اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)

رضا میرزایی تالارپشتی، جعفر کامبوزیا، حسین صباحی، عبدالمجید مهدوی دامغانی[۱]

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و عملکرد زیست توده گوجه فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی در زیرابِ سوادکوه در سال زراعی ۸۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱) عدم مصرف کود، ۲) کود شیمیایی، ۳) کود گاوی، ۴) کود مرغی، ۵) ورمی کمپوست و ۶) کمپوست زباله بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارها بر خصوصیات شیمیایی خاک شامل درصد کربن، مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب، pH خاک، CEC و SP در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی تیمارها اثر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی خاک نداشت. همچنین وضعیت عناصر میکرو خاک تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت و مصرف کودهای آلی موجب افزایش غلظت این عناصر در خاک گردید. اثر تیمارها بر خصوصیات فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد خلل و فرج خاک و هدایت هیدرولیکی خاک اشباع در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی بر خصوصیت خاکدانه‌ای خاک اثر معنی‌داری نداشتند. میزان ماده خشک ریشه و اندام‌های هوایی گوجه‌فرنگی نیز در اثر مصرف کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش یافت و بالاترین میزان ماده خشک در تیمارهای کاربرد ورمی کمپوست و کود شیمیایی بدست آمد. عملکرد اقتصادی نیز تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت و بیشترین عملکرد اقتصادی در تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست بدست آمد. بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد که مصرف کودهای آلی بخصوص به شکل کمپوست شده ضمن افزایش عملکرد گیاه اثرات مثبت و مفیدی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک داشته که خود منجر به حفظ سلامت و حاصلخیزی خاک و تولید پایدار در دراز مدت خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، کود آلی، کمپوست، کربن آلی، گوجه فرنگی.

مقدمه

کودهای شیمیایی از عوامل اصلی حفظ حاصلخیزی خاک به شمار می‌روند ولی کاربرد زیاد آنها به همراه عملیات مدیریتی نامناسب از جمله سوزاندن کاه و کلش مقدار ماده آلی خاک را به شدت کاهش داده و این موضوع روی ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر گذاشته و خطر فرسودگی این خاکها را افزایش می‌دهد. در طی فصل رشد، نیتروژن معدنی باید به منظور دستیابی به عملکرد بالا فراهم باشد لیکن انباشتگی زیاد نیترات در خاک به افزایش تلفات نیتروژن و آلودگی محیط می‌انجامد (۲). امروزه بیشتر سبزیجاتی که در دنیا تولید می‌شود به صورت متداول می‌باشد ولی تلاش بر این است که راهکارهای مدیریت تلفیقی و نظام‌های کشاورزی ارگانیک را در تولید این محصولات به کار گیرند که البته موفقیت‌های چشمگیری نیز در این زمینه بدست آمده است (۲۱). در ایران نیز طی دهه‌های اخیر کاربرد سموم و کودهای شیمیایی بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. اما در خصوص سلامت و ایمنی کافی محصولات تولید شده در کشور تردیدهای زیادی وجود دارد. عملیات کشاورزی رایج محیط زیست را در مقیاس جهانی تخریب کرده و

۱- به ترتیب مربی و استادیاران پژوهشی گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.

باعث کاهش تنوع زیستی و اختلال در تعادل بوم‌نظام‌های طبیعی شده و منابع طبیعی را به مخاطره انداخته است. مصرف سموم و کودهای شیمیایی گذشته از هزینه اضافی، اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان دارند. در نتیجه برای رهایی از مشکلات بوجود آمده، استفاده از نظام‌های زراعی جایگزین برای تولید محصولات زراعی امری ضروری است (۳).

خاک بعنوان مرکز توجه در مدیریت کشاورزی زیستی است و بهبود سلامت و حفظ آن می‌تواند در تسهیل سایر مدیریتها از جمله علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها تاثیر بسزایی داشته باشد. اساساً دیدگاه کشاورزی زیستی به خاک با دیدگاه نظام کشاورزی رایج متفاوت است و این اختلاف منجر به تفاوت چشمگیری در مدیریتهای آنها شده است (۱). برای مدیریت حاصلخیزی خاک در نظام‌های تولید ارگانیک، تولید کنندگان معمولاً گیاهان پوششی یا انواع گوناگونی از کودهای آلی را استفاده می‌کنند. گیاهان پوششی از اقتصادی‌ترین منابع نیتروژن آلی بوده و فواید زیادی را برای تولید موفق محصول به همراه دارند. اما محدودیت‌های زمانی و بازاریابی برای محصولات سبزی و صیفی و نیاز به زمین زیاد برای کشت گیاهان پوششی، کاربرد آنها را محدود می‌کند. بدین ترتیب نیاز به مصرف کودهای آلی برای تغذیه گیاه افزایش می‌یابد. در بین کودهای آلی کمپوست اقتصادی ترین منبع تولید نیتروژن می‌باشد. کاربرد فراوان نهاده‌های شیمیایی در مزارع و گلخانه‌های تولید سبزی و صیفی و عرضه سریع این محصولات به بازار (بدون در نظر گرفتن مدت زمان لازم برای کاهش غلظت یا تجزیه مواد شیمیایی) ضرورت گسترش تولید ارگانیک این محصولات را بیش از پیش آشکار می‌سازد(۲۰). کاربرد ضایعات آلی از جمله کودهای دامی، لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و مانند آن در خاک یک روش مناسب برای نگهداری ماده آلی خاک، بهسازی خاک‌های فرسوده و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است(۲). در مطالعه‌ای مصرف کمپوست بقایای گیاه پنبه در خاک موجب افزایش فعالیت میکروبی، پایداری ساختمان و تخلخل خاک شد. همچنین معدنی شدن ماده آلی غلظت زیادتری از نیتروژن نیتراتی را در خاک فراهم کرده و موجب افزایش پارامترهای عملکرد و مقدار دانه گندم گردید (۳۶). در مورد اثرات مفید کمپوست می‌توان به بهتر شدن پایداری خاکدانه‌های خاک و کاهش خطر فرسایش اشاره کرد. کمپوست می‌تواند موجب افزایش تخلخل خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک شود و از تغییر اسیدیته خاک جلوگیری کرده و موجب رهاسازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شود (۲). استفاده از کودهای دامی نیز برای تقویت حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد گیاه زراعی یک روش سنتی است که کشاورزان از قرنها پیش با آن آشنا بوده‌اند. همچنین استفاده از کمپوست کود دامی و پخش آن در مزرعه در مقایسه با کود دامی تازه بسیار راحت تر است و احتمال وجود بذور زنده علف هرز نیز در کمپوست بسیار کمتر است و مهمتر از همه اینکه احتمال وجود عوامل بیماریزا مثل سالمونلا در کمپوست بسیار کمتر است و کاربرد آن خطری برای سلامت کشاورزان و مصرف کنندگان محصولات کشاورزی ندارد(۳۱).

در آزمایشی مصرف کمپوست بقایا بعد از دو سال نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌هایی که کمپوست اضافه شده بود بالاتر از خاک‌هایی است که در آنها کود شیمیایی مصرف شده بود (۱۹). در آزمایشی اثرات کمپوست کاه برنج و کود مرغی و بقایای کلزا روی باقلا بررسی شد و مشخص شد که افزودن کمپوست خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک را بهبود بخشید. همچنین کاربرد کمپوست رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد و پروتئین پوسته در باقلا را افزایش داد (۲۶). تزادا و گنزالس (۲۰۰۵) ثابت کردند که افزایش میزان مواد آلی در خاک‌های شور موجب افزایش ثبات ساختمان خاک و وزن مخصوص ظاهری و بیومس میکروبی خاک شده است (۳۷). اثرات مثبت مصرف بقایای آلی روی خصوصیات خاک مثل ساختمان خاک، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، و فعالیتهای بیولوژیکی خاک به اثبات رسیده است (۱۸). در مطالعه‌ای ثابت شد که تیمارهای کمپوست و کود دامی بطور معنی‌داری وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش و غلظت مواد آلی خاک افزایش دادند. اثر کود غیر آلی روی بیشتر خصوصیات فیزیکی خاک در مقایسه با کنترل معنی‌دار نبود(۱۱). اساساً بقایای محصول، کودهای دامی، خاکبرگ، برگ‌های پوسیده درختان جنگلی و کمپوست از بقایای آلی

هستند که برای افزایش میزان مواد آلی خاک به کار برده می‌شوند و موجب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک در زمینهای زراعی می‌شوند (۳۵).

اکثر مطالعات انجام شده در مورد نیاز غذایی گوجه فرنگی به عناصر غذایی بر مبنای مصرف کودهای شیمیایی بوده است و بدلیل کمبود اطلاعات در مورد واکنش این گیاه به کودهای آلی و نیز اثرگذاری نظام‌های مدیریت خاک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، لازم است که اثرات کودهای آلی و غیر آلی اضافه شده به خاک را بر سلامت و کیفیت خاک و عملکرد محصول مطالعه شود. بنابراین هدف از انجام این مطالعه ارزیابی اثرات کودهای آلی در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عملکرد گوجه‌فرنگی در شمال ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

طرح پژوهشی فوق در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی واقع زیرآب سوادکوه، استان مازندران به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۶ تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱) عدم مصرف کود بعنوان شاهد (No Fertilizer=NF)، ۲) کود شیمیایی(CF)، ۳) کود گاوی (Cow Manure=CM)، ۴) کود مرغی (Poultry Manure=PM)، ۵) ورمی کمپوست (Vermi Compost=VC)، ۶) کمپوست زباله (Municipal Waste Compost=MC) بودند. قبل از شروع آزمایش از خاک مزرعه نمونه برداری شد و درصد کربن آلی،نیتروژن، فسفر قابل دسترس، پتاسیم کل، pH,CEC و EC خاک، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب در خاک، درصد عناصر سنگین و همچنین نوع بافت خاک مشخص شد (جدول۱). علاوه براین کار با تهیه نمونه‌هایی از کودهای آلی، مقدار عناصر غذایی (مخصوصاً نیتروژن) و ماده آلی آنها تعیین گردید. اعمال تیمارها نیز بر اساس میزان نیتروژن در هر کود و با توجه به نیاز کودی گوجه فرنگی و توصیه کودی بعد از آزمایش خاک بود که در جدول ۲ مقادیر کود اضافه شده در کرت‌های آزمایشی نشان داده شده است. بجز تیمار کود شیمیایی در بقیه تیمارها کود آلی در هنگام کاشت به خاک اضافه شده و در تیمار کود شیمیایی، کودهای پتاسه ($50\ kg\ ha^{-1}$) و فسفاته ($80\ kg\ ha^{-1}$) در یک مرحله در ابتدای فصل و کود نیتروژن ($150\ kg\ ha^{-1}$) در سه مرحله ، بدین ترتیب که ۵۰ درصد کود نیتروژن همزمان با کاشت، ۲۵ درصد در زمان گلدهی و مابقی نیز در اوایل رشد میوه به خاک اضافه شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۶×۳/۵ متر، فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۵۰ سانتی متر بود. در هر کرت ۵ ردیف گوجه فرنگی با تراکم ۳ بوته در متر مربع بود. کشت گوجه فرنگی بصورت نشایی انجام شد و بعد از اینکه نشاءها به ارتفاع ۲۰-۱۵ سانتی متر رسیدند به زمین اصلی منتقل شدند. پس از برداشت محصول به منظور سنجش تغییرات عناصر غذایی و ماده آلی خاک، از تمام تیمارها نمونه خاک گرفته شد و بعضی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. کربن اسیدیته خاک با استفاده از مخلوط ۱: ۲/۵ خاک و آب مقطر، هدایت الکتریکی با استفاده از مخلوط ۱: ۵ خاک و آب مقطر، کربن با روش بلک و ماده آلی، نیتروژن کل با روش کجدال، فسفر با روش السن و پتاسیم با روش جذب اتمی اندازه گیری شدند (۲۸). غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم و عناصر سنگین خاک نیز پس از عصاره گیری با اسید کلرئید ریک و اسید نیتریک با دستگاه جذب اتمیک تعیین شد (۷). همچنین تعداد ۵ بوته در هر کرت انتخاب شدند و پس از خشک کردن نمونه‌ها وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه محاسبه گردید. پس از پایان کار تجزیه کمی، داده‌های بدست آمده را ابتدا توسط نرم‌افزار EXCEL مرتب کرده و سپس توسط نرم افزار SAS

جدول۱: برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

عمق خاک (Cm)	درصد اشباع (SP%)	هدایت الکتریکی ($EC10^{-3}$)	pH خاک	درصد مواد خنثی شونده (TNV%)	ماده آلی (OM%)	کربن آلی (OC%)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
۰-۳۰	۵۸/۵	۰/۷	۷/۷	۱۷/۲	۱/۹	۱/۱	۰/۱۲	۱۴	۴۰۲

جدول ۲: برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

نوع کود	میزان مصرف ton ha^{-1}	ماده آلی (%)	کربن آلی (٪)	نسبت C/N	pH	EC	درصد قابل جذب		درصد کل mg/kg						
							P	K	Ca	Mg	N	Fe	Mn	Zn	Cu
ورمی کمپوست	۸/۲	۳۶	۲۲/۲	۱۱/۷	۷/۶۵	۱۱	۳/۵	۰/۳۳	۴/۳	۰/۱۶	۱/۹	۴۴۷۲	۲۷۱	۲۳۷	۱۱۵
کمپوست زباله	۹/۲	۲۶/۳	۱۹/۵	۱۱/۵	۶/۵	۱۸/۲	۲/۸	۰/۳۳	۵/۵۷	۰/۱۶	۱/۷	۷۱۰۵	۱۸۸	۳۹۵	۲۰۰
کود گاوی	۱۴/۷	۱۸	۱۰/۶	۷/۸	۸/۰۲	۴/۴۷	۲/۵	۰/۴۴	۴/۷۸	۰/۱۷	۱/۳۶	۲۲۳۷	۵۵۲	۱۱۴	۱۵
کود مرغی	۴/۳	۵۰	۲۸/۸	۷/۶	۵/۲	۱۱/۳	۵/۲	۰/۸۵	۵/۲۱	۰/۱۶	۳/۷۷	۶۱۰	۱۸۶	۲۱۰	۴۴

تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی خاک

درصد مواد آلی و کربن آلی خاک: نتایج مقایسه میانگین و آنالیز واریانس مربوط به خصوصیات شیمیایی خاک در جداول ۳ و ۵ آورده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده اثر تیمارها بر درصد کربن آلی خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و میزان این متغیر با مصرف کودهای آلی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. بطوریکه مقدار آن در تیمارهای کود شیمیایی کود گاوی، کود مرغی، کمپوست و ورمی‌کمپوست به ترتیب۱/۷۸، ۲/۰۳، ۲/۱۱، ۲/۶۶ و ۲/۹۱ درصد می‌باشد که در تیمار کود شیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نشد ولی بقیه تیمارها بترتیب ۱۲/۸، ۱۷/۲، ۴۷/۸ و ۶۱/۷ درصد افزایش داشته است. یک همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان ماده آلی خاک و عملکرد مشاهده شد. تاثیر مثبت ماده آلی بر تولید گیاه را می‌توان به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (جدول ۴) و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب خاک وافزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی (جدول ۳) نسبت داد. محققان دیگر نیز افزایش کربن آلی خاک را در اثر مصرف کودهای آلی گزارش کردند. دامودار ردی و همکاران (**۲۰۰۰**)، کانچی

جدول۳: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک و سطوح معنی داری آنها در تیمارهای مختلف

متغیر	واحد اندازه‌گیری	تیمار					
		بدون کود	کود شیمیایی	کود گاوی	کود مرغی	کمپوست زباله	ورمی کمپوست
کربن آلی	درصد	۱/۸b	۱/۷۸b	۲/۰۳b	۲/۱۱b	۲/۶۶a	۲/۹۱a
ماده آلی	درصد	۲/۳۳ d	۲/۶۶ c	۳/۴۸ a	۳/۶۱ ab	۳/۸ a	۳/۸۱ a
نیتروژن کل	درصد	۱/۴۳ b	۱/۶۷ ab	۱/۶۷ ab	۱/۷۸ a	۱/۸۳ a	۱/۸ a
فسفر قابل دسترس	(mg/kg)	۱۰/۸۳ d	۱۴/۰ cd	۱۷/۲۱ bc	۳۶/۱۱ a	۱۴/۹۷ c	۱۸/۹۶ b
پتاسیم قابل دسترس	(mg/kg)	۳۹۷/۰ d	۳۸۲/۳ d	۴۵۲/۷ bc	۵۲۵/۷ a	۴۴۴/۳ c	۴۶۶/۳ b
CEC	C Mol kg^{-1}	۷/۶۳ d	۷/۵ e	۸/۳ c	۸/۹ b	۹/۱ a	۸/۸۸ b
EC	(dsm^{-1})	۰/۸۵ a	۰/۷۸ a	۰/۶۷ a	۰/۸۲ a	۱/۱ a	۰/۸۲ a
pH	–	۷/۶ a	۷/۵ a	۷/۷ a	۶/۲ b	۷/۲ a	۷/۶ a
SP	درصد	۶۶/۷ a	۶۵/۶ a	۶۲/۹ ab	۶۸/۳ a	۶۷/۶ a	۵۶/۶ b
Ca	درصد	۰/۸۱ a	۰/۹۲ a	۰/۹۱ a	۱/۰ a	۰/۹۸ a	۰/۸۴ a
Mg	(mg/kg)	۴۳۷/۰ a	۴۴۰/۰ a	۴۵۹/۰ a	۴۶۲/۰ a	۴۷۵/۰ a	۵۰۷/۰ a
Na	اکی والان در لیتر	۰/۲ d	۰/۳۳ d	۰/۴۹ d	۲/۱۷ a	۰/۷۹ c	۱/۳۱ b
Fe	(mg/kg)	۴/۸۳ d	۴/۸ d	۷/۱ c	۷/۳ bc	۱۰/۳ a	۹/۰ ab
Mn	(mg/kg)	۴/۲۷ c	۴/۵۳ c	۸/۲۳ a	۷/۰ ab	۶/۴ b	۷/۴ ab
Zn	(mg/kg)	۰/۳۷ b	۰/۴ b	۰/۵۶ b	۰/۶۹ b	۱/۴۷ a	۰/۵۹ b
Cu	(mg/kg)	۰/۸ e	۰/۹۷ de	۱/۱۷ cd	۱/۳۱ c	۲/۱۷ a	۱/۷ b

جدول۴: برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و سطوح معنی داری آنها در تیمارهای مختلف

خصوصیات تیمار	وزن مخصوص ظاهری خاک ($mg.m^{-3}$)	خلل و فرج خاک (cm^3/cm^3)	هدایت هیدرولیکی خاک اشباع	خصوصیت خاکدانه‌ای خاک (mm)
بدون کود	۱/۵۷ a	۰/۳۲ c	۰/۷۸ c	۱/۹۸ a
کود شیمیایی	۱/۶ a	۰/۳ c	۰/۸۲ c	۱/۹۶ a
کود گاوی	۱/۳۹ b	۰/۴۶ b	۲/۴۸ a	۲/۱ a
کود مرغی	۱/۳۶ b	۰/۴۴ b	۲/۲۷ b	۲/۱۵ a
کمپوست زباله	۱/۳ c	۰/۵۵ a	۲/۶۴ a	۲/۰۹ a
ورمی کمپوست	۱/۲۷ c	۰/۶ a	۲/۶۷ a	۲/۱۶ a

جدول ۵: آنالیز واریانس بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک

		میانگین مربعات											
منبع تغییر	df	کربن آلی	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس	CEC	EC	pH	SP	Ca	Mg	Na
تکرار	۲	۰/۰۳۸ ns	۰/۰۵۷ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۶ ns	۳۸۲۳ ns	۱/۲۶ ٭	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۲۶ ns	۳/۷۳ ns	۰/۰۱۳ ns	۱۶۳۴ ns	۰/۰۲۵ ns
تیمار	۵	۰/۶۵ ٭٭	۰/۳۷ ٭٭	۰/۰۶ ٭	۲۴۲/۰۳ ٭٭	۷۲۱۷۹ ٭٭	۱/۴۲ ٭٭	۰/۰۵۴ ns	۰/۹۹ ٭٭	۵۶/۷۲ ٭	۰/۰۱۶ ns	۱۹۶۲ ns	۱/۶۶ ٭٭
اشتباه	۱۰	۰/۴	۰/۰۶	۰/۰۱	۳/۵۵	۳۲۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶	۱۳/۸۵	۰/۰۱۶	۸۴۲	۰/۰۲۶

٭٭ معنی دار در سطح ۱٪ ٭ معنی دار در سطح ۱٪ ns : عدم معنی دار

کریمس و ساینگ، ۲۰۰۱)، افزایش درصد کربن آلی خاک را در اثر مصرف کود دامی نسبت به تیمار شیمیایی گزارش کردند (۱۵ و ۲۳). همچنین کلارک و همکاران نیز افزایش کربن آلی خاک را در نظام زیستی در مقایسه با نظام‌های کم نهاده و متداول گزارش کردند (۱۳).

درصد نیتروژن کل: مطابق جداول ۳ و ۵ اثر تیمارها بر درصد نیتروژن کل خاک معنی‌دار بود. اعمال کلیه تیمارهای کودی موجب افزایش نیتروژن کل خاک در مقایسه با تیمار بدون کود شد. حداکثر مقدار نیتروژن در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کمپوست زباله بدست آمد. با مصرف کودهای آلی میزان این پارامتر در تیمارهای گاوی، مرغی، کمپوست و ورمی کمپوست به ترتیب ۱۷، ۱۷، ۲۸ و ۲۶ درصد در مقایسه با بدون کود افزایش داشت ضمن اینکه میزان این پارامتر در تیمار NPK نیز افزایش یافت و از ۱/۴۳ در تیمار بدون کود به ۱/۶۷ رسید. میزان نیتروژن معدنی گاهی از اوقات بویژه در اول فصل رشد در نظام زیستی کمتر از حد بهینه می باشد، که منجر به محدودیت نیتروژن برای محصولات با نیاز بالا می‌شود. مصرف کودهای آلی علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، منجر به افزایش محتوی عناصر غذایی خاک بویژه نیتروژن می‌شود. اساساً نیتروژن کل خاک با مصرف کودهای آلی و عملیات مدیریتی زیستی افزایش می‌یابد (۱۶). همچنین مشخص شده که کودهای آلی موجب تحریک تثبیت نیتروژن در خاک شده که ممکن است موجب افزایش نیتروژن خاک شوند (۲۵).

فسفر و پتاسیم قابل جذب: با توجه به نتایج به دست آمده اثر تیمارها بر فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و میزان این متغیر با مصرف کودهای آلی به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. مقدار فسفر قابل جذب در تیمار بدون کود کمترین مقدار (mg/kg ۱۰/۸۳) و در تیمار مرغی بالاترین میزان (mg/kg ۳۶/۱۱) را داشته است. یکی از دلایل این نتیجه را می‌توان مصرف بیشتر فسفر در تیمارهای کود آلی اعلام کرد (جدول ۲). دلیل دیگر را می‌توان همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد کربن آلی خاک و فسفر قابل استخراج دانست (جدول ۳). پتاسیم قابل جذب نیز در تیمار بدون کود کمترین میزان (mg/kg ۳۹۷) و در تیمار مرغی بالاترین میزان (mg/kg ۵۲۵/۷) را داشت. میزان افزایش پتاسیم قابل جذب نیز در تیمار کودهای آلی نسبت به بدون کود و شیمیایی به ترتیب ۱۹ و ۲۴ درصد بوده است. محققین دیگری نیز افزایش فسفر قابل دسترس در اثر مصرف کودهای آلی را گزارش کرده‌اند (۶ و ۱۵).

یکی از دلایل این تاثیر را می توان کم بودن مواد آلی خاک قبل از اعمال تیمارها دانست، زیرا کمبود مواد آلی باعث می شود، فسفر موجود در خاک با کلوئیدهای خاک ترکیب شده و از دسترس گیاه خارج شود (۴). کودهای آلی بویژه به فرم کمپوست شده موجب افزایش ظرفیت جذب فسفر می‌شوند. بنابراین کاربرد کمپوست موجب افزایش فراهمی فسفر خاک می‌شود (۳۴). اصولاً با مصرف کمپوست سطوح درگیر روی کلوئیدهای خاک بدلیل تغییرات pH بی‌ثبات شده و با مصرف کمپوست فسفر محلول و در نتیجه فسفر قابل دسترس خاک افزایش می‌یابد(۱۲). کلارک و همکاران(۱۳) نیز مشاهده کردند که فسفر محلول و پتاسیم قابل تبادل در خاک در نظام‌های زراعی زیستی بر مبنای کود دامی افزایش یافت.

کلسیم، منیزیم و سدیم: مطابق با جداول ۳ و ۵ اثر تیمارهای کودی بر میزان کلسیم و منیزیم خاک معنی‌دار نبود. میزان کلسیم خاک از ۰/۸۱ درصد در تیمار شاهد تا ۱ درصد در تیمار مرغی متغیر بود. میزان منیزیم خاک نیز در تیمار بدون کود کمترین مقدار (۴۳۷ mg/kg) و در تیمار ورمی کمپوست بالاترین مقدار (۵۰۷ mg/kg) بود ولی همانطور که گفته شد اثر تیمارها بر این دو پارامتر معنی‌دار نبود. اما اثر تیمارها بر میزان سدیم خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بالاترین مقدار این شاخص در تیمار مرغی به میزان ۲/۱۷ و کمترین مقدار این شاخص در تیمار بدون کود ۰/۲ اکی‌والان در لیتر بوده است. با مصرف کودهای آلی میزان این پارامتر در مقایسه با تیمار شاهد ۴۹۵ درصد افزایش یافت همچنین مصرف کود شیمیایی نیز مقدار این پارامتر را در مقایسه با تیمار شاهد ۶۵ درصد افزایش داد.

CEC ، Sp، EC و pH خاک: با توجه به جداول ۳ و ۵ اثر تیمارها بر کلیه این متغیرها بجز EC معنی‌دار بود. درصد SP در تیمارهای مرغی و کمپوست بالاترین و در تیمار ورمی کمپوست کمترین مقدار را دارا می‌باشد. pH خاک نیز در همه تیمارها از یک رنج تبعیت کردند بجز تیمار مرغی که میزان pH آن (۶/۲)کمتر از بقیه بوده و اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها (۷/۵) داشت. بین بقیه تیمارها اختلاف معنی داری از لحاظ این پارامتر مشاهده نشد. اثر تیمارها بر CEC خاک نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بطوریکه میزان این پارامتر از ۷/۶۳ در تیمارشاهد به ۹/۱ در تیمار ورمی کمپوست زباله رسید و مصرف کودهای آلی موجب افزایش ۱۵ درصدی آن شد. اگرچه اختلاف این پارامتر بین تیمار NPK و بدون کود معنی‌دار نبود ولی با مصرف کود شیمیایی میزان این پارامتر اندکی کاهش یافت. ثابت شد که مصرف کودهای شیمیایی موجب کاهش CEC خاک در مقایسه با کودهای دامی و کمپوست می‌شود (۳۲). چینج و همکاران(۹) و اقبال (۱۷) گزارش نمودند کاربرد کود دامی باعث افزایش pH و کاربرد کود شیمیایی نیترات آمونیوم باعث کاهش آن می‌شود. دلیل این اختلاف را می‌توان به نوع تغذیه دامها نسبت داد. بطوریکه این محققین افزایش pH را به وجود ۱۵ g. kg-1 CaCO3 در کود دامی نسبت دادند که نشان از مصرف بالای کنسانتره و نمک در تغذیه دام است. این در حالی است که تغذیه دام در منطقه زیرآب بیشتر بصورت رها کردن دام در علفزارها انجام می‌شود. در مورد کود شیمیایی هم، کود شیمیایی کاربردی در آزمایش این محققین نیترات آمونیوم بود ولی در این آزمایش اوره بود.

EC خاک ارتباط تنگاتنگی با غلظت نیترات در خاک دارد. اصولاً عملیات زراعی زیستی مناسب نمی توانند موجب شوری خاک شوند (۱۳). ورنر(۳۸) مشاهده کرد که EC بطور نسبی در نظام زیستی پایدار می ماند و نشان دهنده این است که کودهای آلی نمی توانند موجب افزایش شوری شوند. مواد آلی قادر است که تغییرات زیاد در pH خاک را تعدیل کند. مواد آلی با گرفتن یا رها کردن یون H^+ در خاک pH خاک را تعدیل می‌کند. در نتیجه قادر خواهد بود که آن را در حالت خنثی یا مناسب برای رشد یک محصول خاص نگه دارد. افزودن مواد آلی به خاک موجب می‌شود که یونهای موجود در خاک به سمت ماده آلی کشیده شود و در آنجا به دام می‌افتد و به فرمی که گیاه بتواند از آن به اندازه نیاز استفاده نماید درصورتیکه در خاک با ماده آلی کم، گیاه با کمبود یا زیادی یک یون مواجه می‌شود. در ضمن مواد آلی کمپوست شده برخلاف بقایای گیاهی تازه و کودهای دامی، وقتی به خاک اضافه می‌شوند به آهستگی تجزیه شده زیرا در فرایند کمپوست شدن به میزان زیادی تجزیه در آنها صورت گرفته است(۱۴).

وضعیت ریز عناصر موجود در خاک

آهن: اثر تیمارها بر میزان آهن خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مقدار این عنصر در تیمار کمپوست بالاترین مقدار و در تیمارهای شاهد و کود شیمیایی با رکورد mg/kg ۴/۸ کمترین مقدار را داشتند. کلاً مصرف کودهای آلی موجب افزایش غلظت این عنصر در خاک گردید و مقدار این عنصر را در تیمارهای کود آلی نسبت به بدون کود و شیمیایی ۷۶ درصد افزایش دادند (جداول۳ و ۶).

منگنز: اثر تیمارها بر میزان منگنز خاک نیزدر سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مقدار این عنصر در تیمار مصرف کود گاوییشترین (۸/۲۳) و کمترین مقدار آن (۴/۲۷) در تیمار شاهد مشاهده شد. میانگین مقدار این عنصر در تیمارهای کود آلی در مقایسه با تیمار شاهد و کود شیمیایی به ترتیب ۷۰ و ۶۰ درصد بیشتر بود(جداول۳ و ۶).

روی: اثر تیمارها بر میزان روی خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و در تیمار کاربرد کمپوست بالاترین (۱/۴۷) و در تیمار شاهد (۰/۳۷) کمترین مقدار این عنصر مشاهده شد، ضمن اینکه بین مابقی تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جداول۳ و ۶).

مس: اثر تیمارها بر میزان مس خاک نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بالاترین مقدار این عنصر در تیمار کاربرد کمپوست زباله و کمترین مقدار آن در تیمار بدون کود مشاهده شد. میانگین مقدار این عنصر در تیمارهای کود آلی نسبت به تیمار شاهد و شیمیایی به ترتیب ۹۹ و ۶۴ درصد افزایش یافت (جداول۳ و ۶).

نامبیر و آبرول (۲۷) گزارش کردند که یکی از دلایل اصلی بهبود عملکرد گیاهان در اثر مصرف کودهای آلی، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی مثل روی (Zn) و آهن (Fe) در خاک است. این محققین دلیل این امر را تشکیل کلات روی و آهن اعلام می کنند که باعث افزایش حلالیت آنها می شود. آددیران و همکاران (۵) هم دریافتند که کود دهی آلی در بعضی مناطق باعث بهبود قابلیت دسترسی روی و آهن در خاک می شود. اصولاً بهبود فراهمی و جذب عناصر ماکرو و میکرو در خاک یکی از عوامل موفقیت در تولید محصول و حصول عملکرد بالا می‌باشد. نمی‌توان تنها با اتکا به کودهای شیمیایی پایداری در عملکرد را بدست آورد چه اینکه با مصرف کودهای آلی محتوی مواد آلی بالا موجب بهبود فعالیتهای میکروبی خاک و بهتر فراهم کردن عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه شده که توسط کودهای شیمیایی فراهم نمی‌شوند و تلفات عناصر را از خاک کاهش می‌دهند که می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب تداوم آنرا در طی زمان حفظ کرد (۳۹ و ۴۰). در این مطالعه نیز با توجه به محتوی بالای مواد آلی و نیتروژن موجود در کودهای آلی فعالیتهای میکروبی در خاک بهبود یافته و میزان عناصر میکرو در خاک در تیمارهای آلی در مقایسه با تیمار شاهد و مصرف کود شیمیایی افزایش زیادی داشته است.

خصوصیات فیزیکی خاک

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش بر خصوصیات فیزیکی خاک در جداول ۴ و ۶ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصله اثر تیمارها بر وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. با مصرف کودهای آلی میزان این متغیر کاهش یافت. بالاترین مقدار این متغیر در تیمارهای بدون کود ($1/57 mg.m^{-2}$) و شیمیایی ($1/6 mg.m^{-2}$) و کمترین آن در تیمار کاربرد کمپوست ($1/3 mg.m^{-2}$) و ورمی کمپوست ($1/27 mg.m^{-2}$) بود. مصرف کودهای آلی وزن مخصوص ظاهری را در مقایسه با تیمار شاهد ۱۴ درصد

جدول ۶: آنالیز واریانس بعضی از خصوصیات فیزیکی و عناصر سنگین در خاک

		میانگین مربعات							
منبع تغییر	df	Fe	Mn	Zn	Cu	وزن مخصوص ظاهری خاک	خلل و فرج خاک	هدایت هیدرولیکی خاک اشباع	خصوصیت خاکدانه‌ای خاک
تکرار	۲	۰/۳ ns	۰/۴۸ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۸ ⊙	۰/۰۰۷ ⊙	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۲ ns
تیمار	۵	۱۴/۵۹ **	۷/۶۲ **	۰/۴۹ **	۰/۷۶ **	۰/۰۶ **	۰/۰۴۳ **	۲/۴۱ **	۱۰/۳۱ **
اشتباه	۱۲	۰/۹۳	۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲

** معنی دار در سطح ۱٪ * معنی دار در سطح ۱٪ ns : عدم معنی دار

جدول ۷: مقایسه میانگین عملکرد محصول و ماده خشک تولید شده در انتهای فصل

خصوصیات / تیمار	عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی ($g.m^{-2}$)	عملکرد ریشه ($g.m^{-2}$)	عملکرد محصول ($t.ha^{-1}$)
بدون کود	۴۷/۱۵ c	۸/۵۷ b	۷/۵۳ e
کود شیمیایی	۹۹ a	۱۵/۱۱ a	۲۲/۸۷ a
کود گاوی	۶۰/۷۸ cb	۹/۳۷ b	۱۱/۵ d
کود مرغی	۶۹/۴۶ cb	۱۳ ab	۱۶/۳۰ c
کمپوست زباله	۸۵/۰۲ ab	۱۳/۹ ab	۱۷/۴۳ c
ورمی کمپوست	۱۱۰/۹۰ a	۱۶/۱۸ a	۲۰/۷۷ b

جدول ۸: آنالیز واریانس عملکرد اقتصادی و ماده خشک تولیدی در انتهای فصل

متغیر	df	میانگین مربعات		
		عملکرد ماده خشک ($g.m^{-2}$)	عملکرد ریشه ($g.m^{-2}$)	عملکرد محصول ($t.ha^{-1}$)
تکرار	۲	۲۰۰/۲۵ ns	۱۴/۶۶ ns	۱/۵۵ ns
تیمار	۵	۱۷۳۴/۳۹ **	۲۸/۶۵ *	۹۸/۳۵ **
اشتباه	۱۰	۲۲۹/۰۸	۸/۱۶	۱/۳۲

** معنی دار در سطح ۱٪ * معنی دار در سطح ۱٪ ns : عدم معنی دار

کاهش داد. اثر تیمارها بر درصد خلل و فرج خاک نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و با مصرف نهاده‌های آلی مقدار آن افزایش یافت. بطوریکه مقدار آن از ۰/۳ cm^3/cm^3 در تیمارهای بدون کود و شیمیایی به ۰/۶ cm^3/cm^3 در ورمی کمپوست رسید که میزان این متغیر با مصرف کودهای آلی در مقایسه با تیمار بدون کود ۵۹ درصد افزایش یافت(جدول۴). هدایت هیدرولیکی خاک اشباع نیز تحت تاثیر تیمارها قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده کودهای آلی موجب افزایش هدایت هیدرولیکی خاک شدند. تیمارهای کودهای آلی با رکورد عددی ۲/۵۲ میزان این پارامتر را ۲۲۳ درصد در مقایسه با تیمار بدون کود با رکورد عددی ۰/۷۸ افزایش دادند(جدول۴). خصوصیت خاکدانه‌ای خاک نیز اگرچه مقدار آن نوسان داشت و با افزودن کودهای آلی به خاک مقدار آن اندکی افزایش یافت ولی اثر تیمارها بر آن معنی‌دار نبود (جداول۴ و ۶).

وزن مخصوص ظاهری خاک با مصرف کودهای آلی بدلیل کربن آلی بالاتر و افزایش بیومس ریشه که در نتیجه تهویه بهتر خاک و بهبود ساختمان خاک بوده است، کاهش می‌یابد. شارما و همکاران (۳۳) نیز گزارش کردند که وزن مخصوص ظاهری خاک با افزودن مواد آلی خاک کاهش یافت. کربن آلی خاک بر دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر می‌گذارد و بعنوان مهمترین شاخص کیفیت خاک مطرح شده است (۱۰). همبستگی معکوس کربن آلی خاک با وزن مخصوص ظاهری خاک گزارش شده است (۸). در مطالعه‌ای ثابت شد که کاربرد کمپوست وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش می‌دهد و میزان کربن آلی خاک افزایش یافت. ضمن اینکه کاربرد کود شیمیایی میزان کربن آلی خاک را کاهش و وزن مخصوص ظاهری خاک را در همه تیمارها افزایش دادند. بطور مشابه مصرف کود شیمیایی خصوصیت خاکدانه‌ای خاک را کاهش داد اما مصرف کمپوست در مقایسه با ابتدای آزمایش موجب افزایش خصوصیت خاکدانه‌ای شد. محققین زیادی نیز اثرات مثبت خصوصیت خاکدانه‌ای خاک را روی کیفیت خاک، باروری محصول و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی خاک گزارش کردند (۳۴).

عملکرد اقتصادی و ماده خشک

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین ماده خشک ریشه و اندام‌های هوایی و عملکرد اقتصادی گوجه‌فرنگی در جداول ۷ و ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثر تیمارها بر این پارامترها معنی‌دار بوده است. با مصرف کودهای آلی بر میزان ماده خشک نسبت به حالت بدون مصرف کود افزایش یافته است. بالاترین وزن خشک اندامهای هوایی در متر مربع در تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد بوده است. در همه تیمارهای کودی عملکرد نسبت به تیمار عدم مصرف کود افزایش یافت و میزان این افزایش برای تیمارهای ورمی کمپوست، شیمیایی، کمپوست زباله، مرغی و گاوی به ترتیب ۱۳۵، ۱۱۰، ۸۰، ۴۷ و ۲۹ درصد بوده است. در رابطه با عملکرد ریشه نیز وضعیت تقریباً مشابه بوده است. تیمارهای عدم مصرف و گاوی با ۸/۵ و ۹/۳ گرم در متر مربع کمترین و ورمی کمپوست و شیمیایی با ۱۶ و ۱۵ گرم در متر مربع بالاترین عملکرد را داشتند. افزایش

عملکرد وزن خشک رابطه مستقیمی با بهبود وضعیت عناصر غذایی خاک و همچنین بهبود ساختمان خاک دارد. عملکرد اقتصادی گوجه فرنگی نیز تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت و مصرف کودهای آلی اثر مثبتی بر عملکرد داشتند. تیمار کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بترتیب با ۲۲ و ۲۰ تن محصول در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند در حالیکه تیمار عدم مصرف کود و کود گاوی با ۷/۵ و ۱۱/۵ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشتند. مصرف کودهای آلی ۱۲۰ درصد عملکرد محصول را در مقایسه با عدم مصرف کود افزایش دادند.

ماده خشک بالاتر در تیمار کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با تیمارهای کود شیمیایی و کود دامی می‌تواند بدلیل افزایش غلظت نیتروژن در خاک باشد. افزایش در عملکرد بیومس ممکن است بدلیل افزایش نیتروژن و کربن آلی خاک باشد که بدنبال آن موجب افزایش رشد ریشه گیاه و در نتیجه تولید بالاتر می‌شود (۲۹ و ۳۰). در آزمایشات چندی نیز مشخص شد که کودهای آلی بخصوص زمانی که بصورت کمپوست مصرف می‌شوند اثر مثبتی بر عملکرد داشته و عملکرد محصول را نسبت به عدم مصرف کود به میزان زیادی افزایش می‌دهند. با مصرف کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و موجب بهبود فعالیتهای میکروبی خاک و بهتر فراهم کردن عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه می‌شود و تلفات عناصر را از خاک کاهش می‌دهند که می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب تداوم آنرا در طی زمان حفظ کرد (۳۹ و ۴۰). در این مطالعه نیز تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست بالاترین عملکرد را حاصل کردند. کرامر و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که علی رغم اینکه کل نیتروژن جذب شده در سیستم ارگانیک کمتر از سیستم شیمیایی بود ولی رهاسازی مداوم نیتروژن از کود آلی باعث شد، جذب نیتروژن تداوم بیشتر نسبت به کود شیمیایی داشته باشد و در نتیجه یک همزمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود داشته باشد (۲۴). نتیجه این پدیده بهبود عملکرد بود. فاکتور مهم دیگری که می‌تواند عامل افزایش عملکرد تلقی شود، کاهش وزن مخصوص ظاهری (جدول ۴) و در نتیجه بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک است. در شرایط عدم آبیاری، کمبود آب خاک یکی از محدودیتهای اصلی عملکرد است. علاوه بر این، افزایش ذخیره رطوبت خاک می‌تواند باعث تداوم بیشتر جذب نیتروژن در تیمارهای آلی شود.

نتیجه گیری نهایی

در این آزمایش همانطوری که انتظار می‌رفت مقادیر مواد آلی موجود در خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری خاک با مصرف کودهای آلی افزایش یافت که منجر به تولید بیومس بیشتر گیاه شد و موجب برگشت بیشتر مواد آلی به خاک شد (بخاطر برگشت ریشه و قسمت‌های هوایی گیاه به خاک). بنابراین پایداری دراز مدت و بهره‌وری سراسری نظام‌های زراعی مستقیماً با نگهداری مواد آلی خاک مرتبط است. افزایش مواد آلی از طریق عملیات مدیریتی مناسب، کلید افزایش میزان کربن آلی خاک می‌باشد. مواد آلی خاک منبع اصلی عناصر قابل دسترس از طریق تغییر شکل میکروبی می‌باشد که کیفیت خاک را بهبود بخشیده و تولید محصول را بهینه می‌کند. پویایی مواد آلی خاک و بیومس میکروبی آن منعکس کننده خصوصیات و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و کمیت و کیفیت مواد آلی اضافه شده به خاک می‌باشد (۲۲). در نتیجه مطابق با نتایج بدست آمده با مصرف کودهای آلی میزان مواد آلی خاک بطور معنی‌داری افزایش یافته بطوری که این افزایش در تیمارهای کمپوست نسبت به تیمارهای کود دامی بیشتر بوده است که نشان دهنده کیفیت بالاتر ماده آلی اضافه شده به خاک، فعالیت‌های بیولوژیکی بالاتر در این تیمارها می‌باشد. همچنین افزایش مقدار ماده آلی خاک اثرات مطلوبی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر جای می‌گذارد. با توجه به آنچه که گفته شد مصرف کودهای آلی بخصوص کمپوست و ورمی کمپوست موجب افزایش ماده آلی خاک شده که خود موجب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی در خاک شده و افزایش عملکرد بیومس را در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به دنبال داشته است. هرچند در تیمار کاربرد کود شیمیایی عملکرد بالایی حاصل شد ولی این عملکرد در دراز مدت بدلیل اثرات تخریبی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پایدار نخواهد بود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت مصرف کودهای آلی بویژه به فرم کمپوست شده ضمن تولید عملکرد بالا و برابر با کود شیمیایی می‌توانند

سلامت و کیفیت خاک را بهبود بخشند.

قدردانی

این پژوهش از محل اعتبارات طرح های پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی اجرا شده است. بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی بخاطر انجام هماهنگی های لازم و فراهم نمودن زمینه انجام پژوهش سپاسگذاری می گردد.

منابع

۱-آستارایی، ع و ع، کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲- داوری نژاد، غ، غ، حق نیا و ا، لکزیان. ۱۳۸۳. تاثیر کودهای دامی و کمپوست غنی شده بر عملکرد گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۱۸، شماره۱.

۳-کوچکی، ع، ع، نخ فروش و ح، ظریف کتابی. ۱۳۷۶. کشاورزی زیستی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۴-کوچکی، ع و ج، خلقانی.(۱۳۷۷). کشاورزی پایدار در مناطق معتدل. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

5- Adediran,J.A., L.B.Taiwo., M.O.Akande., R.A.Sobulo., and O.J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27: 1163-1181.

6- Aggarwal, R.K., K. Praveen and J.F. Power.1997. Use of crop residue and manure to conserve water and enhance nutrient availability and pearl millet yields in an arid tropical region. Soil and Tillage Research, 41:43-57.

7- Baker, D. E., and M. C., Amacher. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In Methods of soil analysis, eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, 323-336. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.

8- Baur, A., and A.L., Black. 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 185–193.

9- Change, C., T.G. Sommerfeldt, and T., Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. Journal of Environmental Quality. 20: 475-480.

10- Carter, M.R., E.G., Gregorich, D.A., Angers M.H., Beeare, G.P., Sparling, D.A., Voroney, and R.P., Wardle. 1999. Interpretation of microbial biomass measurements for soil quality assessment in humid regions. Can. J. Soil Sci. 79, 507–520.

11- Celik, I., I. Ortas, and S. Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research, 78 , 59–67.

12- Chen, J.H. 1996. Characterization of Inositol hexaphophate, Glucose-6-phosphate and potassium dihydrate phosphate sorption by acid and calcareous soils. Journal of Chinese Agricultural Chemical Society 34: 112-117. (In Chinese).

13- Clark, M.S., W.R. Horwath, C. Sherman, and K.M. Scow.1998. Change in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. Agronomy Journal. 90: 662-671

14- Cooperband., L. 2002. Building soil organic matter with organic amendments. A resource for urban and rural gardeners, small farmers, turfgrass managers and large-scale producers. Center for Integrated Agricultural Systems. University of Wisconsin-Madison.

15- Damodar Reddy,D., A. Subba and T.R. Rupa . 2000. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a vertisal. Bioresource Technology, 75:113-118.

16- Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Worknesh, A.H.C. Van Bruggen, and C. Shennan. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. Ecological Applications 5(4):1098-1112.

17- Eghball, B. 1999. Liming effects of beef cattle feedlot manure or compost. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 30: 2563-2570.

18- Elsgaard, L., S.O., Petersen, and K., Debosz. 2001. Effect and risk assessment of linear alkylbenzenesulfonate (LAS) in agricultural soil. 2. Effects on soil microbiology as influenced by sewage sludge and incubation time. Environ. Toxicol. Chem. 20, 1664–1672.

19- Evanylo., G. 1997. Effects of Organic and Chemical Inputs on Soil Quality .Crop and Soil Environmental News,., Extension specialist ,Waste and Nutrient Management (htm files).

20- Gaskell, M. 1999.Efficint use of organic nitrogen fertilizer sources.Organic Farming Research foundation.

21- Greer, L and S., Diver.2000.Organic Greenhouse Vegetable Production.http://www. attra. org/attar-pub/ghveg.html

22- Gregorich, E.G., B.C., Liang, C.F., Drury, A.F., Mackenzir, and W.B., McGi . 2000. Elucidation of the source and turnover of water soluble and microbial biomass carbon in agricultural soils. Soil Biology and Biochemistry 32,

581–587.
23- Kanchikerimath, M. and D. Singh. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a combisol India. Agriculture, Ecosystems and Environment, 86:155-162.
24- Kramer, A.W., A.D.Timothy., W.R., Horwath., and C.V.Kessel. 2002. Combining fertilizer and organic input to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. Agriculture Ecosystem and Environment.91: 233-243.
25- Ladha, J.K., A.T., Padre, G.C., Punzalan, M., Garcia, and I.,Watanabe. 1989. Effect of inorganicNand organic fertilizers on nitrogen-fixing (acetylene-reducing) activity associated with wetland rice plants. In: Skinner, F.A., et al. (Eds.), N2 Fixation with Non-legumes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 263–272.
26- Magdi T. Abdelhamid, H., Takatsugu, and O., Shinya. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. Bioresource Technology 93 (2004) 183–189
27- Nambiar, K.K.M; and I.P., Abrol. 1989. Long term fertilizer experiments in India ,an overview. Fertilizer News. 34:11-20
28- Nelson, D.W., and L.E., Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy. Madison, Wisconsis, pp. 539±580.
29- Sainju, U.M., and R.E., Good. 1993. Vertical rot distribution in relation to soil properties in New Jersey Pinelands forests. Plant Soil 150, 87-97.
30- Sainju, U.M., B.P. Singh, and W.F. Whitehead. 2001. Comparison of the effects of cover crops and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth, and soil properties. Scientia Hurticulturae. 91: 201-214.
31- Sandeen, A., and M. Gamroth. 2003. Composting, an alternative for livestock manure management and disposal of dead animals. Available at: http://eesc.oregonstate.edu.
32- Sarkar, A.K., K.P., Singh, B.P., Singh, and R.P., Singh. 2000. Long-term effects of fertilizer manure and amendment on crop production and soil fertility. In: Technical Bulletin 2, Division of Soil Science and Agriculture Chemistry, BAU, Ranchi, India, pp. 1–57.
33- Sharma, P.K., T.S., Verma, and R.M., Bhagat. 1995. Soil structural improvement with the addition of Lantana camara biomass in rice–wheat cropping. Soil Use Manage. 11, 199–203.
34- Six, J., E.T., Elliott, K., Paustain, and J.W., Doran. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 1367–1377.
35- Stratton, M.L., A.V., Barker, and J.E., Rechcigl. 1995. Compost. In:Rechcigl, J.E. (Ed.), Soil Amendments and Environmental Quality. CRC Press, USA, pp. 249–309.
36- Tejada, M. and J. Gonzalez. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dry land conditions. Europ. J. Agron. 19, 357-368.
37- Tejada, M., and J.L., Gonzalez. 2005. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. Europ. J. Agron. 23, 336–347.
38- Werner, M.R. 1997. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard management. Applied Soil Ecology 5: 151-167.
39- Yadav, R.L., B.S., Dwivedi, and P.S., Pandey. 2000. Rice–wheat cropping system: assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer inputs. Field Crops Res. 65, 15–30.
40- Yadvinder, S., B.S., Ladha, J.K., Khind, C.S., Gupta, R.K., Meelu, and O.P., Pasuquin, 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in rice–wheat rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 845– 853.

Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.)

R. Mirzaei, J. Kambozia, H. Sabahi, A. Mahdavi[1]

Abstract

In order to study the effect of organic and chemical fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (Lycopersicon esculentum L.) an experiment was conducted with randomized complete block design in 3 complete blockes and six treatments at the experimental farm of the Environmental Science Research Institute of Shahid Beheshti University in 2006. Treatments were Vermicompost (VC) from municipal solid waste, municipal solid waste compost (MC), Cow manure (CM), poultry manure (PM), chemical fertilizer (CF) and no fertilizer as a control (NF). Results showed that the treatments had significant effect ($p \leq 0.01$) on percentage of organic carbon, organic matter, total nitrogen, the availability of phusforus, potassium, pH and CEC, SP of soil but had not significant effect on EC of soil. Also content of soil micro element affected by treatments and amount of these parameters were increased by using of organic fertilizers. Treatments had significant effect ($p \leq 0.01$) on soil physical properties such as buck density, porosity and but had not significant effect on aggregation of soil. Biomass production of tomato were increased by using of chemical and organic fertilizers compare in control treatment and the highest value of biomass and economic yield were obtained in VC and CF treatments. As a result using of organic fertilizers especially in composted form had positive effect on soil health and fertility, which consequents increase yield in long term can be expected.

Key words: Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), organic fertilizer, compost, organic carbon, soil physicochemical properties.

1- Contribution from Research Groupe of Ecological Agriculture, Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University.