نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره دوم، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.10968.1639

ارزیابی جمعیت و وزن زنده کرم‌های خاکی تحت‌تأثیر کودهای شیمیایی و آلی در خاک یک باغ

مجتبی یحیی‌آبادی[۱]، *امیرحسین حمیدیان[۲] و سهراب اشرفی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، [۲]دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۳

چکیده

سابقه و هدف: کرم‌های خاکی به‌خاطر نقش مفیدشان در زیست‌بوم کشاورزی، به‌عنوان موجودات نشانگر در پایش اثرات مواد آلوده‌کننده و تغییر در ساختمان و کیفیت خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر مدیریت مصرف کودهای شیمیایی و آلی بر فراوانی و وزن زنده کرم‌های خاکی در خاک یک باغ بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش در باغی در استان اصفهان به اجرا درآمد. پلات‌های آزمایشی به مساحت یک مترمربع در نظر گرفته شد. پس از ایجاد شخم و شیار به عمق ۵ سانتی‌متر در هر پلات، از هریک از کودهای رایج و بر اساس آزمون خاک شامل کود اوره (Urea)، سولفات آمونیوم (AS)، دی‌آمونیوم فسفات (DAP)، سولو پتاس (Solupotas)، کود کامل ماکرو حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK, 15-5-25)، ترکیب کود دامی پوسیده شده و کود کامل ماکرو (NPK+OM) به نسبت دو به یک، کود دامی (OM)، کود کلات روی (Zn-EDDHA) و کود کلات آهن (Fe-EDDHA)، استفاده شد و پلات شاهد بدون مصرف هر نوع کود شیمیایی و دامی (Control)، در نظر گرفته شدند. بررسی فراوانی و وزن زنده کرم‌ها در دو مرحله زمانی و در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، انجام شد. در مرحله اول، بیست روز پس از افزودن کودها و در مرحله دوم، شصت روز پس از مصرف کودها، نمونه‌برداری از کرم‌های خاکی و بررسی تغییرات در آن‌ها انجام شد. تیمارها در سه تکرار اعمال شد و داده‌ها در قالب تجزیه واریانس دو طرفه (با استفاده از فرآیند GLM) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شدند.

یافته‌ها: نتایج در روز بیستم نشان داد در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک، اوره، سولفات آمونیوم، دی‌آمونیوم فسفات، کود کامل ماکرو NPK و کلات آهن، بر فراوانی و وزن زنده کرم‌های خاکی تأثیر منفی معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) داشته است و در همین‌حال کود دامی (OM) و NPK+OM موجب افزایش جمعیت و زیتوده کرم‌ها شدند. در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، از نقش منفی کودهای اوره، سولفات آمونیوم، دی‌آمونیوم فسفات، کود کامل ماکرو NPK و کلات آهن کاسته شد و کود NPK+OM نقش مثبت خود را حفظ کرد. در روز شصت‌ام نمونه‌برداری، در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری، کودهای اوره، سولفات آمونیوم، دی‌آمونیوم فسفات و کود آهن موجب کاهش جمعیت و زیتوده کرم‌ها در خاک شدند اما تیمارهای NPK+OM، OM و کلات روی (Zn) موجب افزایش جمعیت کرم‌ها شدند. در عمق پایین‌تر خاک (۴۰-۲۰ سانتی‌متر) در روز شصت‌ام، جمعیت کرم‌های خاکی تحت‌تأثیر هیچ‌یک از کودها قرار نگرفتند و کودهای نیتروژنه و فسفاته نه تنها تأثیر منفی بر فعالیت کرم‌ها نداشتند بلکه باعث افزایش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) زیتوده کرم‌ها شدند.

* مسئول مکاتبه: a.hamidian@ut.ac.ir

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر جانداران خاک از جمله کرم‌های خاکی دارند، این تأثیرات می‌تواند براساس ماهیت و میزان کود و همچنین عمق اثرگذاری کود، متفاوت باشد. بر این اساس و به‌منظور کاهش اثرات منفی کودهای شیمیایی بر موجودات زنده خاک توصیه می‌شود در خاک‌های کم‌عمق، میزان مصرف آن‌ها کاهش یابد و به هنگام کاربرد آن‌ها، از کودهای آلی نیز استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: کرم‌های خاکی، جمعیت، زیتوده، کودهای پرمصرف و کم‌مصرف، کود آلی

مقدمه

تأکید بر افزایش تولید محصولات کشاورزی موجب شده تا مواد شیمیایی مختلف، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به مقدار بسیار زیاد به زمین‌های کشاورزی افزوده شوند. خاک، در واقع زیستگاه و حفاظت‌کننده شکل‌های مختلف زندگی و از طرفی محل دفن و ذخیره مواد شیمیایی است. این مواد با ورود به خاک، موجب اختلال در کارکرد زیست‌بوم خاک شده و اجزای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به‌ویژه ریزجانداران و موجودات مفید غیرهدف و کرم‌های خاکی را تضعیف می‌کنند (۳ و ١٤). کرم‌های خاکی بیش از ۸۰ درصد زیتوده بی‌مهرگان خاک در اکثر زیست‌بوم‌های کشاورزی دنیا را تشکیل می‌دهند (۲۳). این موجودات به‌واسطه فعالیت‌های تغذیه‌ای، حفاری خاک و تولید مواد دفعی (ورمی‌کمپوست)، نقش مهمی در بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند (۱۳). به‌خاطر نقش مفیدشان در زیست‌بوم‌های کشاورزی، کرم‌های خاکی به‌عنوان موجودات نشانگر در پایش اثرات مواد آلوده‌کننده، تغییر در ساختمان و کیفیت خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش اندکی در مورد بررسی احتمال سمیت کودهای شیمیایی بر کرم‌های خاکی *Eisenia fetida* با استفاده از روش تماس کاغذی[1] انجام شده است (۱). فراوانی کرم‌ها در خاک نمایانگر سلامت زیست‌بوم خاک و نشان‌دهنده ایمنی محیط زیست است (۳) و جمعیت بالای کرم‌های خاکی اغلب به‌عنوان نشانه‌ای از سلامت خاک شناخته می‌شود (۳۰). در واقع پژوهش‌های علمی تأیید کرده است که کرم‌های خاکی تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند (۱۷)؛ پژوهشگران، این موجودات را به‌عنوان نشانگرهای زیستی سلامت خاک، مورد توجه قرار داده‌اند (۲۰). در راستای اهمیت کرم‌های خاکی در پویایی مواد آلی و ساختمان خاک، بوم‌شناسانی مانند ادواردز و همکاران (۱۹۹۵)، معتقدند که پایداری بلندمدت خاک‌های کشاورزی می‌تواند با به‌کارگیری روش‌های مدیریتی که تعداد کرم‌های خاکی را بیش‌تر می‌کنند، بهبود یابد (١٦). آیرا (۲۰۰٦) و اسوالام (۲۰۰٦) نیز بر نقش کرم‌های خاکی در چرخه عناصر غذایی خاک تأکید کرده‌اند (۲ و ۵). جردن و همکاران (۲۰۰٤)، معتقدند کرم‌های خاکی به همراه فعالیت‌های میکروبی می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای مفیدی برای کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرند (۲۲). کرم‌های خاکی تأثیر مهمی در بهبود ساختمان، حاصلخیزی و باروری خاک، تخلخل و نفوذ آب، قابلیت استفاده عناصر غذایی، توزیع موجودات ریز خاک و کاهش شیوع بیماری‌های گیاهی و عملکرد مراتع دارند. کرم‌های خاکی، بقایای گیاهی را می‌خورند و هضم می‌کنند و به‌صورت فضولات کم‌محلول و حاوی عناصر غذایی قابل‌استفاده گیاهان دفع می‌کنند و مواد آلی را از سطح خاک به عمق ۳۰ سانتی‌متری پخش می‌کنند (۳۷). در روده کرم‌های خاکی میلیون‌ها

1- Paper Contact

ریزجانداری که قادر به تجزیه بقایای گیاهی هستند؛ زندگی می‌کنند (۲۷). این موجودات ریز با تجزیه مواد آلی، کودهایی با کیفیت عالی، حاوی N، P، K و عناصر غذایی دیگر را تولید می‌کنند که برای گیاهان قابل‌جذب می‌باشند. توانایی کرم‌ها در تجمع زیستی مواد و عناصر برای پایش و نظارت زیستی محیط، ضروری است؛ از این‌رو یک کرم خاکی بهترین موجود خاک برای رسیدن به این هدف است (۳۹). روش پایش زیستی می‌تواند روش مناسبی برای ارزیابی سمیت آلودگی‌ها باشد. مطالعات متعددی در مورد اثر سمیت برخی حشره‌کش‌ها بر موجودات خاک به‌ویژه کرم‌های خاکی انجام گرفته است؛ با این‌حال پژوهش‌های ناچیزی در مورد سمیت کودها بر کرم‌های خاکی انجام و گزارش شده است. در میان نتایج این پژوهش‌ها، برخی به اثرات مثبت این کودها بر کرم‌ها و جمعیت آن‌ها اشاره کرده‌اند، که از میان آن‌ها می‌توان استوز و همکاران (۱۹۹٦)، کیوری و همکاران (۲۰۰۸) و همچنین ثایر و اسپرینگت (۱۹۸٤) را نام برد (۱۸، ۱۲ و ۳۳). بعضی پژوهشگران نیز در پژوهش‌های خود، بر اثرات منفی کودهای شیمیایی بر کرم‌های خاکی تأکید کرده‌اند. از جمله این پژوهشگران می‌توان به باتاچاریا و ساهو (۲۰۱٤)، تینداون و همکاران (۲۰۱۱)، بونمان و همکاران (۲۰۰٦) و همچنین مرهان و شو (۲۰۰۵) اشاره کرد (۷، ۱۰، ۲٦ و ۳٤). تمام خاک‌های تحت کشت با استفاده از کودهای شیمیایی یا آلی، کوددهی می‌شوند. این کودها ممکن است با تغییر اسیدیته خاک اثر مستقیم بر کرم‌های خاکی داشته باشند و یا ممکن است با تغییر نوع و میزان پوشش گیاهی، به‌طور غیرمستقیم بر این موجودات اثرگذار باشند. برخی گزارش‌ها بیانگر اثر مثبت کودهای نیتروژنی معدنی بر جمعیت کرم‌ها در نتیجه افزایش بقایای گیاهی در سطح خاک و سپس برگشت و تجزیه آن‌ها در خاک، می‌باشد (۲۵). گزارش‌های متناقصی در مورد اثر منفی کودهای نیتروژنی بر جمعیت کرم‌ها نیز ارائه شده است. رای و همکاران (۲۰۱٤)، در بررسی مقایسه اثر کودهای شیمیایی و آلی بر کرم خاکی گونه *E. fetida* دریافتند که همبستگی مثبتی بین مرگ و میر کرم‌ها و غلظت کود اوره وجود داشت (۲۹). پژوهشگران فوق به این نتیجه رسیدند که مصرف کود آلی به‌دلیل فراهمی مواد غذایی، موجب افزایش جمعیت و وزن کرم‌ها شده است. این نتایج در پژوهش‌های بونمان و همکاران (۲۰۰٦) نیز مشاهده شد(۱۰). والن و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه گرفتند که فراوانی و زیتوده کرم‌های خاکی در مزارع ذرت، به‌گونه‌ای معنی‌دار تحت‌تأثیر نوع کوددهی هستند (۳۵). در پژوهش فوق پلات‌هایی که کود دامی دریافت کرده بودند، از جمعیت بیش‌تری برخوردار بودند. با این‌حال، پژوهش‌های جامع در خصوص اثر کودهای رایج بر کرم‌های خاکی در خاک‌های ایران صورت نگرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر برای ارزیابی خطر بالقوه برخی کودهای شیمیایی رایج در باغداری کشورمان و بررسی اثر مصرف هم‌زمان آن‌ها و کودهای دامی بر کرم‌های خاکی در دو عمق متوالی خاک انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در باغی در روستای اسفرجان در جنوب استان اصفهان، با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه و ۲۷ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵ ثانیه عرض شمالی، در بهار ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. از علل مهم انتخاب این منطقه، آن است که در باغات این روستا عمدتاً از کودهای شیمیایی استفاده نمی‌شود. آب و هوای معتدل با میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۰ میلی‌متر باعث شده که باغداری

در این منطقه از رونق خوبی برخوردار شود. قبل از اجرای آزمایش، یک نمونه خاک مرکب از محل اجرای آزمایش تهیه و نسبت به اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اقدام گردید. قابلیت رسانایی الکتریکی و pH خاک در عصاره ۱:۵ آب در خاک اندازه‌گیری شد. همچنین کربن آلی خاک به روش واکلی بلاک، آهک (کل مواد خنثی‌شونده) به روش تیتراسیون برگشتی، بافت خاک به روش هیدرومتری و وزن مخصوص ظاهری به روش پارافین اندازه‌گیری شدند. نیتروژن کل به روش کجلدال، میزان فسفر کل با روش رنگ‌سنجی اولسون و دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم کل با استفاده از فلیم‌فوتومتر تعیین شدند (٦). پلات‌های آزمایشی به مساحت یک مترمربع در سطح خاک و با فاصله یک متر از یکدیگر در نظر گرفته شدند. پس از ایجاد شخم و شیار به عمق پنج سانتی‌متر در هر پلات، از هر یک از کودهای رایج و بر اساس آزمون خاک شامل کود اوره (Urea) به‌میزان ۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، سولفات آمونیوم (AS) به‌میزان ۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، دی‌آمونیوم فسفات (DAP) به‌میزان ۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، سولو پتاس (Solupotas) به‌میزان ۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کود کامل ماکرو حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK, 15-5-25) به‌میزان ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، ترکیب کود دامی پوسیده شده و کود کامل ماکرو (NPK+OM) به نسبت دو به یک شامل ۱۵ میلی‌گرم NPK در کیلوگرم خاک و کود دامی به‌میزان ۱/۵ گرم در کیلوگرم خاک، کود دامی (OM) به‌میزان چهار گرم در کیلوگرم خاک، کود کلات روی (Zn-EDDHA) به‌میزان ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و کود کلات آهن (Fe-EDDHA) به‌میزان یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، استفاده شد (که این مقادیر پس از تعیین وزن یک هکتار خاک بر اساس چگالی ظاهری خاک و میزان توصیه کودی برای یک هکتار محاسبه شدند) و پلات شاهد بدون مصرف هر نوع کود شیمیایی و دامی (Control)، در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه کود دامی مصرفی نشان داد که دارای ۰/۹٦ درصد نیتروژن، ۰/۷۲ درصد فسفر و ۱/۱٤ درصد پتاسیم بود. در طول آزمایش، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شد و روی پلات‌های آزمایشی توسط گونی کنفی پوشیده شدند. بررسی فراوانی و وزن زنده کرم‌ها در دو مرحله زمانی و در دو عمق ۲۰-۰ و ٤۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، انجام شد. در مرحله اول، ۲۰ روز پس از افزودن کودها و در مرحله دوم، ٦۰ روز پس از مصرف کودها، اقدام به نمونه‌برداری از کرم‌های خاکی و بررسی تغییرات در آن‌ها شد. کرم‌های خاکی به روش دستی از خاک‌های تیمار شده جدا و در واحد سطح (پلات) شمارش شدند (۱۷) و پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از خصوصیات مورفولوژیک مورد شناسایی قرار گرفتند (۹). همچنین اجازه داده شد تا کرم‌ها، دستگاه گوارش خود را روی کاغذ صافی تخلیه کنند و میزان وزن زنده (زیتوده) آن‌ها در واحد سطح اندازه‌گیری شد. تیمارها در سه تکرار به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب کرت‌های اسپلیت پلات اعمال شد و داده‌ها در قالب تجزیه واریانس دو طرفه (با استفاده از فرآیند GLM) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شد. همچنین میانگین‌ها با آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه آماری شدند.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش‌های خاک نشان داد که خاک محل آزمایش شرایط نسبتاً مناسبی داشته و با توجه به عدم استفاده از کودهای شیمیایی در اکثر باغات، محل مورد مطالعه از ویژگی‌های خوبی برای انجام آزمایش برخوردار است (جدول ۱). بافت خاک در بخش عمده‌ی باغات مورد مطالعه، لوم شنی با ۲۷ درصد سیلت، ٤٨ درصد شن و ۲۵ در صد رس بود و pH خاک نیز در حد خنثی مشاهده شد. همچنین نتایج مطالعات پروفیل خاک با استفاده از کلید طبقه‌بندی خاک[1] (سیستم آمریکایی) نشان داد که خاک محل آزمایش از لحاظ رده‌بندی جدید تاکسونومی جزو فامیل Fine Loamy, Carbonatic, Thermic, Typic Calcixerols می‌باشد. کرم‌های خاکی شناسایی شده از گروه اپی‌جییک و آنسیک[2] بودند. گونه‌های اپی‌جییک عمدتاً در اعماق سطحی و شامل *Eisenia fetida*، *Dendrobaena veneta* و *Dendrobaena hortensis* و گونه‌های آنسیک در اعماق پایین‌تر شامل *Lumbricus terrestris* و *Aporrectodea longa* دیده شدند. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای مختلف بر جمعیت و زیتوده کرم‌ها نشان داد اثرات کود، زمان و عمق نمونه‌برداری بر جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی معنی‌دار شده‌اند ($P\leq$۰/۰۱)؛ همچنین اثرات متقابل کود.زمان و کود.عمق توانستند جمعیت و زیتوده کرم‌ها را در سطح یک درصد تحت‌تأثیر قرار دهند. نتایج در مراحل زمانی و عمق‌های مختلف و به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 1. Chemical and physical properties of the soil.

عمق خاک	واکنش خاک	هدایت الکتریکی	کربنات‌کلسیم	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر کل	پتاسیم کل	چگالی ظاهری	بافت خاک
Soil depth (cm)	pH	EC (dSm^{-1})	$CaCO_3$ %	OC %	Total N %	P $mg.kg^{-1}$	K $mg.kg^{-1}$	BD $g.cm^{-3}$	Soil texture
0-20	7	0.5	24	1.2	0.14	19.5	185	1.42	SL
20-40	7.1	0.5	26	1.2	0.14	17.7	192	1.47	SL

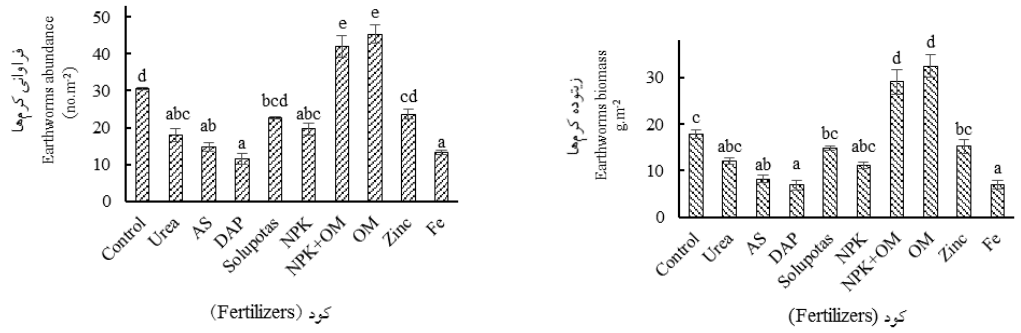
روز بیستم، عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک: مقایسه میانگین جمعیت کرم‌های خاکی در روز بیستم تحت‌تأثیر کودهای مختلف نشان داد که در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک، استفاده از کود نیتروژن‌دار اوره باعث کاهش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) جمعیت کرم‌ها در واحد سطح به‌میزان ٤١/٣ درصد نسبت به شاهد شده است (شکل ۱). هندریکس و همکاران (۱۹۹۲)، نشان دادند که استفاده از کودهای نیتروژنی می‌تواند جمعیت کرم‌ها در خاک را کاهش دهد (۲۱). سایر پژوهشگران نیز نتایج مشابهی را در مورد کرم‌های آنکی ترئیده مشاهده کردند (۳۸). با این‌حال ادواردز و لفطی (۱۹۸۲)، در بررسی اثر کودهای نیتروژنی بر جمعیت کرم‌ها در خاک‌های کشاورزی، دریافتند که همبستگی مثبتی بین میزان نیتروژن معدنی و جمعیت کرم‌ها وجود دارد. این پژوهشگران ملاحظه نمودند که پلات‌هایی که نیتروژن معدنی دریافت کرده بودند، از جمعیت بالای کرم‌ها برخوردار شدند (۱۵). نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که کود سولفات آمونیوم (AS) موجب کاهش ۵۲/۱ درصدی در

1- Keys to Soil Taxonomy (2014), USDA System
2- Epigeic and Anecic

جمعیت کرم‌های خاکی نسبت به شاهد گردید. این کود اگرچه اختلاف معنی‌دار با اوره نداشت اما به‌نظر می‌رسد اثرات نامطلوب شدیدتری بر جمعیت کرم‌ها گذاشته است (شکل ۱). در این میان استفاده از کود دی‌آمونیوم فسفات (DAP) باعث کاهش معنی‌دار جمعیت کرم‌های خاکی نسبت به شاهد به‌میزان ۶۱/۸ درصد شده است. این تأثیر از نظر آماری با کود اوره و سولفات آمونیوم اختلاف معنی‌دار نداشت اما کاهش بیش‌تری در جمعیت را نشان داد. تأثیر کودهای فسفاته بر کرم‌ها نیز متفاوت گزارش شده است و این تأثیرات با شرایط خاک تغییر می‌کنند. جرارد و هی (۱۹۷۹)، گزارش کردند که کاربرد سوپرفسفات در علفزارها موجب کاهش جمعیت کرم‌های خاکی شده است (۱۹). در این میان کود سولوپتاس، اگرچه اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) با شاهد در تأثیر بر فراوانی کرم‌ها نشان نداد اما این تفاوت به حدود ۲۶ درصد رسید. تأثیر افزودن کود مرکب NPK بر جمعیت کرم‌ها، کاهش معنی‌دار ۳۵/۸ درصدی نسبت به شاهد را در پی داشت. باتاچاریا و ساهو (۲۰۱۴)، در بررسی سمیت حاد کود شیمیایی NPK بر کرم خاکی گونه *Drawida willsi* دریافتند که استفاده بیش از ۵۲۰ میلی‌گرم NPK بر کیلوگرم خاک باعث مرگ و میر کرم‌ها خواهد شد زیرا NPK حاوی فسفات‌هایی است که تمایل به تجمع زیستی دارند و ممکن است موجب سمیت شدید شوند (۸). در تیماری که حاوی کود مرکب NPK به همراه کود دامی بود، جمعیت کرم‌های خاکی افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد (معادل ۳۶/۸ درصد) یافت. لیوگو و همکاران (۲۰۱۶) نیز پس از استفاده از کمپوست کود گاوی و کود شیمیایی NPK در تناوب گندم- ذرت، مشاهده کردند که استفاده از کودهای شیمیایی موجب کاهش فعالیت کرم‌ها در خاک شد اما با استفاده از کود گاوی، می‌توان اثرات منفی کود شیمیایی را به‌میزان زیادی کاهش داد (۲۴). تیمار کود دامی به تنهایی (OM) با اثر معنی‌دار مثبت بر فراوانی کرم‌ها به‌میزان ۴۷/۵ درصد نسبت به شاهد، باعث شد تا کرم‌ها در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک پس از بیست روز به بیش‌ترین جمعیت خود برسند. اگرچه، این تیمار تفاوت معنی‌دار با تیمار NPK+OM نشان نداد. در میان کودهای کم‌مصرف، استفاده از کود کلات روی (Zn)، اختلاف معنی‌دار در جمعیت کرم‌ها نسبت به شاهد ایجاد نکرد، اما افزایش کود کلات آهن (Fe) به خاک، موجب کاهش معنی‌دار جمعیت کرم‌ها نسبت به شاهد گردید به‌گونه‌ای که باعث شد فراوانی کرم‌ها نسبت به شاهد ۵۶/۶ درصد کم شود. روند افزایش میانگین جمعیت کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

OM > NPK+OM > Control > Zinc > Solupotas > NPK > Urea > AS > Fe > DAP

مقایسه میانگین زیتوده کرم‌های خاکی در روز بیستم تحت‌تأثیر کودهای مختلف نشان می‌دهند که در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک، استفاده از کود اوره باعث ایجاد تغییر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) در صفت فوق نشده است. این در حالی است که اوره باعث کاهش معنی‌دار جمعیت کرم‌ها در این عمق شده بود، به‌عبارتی کاهش جمعیت باعث کاهش زیتوده نشده است (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی در روز بیستم تحت‌تأثیر کودهای مختلف در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) ندارند.

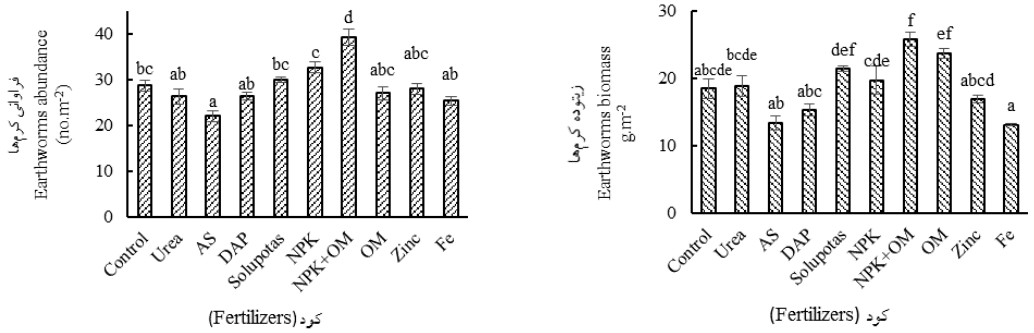
Figure 1. Means comparisons of earthworms abundance and biomass in 20th day at depth of 0-20 cm affected by different fertilizers (Means with the same letters do not have a significant differences (LSD, P≤0.05).

نتایج همچنین نشان داد که کود سولفات آمونیوم (AS) باعث کاهش معنی‌دار زیتوده کرم‌ها در روز بیستم و در عمق اول نمونه‌برداری شد که کاهشی معادل ٥٤ درصد را نشان می‌دهد. کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات (DAP) در پلات‌های آزمایش منجر به کاهش معنی‌دار (P≤۰/۰۵) زیتوده کرم‌ها به‌میزان ٦١/٤ درصد شد. در این‌حال کودهای سولوپتاس و NPK بر زیتوده کرم‌های خاکی اثر نامطلوب معنی‌دار نگذاشته‌اند. از سویی دیگر، نتایج نشان دادند که کود ترکیبی NPK+OM و کود دامی OM تأثیر معنی‌دار مثبت بر زیتوده کرم‌ها داشتند. این دو کود به‌ترتیب باعث افزایش ٦٢/٥ و ٨١ درصدی زیتوده کرم‌ها نسبت به شاهد گردیدند. اگرچه کاربرد کود کلات روی (Zn) نتوانست تفاوت معنی‌دار با شاهد ایجاد کند، اما کود کلات آهن (Fe) با کاهش معنی‌دار ٦٠/٩ درصدی زیتوده نسبت به شاهد، نشان داد که در کوتاه‌مدت اثر نامطلوب بر کرم‌ها گذاشته است. به‌نظر می‌رسد تأثیر منفی کودهای آهن بر کرم‌های خاکی، عمدتاً به‌دلیل اثرات منفی نمک حاصل از این کودها و همچنین تأثیری که بر فعالیت آنزیم‌های خاک و یا آنزیم‌های موجود در داخل دستگاه گوارش کرم‌های خاکی می‌گذارند، باشد. ویسکوکا و همکاران (۲۰۱۳)، در بررسی اثرات عناصر کم‌مصرف بر ریزجانداران و آنزیم‌های خاک به این نتیجه رسیدند که مصرف برخی کودها باعث تداخل در سازوکارهای کنترل در سطح ژن و در نتیجه مهار فعالیت پروتئین‌های آنزیمی ریزجانداران موجود در خاک یا در بدن کرم‌ها شده و نتیجه آن اختلال در هوموستازی (تعادل و هم‌ایستایی) خاک می‌شود (٣٦). این فرآیند موجب کاهش رشد و تکثیر موجودات زنده خاک خواهد شد. پژوهشگران فوق پیشنهاد کردند که اثر منفی برخی عناصر موجود در کودها را می‌توان با استفاده از کودهای طبیعی یا آلی، کاهش داد. روند افزایش میانگین زیتوده کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

OM > NPK+OM > Control > Zinc > Solupotas > Urea > NPK > AS > Fe > DAP

این روند، مشابه روند افزایش جمعیت کرم‌هاست و نشان می‌دهد زیتوده تابعی از تعداد کرم‌ها بوده است.

روز بیستم، عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک: مقایسه میانگین جمعیت کرم‌های خاکی در روز بیستم تحت‌تأثیر کودهای مختلف نشان می‌دهند که در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، استفاده از کودهای اوره، دی‌آمونیوم فسفات و سولوپتاس بر جمعیت کرم‌ها، اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) با شاهد نداشته‌اند (شکل ۲). این در حالی است که در عمق سطحی ۲۰-۰ سانتی‌متری، تأثیرات اوره و دی‌آمونیوم فسفات معنی‌دار بود؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد کرم‌ها در اعماق پایین‌تر، از اثرات منفی این دو کود شیمیایی آسیب کم‌تری دیده‌اند. در این‌حال سولفات آمونیوم (AS) در این عمق نیز هم‌چون عمق سطحی ۲۰-۰ سانتی‌متری، موجب کاهش معنی‌دار جمعیت در کرم‌های خاکی به‌میزان ۲۳/۳ درصد شد. از طرفی کود NPK بر خلاف عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری، موجب کاهش معنی‌دار در جمعیت کرم‌ها نگردید، اما در تیمار ترکیبی NPK+OM، افزایش جمعیت کرم‌ها در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری، نسبت به شاهد (۴۰ درصد) معنی‌دار بود. کیوری (۱۹۷۶) و همچنین اندرسون و همکاران (۱۹۸۳)، گزارش کردند که افزودن هر نوع کود آلی از جمله کودهای دامی منجر به افزایش سریع جمعیت کرم‌ها در خاک خواهد شد (٤ و ١١).



شکل ۲- مقایسه میانگین جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی در روز بیستم تحت‌تأثیر کودهای مختلف در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) ندارند.

Figure 2. Means comparisons of earthworms abundance and biomass in 20th day at depth of 20-40 cm affected by different fertilizers (Means with the same letters do not have a significant differences (LSD, P≤0.05).

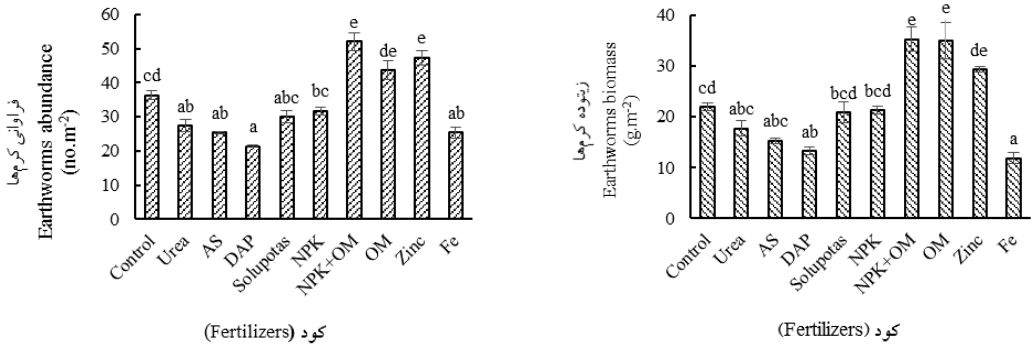
تیمار کود دامی (OM)، در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری را در تعداد کرم‌های خاکی در واحد سطح نسبت به شاهد نشان نداد. این موضوع بر خلاف نتیجه حاصله در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک بود. همچنین کلات روی (Zn) نیز نتوانست در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری در تعداد کرم‌ها نسبت به شاهد ایجاد نماید. در این عمق بر خلاف عمق بالاتر، تیمار کود کلات آهن (Fe) نتوانست باعث کاهش معنی‌دار جمعیت کرم‌ها شود. روند افزایش میانگین جمعیت کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

NPK+OM > NPK > Solupotas > Control > Zinc > OM > Urea > DAP > Fe > AS

از طرفی کاربرد کودهای مختلف نتوانست زیتوده کرم‌های خاکی در این عمق را به اندازه عمق بالاتر تحت‌تأثیر قرار دهد به‌گونه‌ای که به‌جز تیمار NPK+OM که باعث افزایش معنی‌دار زیتوده کرم‌ها به‌میزان ۳۹/٤ درصد نسبت به شاهد شد، سایر تیمارها نتوانستند تفاوت معنی‌دار ایجاد نمایند. روند افزایش میانگین زیتوده کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

NPK+OM > OM > Solupotas > NPK > Urea > Control > Zinc > DAP > AS > Fe

روز شصت‌ام، عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک: پس از گذشت شصت روز از کاربرد کودهای مختلف در خاک محل آزمایش، هم‌چنان در برخی پلات‌ها جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی اختلاف آماری با شاهد نشان می‌دهند (شکل ۳). در این میان کود اوره باعث کاهش معنی‌دار ۲٤/۸ درصدی جمعیت کرم‌های خاکی نسبت به شاهد گردید (P≤۰/۰۵). تیمارهای کودی سولفات آمونیوم (AS) و دی‌آمونیوم فسفات (DAP) نیز به‌ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۳۰/۳ و ٤۱/٤ درصدی در جمعیت کرم‌ها نسبت به شاهد شدند. کرم‌های خاکی واکنش منفی به آمونیوم نشان دادند اما دلیل این‌که سولفات آمونیوم مطلوب کرم‌ها نیست، آن است که احتمالاً این کود به مرور زمان pH خاک را کاهش می‌دهد؛ همچنین اثر سمی رادیکال‌های آمونیوم نیز بی‌تأثیر نیست. به همین دلیل بود که اسلاتر (۱۹۸٤) پیشنهاد داد برای حذف یا کاهش جمعیت کرم‌های خاکی در زمین‌های گلف، از سولفات آمونیوم استفاده شود (۳۲). نتایج همچنین نشان داد که تأثیر کودهای سولوپتاس و NPK در کاهش جمعیت کرم‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. با این‌حال پلات‌های حاوی کود دامی مثل کود NPK+OM و کود OM که با یکدیگر اختلاف آماری ندارند، موجب افزایش تعداد کرم‌ها در واحد سطح شدند؛ اما فقط تیمار NPK+OM باعث افزایش معنی‌دار جمعیت کرم‌ها نسبت به شاهد به‌میزان ٤۳/۲ درصد شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی در روز شصتم تحت‌تأثیر کودهای مختلف در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) ندارند.

Figure 3. Means comparisons of earthworms abundance and biomass in 60th day at depth of 0-20 cm affected by different fertilizers (Means with the same letters do not have a significant differences (LSD, P≤0.05).

در میان کودهای کم‌مصرف، کود کلات روی (Zn) با افزایشی معادل ۳۰/۳ درصد در جمعیت کرم‌ها، موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار با شاهد گردید اما برعکس، کود کلات آهن (Fe) موجب کاهش معنی‌دار ۲۹/٤ درصدی در تعداد کرم‌ها نسبت به تیمار شاهد شد. روند افزایش میانگین جمعیت کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

NPK+OM > Zinc > OM > Control > NPK > Solupotas > Urea > Fe > AS > DAP

نتایج حاصل از اندازه‌گیری زیتوده کرم‌های خاکی پس از گذشت شصت روز در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک بیانگر اثر باقی‌مانده برخی کودهای اضافه شده به خاک بر کرم‌های خاکی است (شکل ۳). کودهای اوره و سولفات آمونیوم اگرچه باعث کاهش بخشی از وزن زنده کرم‌ها در عمق مورد نظر شدند اما از نظر آماری نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) نشان ندادند. اثرات کود دی‌آمونیوم فسفات (DAP) در این عمق موجب کاهش معنی‌دار ٤٦/۷ درصدی زیتوده کرم‌ها نسبت به شاهد گردید. هم‌زمان، اثر کودهای سولوپتاس و NPK در روز شصتم کوددهی و در عمق مورد نظر، تفاوت معنی‌دار با شاهد ایجاد نکرد. نتایج همچنین نقش مثبت تیمارهای NPK+OM و OM را در افزایش زیتوده کرم‌ها نشان داد، به‌نحوی‌که به‌ترتیب ٦۱/۲ و ۵۹/۸ درصد افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد را در پی داشتند. باقی‌مانده کود کلات روی (Zn) بر زیتوده کرم‌ها (با وجود افزایش زیتوده) تأثیر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) نداشت؛ در حالی‌که کود کلات آهن (Fe) با کاهش ٤٦ درصدی زیتوده نسبت به شاهد، تأثیر معنی‌داری از خود بر جای گذاشت. روند افزایش میانگین زیتوده کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

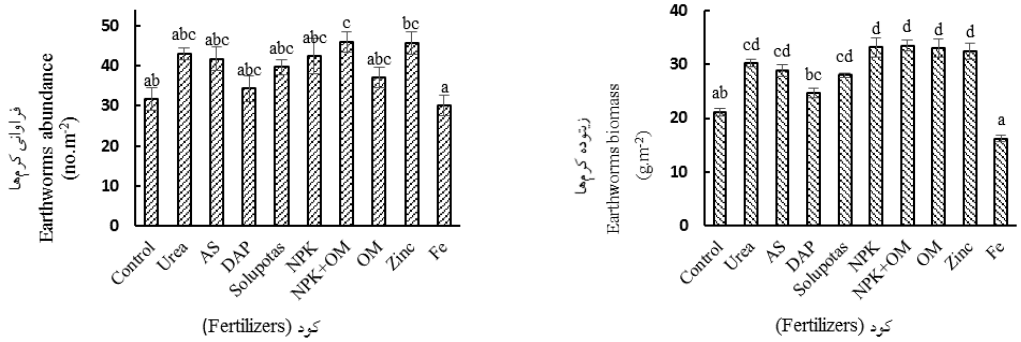
NPK+OM > OM > Zinc > Control > NPK > Solupotas > Urea > AS > DAP > Fe

روز شصت‌ام، عمق ٤۰-۲۰ سانتی‌متری خاک: در آخرین مرحله نمونه‌برداری و در عمق دوم، به‌نظر می‌رسد اثرات منفی باقی‌مانده کودهای شیمیایی کم‌تر شده‌اند (شکل ٤). نتایج نشان دادند که در عمق ٤۰-۲۰ سانتی‌متری خاک و شصت روز پس از افزودن کودها به پلات‌های آزمایش، جمعیت کرم‌های خاکی تحت‌تأثیر هیچ‌یک از کودها (به‌غیر از تیمار NPK+OM) قرار نگرفتند و علی‌رغم افزایش جمعیت کرم‌های خاکی (البته به غیر از تیمار کلات آهن (Fe) که کاهش جمعیت در آن دیده شد) اختلافات با پلات شاهد معنی‌دار نشده است ($P\leq$۰/۰۵). در این میان تنها تیمار NPK+OM موجب افزایش معنی‌دار تعداد کرم‌های خاکی نسبت به تیمار شاهد گردیده است. روند افزایش میانگین جمعیت کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

NPK+OM > Zinc > Urea > NPK > AS > Solupotas > OM > DAP > Control > Fe

اندازه‌گیری زیتوده کرم‌ها در روز شصت‌ام نمونه‌برداری نشان داد که کودهای اوره و سولفات آمونیوم (AS) به‌ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۴۳ و ۳۷ درصدی در زیتوده کرم‌ها نسبت به شاهد شده‌اند (P≤۰/۰۵)، اما اثر افزایشی کود دی‌آمونیوم فسفات (DAP) بر زیتوده کرم‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد. از طرفی کودهای سولوپتاس، NPK+OM، NPK، OM و کود روی (Zn) موجب افزایش معنی‌دار زیتوده کرم‌های خاکی در روز شصت‌ام و در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک شدند اما کود کلات آهن تفاوت معنی‌داری در زیتوده کرم‌ها (علی‌رغم کاهش) نسبت به شاهد ایجاد نکرد. روند افزایش میانگین زیتوده کرم‌ها در این عمق و در کودهای مختلف به‌صورت زیر است:

NPK+OM > NPK > OM > Zinc > Urea > AS > Solupotas > DAP > Control > Fe



شکل ٤- مقایسه میانگین جمعیت و زیتوده کرم‌های خاکی در روز شصت‌ام تحت‌تأثیر کودهای مختلف در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) ندارند.

Figure 4. Means' comparisons of earthworms abundance and biomass in 60th day at depth of 20-40 cm affected by different fertilizers (Means with the same letters do not have a significant differences (LSD, P≤0.05).

کرم‌های خاکی به‌عنوان یکی از مصرف‌کننده‌های اصلی بقایای گیاهی که نقش اصلی را در خرد و ریز کردن و اختلاط آن‌ها با خاک و در نتیجه فراهم نمودن شرایط مناسب برای فعالیت تجزیه‌ای ریزجانداران خاک بر روی بقایای گیاهی بر عهده دارند، نیاز دائمی به مواد آلی متنوع دارند و این موضوع به گونه کرم خاکی نیز بستگی دارد. از طرفی، اثرات کودهای معدنی بر کرم‌های خاکی نیز متغیر است. سکولیون و همکاران (۱۹۹۱)، گزارش کردند که کودهای معدنی، زمانی برای برخی کرم‌های خاکی مفید هستند که بقایای گیاهی پس از برداشت محصول، بر سطح خاک باقی بمانند (۳۱). در سال ۱۹۸۲، ادواردز و لفطی دریافتند که مصرف نیتروژن معدنی تأثیر قوی بر فراوانی کرم‌ها می‌گذارد (۱۵)؛ اگرچه لوفس هولمین (۱۹۸۳) مشاهده کرد که مصرف کودهای معدنی در خاک‌های رسی، تأثیر معنی‌داری بر جمعیت کرم‌ها نداشته است (۲۵). تأثیر منفی کودهای شیمیایی، بستگی زیاد به ساختار و طبیعت کود دارد (۱۵). در علفزارها نیز پوتر و همکاران (۱۹۸۵) متوجه اثرات منفی نیترات آمونیوم بر جمعیت کرم‌های خاکی شدند (۲۸).

نتیجه‌گیری کلی

همه موجودات ساکن در خاک، تحت‌تأثیر تغییرات ایجاد شده در محیط خود هستند. نتایج پژوهش نشان داد کرم‌های خاکی اپی‌جییک و آنسیک ساکن در خاک باغ، با توجه به عمق محل زندگی، به کودهای مختلف، واکنش‌های متفاوتی از خود بروز دادند. استفاده از کودهای اوره، سولفات آمونیوم، دی‌آمونیوم فسفات، کود کامل ماکرو و کلات آهن در اعماق سطحی خاک و در کوتاه‌مدت باعث ایجاد تنش در جمعیت کرم‌های خاکی، به‌ویژه کرم‌های سطح‌زی اپی‌جییک شدند. این اثر، در عمق‌های پایین‌تر خاک کاهش یافت. در این میان استفاده از کود دامی به همراه کود شیمیایی کامل ماکرو موجب افزایش جمعیت و زیتوده کرم‌ها گردید. از میان کودهای کم‌مصرف آهن و روی، کلات عنصر روی توانست اثر مثبت بر پویایی کرم‌ها داشته باشد. با این‌حال پس از گذشت زمان بیش‌تر و در اعماق پایین‌تر خاک، آثار مثبت سایر کودهای شیمیایی نیز بر زیتوده کرم‌ها مشاهده شد. بر این اساس و به‌منظور کاهش اثرات منفی کودهای شیمیایی بر موجودات زنده خاک، توصیه می‌شود در خاک‌های کم‌عمق، میزان مصرف آن‌ها کاهش یابد و به هنگام کاربرد آن‌ها، از کودهای آلی نیز استفاده شود.

سپاسگزاری

از همکاری و همفکری جناب آقای دکتر پژمان طهماسبی و خانم مهندس زهرا حیدری از دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش، تشکر کرده و همچنین از همکاری و مساعدت مسئولین و کارکنان آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در فراهم آوردن امکانات و شرایط این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. از داوران محترم مقاله نیز به‌خاطر قبول زحمت داوری و ارایه پیشنهادات مفید، سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Abbiramy, K., and Ross, P.R. 2013. Determination of acute toxicity of NPK fertilizers to *Eisenia foetida* using a simple paper contact method. Int. J. Sci. Res. 2: 2. 415-417.
2.Aira, M., Monroy, F., and Dominguez, J. 2006. C to N ration strongly affects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. Eur. J. Soil Biol. 42: 127-131.
3.Anderson, J.R. 1978. Pesticide effects on non-target soil microorganisms. P 303-313, In: Pesticides Microbiology, I.R. Hill and S.J.L. Wright (eds.) Academic Press, London.
4.Anderson, J.M., Ineson, P., and Huish, S.A. 1983. Nitrogen and cation mobilization by soil fauna feeding on leaf litter and soil organic matter from deciduous woodlands. Soil Biol. Biochem. 15: 463-467.
5.Asawalam, D. 2006. Influence of cropping intensity on the production and properties of earthworm casts in a Leucaena alley cropping system. Biol. Fertil. Soils. 42: 506-512.
6.Benton, J. 1999. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. CRC Press Reference. 264p.
7.Bhattacharya, A., and Sahu, SK. 2014. Lethal effect of urea on soil biota: a laboratory study on earthworm (*Drawida willsi*), J. Biodiv. Environ. Sci. 4: 6. 64-72.
8.Bhattacharya, A., and Sahu S.K. 2014. Acute toxicity of NPK fertilizer on soil ecosystem using earthworm, *Drawida willsi* as a test specimen, Int. J. Adv. Pharm. Biol. Chem. 5: 3. 233-238.
9.Blakemore, R.J. 2002. Cosmopolitan Earthworms. An Eco-Taxonomic Guide to the Peregrine Species of the World. (First CD Edition). Vermecology, PO BOX 414 Kippax, ACT 2615, Australia. 426p.

10. Bunemann, E.K., Schwenke, GD., and Zwieten, LV. 2006. Impacts of agricultural inputs on soil organisms-a review. Austr. J. Soil Res. 44: 4. 379-406.
11. Curry, J.P. 1976. Some effects of animal manures on earthworms in grassland. Pedobiologica, 16: 425-438.
12. Curry, J.P., Doherty, P., Purvis, G., and Schmidt. O. 2008. Relationship between earthworm populations and management intensity in cattle-grazed pastures in Ireland. Applied Soil Ecology. 39: 1. 58-64.
13. Dash, M.C. 1978 .Role of earthworms in decomposer system. P 309-406, In: Glimpses of Ecology. J. S. Singh and B. Gopal (eds). International Scientific Publishers, New Delhi.
14. Edwards, C.A., and Bohlen, P.J. 1992. The effects of toxic chemicals on earthworms. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 125: 23-99.
15. Edwards, C.A., and Lofty, J.R. 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. Soil Biol. Biochem. 14: 515-521.
16. Edwards, C.A., Bohlen, P.J., Linden, D.R., and Subler, S. 1995. Earthworms and sustainable land use. In: Hendrix, P.F. (ed.), Earthworm Ecology and Biogeography in North America. CRC Press, Boca Raton, FL, Pp: 215-231.
17. Edwards, C.A., and Bohlen, P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman & Hall, London. 426p.
18. Estevez, B., Dayegamiye, A., and Coderre, D. 1996. The effect of earthworm abundance and selected soil properties after 14 years of solid cattle manure and NPKMg fertilizer application. Can. J. Soil Sci. 76: 351-355.
19. Gerard, B.M., and Hay, R.K.M. 1979. The effects on earthworms of ploughing cultivation, direct drilling and nitrogen cultivation in a barley monoculture system. J. Agric. Sci. 93: 147-155.
20. Hamidian, A.H., and Yahyaabadi, M. 2017. Application of bioindicators in soil ecosystem health monitoring (with emphasis on earthworms). J. Land Manage. 3: 2. 141-152. (In Persian)
21. Hendrix, P.J., Muller, B.R., and Bruce, R. 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors. Soil Biol. Biochem. 24: 1357-1361.
22. Jordan, D., Miles, R.J., Hubbard, V., and Lorenz, T. 2004. Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in sanborn field: a 115-year-old agricultural field. Pedobiologia. 48: 2. 99-110.
23. Lee, KE. 1985. Earthworms, their ecology and relationship with soils and land use. Acad. Press, Australia. 411p.
24. Liyue, G., Guanglei, W.U., Yong, Li., and Caihong, Li. 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. Soil and Tillage Research. 156: 140-147.
25. Lofs-Holmin, A. 1983. Influence of agricultural practices on earthworms (Lumbricidae). Acta Agric. Scand. 33: 225-334.
26. Marhan, S., and Scheu, S. 2005. The influence of mineral and organic fertilizers on the growth of the endogeic earthworm *Octolasion tyrtanum* (Savigny). Pedobilogia. 49: 3. 239-249.
27. Parthasarathi, K., Ranganathan, L.S., Anandi, V., and Zeye, J. 2007. Diversity of microflora in the gut and casts of tropical composting earthworms reared on different substrates. J. Environ. Biol. 28: 1. 87-97.
28. Potter, D.A., Bridges, B.L., and Gordon, F.C. 1985. Effect of N fertilization on earthworm and microarthropod populations in microarthropod populations in Kentucky bluegrass turf. Agron. J. 77: 367-372.
29. Rai, N., Ashya, P., and Rathore, D.S. 2014. Comparative Study of the Effect of Chemical Fertilizers and Organic Fertilizers on *Eisenia foetida*. Inter. J. Innov. Res. Sci. Engin. Technol. 3: 5. 12991-12998.

30. Romig, D.E., Garlynd, M.J., and Harris, R.F. 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scorecard. P 39-59. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Madison, WI.
31. Scullion, J., and Mohammed, A.R.A. l99l. Effects of sub soiling and associated incorporation of fertilizer on soil rehabilitation after opencast mining for coal. J. Agric. Sci. 116: 265-273.
32. Slater, C.S. 1984. Earthworms in relation to agriculture, U.S.D.A. 212p.
33. Syers, J.K., and Springett, J.A. 1984. Earthworms and soil fertility. Plant and Soil, 76: 1-3. 93-104.
34. Tindaon, F., Benckiser, G., and Ottow, J.C.G. 2011. Side effects of nitrification on non-target microbial processes in soils. J. Trop. Soil. 16: 1. 7-16.
35. Whalen, J.K., Parmelee, R.W., and Edwards, C.A. 1998. Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. Biology and Fertility of Soils, 27: 400-407.
36. Wyszkowska, J., Borowik, A., Kucharski, M., and Kucharski, J. 2013. Effect of cadmium, copper and zinc on plants, soil microorganisms and soil enzymes. J. Elem. 18: 4. 769-796.
37. Yahyaabadi, M. 2013. Worms eat my garbage. Nosooh publication. Iran. 176p. (Translated in Persian)
38. Zajonc, I. 1975. Variation in meadow associations of earthworms caused by the influence of nitrogen fertilizers and liquid manure irrigation. Proceedings 5th Int. Colloquium in soil zoology, Prague. Pp: 497-503.
39. Zhang, Z.S., and Zheng, D.M. 2009. Bioaccumulation of total and methyl mercury in three earthworm species (Drawida sp., Allolobophora sp., and Limnodrilus sp.). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 83: 937-942.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(2), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.10968.1639

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Assessing the population and live weight of earthworms affected by chemical and organic fertilizers in the soil of an orchard

M. Yahyaabadi[1], *A.H. Hamidian[2] and S. Ashrafi[2]
[1]Ph.D. Student, Dept. of Environmental, Faculty of Natural Resources, University of Tehran,
[2]Associate Prof., Dept. of Environmental, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
Received: 11.11.2017; Accepted: 04.23.2018

Abstract

Background and Objectives: Earthworms, due to their beneficial role in agroecosystems, are used as indicator species for monitoring the impact of pollutants, changes in soil structure and agricultural practices. The purpose of this study was to investigate the impact of chemical fertilizers management on the density and live weight of earthworms in the soil of an orchard.

Materials and Methods: Research was carried out in an orchard in Isfahan province. One square meter area was considered as experimental plot. After plowing and grooving at a depth of 5 centimeters per plot, common fertilizers were applied, based on the soil test. Chemical fertilizers such as urea, ammonium sulfate, diammonium phosphate, solupotas, NPK (15, 5, 25), zinc chelate, iron chelate and cow manure were used as experimental treatments with control (no fertilizer). Abundance and live weight of worms were evaluated in two stages of time and in 2 depths of 0-20 and 20-40 cm of soil. In the first stage, 20 days after the addition of fertilizers, and in the second stage, 60 days after fertilization, earthworms were sampled and their number and biomass changes were measured. Treatments were applied in three replications and the data were analyzed using two-way ANOVA (using the GLM process) by SPSS software. In addition, the means were tested with the least significant difference (LSD) at the probability level of 5%.

Results: The assessment of the worms was accomplished at two different depths and at two different times. Sampling in 20th day of experiment showed that at soil depths of 0-20 cm, urea, ammonium sulfate, diammonium phosphate, macro fertilizer NPK and iron chelate had significant negative effect on the abundance and weight of earthworms ($P\leq0.05$). Meanwhile, cow manure (OM) and NPK+OM treatments increased the population and biomass of earthworms. In the depth of 20 to 40 cm, the negative role of urea, ammonium sulfate, diammonium phosphate, NPK fertilizer and iron chelate was decreased, and the NPK+OM maintained its positive role. On the 60th day of sampling, at 0-20 cm depth, urea, ammonium sulfate, diammonium phosphate and iron fertilizer reduced the population and biomass of worms in the soil. However, NPK+OM, OM and zinc chelate (Zn) treatments increased the number of earthworms. At a lower depth (20-40 cm) on the 60th day, the earthworm population was not affected by any of the inorganic fertilizers and nitrogen and phosphate fertilizers not only had no negative effect on the activity of earthworms but also significantly increased their biomass ($P\leq0.05$).

Conclusion: The results showed that chemical fertilizers could have a significant effect on soil organisms, including earthworms. These effects could vary according to the nature and extent of fertilization, as well as the depth of fertilizer usage. Accordingly, in order to reduce the negative effects of chemical fertilizers on soil organisms, it is advisable to reduce their application in shallow soils and when applying, organic fertilizers should be used along with chemical fertilizers.

Keywords: Earthworms, Population, Biomass, Macro and micro fertilizers, Organic fertilizer

* Corresponding Author; Email: a.hamidian@ut.ac.ir