محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۲ ، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
صفحات ۲۲۷ تا ۲۳۸

بررسی اثرات کودهای شیمیایی بر تغییرات جمعیتی گونه های کرم‌های خاکی

مجتبی یحیی‌آبادی[۱]؛ امیرحسین حمیدیان[۲*] و سهراب اشرفی[۳]

۱-دانش آموخته دوره دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲-دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۷/۰۵/۲۴ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۶/۳۰)

چکیده:

کرم‌های خاکی به دلیل نقش مهمی که در فرآیندهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک دارند برای بسیاری از آزمونهای سمیت و ارزیابی‌های محیطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تحقیق حاضر با هدف تعیین اثرات برخی کودهای شیمیایی بر فراوانی گونه‌های مختلف کرم‌های خاکی به اجرا درآمد. پلات‌های آزمایشی به مساحت یک مترمربع در نظر گرفته شد. در هر پلات، از هریک از کودهای رایج و بر اساس آزمون خاک شامل کود اوره (Urea)، سولفات آمونیوم(AS)، دی آمونیوم 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 و کود دامی(OM)، استفاده شد و پلات شاهد بدون مصرف هر نوع کود شیمیایی و دامی (Control)، در نظر گرفته شدند. بررسی فراوانی 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، نمونه برداری از کرم‌های خاکی و بررسی تغییرات در آنها انجام شد. تیمارها در سه تکرار اعمال شد و داده‌ها در قالب تجزیه واریانس یک طرفه و با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل آماری شدند. نتایج مقایسات میانگین جمعیت کرم‌ها نشان داد که در روز بیستم و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک، فراوانی گونه *E. fetida* در تیمارهای آمونیوم سولفات و اوره نسبت به تیمار شاهد، کاهش معنی‌دار یافته است. از بین کرم های اپی‌جئیک، گونه *D. hortensis* سازگاری بیشتری نشان داد و فراوانی آن در تیمار آمونیوم سولفات بیش از تیمار اوره بود. نتایج همچنین نشان داد که کرمهای گونه *L. terrestris* نسبت به گونه *A. longa* مقاومت بیشتری در برابر کودهای شیمیایی نشان دادند.

کلید واژگان: کرم‌خاکی، آنسیک، اپی‌جئیک، کودهای شیمیایی و آلی

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴ ایمیل: a.hamidian@ut.ac.ir

۱. 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 حفاظت کننده شکل‌های مختلف زندگی و از طرفی محل دفن و ذخیره مواد شیمیایی است. این مواد با ورود به خاک، موجب اختلال در کارکرد زیست بوم خاک شده و اجزای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به ویژه ریزجانداران و موجودات مفید غیر هدف و کرم‌های خاکی را تضعیف می‌کنند (Anderson, 1978; Edwards and Bohlen, 1992). کرم‌های خاکی بیش از ۸۰ درصد زیتوده بی‌مهرگان خاک در اکثر زیست بوم‌های کشاورزی دنیا را تشکیل می‌دهند (Lee, 1985). این موجودات به واسطه‌ی فعالیت‌های تغذیه‌ای، حفاری خاک و تولید مواد دفعی (ورمی‌کمپوست)، نقش مهمی در تغذیه گیاهان ایفا می‌کنند (Dash, 1978). فراوانی کرم‌ها در خاک نمایانگر سلامت اکوسیستم خاک و نشاندهنده ایمنی محیط زیست است (Anderson *et al*., 1983) و جمعیت بالای کرم‌های خاکی اغلب به عنوان نشانه‌ای از سلامت خاک شناخته می‌شود (Romig *et al*., 1996). در واقع تحقیقات علمی تأیید کرده است که کرم‌های خاکی تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند (Edwards & Bohlen, 1996). محققین، این موجودات را به عنوان نشانگرهای زیستی سلامت خاک، مورد توجه قرار داده‌اند (Hamidian & Yahyaabadi, 2017). در راستای اهمیت کرم‌های خاکی در پویایی مواد آلی و ساختمان خاک، بوم شناس‌هایی مانند Edwards و همکاران (۱۹۹۵)، معتقدند که پایداری بلند مدت خاک‌های کشاورزی می‌تواند با بکارگیری روش‌های مدیریتی که تعداد کرم‌های خاکی را بیشتر می‌کنند، بهبود یابد. Aira و همکاران (۲۰۰۶) و Asawalam (۲۰۰۶) نیز بر نقش کرم‌های خاکی در چرخه عناصر غذایی خاک تأکید کرده‌اند. Jordan و همکاران (۲۰۰۴)، معتقدند کرم‌های خاکی به همراه فعالیت‌های میکروبی می‌توانند سلامت و پایداری خاک‌ها را تضمین کنند. 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 بصورت فضولات کم محلول و حاوی عناصر غذایی قابل استفاده گیاهان دفع می‌کنند و مواد آلی را از سطح خاک به عمق ۳۰ سانتیمتری پخش می‌کنند (Yahyaabadi, 2013). کرم‌های خاکی به عنوان موجودات نشانگر در پایش اثرات مواد آلوده کننده، تغییر در ساختمان و کیفیت خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Lee, 1985). تحقیقات اندکی در مورد بررسی احتمال سمیت کودهای شیمیایی بر کرم‌های خاکی *Eisenia fetida* با استفاده از روش تماس کاغذی انجام شده است (Abbiramy & Ross, 2013). مطالعات متعددی در مورد اثر سمیت برخی حشره‌کش‌ها بر موجودات خاک بویژه کرم‌های خاکی انجام گرفته است؛ با این حال تحقیقات ناچیزی در مورد سمیت کودها بر کرم‌های خاکی انجام و گزارش شده است. در میان نتایج این تحقیقات، برخی به اثرات مثبت این کودها بر کرم‌ها و جمعیت آنها اشاره کرده‌اند، که از میان آنها می‌توان Estevez و همکاران (۱۹۹۶)، Curry و همکاران (۲۰۰۸)، و

همچنین Syers و Springett (۱۹۸۴) را نام برد. بعضی محققین نیز در تحقیقات خود، بر اثرات منفی کودهای شیمیایی بر کرم‌های خاکی تأکید کرده‌اند. از جمله‌ی این محققین می‌توان به Bhattacharya و Sahu (۲۰۱۴)، Tindaonو همکاران (۲۰۱۱)، Bunemann و همکاران (۲۰۰۶) و همچنین Marhan و Scheu (۲۰۰۵) اشاره کرد. 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، بطور غیر مستقیم بر این موجودات اثرگذار باشند. برخی گزارش‌ها حاکی از 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 (Liyue *et al.*, 2016). گزارشات متناقصی در مورد اثر منفی کودهای نیتروژنی بر جمعیت کرم‌ها نیز ارائه شده است. Rai و همکاران (۲۰۱۴)، 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. محققین فوق به این نتیجه رسیدند که مصرف کود آلی به دلیل فراهمی مواد غذایی، موجب افزایش جمعیت و وزن کرم‌ها شده است. این نتایج در تحقیقات Bunemann و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشاهده می‌شود. Whalen و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه گرفتند که فراوانی و زیتوده کرم‌های خاکی در مزارع ذرت، به گونه‌ای معنی‌دار تحت تأثیر نوع کود دهی هستند. با توجه به مصرف زیاد کودهای شیمیایی و بویژه کودهای نیتروژنی و فسفری در باغات میوه و با عنایت به این که تاکنون تحقیقات جامع در خصوص اثر کودهای رایج بر کرم‌های خاکی در خاک‌های ایران صورت نگرفته است، این تحقیق با هدف بررسی اثرات برخی کودهای شیمیایی و آلی بر گونه های کرم‌های خاکی ساکن در باغات و در نهایت پایش کیفیت خاک، به انجام رسید.

۲. مواد وروش‌ها

آزمایش در باغی در روستای اسفرجان در جنوب استان اصفهان، در بهار ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. قبل از اعمال تیمارهای کودی، و به منظور شناسایی گونه‌های کرم های خاکی، نمونه های کرم‌های خاکی به همراه مقداری از خاک اطراف آنها جمع آوری و در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند. کرم‌های خاکی بالغ حاوی کمربند جنسی کلیتلوم با استفاده از جریان آرام آب شسته شده و در مخلوط الکل (۷۰ و استون نگهداری و تثبیت شدند. قبل از اجرای آزمایش، یک نمونه خاک مرکب از باغ 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 اندازه گیری شد. همچنین کربن آلی خاک به روش واکلی بلاک، آهک (کل مواد خنثی شونده) به روش تیتراسیون برگشتی، بافت خاک به روش هیدرومتری و وزن مخصوص ظاهری به روش پارافین اندازه گیری شدند. نیتروژن کل به روش کجلدال، میزان فسفر کل با روش رنگ سنجی اولسون و دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم کل با استفاده از فلیم فوتومتر تعیین شدند (Benton, 1999). 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 هریک از کودهای رایج و بر اساس آزمون خاک شامل کود اوره (Urea) به میزان ۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات آمونیوم (AS) به میزان ۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، دی آمونیوم فسفات (DAP) به میزان ۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولو پتاس (Solupotas) به میزان ۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کود کامل ماکرو حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK, 15-5-25) به میزان ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار)، 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 به میزان ۱/۵ گرم در کیلوگرم خاک، کود دامی (OM) به میزان چهار گرم در کیلوگرم خاک (معادل ۲۰ تن در هکتار)، استفاده شد و پلات شاهد بدون مصرف هر نوع کود شیمیایی و دامی (Control)، در نظر گرفته شدند. این مقادیر پس از تعیین وزن یک هکتار خاک بر اساس چگالی ظاهری خاک و میزان توصیه کودی برای یک هکتار محاسبه شدند. نتایج تجزیه کود دامی مصرفی نشان داد که دارای ۰/۹۶ درصد نیتروژن، ۰/۷۲ درصد فسفر و ۱/۱۴ 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 کرم‌ها در دو مرحله زمانی و در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک، انجام شد. در مرحله اول، ۲۰ روز پس از افزودن کودها و در مرحله دوم، ۶۰ روز پس از مصرف کودها، اقدام به نمونه برداری 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 (Edwards & Bohlen, 1996) و پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از خصوصیات مورفولوژیک مورد شناسایی قرار گرفتند (Blakemore, 2008) و در مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ایران تأیید و ثبت شد.

۳. نتایج

نتایج آزمایشات خاک نشان داد که خاک محل آزمایش شرایط نسبتاً مناسبی داشته و با توجه به عدم استفاده از کودهای شیمیایی در اکثر باغات این منطقه، محل مورد مطالعه از ویژگی‌های خوبی برای انجام آزمایش برخوردار است (جدول۱). بافت خاک مورد مطالعه در بخش عمده‌ی باغات مورد مطالعه، لوم شنی با ۲۷ درصد سیلت، ۴۸ 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 (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 اپی‌جئیک و آنسیک بودند. گونه‌های اپی‌جییک عمدتاً در اعماق سطحی و شامل *Dendrobaena veneta* ،*Eisenia fetida* و *Dendrobaena hortensis* و گونه‌های آنسیک در اعماق پایین‌تر شامل *Lumbricus terrestris* و *Aporrectodea longa* دیده شدند.

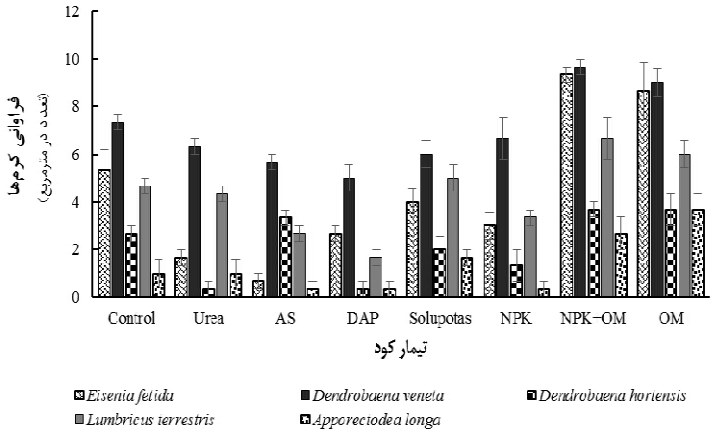
جدول۱-مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق خاک	واکنش خاک	هدایت الکتریکی	کربنات کلسیم	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر کل	پتاسیم کل	چگالی ظاهری	بافت
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
۰-۲۰	۷	۰/۵	۲۴	۱/۲	۰/۱۴	۱۹/۵	۱۸۵	۱/۴۲	SL
۲۰-۴۰	۷/۱	۰/۵	۲۶	۱/۲	۰/۱۴	۱۷/۷	۱۹۲	۱/۴۷	SL

نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای مختلف بر جمعیت کرم‌ها نشان داد اثرات کود، زمان و عمق نمونه‌برداری بر جمعیت کرم‌های خاکی معنی‌دار بودند ($p\leq$۰/۰۱)؛ نتایج مقایسات میانگین در دو عمق متوالی و در دو زمان مختلف به تفکیک بصورت زیر است.

۱،۳. روز بیستم، عمق ۲۰-۰ سانتیمتر

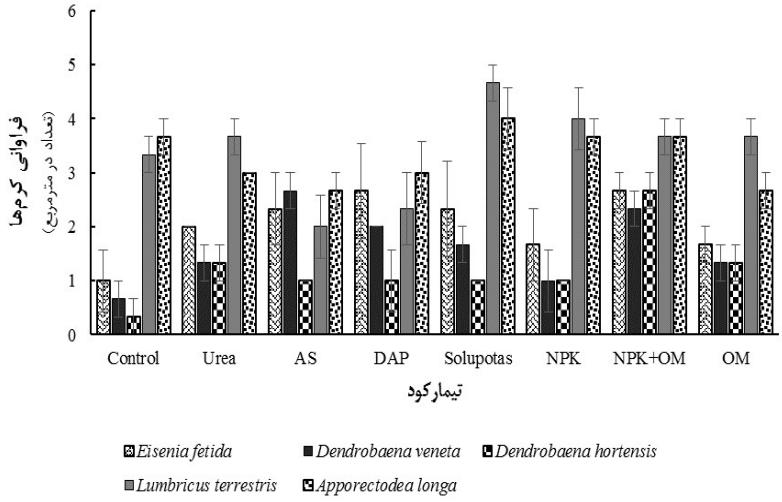
در اعماق سطحی خاک (۲۰-۰ سانتیمتر)، بیشترین تعداد کرم‌ها در پلات شاهد بترتیب متعلق به گونه‌های *D. veneta* و *E. fetida* از گروه اکولوژیک اپی جئیک و گونه *L. terrestris* از گروه آنسیک بود. نتایج مقایسات میانگین در روز بیستم و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتر نشان داد که فراوانی گونه *E. fetida* در تیمارهای سولفات آمونیوم و اوره نسبت به تیمار شاهد، کاهش معنی‌دار داشته است ($P\leq0.05$). تیمار NPK+OM در این آزمایش موجب افزایش معنی‌دار *E. fetida* نسبت به شاهد شد. در مقایسه‌ی اثر کودهای تأمین کننده نیتروژن، گونه *D. hortensis* توانایی زنده مانی بیشتری در تیمار آمونیوم سولفات نشان داد و جمعیت این گونه در این تیمار نسبت به اوره، بیشتر بود. توضیح جمعیت بالای *D. veneta* نسبت به *E. fetida* در تیمارهای آمونیوم سولفات و اوره، سخت بنظر می‌رسد اما ممکن است به علت تفاوت در بیولوژی و فیزیولوژی این دو گونه کرم خاکی باشد. سایر گونه‌ها تفاوت آماری معنی‌دار، در این دو تیمار نداشتند. اختلاف معنی‌داری بین جمعیت گونه‌های مختلف کرم‌ها در ترکیبات فسفر دار DAP و NPK مشاهده نشد. با این حال ترکیب NPK+OM موجب افزایش تعداد کرم‌های اپی‌جئیک *E. fetida* و *D. veneta* در مقایسه با DAP و NPK شد و این موضوع، تأکیدی بر نقش مهم کودهای آلی است. بنظر می‌رسد در آزمایش حاضر و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک، کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر منفی را بر فعالیت کرم‌ها داشته‌اند، در این میان استفاده از کودهای آلی توانسته است از آثار منفی کودهای شیمیایی بکاهد. (نمودار۱).



نمودار۱- مقایسه میانگین گونه کرم‌ها در روز ۲۰ و عمق ۲۰-۰ سانتیمتر

۲،۳. روز بیستم، عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتر

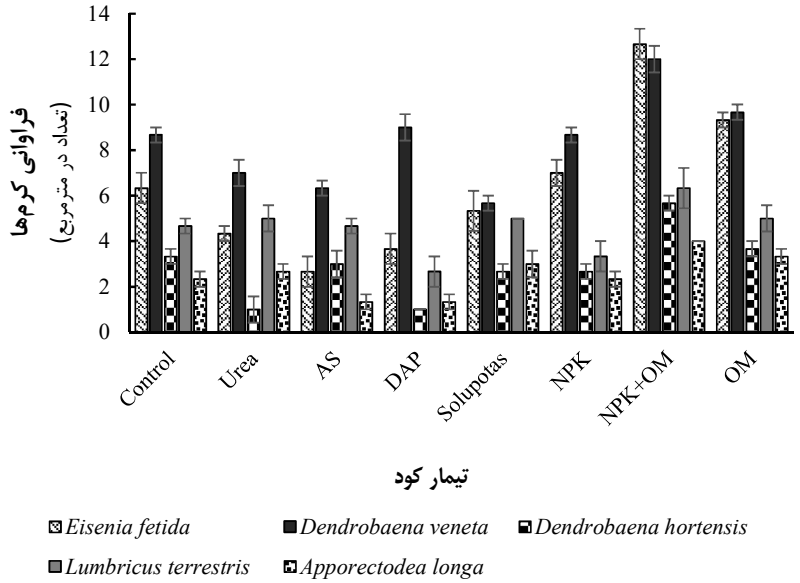
در اعماق پایین تر خاک، بیشترین جمعیت کرم‌ها بترتیب متعلق به گونه‌های *L. terrestris* و *A. longa* بود و گونه *D. hortensis* کمترین تعداد را به خود اختصاص داد. مقایسه میانگین فراوانی گونه‌ها نشان داد که هیچ یک از تیمارهای کودی نتوانستند تأثیر معنی‌دار بر کرم‌های خاکی در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک نسبت به پلات‌های شاهد ایجاد نمایند (نمودار۲). نتایج نشان می‌دهند در عمق‌های پایین تر خاک، کرم‌های خاکی آسیب کمتری از کودهای شیمیایی متحمل شوند. بیشترین جمعیت *L. terrestris* در پلات‌های حاوی سولوپتاس مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با گونه مشابه در تیمار آمونیوم سولفات نشان داد.



نمودار۲- مقایسه میانگین فراوانی گونه کرم‌ها در روز ۲۰ و عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتر

۳،۳. روز شصتم، عمق ۲۰-۰ سانتیمتر

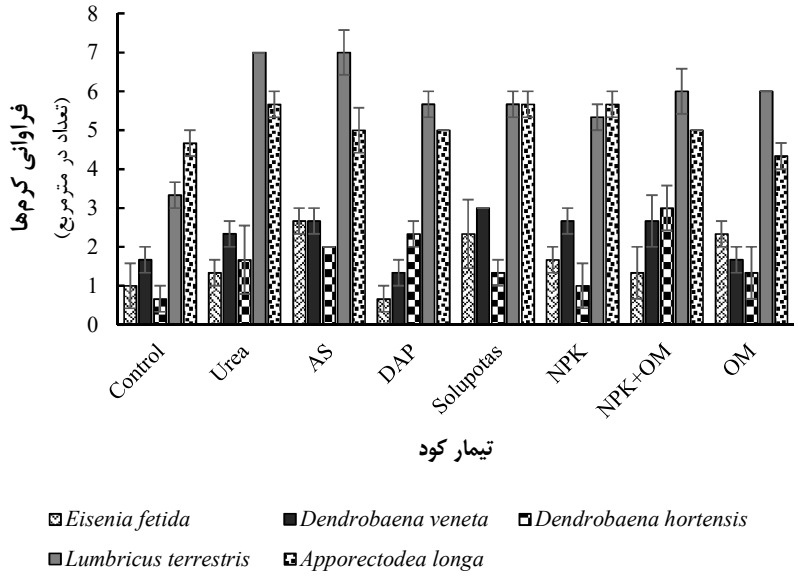
شصت روز پس از افزودن کودها، کرم‌های اپی جئیک *E. fetida* و *D. veneta*، پرجمعیت ترین گونه‌ها و *A. longa* کم جمعیت‌ترین گونه کرم خاکی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک در پلات‌های آزمایش بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد کرم‌های گونه *E. fetida* در تیمار آمونیوم سولفات نسبت به تیمار شاهد بشدت کاهش یافته است (نمودار۳). همزمان، در تیمار NPK+OM، جمعیت کرم‌های خاکی گونه *E. fetida* و *D. veneta* نسبت به تیمار شاهد بطور معنی‌دار بیشتر بودند. در این میان، فراوانی گونه‌های مورد مطالعه در تیمارهای اوره و آمونیوم سولفات با یکدیگر تفاوت های آماری نداشتند، اگرچه تعداد *E. fetida* و *D. veneta* در پلات های حاوی NPK+OM بیش از پلات های دارای NPK بوده است. در اکثر تیمارها، جمعیت کرم‌های *D. veneta* بیش از سایر گونه‌ها شمارش شد و این نشان دهنده سازگاری این گونه به محیط خود در روز شصتم اعمال تیمارها است. وجود کود آلی (OM) در پلات های آزمایشی منجر به افزایش آماری در جمعیت گونه‌های *E. fetida*، *L. terrestris* و *A. longa* نسبت به همین گونه‌ها در تیمار NPK شده است. کودهای آلی به طور مستقیم در فراهمی مواد غذایی لازم برای کرم‌ها عمل می‌کنند.



نمودار۳-مقایسه میانگین فراوانی گونه کرم‌ها در روز ۶۰ و عمق ۲۰-۰ سانتیمتر

۴،۳. روز شصتم، عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتر

در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک، شصت روز پس از اعمال تیمارهای کودی، بیشترین تعداد کرم‌ها متعلق به گونه‌های آنسیک *A. longa* و *L. terrestris* و کمترین جمعیت مربوط به گونه‌های اپی جئیک *D. hortensis* و *E. fetida* بودند (نمودار۴). تنها تغییر معنی‌دار در جمعیت کرم‌های خاکی، افزایش جمعیت گونه *L. terrestris* در پلات های حاوی اوره و آمونیوم سولفات در مقایسه با گونه مشابه در پلات شاهد بود.



نمودار٤-مقایسه میانگین فراوانی گونه کرم‌ها در روز ٦٠ و عمق ٤٠-٢٠ سانتیمتر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق 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، دی آمونیوم فسفات، کود کامل ماکرو در اعماق سطحی خاک و در کوتاه مدت باعث ایجاد تنش در جمعیت کرم‌های خاکی، به ویژه کرم‌های سطح‌زی اپی‌جییک شدند. این اثرات، در عمق‌های پایین‌تر خاک کاهش یافته بود. Hendrix و همکاران (۱۹۹۲)، نشان دادند که استفاده از کودهای نیتروژنی می‌تواند جمعیت کرم‌ها در خاک را کاهش دهد. سایر محققین نیز نتایج مشابهی را در مورد کرم‌های آنکی مشاهده کردند (Zajonc, 1975). با این حال Edwards و Lofty (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 محققین ملاحظه نمودند که پلات‌هایی که نیتروژن معدنی دریافت کرده بودند، از جمعیت بالای کرم‌ها برخوردار شدند. در این میان استفاده از کود دامی به همراه کود شیمیایی کامل ماکرو موجب افزایش جمعیت کرم‌ها گردید. Liyue و همکاران (۲۰۱۶)، نشان دادند که کاربرد کودهای شیمیایی تنها و بدون استفاده از منابع آلی، منجر به ایجاد پیامدهای منفی در فعالیت کرم‌های خاکی در مزارع گندم شده است. نتایج مبین آنست که پس از شصت روز، شرایط شیمیایی خاک به حالت تعادل رسیده و کرم‌ها توانسته‌اند در برابر تنش های اولیه ایستادگی کنند. با این حال پس از گذشت زمان بیشتر و در اعماق پایینتر خاک، آثار مثبت سایر کودهای شیمیایی نیز مشاهده شد. شاید به روشنی نتوان نقش این کودهای نیتروژنی معدنی در افزایش جمعیت کرم‌ها را توضیح داد، با این حال بنظر می‌رسد شصت روز پس از کاربرد کودهای شیمیایی در خاک، این ترکیبات

دستخوش برخی تغییرات بیوشیمیایی شده و از پیامدهای مخرب آنها بر موجودات زنده خاک کاسته شده و در عوض نقش تغذیه‌ای آنها افزایش یافته است. Anderson 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. احتمالا تأثیر مواد آلی بر همه گونه‌ها عمدتاً بواسطه افزایش عرضه غذای آنهاست که یا مستقیماً از مواد آلی استفاده کرده‌اند و یا از ریزجاندارانی که در این مواد رشد کرده‌اند. همچنین Scullion 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. Curry (۲۰۰۴) و Jordan و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش کردند که افزودن کودهای دامی به خاک نقش مهمی در افزایش سریع فعالیت های زیستی و به ویژه کرم‌های خاکی دارد. با این وجود، برخی کودهای دامی مایع که بخوبی کمپوست نشده‌اند، به علت وجود آمونیوم و نمک‌های مختلف، ممکن است تأثیر معکوس کوتاه مدت بر جمعیت کرم‌های خاکی داشته باشند (Curry, 1976). در این راستا، Timmerman و همکاران (۲۰۰۶)، دریافتند که فراوانی کرم‌های خاکی در خاک‌هایی که کود دریافت نکرده‌اند نسبت به خاک‌هایی که با کود دامی مایع تیمار شده‌اند، بیشتر بوده است. در این تحقیق، کرم‌های خاکی واکنش منفی به آمونیوم نشان دادند و بنظر می‌رسد دلیل اینکه سولفات آمونیوم مطلوب کرم‌ها نیست، آنست که احتمالاً این کود به مرور زمان pH خاک را کاهش می‌دهد؛ همچنین اثر سمی رادیکال‌های آمونیوم نیز بی تأثیر نیست. به همین دلیل است که Slater (۱۹۸۴) پیشنهاد داد برای حذف یا کاهش جمعیت کرم‌های خاکی در زمین‌های گلف، از سولفات آمونیوم استفاده شود. تأثیر کودهای فسفاته بر کرم‌ها نیز متفاوت گزارش شده است و این تأثیرات با شرایط خاک تغییر می‌کنند. Gerard و Hay (۱۹۷۹)، گزارش کردند که کاربرد سوپرفسفات در علفزارها موجب کاهش جمعیت کرم‌های خاکی شده است. Bhattacharya و Sahu (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. Liyue و همکاران (۲۰۱۶) 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، از اثرات منفی کود شیمیایی به میزان زیاد کاسته شد. همچنین، نتایج نشان داد که در میان کرم‌های گروه اپی جئیک، گونه *D. veneta* بیشترین مقاومت و یا سازگاری با کودهای شیمیایی را داشته است و در گروه کرم‌های آنسیک شناسایی شده، گونه *L. terrestris* توانایی بهره برداری از شرایط خاک تحت مصرف کودهای شیمیایی را داشته است. از طرفی ممکن است اثرات انواع کودهای شیمیایی بر گونه‌های مختلف کرم‌های خاکی، متغیر باشد. همچنین ممکن است میزان برخی از کودهای شیمیایی که با استفاده از آزمون خاک تعیین و توصیه می‌شوند، زیر حد بحرانی برای کرم‌ها بوده و سلامتی این موجودات را به خطر نیندازند. با این

حال، از احتمال اثر غلظت‌های زیر حد کشندگی این کودها نباید غافل شد؛ زیرا همه نهاده های شیمیایی افزوده شده به خاک تمایل به تجمع زیستی در بافت‌های گیاهی یا جانوری دارند. شواهد مختلف همچنین نشان می‌دهند که اثرات کودهای شیمیایی مختلف بر کرم‌های خاکی مختلف ممکن است از محلی به محل دیگر و یا از عمقی به عمق دیگر، متفاوت باشند. برخی محققین در آزمایشات خود اعلام کرده‌اند که گونه‌های اندوجئیک مانند *Aporrectodea spp.* در مقایسه با گونه‌های اپی جئیک بیشتر تحت تأثیر تغییرات خاک قرار میگیرند (Ma *et al.*, 1990). در این آزمایش، نتایج نشان داد که آمونیوم سولفات، موجب کاهش شدید کرم‌ها در خاک، بخصوص در لایه های سطحی می‌گردد. در این ارتباط کرم‌های اپی جئیک مانند *E. fetida* به علت ضعف قدرت حفاری خاک، ممکن است آسیب بیشتری ببینند.

۵. تشکر و قدردانی

این مقاله، بخشی از رساله دوره دکتری تخصصی در رشته محیط زیست، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران می‌باشد. نگارندگان مقاله از حمایت‌های دانشگاه تهران و همچنین مسئولین و اساتید محترم، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References:

Abbiramy, K., and Ross PR. 2013. Determination of acute toxicity of NPK fertilizers to *Eisenia foetida* using a simple paper contact method. International Journal of Science and Research. 2:2. 415-417.

Aira, M., Monroy, F., and Dominguez, J. 2006. C to N ration strongly affects population structure of Eisenia fetida in vermicomposting systems. European Journal of Soil Biology. 42: 127-131.

Anderson, JR., 1978. Pesticide effects on non-target soil microorganisms. In: *Pesticides Microbiology*, I.R. Hill and S.J.L. Academic Press, London. pp. 313-33.

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.

Asawalam, D. 2006. Influence of cropping intensity on the production and properties of earthworm casts in a Leucaena alley cropping system. Biology and Fertility of Soils. 42: 506-512.

Benton, J., 1999. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. CRC Press Reference. 264 p.

Bhattacharya, A., Sahu, SK., 2014. Lethal effect of urea on soil biota: a laboratory study on earthworm (Drawida willsi), Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 4(6): 64-72.

Blakemore, R. J., 2008. Cosmopolitan Earthworms –an Eco-Taxonomic Guide to the Species. (3rd Edition). VermEcology, Yokohama, Japan. 757p.

Bunemann, E.K., Schwenke, GD., Zwieten, LV., 2006. Impacts of agricultural inputs on soil organisms-a review. Australian Journal of Soil Research 44(4): 379-406.

Curry, J.P., 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Edwards, C.A. (Ed.), Earthworm Ecology. CRC press LLC, Boca Raton, FL, pp. 91–114.

Curry, J.P., 1976. Some effects of animal manures on earthworms in grassland. Pedobiologica 16: 425-438.

Curry, J.P., Doherty, P., Purvis, G., Schmidt, O., 2008. Relationship between earthworm populations and management intensity in cattle-grazed pastures in Ireland. Applied Soil Ecology 39(1): 58-64.

Dash, MC., 1978. Role of earthworms in decomposer system. In: Glimpses of Ecology. J. S. Singh and B. Gopal (Eds). International Scientific Publishers, New Delhi, 309-406.

Edwards, C.A., and Bohlen, P.J., 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman & Hall, London. 426p.

Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1992. The effects of toxic chemicals on earthworms. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 125: 23-99.

Edwards, C.A., and Lofty, J.R., 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. Soil Biology and Biochemistry 14: 515-521.

Edwards, C.A., Bohlen, P.J., Linden, D.R., 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.

Estevez, B., Dayegamiye, A., Coderre, D., 1996. The effect of earthworm abundance and selected soil properties after 14 years of solid cattle manure and NPKMg fertilizer application. Canadian Journal of Soil Science 76: 351-355.

Gerard, B.M., Hay, R.K.M., 1979. The effects on earthworms of ploughing cultivation, direct drilling and nitrogen cultivation in a barley monoculture system. Journal of Agricultural Science 93: 147-155.

Hamidian, A. H., and Yahyaabadi, M., 2017. Application of bioindicators in soil ecosystem health monitoring (with emphasis on earthworms). Journal of land management. Volume 3, 2: 141-152. (In Persian).

Hendrix, P.F., Mueller, B.R., Bruce, R.R., Langdale, G.W., Parmelee, R.W., 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. Soil Biology and Biochemistry 24:1357–1361.

Jordan, D., Miles, R.J., Hubbard, V.C., 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: 99–110.

Liyue, Guo., Guanglei, Wu., Yong, Li., 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 & Tillage Research 156: 140–147.

Marhan, S., and Scheu, S., 2005. The influence of mineral and organic fertilizers on the growth of the endogeic earthworm Octolasion tyrtanum. Pedobiologia 49(3): 239-249.

Lee, K.E., 1985. Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, Sydney. pp. 411.

Ma, W. C., Brussarrd, L. Ridder, J.A., 1990. Long term effects of nitrogenous fertilizers on earthworms and their relation to soil acidification. Agriculture, Ecosystems & Environment 30: 71-80.

Rai, N., Ashya, P. Rathore, D.S., 2014. Comparative Study of the Effect of Chemical Fertilizers and Organic Fertilizers on Eisenia fetida. International Journal of Innovative Research in science Engineering and Technology 3(5): 12991-12998.

Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F., 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scorecard. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 39–59.

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.

Sims, R.W., Gerard, B.M., 1999. Earthworms: Notes for the Identification of British Species. Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association, London. pp. 169.

Slater, C.S. 1984. Earthworms in relation to agriculture, U.S.D.A.

Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. 2. U.S. Department of Agriculture, pp. 539–579.

Syers, JK, Springett, J.A., 1984. Earthworms and soil fertility. *Plant and Soil* 76 (3): 93-104.

Timmerman, A., Bos, D., Ouwehand, J., Goede, R., 2006. Long-term effects of fertilization regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia* 50: 427-432.

Tindaon, F, Benckiser G, Ottow JCG., 2011. Side effects of nitrification on non-target microbial processes in soils. Journal of Tropical Soils 16(1): 7-16.

Whalen, J.K., Parmelee, R.W., 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.

Yahyaabadi, M., 2013. Worms eat my garbage. Nosooh publication. Iran. 176pp. (Translated in Persian).

Yahyaabadi, M., 2016. Identifying native epigeic earthworms (vermicomposters) in Esfahan province. Research project final report no. 50825. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).

Zajonc, I., 1975. Variation in meadow associations of earthworms caused by the influence of nitrogen fertilizers and liquid manure irrigation. In: Proceedings 5th Int. Colloquium in soil zoology, Prague, Czech Republic. pp. 497-503.