صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	پروتئین
کود	۷	۰/۱۴۲**	۰/۳۲۹**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۵**	۱۶۲۴/۷۰**	۲۸۹۴/۱۶**	۱۲/۳۰**
رقم	۱	۱/۹۱۲**	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۷**	۰/۰۶۲**	۲۴۸۶/۸۸**	۹۳۶۹/۴۳**	۰/۰۹*
کود × رقم	۷	۰/۱۰۱**	۰/۶۲۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۶**	۵۱۳/۱۰^{ns}	۱۳۶۸/۸۰**	۱۸/۱۸**
خطا	۳۲	۰/۰۲۸	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۶۴/۳۹	۲۴۹/۶۰	۲/۸۸
ضریب تغییرات (٪)		۲۶/۵۹	۲۱/۶۴	۱۴/۸۲	۹/۷۲	۱۹/۲۰	۲۳/۳۳	۲۴/۵۸

**، * و ^{ns} به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

اندازه‌گیری شد (۳۳). غلظت کل عناصر موجود در کمپوست و ورمی‌کمپوست بر اساس اطلاعات گرفته شده از کارخانه تولیدی بود.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارآماری MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، بیشترین میزان برقراری همزیستی میکوریزی در تیمار ورمی‌کمپوست + میکوریز بوده و در تیمار شاهد هیچ گونه آلودگی میکوریزی مشاهده نگردید.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر تیمارهای مختلف کودی برای تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین، در مورد فاکتور رقم نیز تمام صفات اندازه‌گیری شده، بجز درصد نیتروژن و پروتئین (که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شدند) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند. اثر متقابل تیمار کود و رقم نیز برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده، به استثنای روی، در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها برای اثر نوع کود (جدول ۴) نشان داد که برای صفت عملکرد دانه، بیشترین مقدار عملکرد از کاربرد مخلوط ورمی‌کمپوست و میکوریز (۰/۹۲۷ گرم در گلدان) و کمترین مقدار از کاربرد مخلوط ورمی‌کمپوست و کمپوست (۰/۴۹ گرم در گلدان) به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد که مصرف ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر مثبتی که بر درصد هم‌زیستی میکوریزایی و گسترش هیف‌های خارجی اعمال کرده و به‌دنبال 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 گندم شده است. در تحقیقی، نشان داده شد که اضافه کردن ورمی‌کمپوست علاوه بر افزایش عملکرد گیاهان زراعی، باعث بهبود خصوصیات بیولوژیک و شرایط تغذیه‌ای خاک می‌شود (۳۵) زیرا این کودها انتشار اکسیژن به محیط ریشه را افزایش می‌دهند و قادرند اکثر نیازهای غذایی پُرمصرف و کم‌مصرف گیاهان را تأمین کنند. افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک از دیگر نتایج استفاده از این کودها است (۸).

در بررسی اثر کود بر میانگین درصد عناصر (جدول ۴) بیشترین درصد نیتروژن (۱/۳۷۵ درصد) از کاربرد مخلوط ورمی‌کمپوست+ کمپوست و کمترین مقدار (۰/۶۶۲ درصد) از کاربرد ورمی‌کمپوست برای ارقام بولانی و کراس بولانی به دست آمد. برای فسفر قابل جذب توسط گیاه، بیشترین مقدار (۰/۱۴۵ درصد) از کاربرد ورمی‌کمپوست+ میکوریز+ کمپوست و کمترین مقدار (۰/۰۴۳ درصد) از کاربرد کمپوست به دست آمد. در مورد پتاسیم قابل جذب برای گیاه هم بیشترین مقدار (۰/۴۳۰ درصد) از کاربرد کمپوست+ میکوریز و کمترین مقدار (۰/۳۴۷ درصد) هم از عدم کاربرد کود (شاهد) به دست آمد.

نقش همزیستی میکوریز آربوسکولار در چرخه عناصر

جدول ۴. اثر انواع کود بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده

تیمار (کود)	عملکرد دانه (گرم در گلدان)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پروتئین (٪)
ورمی‌کمپوست	۰/۵۰۵c	۰/۶۶۲d	۰/۰۷۸bc	۰/۳۷۳cd	۱۲۲/۳۰۵a	۷۶/۱۵۲bc	۴/۱۷۲c
ورمی‌کمپوست + کمپوست	۰/۴۹۳c	۱/۳۷۵a	۰/۰۶۷cd	۰/۴۲۲ab	۹۱/۰۴۳b	۳۴/۸۷۰d	۸/۶۲۰a
ورمی‌کمپوست + میکوریز	۰/۹۲۷a	۰/۸۹۰cd	۰/۰۶۸cd	۰/۳۶۵cd	۸۱/۳۴۲bc	۴۰/۴۹۰d	۵/۵۷۸bc
ورمی‌کمپوست + میکوریز+ کمپوست	۰/۵۷۰c	۱/۲۶۳ab	۰/۱۴۵a	۰/۳۸۸bc	۸۲/۷۸۲bc	۶۴/۶۱۵c	۷/۹۲۰a
کمپوست	۰/۵۰۸c	۱/۲۶۳ab	۰/۰۴۳f	۰/۴۱۳ab	۷۰/۴۰۸c	۶۳/۶۹۷c	۷/۹۲۲a
کمپوست + میکوریز	۰/۶۸۰bc	۰/۹۷۷c	۰/۰۴۸ef	۰/۴۳۰a	۷۷/۳۵۳bc	۷۵/۷۴۵bc	۶/۷۴۸ab
میکوریز	۰/۷۸۰ab	۱/۱۴۲abc	۰/۰۵۷de	۰/۳۹۲bc	۷۳/۰۱۳bc	۸۵/۹۶۳ab	۷/۱۴۸ab
عدم کاربرد کود	۰/۶۱۰bc	۱/۰۱۲bc	۰/۰۸۲b	۰/۳۴۷d	۷۹/۱۰۰bc	۱۰۰/۳۰۵a	۷/۰۷۳ab

طبق آزمون LSD، حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است

پُرمصرف و کم‌مصرف، دارای اهمیت زیادی می‌باشد که اثر خود را از طریق افزایش جذب عناصر غذایی اعمال می‌کند (۱۸). میسلیوم قارچ‌های میکوریزی از طریق ارتباط ریشه گیاه با محیط‌های اطراف ریشه، سبب افزایش حجمی از خاک که در اختیار ریشه گیاه است می‌گردد. این مسئله سبب بقای گیاه در محیط‌هایی که با کمبود آب و عناصر غذایی مواجه می‌باشند، می‌گردد (۳۲). ساینز و همکاران (۳۹) و شوسلر (۴۰) گزارش نمودند که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش قابل توجه عملکرد و درصد نیتروژن در جو گردید. آنها دریافتند که استفاده ورمی‌کمپوست از طریق تحریک میکروارگانیسم های خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه موجب این افزایش عملکرد شد (۳۹ و ۴۰).

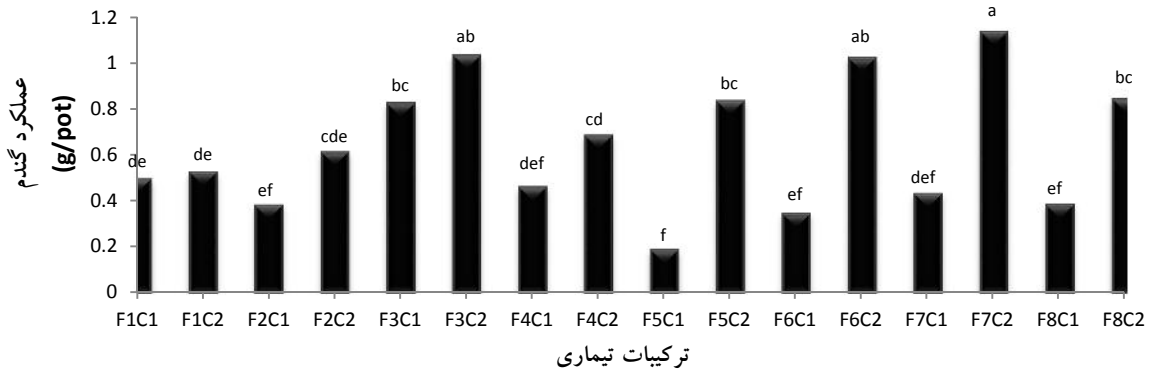
بیشترین مقدار روی قابل جذب (۱۲۲/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) توسط گیاه نیز از کاربرد کود ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار (۷۰/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) از کاربرد کود کمپوست به دست آمد. گزارش شده که پس از فعالیت کرم‌های کمپوستی، قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر سنگین همچون آهن، روی و مس افزایش می‌یابد (۲۲). دلیل دیگر، تأثیر کرم‌ها بر ترکیب و فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک می‌باشد که در موارد بسیار گزارش شده است. ویتینگ و همکاران (۴۶) در گزارش‌های خود به تأثیر میکروارگانیسم‌ها در پویا شدن فلز روی در خاک اشاره کرده و بیان داشتند که روی موجود در خاک به دلیل وجود ترکیبات کلات‌کننده، که به وسیله میکروب‌ها تولید می‌شوند، در خاک پویاتر شده است.

همچنین، بیشترین مقدار منگنز (۱۰۰/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) قابل جذب توسط گیاه نیز از عدم کاربرد کود (شاهد) و کمترین مقدار (۳۴/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) از کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست+ کمپوست به دست آمد.کاهش جذب منگنز توسط گیاه در خاک‌های آهکی تیمار شده با کودهای آلی قبلاً نیز گزارش شده است (۴۵). لیتم و همکاران (۲۸) علت کاهش جذب منگنز در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی را تشکیل کمپلکس منگنز و اسیدهای آلی موجود در مواد آلی افزوده شده به خاک دانسته‌اند. در مورد درصد پروتئین خام نیز بیشترین مقدار اندازه گیری شده (۸/۶۲ درصد) از کاربرد

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ارقام گندم

تیمار	عملکرد دانه (گرم در گلدان)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پروتئین (٪)
بولانی	۰/۴۳۵b	۱/۰۸۰a	۰/۰۸۶a	۰/۴۲۷a	۹۱/۸۶۶a	۸۱/۷۰۱a	۶/۹۴۰a
کراس بولانی	۰/۸۳۴a	۱/ ۰۶۶b	۰/۰۶۱b	۰/۳۵۵b	۷۷/۴۷۰b	۵۳/۷۵۸b	۶/۸۵۵b

طبق آزمون LSD، حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است



شکل ۱. اثر متقابل کود × رقم بر عملکرد دانه

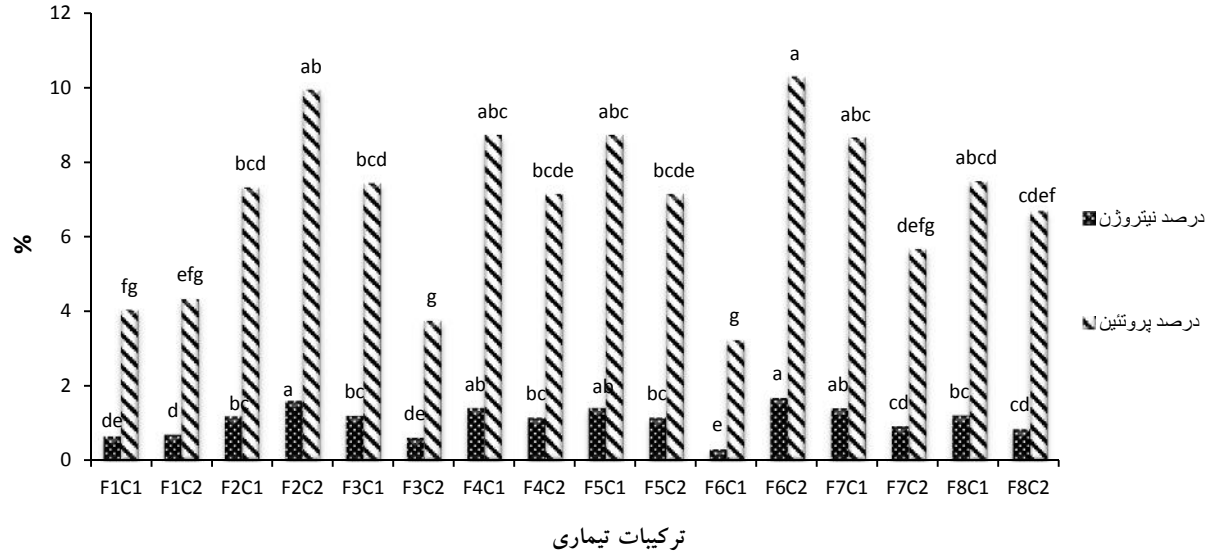
ورمی‌کمپوست+ کمپوست و کمترین مقدار (۴/۱۷۲ درصد) از کاربرد کود ورمی‌کمپوست به دست آمد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۲۱ و ۲۶).

در جدول مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ارقام گندم (جدول ۵) در مورد صفت عملکرد دانه مشاهده شد که بیشترین عملکرد به دست آمده (۰/۸۳ گرم در گلدان) متعلق به کشت رقم کراس بولانی و کمترین مقدار (۰/۴۳ گرم در گلدان) متعلق به کشت رقم بولانی بوده است. اگرچه در مورد بقیه صفات اندازه‌گیری شده بیشترین مقدار در کشت رقم بولانی بوده است.

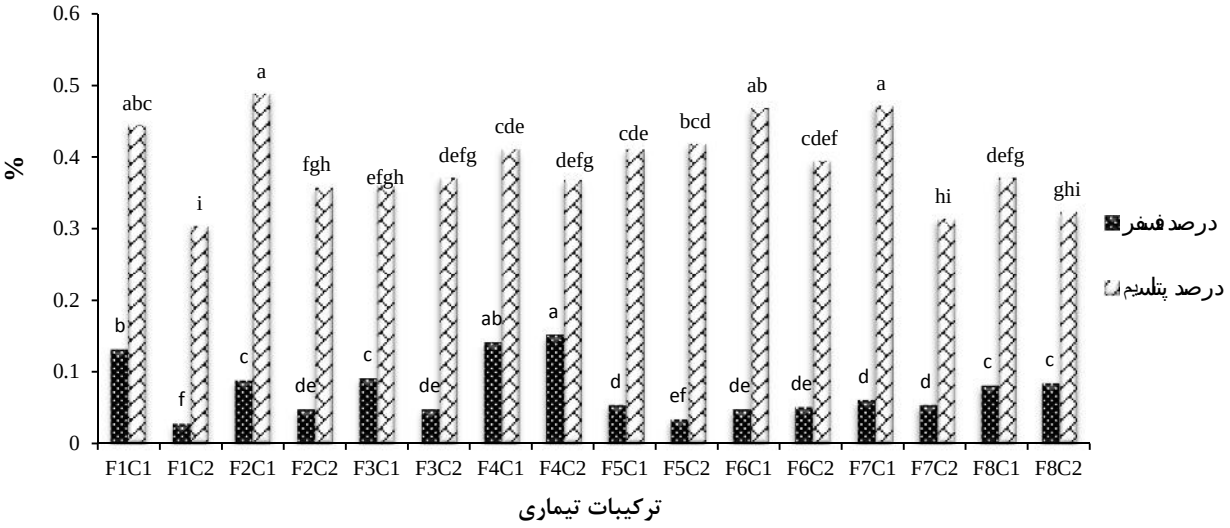
بررسی اجزای عملکرد ارقام گندم نشان داد که رقم بولانی سطح عملکرد نسبتاً بیشتری را در تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده نسبت به رقم کراس بولانی دارا می‌باشد که با نتایج زادوریان و همکاران (۷) تطابق دارد. به طور کلی، نتایج حاصل نشان داد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین دو رقم مورد مطالعه در تأثیرپذیری از کودهای مصرفی وجود ندارد و متوسط میانگین تغییرات در هر دو رقم به هم نزدیک می‌باشد ولی رقم بولانی تأثیرپذیری بیشتری را در استفاده از کودها از خود نشان داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل بین کودها و ارقام گندم مورد استفاده برای صفت عملکرد دانه (شکل۱) نشان داد که بیشترین مقدار (۱/۱۳۳ گرم در گلدان) از اثر متقابل بین کود میکوریز و رقم کراس بولانی و کمترین مقدار (۰/۱۸۳ گرم در گلدان) از اثر متقابل بین کود کمپوست و رقم بولانی بود.

بر اساس شکل۲، بیشترین درصد نیتروژن قابل جذب اندازه‌گیری شده (۱/۶۶۳) از کاربرد کودهای کمپوست+ میکوریز در رقم کراس بولانی و کمترین مقدار (۰/۲۹۰) از کاربرد کودهای کمپوست+ میکوریز و رقم بولانی به دست آمد. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار، تثبیت نیتروژن به روش همزیستی و همیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. دو نظریه در



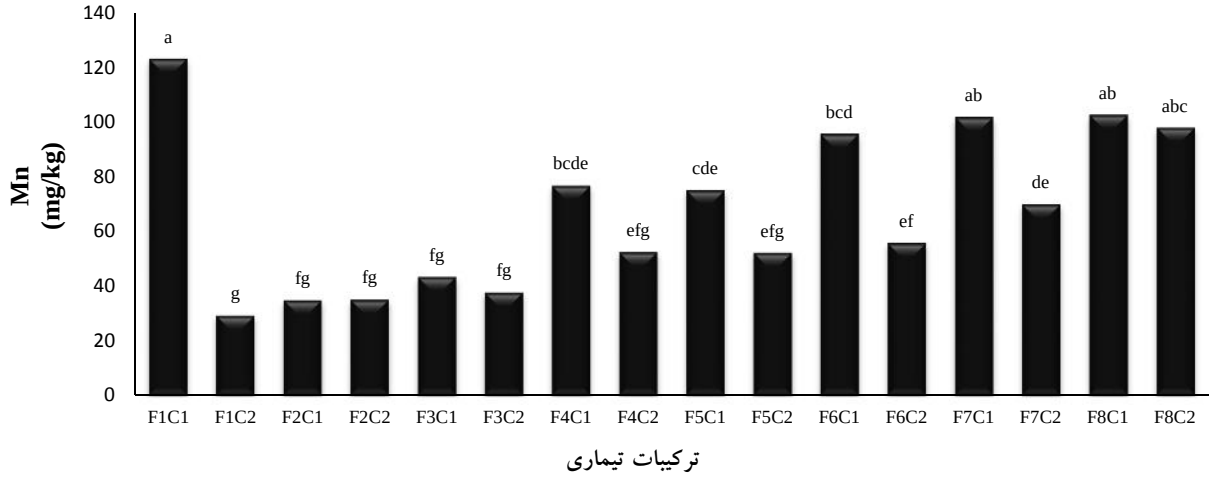
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کود × رقم بر میانگین درصد نیتروژن و پروتئین جذب شده



شکل ۳. اثر متقابل کود × رقم بر میانگین درصد فسفر و پتاسیم جذب شده

ارتباط با جذب نیتروژن توسط میکوریزا مطرح است T در نظریه اول فرض بر این است که میکوریزا از طریق میسلیوم خود مستقیماً سبب افزایش جذب نیتروژن می‌شود. اما در نظریه دوم، فرض بر آن است که میکوریزا با جذب آب و مواد غذایی، شرایط گیاه را از نظر فیزیولوژیک جهت تثبیت نیتروژن بهینه می‌سازد (۳۸). در یک آزمایش گلخانه‌ای، کاهش اثر قارچ میکوریزای آربوسکولار به وسیله آشفتگی خاک باعث کاهش تجمع فسفر، نیتروژن و همچنین ماده خشک و وزن خشک سویا شد. علاوه بر آهن، درصد نیتروژن گیاه حاصل از تثبیت از ۳۲٪ به ۱۲٪ کاهش یافت (۴۶).

برای پروتئین خام (شکل ۲) هم بیشترین مقدار (۱۰/۲۷۷ درصد) از کاربرد کود کمپوست + میکوریز و رقم کراس بولانی و کمترین مقدار (۴/۰۲۳ درصد) از کاربرد کود ورمی‌کمپوست و رقم بولانی به دست آمد. امیرآبادی و همکاران (۳) بیان



شکل ۴. اثر متقابل کود × رقم بر میانگین منگنز جذب شده

کردند که قارچ میکوریزی از طریق کمک در جذب و تسریع در تثبیت نیتروژن توسط گیاه، در افزایش غلظت عناصر معدنی همچون سدیم، درصد پتاسیم، درصد نیتروژن و درصد پروتئین در اندام‌های هوایی تأثیرگذار است.

بیشترین مقدار فسفر قابل جذب (۰/۱۵۰ درصد) نیز از کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست+ میکوریز+ کمپوست در رقم کراس بولانی و کمترین مقدار (۰/۰۲۷ درصد) از کاربرد کود ورمی‌کمپوست در رقم کراس بولانی به دست آمد (شکل۳). گیاهان میکوریزایی با جذب راحت‌تر فسفر باعث عملکرد بهتر می‌گردند. حضور مکانیسم‌هایی چون افزایش سطح جذب، کاهش pH در سطح ریشه و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز در سطح میسلیوم‌های قارچ باعث می‌شود تا میکوریز آربوسکولار از منابع غیر قابل استفاده فسفر گیاه مثل فسفات آلی، فسفات کلسیم و مانند اینها استفاده نماید و آنها را به فرم قابل جذب برای گیاه تبدیل کند (۶). بیشترین مقدار پتاسیم قابل جذب (۰/۴۸۷ درصد) هم از کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست+ میکوریز در رقم بولانی و کمترین مقدار (۰/۳۰۳ درصد) از کاربرد کود ورمی‌کمپوست در رقم کراس بولانی به دست آمد (شکل ۳). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر پُرمصرف، اهمیت بسیار زیادی دارد. اگر چه این عنصر خود جزیی از ساختمان گیاه نیست، ولی در انجام واکنش‌های داخلی گیاه نقش کلیدی دارد، تا حدی که به آن عنصر کیفیت گویند (۳۰). بیشترین نقش پتاسیم در گیاه، خاصیت کاتالیزوری آن است. عوامل متعددی مانند شرایط محیطی، گونه و رقم گیاه در برهمکنش پتاسیم با سایر عناصر نقش دارد (۱۳). غلامی (۱۰) گزارش کرد که تلقیح ذرت با *G. intraradices* و *G. mosseae* درصد پتاسیم گیاه را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. وی جذب عناصر غذایی توسط قارچ میکوریزا را به اثر مستقیم جذب توسط هیف و یا اثر غیرمستقیم ناشی از تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ریشه‌های گیاه میزبان نسبت داد.

در مورد میزان منگنز جذب شده توسط گیاه، بیشترین مقدار (۱۲۳/۱۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) از کاربرد ورمی‌کمپوست در رقم بولانی و کمترین مقدار (۲۹/۱۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) از کاربرد ورمی‌کمپوست در رقم کراس بولانی به دست آمد (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، کودهای آلی و بیولوژیک، به علت ویژگی‌های متفاوت با کودهای شیمیایی، علاوه بر تأثیری که بر افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارند، باعث بهبود خواص

فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌شوند. در نتیجه، سبب تأثیر مضاعف بر عملکرد گیاه می‌گردند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست با میکوریز و همچنین کمپوست با ورمی‌کمپوست برای دو رقم گندم محلی مورد آزمایش در منطقه مناسب به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

۱. آقابابائی، ف. و ف. رئیسی. ۱۳۸۹. اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و راندمان مصرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهارمحال و بختیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک) ۵۶: ۹۱-۱۰۱.

۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۰ صفحه.

۳. امیرآبادی، م.، م. سیفی، ف. رجالی و م. اردکانی. ۱۳۹۱. بررسی غلظت عناصر معدنی پُرمصرف در ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت تأثیر تلقیح قارچ میکوریزی و*Azotobacter chroococcum* در سطوح مختلف نیتروژن. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۴(۱): ۳۳-۴۰.

۴. جلالی، ا. ه.، م. ج. بحرانی و ن. ع. کریمیان. ۱۳۹۰. اثر مدیریت بقایای گیاهی مصرف کمپوست و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰. مجله علوم زراعی ایران ۱۳(۲): ۳۳۶-۳۵۱.

۵. حسن‌زاده، ا. ۱۳۸۶. تأثیر انواع کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر بر مقادیر مصرف کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، ۱۰۳ صفحه.

۶. خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز.

۷. زادوریان، گ.، م. خدارحمی، ا. امینی و خ. مصطفوی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر بیوماس ارقام تجارتی گندم نان در مرحله گیاهچه‌ای. زراعت و اصلاح نباتات ایران ۷(۱): ۶۹-۸۳.

۸. صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب ۱۲(۳): ۱-۳۶.

۹. علی احیائی، م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. جلد اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. نشریه شماره ۸۹۳.

۱۰. غلامی، ا. ۱۳۷۹. نقش قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربسکولار در تأمین پایدار عناصر غذایی در ذرت. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۷ صفحه.

۱۱. کوچکی، ع .، ع . نخ فروش و ح . ظریف کتابی. ۱۳۷۶. کشاورزی اُرگانیک. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۱۹۵-۲۰۰.

۱۲. معلم، ۱. ح. و ح. ر. عشقی‌زاده. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک: مزیت‌ها و محدودیت‌ها. خلاصه مقالات دومین همایش ملی بوم شناسی ایران، گرگان، صفحه ۴۷.

۱۳. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشرآموزش کشاورزی، ۱۶۸ صفحه.

14. Adediran, J.A., L.B. Taiwo, R.A. Akande, M.O. Sobulo and O.J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. J. Plant Nutr. 27: 1163-1181.
15. Adsemoye, A.O. and J.W. Kloeppe. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. Appl. Microbiol. Biotech. 85: 1-12.
16. Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman and J.D. Metzger. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultureal container media and soil. Pedobiol. 47: 741-744.
17. Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2001. The influence of earthworm processed pig

manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresour. Technol. 81: 103-108.
18. Barea, J.M. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. SSSAJ 15: 1-39.
19. Behera, U.K., A.R. Sharma and H.N. Pandey. 2007. Sustaining productivity of wheat-soyabean cropping system through integrated nutrient management practices on the vertisols of central India. Plant Soil 297: 185-199.
20. Benton, J., J.R. Jones and V.W. Case. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue sample. PP. 389-429. *In:* Westerman, R.L. (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis, SSSA, No. 3, Madison, WI.
21. Channabasanagowda, N.K., B. Patail, B.N. Patil, J.S. Awaknavar, B.T. Ninganur and R. Hunge. 2008. Effect of organic manures on growth, seed yield and quality of wheat. Karnataka J. Agric. Sci. 21: 366-368.
22. Cheng, J. and M.H. Wong. 2002. Effects of earthworm on Zn fraction in soils. Biol. Fert. Soils 36: 72-78.
23. Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO Soil Bulletin.
24. Harinikumar, K.M. and D.J. Bagyaraj. 1996. Persistence of introduced *Glomus intraradices* in the field as influenced by repeated inoculation and cropping system. Biol. Fert. Soils 21: 184-188.
25. Jackson, A., I. Jakobsen and E.S. Jensen. 1992. Hyphal transport of N-labelled nitrogen by a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus and its effect on depletion of inorganic soil N. New Phytol. 123: 61- 68.
26. Kachot, N.A., D.D. Malavia, R.M. Solanki and A. Sagarka. 2001. Integrated nutrient management in rainy season groundnut. Indian J. Agron. 46: 516-522.
27. Kuchaki, A., A. Nakhfurush and H. Zarifketabi. 2000. Organic Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad Press, pp. 195-200. (In Persian).
28. Leytem, A.B., R. Dungan and A. Moore. 2001. Nutrient availability to corn from dairy manures and fertilizer in a calcareous soil. Soil Sci. 176: 426-434.
29. Mamo, M., C.J. Rosen, T.R. Halbach and J.F. Moncrief. 1998. Corn yield and nitrogen uptake in sandy soil amended with municipal solid waste compost. J. Prod. Agric. 11: 469-475.
30. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, UK.
31. Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 159: 89-102.
32. McGonigle, T.P., M.H. Miller, D.G. Evans, G.L. Fairchild and J.A. Swan. 1990. A new method, which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 115: 495-501.
33. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. PP. 199-224. *In:* Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Biological Properties, 2nd ed., Soil Sci. Soc. Am., Inc., USA.
34. Medina, O.A., D.M. Sylvia and A.E. Kreschmer. 1998. Response of siratro to vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi: II. Efficacy of selected vesicular-arbuscular fungi at different phosphorus levels. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 420-423.
35. Norman, M.M., J. Simpson, A. Mogensen Shaw, S. Hughes, P. Syrris, S. Sen-Chowdhry, E. Rowland, A. Crosby and W.J. McKenna. 2005. Novel mutation in desmoplakin causes arrhythmogenic left ventricular cardiomyopathy. Circulation 112: 636-642.
36. Norris, J.R., D.J. Read and A.K. Varma. 1992. Methods in Microbiology. Volume 24, Techniques for the Study of Mycorrhiza, AP.
37. Quarles, W. 1999. Plant disease biocontrol and VAM fungi. The IPM Practitioner XXI(4): 1-9.
38. Roy, D.K. and B.P. Singh. 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.
39. Sainz, M.J., M.T. Taboada-Castro and A. Vilarino. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant Soil 205: 85-92.
40. Schusler, A. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. Mycol. Res. 105: 1413-1421.
41. Shnyerva, A.V. and I.S. Kulaev. 1994. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on phosphorus metabolism in agricultural plants. Mycol. Res. 149(2): 139-143.
42. Subramanian, K.S. and C. Charest. 1997. Nutritional, growth and reporductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza 7: 25-32.
43. Varma, A. and B. Hock. 1998. Mycorrhiza. Springer Verlag, Berlin, 704 p.
44. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil 255: 271-286.
45. Warman, P.R. and J.M. Cooper. 2000. Fertilization of a mixed forage crop with fresh and composted chicken manure and NPK fertilizers: Effect on soil tissue Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. Can. J. Soil Sci. 80: 345-352.
46. Whiting, S.N., D.E. Souza and N. Terry. 2001. Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccmulation by *Thlaspi caerulescens*. Environ. Sci. Technol. 112: 395-405.
47. 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. Hort. 112: 191-199.