

بررسی تأثیر مواد آلی از منابع مختلف بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گیاه در استان بوشهر

مرتضی پوزش شیرازی^{۱*}، سعید سماوات، مختار زلفی باوریانی، فرهاد فخری و قاسم مرادی

عضو هیأت علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر؛ shirazi754@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور؛ saeedsamavat@hotmail.com

عضو هیأت علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر؛ mzolfi2001@yahoo.com

عضو هیأت علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر؛ lfakhri@yahoo.com

کارشناس سابق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر؛ varahram78@yahoo.com

چکیده

مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند بعنوان یکی از ارکان مهم حاصلخیزی خاک‌ها شناخته می‌شوند. به علت پایین بودن درصد مواد آلی در خاک‌های استان بوشهر، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۱۵ تیمار و در ۳ تکرار به مدت ۵ سال به مرحله اجرا در آمد. فاکتور اصلی طرح شامل منابع مواد آلی (در ۸ سطح) و فاکتور سطح مصرف مواد آلی (در ۲ سطح) که در سال اول به خاک افزوده شدند، بود. مواد آلی بکار رفته شامل: (M₁) شاهد، (M₂) کود پوسیده گاو، (M₃) کود مرغی، (M₄) کود سبز شبدر، (M₅) کمپوست برگ خرما، (M₆) کمپوست بقایای کنجد، (M₇) بقایای گیاه سالیکورنیا و (M₈) کمپوست پسماند شهری بود. سطوح بکار رفته از هر یک از تیمارها به ترتیب عبارت بودند از (۷/۵ و ۱۵)، (۲/۵ و ۵)، (۱- پس از ۳ چین زیر خاک، ۲- تماماً زیر خاک)، (۵ و ۱۰)، (۵ و ۱۰)، (۲/۵ و ۵) و (۱۰ و ۲۰) تن در هکتار. در سال اول کشت شبدر انجام شد و در سالهای بعدی به ترتیب پیاز، باقلا، اسفناج و کلزا که از کشت‌های متداول منطقه است کشت شدند. بررسی نتایج نشان داد که مصرف مواد آلی تأثیر معنی داری بر عملکرد گیاه تا سه سال اول آزمایش داشته است. در پایان آزمایش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی و درصد رطوبت اشباع خاک، در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت ولی وزن مخصوص ظاهری کاهش نشان داد. سایر خصوصیات خاک مانند درصد کربن و ازت آلی، مقدار فسفر و پتاسیم قابل جذب و همچنین میزان آب قابل استفاده در خاک، تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نداشتند.

واژه های کلیدی: مواد آلی، کمپوست، خواص فیزیکی شیمیایی خاک، بوشهر

مقدمه

خاک‌های منطقه بسیار محدود بوده و عمدتاً شامل کودهای دامی، بقایای گیاهی و در برخی موارد کمپوست پسماند شهری می‌باشد. اما اینکه کاربرد مواد آلی تا چه

استان بوشهر در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و خاکهای زراعی آن از نظر میزان کربن آلی بسیار فقیر است. منابع تأمین مواد آلی برای

^۱نویسنده مسئول، آدرس: بوشهر، خیابان ورزش، صندوق پستی ۱۷۳۱

* دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۹ و پذیرش: دی ۱۳۹۰

۱۲ تن در هکتار در بهترین تیمار نسبت به شاهد افزایش یافت. جوئن و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که استفاده از ۲۵ تن کمپوست در هکتار توأم با نصف مقدار NPK توصیه شده توانسته است عملکردی برابر یا بیش از عملکرد استفاده از کل NPK توصیه شده داشته باشد. محمدی گل‌تپه (۱۳۷۶) گزارش کرد که عملکرد ماده خشک و دانه ذرت با افزایش مصرف کمپوست افزایش یافت و حداکثر آن نیز در تیمار کمپوست پسته برنج بود. همچنین درصد کربن آلی خاک و مقدار نیتروژن در خاک، برگ و دانه ذرت با افزایش مصرف کمپوست افزایش و وزن مخصوص ظاهری آن کاهش یافت. ملکوتی (۱۳۷۵) گزارش کرد که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به خصوص کود ازته و عدم استفاده از کودهای آلی در طی چند سال اخیر، عامل کاهش چشمگیر در میزان ماده آلی خاک‌های ایران بوده است. گلستان و حسینی لنگرودی (۱۳۷۵) گزارش کردند که استفاده از کمپوست (۱۰ تن در هکتار کود کمپوست + کود شیمیایی توصیه شده) عملکرد کمی و کیفی محصول نیشکر را در مقایسه با تیمار شاهد (استفاده از کودهای شیمیایی بر اساس توصیه حاصل از آزمون خاک بصورت N250 P115 K115 کیلوگرم در هکتار) افزایش داد. تینکر و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که افزایش کمپوست سبب کاهش اسیدیته خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن شده است. حق‌نیا و همکاران (۱۳۸۰) گزارش کردند که آزمایش‌های مربوط به تأثیر کودهای آلی در خاک بایستی دراز مدت بوده و برای چندین سال متوالی انجام شوند. به عنوان مثال در یک تحقیق مشخص شد که برای پوسیده شدن مواد آلی در خاک به سه سال زمان نیاز می‌باشد. پرویزی و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که تأثیر کاربرد کود دامی بر شاخص‌های مصرف آب و عملکرد گندم، توانسته است تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه و کاهش مقدار آب مصرفی داشته است. مواد آلی در مناطق گرم همانند استان بوشهر، در مدت زمان کمتری تجزیه می‌شوند. از طرفی مقدار کود دامی پوسیده در استان تکافوی نیاز کشاورزان نمی‌باشد، بنابراین استفاده از سایر منابع مواد آلی مانند کمپوست پسماند شهری، بقایای گیاهی و کود سبز نیز می‌تواند به عنوان جانشین کود دامی، مورد بررسی قرار گیرند. از این رو در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر مواد آلی در حفظ عناصر غذایی و رطوبت خاک می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مواد آلی از منابع مختلف بر خصوصیات خاک و عملکرد گیاه آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

حد در رفع کمبود عناصر غذایی گیاه مؤثر است و نیز کدامیک از منابع مواد آلی موجود در استان از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است سؤالی است که ذهن کشاورزان و مسئولین کشاورزی منطقه را به خود مشغول نموده است. تحقیقات مختلفی به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی پرداخته است به طوری که در تحقیقی، نگارستان (۱۳۷۰) گزارش کرد که مواد آلی باعث کاهش تراکم (وزن مخصوص ظاهری خاک) و افزایش نفوذ پذیری نسبت به هوا، آب و ریشه گیاه می‌شوند و نیز در نگهداری آب و حفظ عناصر غذایی از طریق افزایش مکان‌های تبدلی در سطوح کانی‌های رسی، کمک مؤثری به تغذیه بهینه گیاه می‌کنند. کلارک و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی که در اثر معدنی شدن مواد آلی در خاک آزاد شده و در رشد مطلوب گیاه بسیار مؤثر است. دلزان و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که ماده آلی کلید حاصلخیزی خاک و باروری آن است. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید همواره بایستی در سطح مناسبی حفظ شود. لانگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در کشت سیب‌زمینی تأمین ۵۰٪ ازت از منبع کود شیمیایی و ۵۰٪ از منبع کود مرغی سبب ۴۸٪ افزایش عملکرد محصول نسبت به تیمار شاهد شده و عملکردی مشابه تأمین ۱۰۰٪ ازت از کود شیمیایی داشته است. پیری (۱۹۸۹) گزارش کرد که حاصلخیزی خاک را تنها با عرضه مستقیم مواد آلی مانند کمپوست می‌توان افزایش داد. بررسی فنی و اقتصادی نقش منابع مختلف مواد آلی به عنوان تأمین‌کننده تمامی و یا بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط محققان مختلف گزارش شده است (دوی و همکاران (۲۰۰۳)). کلباسی (۱۳۷۴) گزارش کرد که دستیابی به عملکرد بالقوه در خاک‌های تحت کشت، بدون تأمین مواد آلی کافی در خاک امکانپذیر نمی‌باشد. لذا استفاده عملی از کلیه راههایی که بتواند مواد آلی خاک را افزایش دهد و یا حداقل مواد موجود در خاک را در حد قابل قبولی حفظ نماید از اولویت خاصی برخوردار است. جلوگیری از سوزاندن کاه و کلش پس از برداشت محصول، قرار دادن کود سبز در گردش زراعی، حفظ مواد آلی با اعمال مدیریت‌های زراعی و استفاده از کمپوست بدست آمده زباله‌های خانگی و فضلابهای شهری بایستی مورد توجه قرار گیرد. گندمکار (۱۳۸۰) گزارش کرد که استفاده از شیرابه کود کمپوست پسماند شهری در اصفهان سبب افزایش چشمگیر عملکرد ذرت شده است به گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی گیاه از ۲ به ۴ تن در هکتار و عملکرد دانه ذرت از ۸ به

با توجه به آنکه مواد آلی اضافه شده به خاک از منابع مختلف تهیه شده بودند، نوع و مقدار مواد و عناصر شیمیایی موجود در آن‌ها با هم تفاوت داشته و از این رو تأثیرات متفاوتی را بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک داشتند. در جدول ۴ برخی خصوصیات منابع مختلف ماده آلی ارائه شده است.

بالاترین میزان ازت در کود مرغی و کمترین آن در کمپوست پسماند شهری بود. بالاترین مقدار فسفر در کود مرغی و کمترین آن در کمپوست برگ خرما بود. بالاترین مقدار پتاسیم در کمپوست بقایای کنجد و کمترین آن در کمپوست برگ خرما بود. مقدار آهن در کمپوست پسماند شهری نسبت به بقیه منابع آلی بسیار بیشتر بود. سایر عناصر میکرو در منابع مختلف مواد آلی با یکدیگر تفاوت چندانی نداشتند.

نتایج و بحث

در سال اول کشت شبدر برسیم در تیمارهای مورد نظر در فصل پاییز انجام شد و سایر مواد آلی نیز به کرتها اضافه شد ولی عملیات کشت در آن‌ها صورت نگرفت. در سال‌های بعد به ترتیب پیاز، باقلا، اسفناج و کلزا که از کشت‌های متداول منطقه هستند کشت شدند که میانگین مربعات تیمارهای آزمایش و مقدار عملکرد هر محصول در جدول ۵ و ۶ آمده است.

اثر مواد آلی بر عملکرد گیاه

سال دوم آزمایش

بالاترین میزان عملکرد پیاز در تیمار سطح اول مصرف مواد آلی متعلق به تیمار کمپوست پسماند شهری بود و کمترین آن در تیمار شبدر بود. در سطح دوم مصرف مواد آلی بیشترین میزان عملکرد سوخ پیاز در تیمار بقایای سالیکورنیا و کود مرغی بدست آمد که تفاوت آماری معنی داری نسبت به بقیه تیمارها داشتند. با افزایش سطح مصرف کود مرغی، شبدر و سالیکورنیا عملکرد نیز افزایش معنی داری یافت ولی بقیه تیمارها افزایش معنی داری نداشتند.

سال سوم آزمایش

بالاترین میزان عملکرد باقلا در تیمار سطح اول مصرف مواد آلی متعلق به تیمار کمپوست برگ خرما و کمترین آن در تیمار بقایای سالیکورنیا مشاهده شد. در سطح دوم مصرف مواد آلی تیمار کمپوست برگ خرما بیشترین مقدار عملکرد را داشت و کمترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار بقایای کنجد بود. با افزایش سطح مصرف کودهای آلی، افزایش عملکرد معنی داری در گیاه باقلا مشاهده نشد.

شامل ۱۵ تیمار و در ۳ تکرار به مدت ۵ سال در کرت‌های دائم در مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر که دارای خاکی با بافت لوم شنی است به مرحله اجرا در آمد. مختصات جغرافیایی محل آزمایش به ترتیب 31° و 51° طول شرقی و 16° و 29° عرض شمالی بود. طول هر کرت آزمایشی 4×4 متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر، ۳ متر بود. فاکتور اصلی طرح شامل منابع مواد آلی (در ۸ سطح) و فاکتور سطح مصرف مواد آلی (در ۲ سطح) که در سال اول به خاک افزوده شدند، بود. مواد آلی به کار رفته شامل: M_1 شاهد (بدون مصرف کود)، M_2 کود پوسیده گاوی، M_3 کود مرغی، M_4 کود سبز شبدر، M_5 کمپوست برگ خرما، M_6 کمپوست بقایای کنجد، M_7 بقایای گیاه سالیکورنیا و M_8 کمپوست پسماند شهری بود. سطوح به کار رفته از هر یک از تیمارها، به ترتیب عبارت بودند از $7/5$ و 15 ، $(2/5$ و $5)$ ، $(1-)$ پس از ۳ چین زیر خاک شد، $2-$ تماماً زیر خاک شد، $(5$ و $10)$ ، $(5$ و $10)$ ، $(2/5$ و $5)$ و $(10$ و $20)$ تن در هکتار بود. در سال اول کشت شبدر انجام شد و در سال‌های بعدی به ترتیب پیاز، باقلا، اسفناج و کلزا که از کشت‌های متداول منطقه است کشت شدند. در پایان آزمایش، از خاک کرت‌های آزمایشی نمونه تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها مشخص شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

لازم به ذکر است که بقایای برگ نخل خرما، کنجد و گیاه شور دوست محلی بنام کاکل قبل از استفاده به روش ویندرو کمپوست شدند. کود کمپوست پسماندشهری از سازمان مدیریت پسماند شهری اصفهان تهیه شد. قبل از اجرای آزمایش ابتدا نمونه خاک تهیه شد. همچنین در پایان هر سال زراعی (قبل از اجرای عملیات سال بعد) نیز نمونه خاک و آب آبیاری جهت تجزیه تهیه شد. در سال آخر اجرای طرح و پس از برداشت محصول کلزا، نمونه‌گیری از خاک کلیه تیمارها به عمل آمد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (بدر و همکاران ۱۹۸۲)، واکنش گل اشباع (لین، ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (رودس، ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل به روش خشتی سازی با اسید (ریچارد، ۱۹۶۹)، کربن آلی به روش والکلی و بلاک، (۱۹۳۴)، پتاسیم قابل استفاده (پیترسون و همکاران، ۱۹۸۲) آهن، روی، مس و منگنز قابل استخراج با DTPA (نورول و همکاران ۱۹۷۸) و فسفر قابل استخراج از خاک به روش اولسن و همکاران، (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شدند.

سال چهارم آزمایش

ذرت، گندم و سیب زمینی در طول دوره ژانویه تا سپتامبر در خاک آزاد شد به ترتیب به میزان ۱۷۲، ۱۲۸ و ۷۲ کیلو گرم در هکتار بود (Alva و همکاران، ۲۰۰۲).
اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که، هدایت الکتریکی خاک، درصد رطوبت اشباع، اسیدیته و وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف آزمایش، تفاوت آماری معنی داری نسبت به یکدیگر داشتند.

نوع کود آلی و مقدار مصرف آن در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک تأثیر معنی داری در سطح یک درصد داشت. بیشترین مقدار کاهش در تیمار کمپوست پسماند شهری مشاهده شد. همچنین نوع و مقدار مواد آلی افزایش معنی داری بر میزان فسفر، کربن آلی و پتاسیم خاک بعد از پایان دوره آزمایش نداشت. درصد رطوبت اشباع و هدایت الکتریکی لایه تحتانی خاک متأثر از کودهای آلی اضافه شده به خاک بود. در این بین، کود کمپوست شهری سبب بیشترین تجمع نمک ($5/31 \text{ ds/m}$) و کود سبز که از به زیر خاک بردن شبدر برسیم حاصل شده بود دارای کمترین تجمع نمک ($EC=3/95 \text{ ds/m}$) بود. دلیل این امر معدنی شدن بیشتر کمپوست شهری نسبت به دیگر منابع مواد آلی می باشد. در تحقیقی اقبال (۲۰۰۲) گزارش کرد که با مصرف کمپوست یا کودهای دامی هدایت الکتریکی خاک افزایش می یابد. وزن مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش تیمار شاهد) در حدود $1/63 \text{ g/cm}^3$ بود. با مصرف کودهای آلی وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش معنی داری یافت به طوری که بیشترین مقدار کاهش در تیمار کود کمپوست شهری به میزان $1/27 \text{ gr/cm}^3$ بود. زیبارت و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که با مصرف شش نوع ماده آلی در خاک همگی توانستند وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش دهند. با افزایش مصرف مواد آلی به خاک، ظرفیت نگهداری آب و به تبع آن درصد رطوبت اشباع در تمام تیمارها به صورت معنی داری افزایش یافت. در این میان، بیشترین افزایش مربوط به تیمار کود دامی با $S.P=50$ درصد و کمترین آن نیز مربوط به تیمار بقایای کنجد با $S.P=32$ درصد بود. لازم به ذکر است که رطوبت اشباع تیمار شاهد برابر با ۲۷ درصد بود. ادوارد (۲۰۰۰) گزارش کرد که استفاده از کمپوست حاصل از بقایای سیب زمینی، خاک اره و کود دامی ظرفیت نگهداری آب را در خاک افزایش داد. با وجودی که اسیدیته خاک از خصوصیات تقریباً ثابت و پایدار خاک محسوب می گردد اما نتایج آزمایش نشان داد که تغییرات معنی دار در خصوصیت

بالاترین میزان عملکرد اسفناج در سطح اول مصرف مواد آلی متعلق به تیمار کمپوست پسماند شهری و کمترین آن در تیمار کود مرغی مشاهده شد. در سطح دوم مصرف مواد آلی بیشترین میزان عملکرد اسفناج در تیمار کمپوست برگ خرما و کمترین آن در تیمار بقایای کنجد مشاهده شد.

سال پنجم آزمایش

در سطح اول و دوم مصرف کودهای آلی بیشترین میزان عملکرد در تیمار کمپوست برگ خرما بود و در کلیه تیمارها افزایش معنی داری در عملکرد مشاهده نشد. نتایج تجزیه خاک در این سال نشان داد که قسمت اعظم مواد آلی افزوده شده به خاک (جدول ۱ و ۷) تجزیه شده و تأثیری در افزایش کربن آلی خاک نداشته است. در مناطق خشک سرعت معدنی شدن کربن آلی در خاک سریع بوده به طوری که قسمت اعظم آن در سال اول تجزیه می شود. با توجه به اینکه در این تحقیق مواد آلی از منابع مختلف فقط در سال اول به خاک اضافه شد و در سالهای بعدی گیاه از اثرات باقی مانده این مواد در خاک بهره مند شده است، لذا انتظار می رود در سال اول کشت مواد آلی با ترکیبات سریع تجزیه شونده ترکیبات خود را آزاد نمایند و در سالهای بعد مواد آلی با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر روند تجزیه طولانی تری را داشته باشند. در کشت اول (پياز) با مصرف سطح دوم کودهایی که سریعتر نیتروژن خود را آزاد نموده اند مثل کود مرغی و بقایای تازه سالیکورنیا بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته اند و سایر کودها با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر در مرتبه بعدی قرار گرفتند. در سال دوم کشت (باقلا) کمپوست برگ خرما بالاترین تأثیر را بر عملکرد باقلا داشت و با افزایش مقدار مصرف مواد آلی افزایش عملکردی مشاهده نشد. مقدار نیتروژنی که گیاه باقلا در دوره رشد خود تثبیت نموده توانسته نیاز آن را برطرف نماید به طوری که به غیر از کمپوست برگ خرما مابقی تیمارها از عملکرد کمتری برخوردار بودند. کاپرباند و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که معدنی شدن ترکیبات گیاهی تازه بیش از ترکیبات کمپوست شده می باشد. شبدر معمولاً ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم ازت در هکتار و سویا نصف این مقدار را تثبیت می کند. (ملکوئی ۱۳۷۵). هاسن و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقی گزارش کردند که پتانسیل معدنی شدن نیتروژن آلی به ترتیب در لجن فاضلاب < کود حیوانی > کمپوست < شاهد است. کابریا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که ۵۲-۳۶٪ ازت کود مرغی در خلال سه روز اول آزاد می شود. در تحقیقی میزان ازت معدنی که از بقایای گیاهی

کمتری کاهش یابد. برای درک صحیح تر استفاده از ترکیبات آلی تازه و یا کمپوست شده به سرعت معدنی شدن آن در خاک توجه شود. در تحقیقات آتی به تأثیر مقادیر مساوی منابع آلی بر خصوصیات خاک و گیاه پرداخته شود. با توجه به ضایعات بومی منطقه مثل سالیکورنیا و برگ خرما تحقیقات بیشتری در مورد نحوه استفاده از این منابع مورد نیاز می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که کمپوست برگ خرما می تواند جایگزین مناسبی برای سایر منابع مواد آلی باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات کلیه همکاران بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر بخصوص آقایان مختار زلفی، باوریانی، مهندس محمد زاده، مهندس پرویزی، طوسی، دشتی و آموزگار تشکر و قدردانی می شود. همچنین از آقایان دکتر شهابی فر و مهندس غالبی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور نیز که با راهنمایی‌های مفید خود در تکمیل این مقاله ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می شود

مذکور بین تیمارهای کودی طرح بود. در این میان، بقایای گیاه شور دوست کاکل (سالیکورنیا) سبب کاهش pH بیش از سایر تیمارها شد. البته دامنه این تغییرات کم و در حد دو تا سه دهم می باشد. تحقیقات نشان داده که معمولاً با افزایش غلظت نمک در خاک، مقدار pH اندازه گیری شده کاهش می یابد. این امر می تواند به دلیل تبادل کاتیون نمک با کاتیون اسیدی قابل تبادل بر روی سطح ذرات کلوئیدی خاک (H^+) اتفاق بیافتد (بیر، ۱۹۶۵)، باراکلو و همکاران (۱۹۸۲)). چانگ و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که کود دامی سبب کاهش pH در خاک قلیایی شده است. کریچیو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که استفاده از کمپوست در خاک، هم می تواند سبب افزایش پی اچ و هم کاهش آن شود. مقدار عناصر غذایی پر مصرف (N,P,K) در لایه سطحی بیشتر از لایه عمقی بود ولی این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود، در واقع نقش مثبت مواد آلی در حاصلخیزی خاک و افزایش عناصر غذایی در خاک توسط محققین مختلف گزارش شده است. (آرمی، ۱۹۵۹) و بروزینی، (۱۹۹۲)).

پیشنهادات

با توجه به نوع اقلیم گرم و خشک منطقه پیشنهاد می شود فاصله زمانی استفاده از مواد آلی در خاک به دوره

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

عمق خاک	درصد اشباع	EC dS/m	pH	T.N.V %	O.C %	Ca	Mg	P	K	Mn	Cu	Zn	Fe	Cl	رس %	بافت
۰-۳۰	۲۹	۳/۴	۷/۹	۶۰	۰/۵۲	۵۸۰	۲۷۵	۹	۱۷۰	۷/۱	۰/۷۶	۰/۷۶	۲/۸	۶۰۰	۱۲	لوم شنی

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	کلر	کلسیم + منیزیم	بی کربنات	سدیم	نسبت جذب سدیم
۲/۷	۷/۶	۸/۵	۳۷	۴/۵	۱۲	۲/۷۹

جدول ۳- برخی از خصوصیات فیزیکی خاک قبل از شروع آزمایش

عمق خاک Cm	وزن مخصوص ظاهری		درصد وزنی رطوبت	
	وزن مخصوص حقیقی		P.W.P	F.C
	(gr / cm ³)			
۰ - ۱۵	۱/۶۷	۲/۶۲	۶/۳	۱۷/۴
۱۵ - ۳۰	۱/۶۹	۲/۶۵	۶/۵	۱۵/۴
۳۰ - ۴۵	۱/۶۶	۲/۵۹	۷/۲	۱۳/۳

جدول ۴- برخی خصوصیات منابع مختلف ماده آلی مورد استفاده

ماده آلی						
Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	N
mgkg ⁻¹				%		
۱۵/۶	۶۱/۴	۱۷۷/۸	۱۹۹۱	۲/۷۵	-/۵۵	۱/۴۳
۴۶/۳	۲۳۵	۳۱۰/۷	۱۳۴۶	۲/۰۸	-/۹۷	۳/۲۴
۶/۷	۴۱/۵۱	۲۶۴/۴	۲۴۱۷	۰/۲۵	-/۱۲	۱/۶
۵۳	۳۵۰	۲۵۲	۶۷۵۳	۱/۴	-/۳۲	۱/۷
۴۱	۴۴	۱۵۷	۱۶۵	۴/۹۰	-/۳۵	۲/۳
۳۷	۶۳	۱۸۸	۳۵۸	۱/۴	-/۳۶	۲/۵

جدول ۵- میانگین مربعات اثر اصلی منابع کودی، سطح کود و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد گیاه

منابع	درجه آزادی	پیاز	باقلا	اسفناج	کلزا
تکرار	۲	۰.n.s	۰/۲۱۴n.s	۲۳/۴۹**	۱/۱۹۹n.s
منبع کود آلی	۷	۹/۵۶**	۲/۵۶*	۲۵/۹۶**	۰/۱۷۴n.s
مقدار	۱	۳۵/۱۷**	۰/۰۷n.s	۳۸/۸۸**	۰/۰۰۵n.s
منبع X مقدار	۷	۱۷/۹۹**	۰/۷۲n.s	۱۸/۱۸**	۰/۰۷۷n.s
خطا	۳۰	۱,۷۸	۰/۲۷۶	۱/۲۱۸	۰/۱۱۷

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی منابع کودی بر عملکرد محصولات مختلف (تن در هکتار) بر اساس آزمون دانکن در طی سال‌های

اجرای طرح ۸۱-۱۳۷۷

تیمارهای کودی							
M ₈	M ₇	M ₆	M ₅	M ₄	M ₃	M ₂	M ₁
سال دوم (محصول پیاز)							
۲۹/۴۷ bc	۲۸/۱۸cde	۲۸/۴۷bcde	۲۸/۹۲bcd	۲۳/۴۷f	۲۶/۵۵de	۲۸/۶۶bcde	۲۶/۱۴e
۲۸/۴۴bcde	۳۲/۰۷a	۲۸/۶۲bcde	۲۶/۷۰de	۳۰/۹۹ab	۳۲/۰۷a	۲۸/۶۲ bcde	۲۶/۱۴e
سال سوم (محصول باقلا)							
۴/۸۳ abcd	۳/۳۵۴e	۳/۹۱ de	۵/۸۱a	۴/۲۱ de	۵/۲۸ abc	۵/۳۲ abc	۴/۶۵bcd
۴/۸۳ abcd	۴/۰۸ de	۳/۴۳e	۵/۴۷ab	۵/۳۱ abc	۴/۳۳ cde	۴/۶۵ bcd	۴/۶۵bcd
سال چهارم (محصول اسفناج)							
۲۸/۴۳b	۲۶/۲۸cde	۲۲/۹gh	۲۷/۱۶bcd	۲۱/۳۲hi	۲۰/۵i	۲۵/۲۴def	۲۳/۱۶gh
۲۷/۳۲bc	۲۴/۶۱efg	۲۲/۷fg	۳۰/۶۲a	۲۷/۰۷bcd	۲۸/۲۹bc	۲۴/۶۲efg	۲۳/۱۶gh
سال پنجم (محصول کلزا)							
۲/۳۰ ab	۲/۲۷ab	۲/۲۲ab	۲/۵۱a	۱/۷۲ b	۱/۸۴ ab	۲/۲۸ab	۲/۰۹ab
۲/۰۸ab	۲/۱۸ab	۲/۳۵ab	۲/۲۵ab	۲/۱۷ab	۱/۹۷ab	۲/۳۱ab	۲/۰۹ab

- میانگین‌هایی که دارای حرف کوچک مشترک بوده و یا در هر ردیف و یا ستون دارای حرف بزرگ مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۷- میانگین مربعات اثر اصلی منابع کودی، سطح کود و اثرات متقابل آن‌ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در پلات‌های آزمایش در پایان طرح

تیمار		خواص فیزیکی و شیمیایی خاک		
CV %	اثر متقابل	سطح کود	نوع کود	
۷/۰۲	۴/۱۱۸ n.s	۰/۵۰۰ n.s	۹/۲۴۳ n.s	آب قابل استفاده (۰-۶۰ سانتیمتر)
۹/۷	۰/۰۷۸**	۰/۰۲۱**	۰/۰۹۸**	وزن مخصوص ظاهری (۰-۶۰ سانتیمتر)
۳۸/۲۴	۰/۶۸۱ n.s	۰/۹۰۲ n.s	۳۴/۸۹ n.s	فسفر قابل استفاده (۰-۳۰ سانتیمتر)
۲۶/۷۲	۶/۹۵۹ n.s	۰/۷۰۱ n.s	۱۵۰/۴۴ n.s	فسفر قابل استفاده (۳۰-۶۰ سانتیمتر)
۱۰/۴	۰/۰۱۹*	۰/۰۰۶ n.s	۰/۰۹۵**	اسیدیته خاک (۰-۳۰ سانتیمتر)
۱۶/۰	۰/۰۴۳**	۰/۰۰۲**	۰/۳۱۳**	اسیدیته خاک (۳۰-۶۰ سانتیمتر)
۱۹/۸۲	۰/۰۳۳ n.s	۰/۰۰۷ n.s	۰/۰۶۱ n.s	کربن آلی (۰-۳۰ سانتیمتر)
۳۵/۷۴	۰/۰۲۵ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۰/۰۱۵ n.s	کربن آلی (۰-۶۰ سانتیمتر)
۱۳/۶۸	۹۱/۱۴۶**	۲۰/۰۲۱**	۱۸۰۸**	درصد رطوبت اشباع (۰-۳۰ سانتیمتر)
۱۳/۰۶	۵۶۵/۶**	۱۷۲/۵**	۱۱۷۱**	درصد رطوبت اشباع (۳۰-۶۰ سانتیمتر)
۱۰/۶۴	۲/۵۴۳ n.s	۰/۶۸۴ n.s	۶/۲۰۳ n.s	هدایت الکتریکی (۰-۳۰ سانتیمتر)
۷/۲	۴/۰۹۷**	۰/۱۴۵**	۱۰/۳۱۴**	هدایت الکتریکی (۳۰-۶۰ سانتیمتر)
۹/۸۹	۲۲۵/۲۵ n.s	۱۸/۱۳ n.s	۳۶۳۵ n.s	پتاسیم قابل استفاده (۰-۳۰ سانتیمتر)
۷/۷۲	۴۴۷/۳ ns	۱۲۰/۳۳ ns	۲۵۰۱ ns	پتاسیم قابل استفاده (۳۰-۶۰ سانتیمتر)

**معنی دار در سطح یک درصد * معنی دار در سطح پنج درصد ns بدون تفاوت معنی دار

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی منابع کودی، سطوح مختلف کود و اثرات متقابل آن‌ها بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس آزمون دانکن در پایان اجرای طرح

تیمارهای کودی								
M ₈	M ₇	M ₆	M ₅	M ₄	M ₃	M ₂	M ₁	سطح کود
وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)								
۱/۳۹ cd	۱/۴۲ bc	۱/۴۱ bc	۱/۴۸۰ ab	۱/۳۳ d	۱/۵۴ a	۱/۴۰ c	۱/۶۳ a	سطح ۱
۱/۲۷ d	۱/۴۴ b	۱/۴۱ bc	۱/۴۴ bc	۱/۳۶ c	۱/۴۶ B	۱/۴۴ bc	۱/۶۳ a	سطح ۲
۱/۳۳ D	۱/۴۳ B	۱/۴۱ C	۱/۴۱۲ C	۱/۳۴ C	۱/۵۰ B	۱/۴۲ BC	۱/۶۳ A	میانگین
اسیدیته خاک								
۷/۹ b	۷/۷ d	۸/۰ a	۷/۸ c	۷/۸ c	۷/۸ c	۷/۹ b	۷/۸ c	سطح ۱
۷/۹b	۷/۸ c	۸/۰ a	۷/۹ b	۷/۸ c	۷/۷ d	۷/۹ b	۷/۸ c	سطح ۲
۷/۹۰ B	۷/۷۵ E	۸/۰ A	۷/۸۵ C	۷/۸۰ D	۷/۷ E	۷/۹ B	۷/۸ D	میانگین
درصد رطوبت اشباع								
۳۵/۰ de	۳۶/۰ d	۳۲/۶ e	۳۵/۰ de	۳۰/۰ f	۳۵/۰ de	۴۸/۰ b	۲۷/۰ g	سطح ۱
۳۹/۰ c	۳۵/۰ de	۳۳/۰ e	۳۴/۰ de	۳۶/۰ d	۳۳/۰ e	۵۲/۰ a	۲۷/۰ g	سطح ۲
۳۷/۰ B	۳۵/۵ C	۳۲/۸ F	۳۴/۵ D	۳۳/۰ F	۳۴/۰ e	۵۰/۰ A	۲۷/۰ G	میانگین
هدایت الکتریکی ds/m								
۵/۳۰ c	۴/۴۳ f	۵/۴۰ b	۴/۰۵ h	۳/۹۴ i	۴/۷۵ e	۵/۶۴ a	۴/۳۸ fg	سطح ۱
۵/۳۱ c	۵/۲۳ c	۵/۰۶ d	۳/۳۳ g	۳/۹۵ i	۴/۳۶ g	۴/۳۵ g	۴/۳۵ g	سطح ۲
۵/۳۰ A	۴/۸۷ D	۵/۲۲ B	۴/۲۰ G	۳/۳۹ H	۴/۵۵ E	۴/۹۹ C	۴/۳۶ F	میانگین

• : میانگین‌هایی که دارای حرف کوچک مشترک بوده و یا در هر ردیف و یا ستون دارای حرف بزرگ مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

فهرست منابع:

۱. حق نیا، غ. و ع. ر. کوچکی. ۱۳۸۰. استفاده از کودهای آلی در تولید پایدار چند گیاه زراعی. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. صفحه ۲۰-۲۱.
۲. کلباسی، م. ۱۳۷۴. کلروز آهن در گیاهان و راههای مبارزه با آن. سازمان پارکها و فضای سبز اصفهان.
۳. گلستان، م. و م. ب. حسینی لنگرودی. ۱۳۷۵. فرآیند کمپوست از ضایعات نیشکر. سری مقالات نیشکر و تازه‌های آن. انتشارات وزارت کشاورزی.
۴. گندمکار، ا. ش. کیانی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. اثر مقادیر و روش‌های کاربرد سولفات روی بر رشد و عملکرد درختان در مرکبات شمال خوزستان. ویژه نامه مصرف بهینه کود. صفحه ۲۲۹-۲۳۴.
۵. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ اول. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
۶. نگارستان، ع. ۱۳۷۰. جزوه‌ی درس شیمی خاک. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. کرج.
7. Army, T.J., and Johnson, C. (1959). "Effect of Green Manure Crops on Dry land Wheat Production in the Great Plains Area of Montana". *Argon. J.* 51: 196 – 198.
8. Barraclough, P.B., and Tinker, P.G. 1982. The determination of ionic diffusion in field soils. II. Diffusion of bromide ions in undisturbed soil cores. *J. of Soil Sci.* 33:13-24.
9. Baruzzini, L., and Delzan, F. 1992. Soil fertility improvement and pollution risks from the use of compost referred to N, P, K and C balance. *Acta Horticulture.* No. 302, 51-62.
10. Bear, E. 1965. *Chemistry of the soil.* American chemical society. 515 pp.
11. Cabrera, M.L., S.C. Tyson, T.R. Kelley, O.C. Pancorbo, W.C. Merka, and S.A. Thompson. 1994. Nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fractionated poultry litter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:367–372.
12. Chen, J., and Avnimelech, Y. 1986. The role of organic matter in modern agriculture. *Developments in plant and soil science.* Martinis Nojhoff publishers. P.306.
13. Chang, C., Sommerfeldt, T.G. and Entz, T. (1991) Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality* 20, 475-480.
14. Cooperband, L., Bollero, G and Coale, F. (2002) Effect of poultry litter and composts on soil nitrogen and phosphorus availability and corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62, 185-194.
15. Chung, c., and Jeon, B.T. 1989. The effect of animal manure on soil characters and productivity of grass land. *J.Kor.SOC. Grassland Sci.* 9:1, 48-55.
16. Crecchio, C., Curci, M., Mininni, R., Riccuti, P. and Ruggiero, P. (2001) Short-term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. *Biology and Fertility of Soils* 34, 311-318.
17. Devi-HJ., Maity, TK., and Paria, NC. 2003. Effect of different sources of nitrogen on yield and economics of cabbage. *Environment-and-Ecology.* 21: 4, 878-880; 5 ref.
18. Edwards, L., Burney, J.R., Rochter, G. & MacRae, A.H. (2000) Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81, 217-222.
19. Eghball, B. (2002) Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal* 94, 128-135.
20. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1982. Hydrometer method. PP.383-411. *Agron. In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis: Physical Properties.* Part 1, 2nd ed., Monogr. No.9. ASA and SSSA, Madison, WI.

21. Hassen, A., N.Jadidi, M. Cherif, A.Mhiri, A. Boudabous and O. Van Cleemput. 1998. Mineralization of nitrogen in a clayey loamy soil amended with organic wastes enriched with Zn, Cu and Cd. *Biores. Technol.* 64:39-45
22. Knudsen, D., G.A. Peterson, and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. PP.225-246. Part 2, 2nd ed., Agron. Monogr. No.9. In: A. L. Page(Eds.), ASA and SSSA, Madison, WI.
23. Lean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. PP.199-224. Part 2, 2nd ed., Agron. Monogr. No.9. In: A. L. Page(Eds.), ASA and SSSA, Madison.
24. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
25. Okonkwo, J.C., and Lang, A.J. 2003. Effect of organic and inorganic fertilizers on the yield of true potato seed in Jos Plateau, Nigeria. *Journal-of-Sustainable-Agriculture-and-the-Environment*. 5: 1, 99-104; 11 ref.
26. Olsen, S. R. and L. E. Sommer. 1982. Phosphorus. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. PP.403-430. Part 2, 2nd ed., Agron. Monogr. No.9. In: A. L. Page (Eds.), ASA and SSSA, Madison.
27. Paul, E. R., and Clark, F.E. 1989. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press New York, USA.
28. Pieri, C. 1989. Fertilité des terres de Savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud-du Sahara. CIRAD – IRAT (Eds). Paris. 444 pp.
29. Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. PP.167-179. Part 2, 2nd ed., Agron. Monogr. No.9. In: A. L. Page (Eds.), ASA and SSSA, Madison, WI.
30. Richards, L. A. 1969. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook No: 60.
31. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 34:29-38.
32. Xia, L.Z., and Yang, L.Z. 2003. Effects of fertilizer application on accumulation of soil nutrients in plastic tunnel for tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivation. *China-Vegetables*. 2, 4-7; 7 refs.
33. Zebarth, B.J., Neilsen, G.H., Hogue, E, and Neilsen, D. (1999) Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Canadian Journal of Soil Science* 79, 501-504.