نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۳۵-۲۴

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 24-35

مطالعه اثر غلظت های مختلف کادمیوم بر رشد کرم خاکی گونه ایزنیا فتیدا در یک خاک آهکی

راحله جنابی حق پرست[1*]- احمد گلچین[2]- احسان کهنه[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۱/۸

چکیده

فلزات سنگین از راه‌های مختلفی همچون مصرف نهاده‌های شیمیایی، پساب‌ها و فاضلاب‌ها وارد زمین‌های کشاورزی و محیط زیست می‌شوند. اثرات مخرب آنها بر محیط زیست و موجودات زنده گزارش شده است. با توجه به عکس‌العمل سریع موجودات زنده به تغییرات اکوسیستم خود، این تحقیق به منظور بررسی اثرات آلودگی یک خاک آهکی با فلز سنگین کادمیوم بر پارامترهای رشدی کرم خاکی گونه ایزنیا فتیدا[4] انجام شد. بدین منظور رشد کرم خاکی گونه مذکور در خاک آهکی آغشته شده با مقادیر ۰،۱۰،۲۰،۴۰،۶۰،۸۰ میلی‌گرم عنصر در کیلوگرم خاک و دو سطح بدون ماده آلی و افزایش ۵ درصد وزنی ماده آلی در زمان‌های۱۵،۳۰،۴۵،۶۰،۷۵،۰ روز پس از افزایش عناصر به خاک مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای تغییر وزن کرم، تعداد کوکون تولید شده و درصد زنده‌مانی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که افزایش ماده آلی می‌تواند اثرات مخرب فلزات را نسبتاً کاهش دهد. در خاک‌های تیمار شده با کادمیوم، با افزایش غلظت عنصر در خاک، وزن کرم‌ها کاهش یافت و کادمیوم بیشترین تاثیر را بر تعداد کوکون تولید شده داشته است (P< ۰/۰۰۴ خاک آهکی). در خاک‌های تیمار شده با افزایش عنصر به خاک درصد زنده‌مانی کرم‌ها نیزکاهش معنی‌دار داشته است.

واژه‌های کلیدی: کرم خاکی، *ایزنیافتیدا*، کادمیوم، زنده‌مانی، کوکون، ماده آلی

مقدمه

تعداد و انواع کرم‌های خاکی، به مواد آلی خاک، رطوبت و سایر خواص خاک بستگی دارد. در جنگل‌ها و مراتع وزن آنها به ۱۰۰ تا ۲۵۰ گرم در یک متر مربع می‌رسد. در مزارع مقدار آنها کمتر بوده و با اضافه نمودن کودهای آلی، می‌توان مقدار آنها را به ۱۰۰ گرم در متر مربع افزایش داد. تکثیر و رهاسازی آنها می‌تواند برای بهسازی ساختمان و همچنین قدرت باروری خاک موثر واقع شود (۱). کرم‌های خاکی در شرایط مرطوب و در خاکی که مقدار زیادی مواد آلی و کلسیم قابل استفاده دارد فعال هستند. این جانوران به ندرت در خاک-های اسیدی، شنی و حاوی مقدار کم مواد آلی فعالیت می‌نمایند. اگرچه کرم‌های خاکی ممکن است در خاک‌های اسیدی فعالیت کنند، اما در خاک‌های خیلی اسیدی در مقایسه با خاک‌های کمی اسیدی با دامنه pH ۸-۶ تعداد کمتری کرم خاکی یافت می‌شود. گونه‌های لومبریکوس روبلوس[5] و لومبریکوس فستیوس[6] نسبت به گونه لومبریکوس ترستریس[7] به شرایط اسیدی مقاوم‌ترند و ممکن است در جنگل‌های سوزنی برگ وحاوی هوموس مور رواج بیشتری داشته باشند (۸).

کرم‌های خاکی از اجزای اصلی بیوماس جانوری خاک بوده، بنابراین یکی از مهمترین منابع غذایی برای دیگر موجودات بالاتر در هرم غذایی هستند (۶). با توجه به تجمع مواد سمی از قبیل فلزات و برخی حشره‌کش‌ها در بدن کرم خاکی، موجوداتی که از آنها تغذیه می‌کنند مستقیماً تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۲۷). کرم‌های خاکی در تماس مستقیم با اجزاء خاک و به ویژه آب خاک بوده، بنابراین در تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نقش با ارزشی دارند (۲۶). با توجه به دلایل فوق و همچنین در دسترس بودن آنها، حمل و نقل راحت، کاربرد در بررسی‌های مسمویت و تکثیر و پرورش مناسب در آزمایشگاه، تقاضا برای استفاده از این بی‌مهرگان خاکزی در ارزیابی

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان و کارشناس ارشد سازمان جهادکشاورزی استان گیلان
(*- نویسنده مسئول: (Email: r.jenabi@yahoo.com
۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳- کارشناس ارشد مهندسی علوم خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

4- *Eisenia fetida*

5- *Lumbricus rubellus*
6- *Lumbricus festivus*
7- *Lumbricus terrestris*

مخاطرات اکولوژیکی در اکوسیستم‌های خشکی رو به افـزایش اسـت. بنابراین سـازمان همکـاری اقتـصادی و توسـعه اروپـا (۲۳) و آژانـس حفاظت محیط زیست آمریکا (۷)، کرم‌های خاکی گونه ایزنیا فتیدا را به عنوان گونه مناسب در مطالعات آزمایشگاهی معرفی نموده‌اند.

در موجوداتی مثل کرم‌های خاکی، تجمع زیستی[1] یک فلز در بدن موجود به عنوان شاخص سمیت شناخته می‌شود، به‌ویژه برای فلزاتـی که در فرآیند متابولیسم قرار نگرفته و بـدون تغییـر بـه منطقـه هـدف می‌رسند (۲۰). در کرم‌های خاکی بر خلاف سایر بی‌مهرگان خـاکزی، مواد شیمیایی یا سموم از دو راه جذب بدن می‌شوند:

۱ – جذب پوستی ۲ – جذب بلعی[2] . چون کـرم‌هـای خـاکی در تماس مستقیم با آب خاک بوده و دیواره بدن آنها نفوذپـذیری زیـادی دارد (برای تصفیه و تبادل گازهای تنفسی، مقدار قابل توجهی از آب و دیگر مولکول‌ها از دیواره بدن کرم مبادله مـی‌شـوند)(۲۲ و ۳۷) مـواد شـیمیایی حـل شـده در محـیط از قبیـل یـون‌هـای فلـزی آزاد، می‌توانند از این طریـق وارد بـدن کـرم خـاکی شـوند. در روش دوم، آلاینده‌های فلزی جذب خاک و اجزای آلی شده که به عنـوان غـذای کرم خاکی مورد استفاده قرار مـی‌گیرنـد یـا وارد آب خـاک شـده کـه مستقیماً بلعیده می‌شوند. از نظر تئوری در جذب پوسـتی بایـد غلظـت مواد شیمیایی در بافت‌ها، بـا غلظـت آن مـاده در آب نـسبت مـستقیم داشته باشد (۳). بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که غلظـت مـاده مورد نظر در آب خاک تعیین کننده فراهمـی زیـستی[3] آن مـاده بـرای کرم های خاکی می‌باشد (۱۶).

فلز کادمیوم از جمله آلاینده‌هایی اسـت کـه هنگـام رهـاسـازی فاضلاب‌ها یا اصلاح خاک با لجـن‌هـا بایـد بـه آن توجـه کـرد (۳۶). کادمیوم عنصری غیر ضروری بوده که به مرور در بدن موجودات زنده (به ویژه بافت کلیوی) تجمع می‌یابد و در بدن انسان دارای نیمه عمر بیولوژیکی طولانی ۳۳–۱۶ سال می‌باشد (۲۹). همچنـین کـادمیوم در اندام‌های بی‌مهرگان خاکزی از قبیل ایزوپودها و کرم‌های خاکی می-تواند تجمع یابد که در نهایت کادمیوم در دسترس موجودات عـالی‌تـر که از آن گروه تغذیه می‌کنند قرار می‌گیرد (۱۲).

کادمیوم توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، در گروه یک مواد سرطان‌زای انسانی طبقه بندی شده است و تحقیقات نـشان داده که برای حیوانات آزمایشگاهی و وحشی سرطان‌زا می‌باشد (۱۳ و ۳۵). به‌علاوه غلظت‌های بالای کادمیوم در خـاک باعـث کـاهش کـارآیی متابولیسم، میکروارگانیسم‌هـای خـاکزی مـی‌شـود (۲۸). کـادمیوم از طریق مـصرف فاضـلاب‌هـای آلـوده، کودهـای شـیمیایی و آبـشویی باطری‌های کادمیوم‌دار وارد محیط زیست می‌شـود (۱۴). مکانیـسم-های سمیت کادمیوم مختلف و پیچیده است. اگرچه تاکنون مکانیـسم سمیت کادمیوم و جهش‌زایی آن در DNA به خوبی مـشخص نـشده است، اما گزارش شده کـه کـادمیوم فعالیـت موتـاژنی (جهـش‌زایـی) بالایی دارد و می‌تواند در سیستم تـرمیم DNA اخـتلال ایجـاد کنـد. کادمیوم در غلظت‌هـای پـایین‌تـر از ۰/۵میلـی‌گـرم در کیلـوگرم بـا اخـتلال در سیـستم‌هـای DNA از تـرمیم آن جلـوگیری مـی‌کنـد (۱۱).

سمیت کادمیوم اثرات بیولوژیکی و بیوشیمی متفاوتی دارد. برخـی از اثرات آن در انسان‌ها و دیگر پستانداران توسط والـی و اولمـر (۳۳) گـزارش شـده اسـت. کـادمیوم در اتـصال بـا کمـپکس کننـده‌هـای بیولـوژیکی مختلـف، از قبیـل گـروه‌هـای سـولفیدریل، امیـدازول در آلبومین، دیتیول در آنزیم‌ها یا کربوکسی در پپتیدازها، بـا روی رقابـت کرده که منجر به ایجاد تغییراتی در فعالیت آنزیم‌ها می‌شود که بـرای عملکرد طبیعی بیولوژیکی بدن مهم است. همچنین کادمیوم می‌توانـد با فسفولیپیدها پیوند برقرار کرده که بـا گـسترش آنهـا باعـث سـمیت میتوکندری، کلیه‌ها و غشاء عصبی می‌شوند.

اثرات کادمیوم در کرم‌های خاکی توسـط محققـین بررسـی شـده است. به عنوان مثال کادمیوم می‌تواند بر تراکم جمعیـت، رشـد، بلـوغ جنسی و تولید مثل کرم خاکی اثر بگذارد (۲۵ و ۳۰). بنابرگزارش هما و همکاران (۱۱) کادمیوم می‌تواند باعـث کـاهش ایمنـی بـدن شـود. کادمیوم در بدن کرم خاکی در گرانول‌هایی در بافت کلراگنوس[4] (۲۰) و همچنین در نفریدی‌ها (۲۴) تجمع می‌یابـد. مطالعـه اسـپورگئون و هوپکین (۳۱) نشان داد که در خاکی که بـه صـورت مـصنوعی آلـوده شده بود، کادمیوم، مس، سرب و روی باعث افـزایش تلفـات، کـاهش رشد و تولید کرم خاکی گونه ایزنیا فتیـدا شـده اسـت. طـی گزارشـی اسپورگئون و همکاران (۳۲) اعلام کردند که کادمیوم تـا غلظـت ۳۰۰ میکروگرم در گرم سوبسترا، اثر معنی‌داری بر زنـده‌مـانی کـرم خـاکی گونه ایزنیا فتیدا نداشت. اما مس با غلظت ۱۰۰۰ میکروگـرم در گـرم سوبسترا، اثر منفی معنی‌داری بر زنده‌مـانی کـرم‌هـا داشـت. روی اثـر ضعیف ولی معنی‌داری بر تلفات کرم‌ها در غلظـت ۴۰۰ میکروگـرم در گرم سوبسترا داشت. سرب کمترین اثر سمیت را بروز داد به‌طوری که در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در گرم سوبسترا، زنده مانی کاهش معنی-داری داشت.

بررسی اثرات آلاینده‌ها با روش اندازه‌گیری غلظت آنها در محیط، به‌دلیل برهم‌کنش‌های موجود علاوه بر وقت گیر بودن، بیـانگر پاسـخ موجودات زنده به آلاینده نمی‌تواند باشـد. بـا توجـه بـه پاسـخ سـریع موجودات زنده به تغیرات محل زندگی، دسترس بودن کرم‌های خاکی، حمل و نقل راحت، کاربرد در بررسی‌های مسمویت، تکثیـر و پـرورش مناسب در آزمایشگاه، تقاضا برای استفاده از این بی‌مهرگـان خـاکزی در ارزیابی مخاطرات اکولـوژیکی در اکوسیـستم‌هـای خـشکی رو بـه

1- Bioaccumulation
2- Oral
3- Bioavailabity
4- Chloragogrnous

افزایش است. بنابراین این تحقیق برای ۱-بررسی میزان حساسیت کرم خاکی ایزینا فتیدا در غلظت‌های مختلف کادمیوم ۲-بررسی تاثیرگذاری میزان ماده آلی بر سمیت کادمیوم برای کرم‌ها به اجرا درآمد.

مواد و روش ها

تهیه و پرورش کرم‌های خاکی مورد آزمایش

کرم خاکی گونه *ایزنیافتیدا* از مجتمع کشت و صنعت مغان تهیه شد. سپس کرم‌ها برای تکثیر در جعبه‌های چوبی قرارداده شدند. برای تغذیه کرم‌ها، کودگاوی بدون اوره(شستشوی کود با آب) هرهفته یکبار به محیط اضافه می‌شد. جعبه‌ها تا شروع آزمایش درسایه با دمای۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد نگهداری شدند.

خاک آهکی مورد نظر از اراضی ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار، ازعمق ۳۰-۰ سامتی‌متری نمونه‌برداری شدند. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکها طبق روشهای متداول در موسسه تحقیقات خاک و آب کشور اندازه‌گیری شدند (۲) که در جدول شماره۱ ارائه - شده‌است. پس از تهیه خاک‌ها، آنها را خشک کرده و ازالک ۲ میلی‌متری عبور داده‌شدند. خاک‌ها تا شروع آزمایش در سایه نگهداری شدند.

آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از سطوح مختلف فلز سنگین، زمان تماس کرم خاکی با عنصر مورد نظر و افزایش یا عدم افزایش ماده آلی به خاک.

کادمیوم با غلظت های مورد بررسی برای هر عنصر در هر خاک عبارت بودند از : صفر، ده، بیست، چهل، شصت و هشتاد میلی‌گرم عنصر در هر کیلوگرم خاک. تیمار زمان هم شامل زمان های نمونه برداری در صفر، ۱۵ ، ۳۰ ، ۴۵ ، ۶۰ ، ۷۵ روز پس از افزودن کرم‌های خاکی به جعبه‌های حاوی مواد آزمایشی می‌باشد.

برای تیمار افزایش یا عدم افزایش ماده آلی، لاشبرگ درختان صنوبر از اراضی ایستگاه تحقیقات صنوبر جمع آوری شد. تیمار افزایش ماده آلی شامل افزایش ۵ درصد وزنی ماده آلی هر جعبه بود. پس از جمع آوری، لاشبرگ‌ها در آون با دمای 70^{o} سانتی‌گراد خشک شدند، سپس برای اختلاط یکنواخت‌تر با خاک، خرد شده و از الک عبور داده شدند.

برای ایجاد سازگاری کرم‌ها با محیط جدید و جلوگیری از ایجاد تنش در کرم‌ها، قبل از شروع آزمایش، مقداری از خاک مورد آزمایش در جعبه‌های چوبی ریخته‌شد، سپس کرم‌ها به آنها اضافه و به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند. درصورت نیاز، به خاک‌ها آب اضافه شد تا رطوبت آنها در حد ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری حفظ شود.

برای تهیه خاک آلوده به فلز، پس از تهیه خاک‌ها، باید نمک مناسب هر عنصر تهیه می‌شد. بنابراین از سولفات کادمیوم ساخت مرک آلمان استفاده شد. برای اضافه‌نمودن فلز سنگین به خاک‌ها، مقدار عنصر در حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و مقدار ۱۶۷ میلی لیتر به هر جعبه اضافه شد. برای این کار خاک هر جعبه روی صفحه پلاستیکی پخش شد و با استفاده از مه‌پاش دستی(آب‌پاش) مقدار محلول موردنیاز به تدریج روی خاک اسپری شده و با خاک مخلوط شد. بعد از افزودن محلول، هر خاک مجدداً به جعبه برگردانده شد و اتیکت مورد نیاز روی آن نصب شد. جعبه‌ها به همراه خاک داخل آن به مدت ۱۰ روز برای برقراری تعادل بین عناصر و خاک درگلخانه نگهداری شدند. لازم به ذکر است که قبل از افزایش عنصر به خاک، برای تیمارهای حاوی ماده آلی، ۵ درصد وزنی از ماده آلی جمع‌آوری شده به هر جعبه اضافه‌شده و کاملاً با خاک مخلوط شده و رطوبت خاک‌ها در حدود ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه تنظیم شد.

پس از گذشت ۱۰ روز، کرم‌ها از محیط سازگاری خارج شده و برای دقت در تعیین وزن آنها به مدت ۲۴ ساعت در پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار داده‌شدند تا محتویات روده آنها تخلیه شود. بعد از این مرحله تعدادی با اندازه تقریبا یکسان انتخاب شده، و روی کاغذ صافی خشک قرارداده شدند تا آب اضافی بدن آنها گرفته- شود سپس ۱۰ کرم جداشده و توزین شدند. پس از توزین، کرم‌ها به بستر نهایی انتقال داده شدند. سعی گردید که وزن کرمها در کلیه تیمارها و تکرارها تقریباً یکسان باشد. جعبه‌ها در گلخانه با دمای۲±۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند.

درصورت لزوم رطوبت خاک جعبه‌ها تنظیم می‌شدند. بعداز گذشت پانزده روز از شروع آزمایش، کرم‌ها(کرم‌های باقی‌مانده در جعبه در هر مرحله) را با استفاه از الک از خاک جداکرده و برای جداسازی ذرات خاک و ماده آلی از بدن آنها، کرم‌ها را داخل آب غوطه‌ور کرده سپس با کاغذ صافی آب اضافی را خشک کرده و با استفاده از ترازوی حساس آزمایشگاهی وزن کرم‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. خاک جعبه‌ها برای مشاهده کوکون به دقت بررسی شده هرگونه علایم مشخصه دیگر مثل ظهور اندام جنسی در کرم‌ها نیز بررسی و ثبت می‌شد. تلفات کرم‌ها هم ثبت و اندزه‌گیری شد. عمل اندازه‌گیری وزن کرم‌ها و بررسی سایر مشخصات آنها هر پانزده روز یکبار و تا ۷۵ روز بعد از شروع آزمایش تکرارشد.

در پایان آزمایش پس از توزین نهایی کرم‌ها، آنها را به مدت ۴۸ ساعت داخل پتری دیش حاوی کاغذ صافی مرطوب قرارداده تا محتویات داخل روده آن‌ها به طورکامل تخلیه شود. پس از این مدت کرم‌ها خشک شده و مجدداً توزین شدند. برای اندازه‌گیری عناصر در بدن کرم از روش هضم با اسید (۱۵) استفاده شد. به این منظور بعد از توزین پنج کرم، آنها با ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۵۵٪ به مدت

حداقل ۸ ساعت هضم شدند. سپس نمونه‌ها در دمای ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت و سپس در دمای ۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی‌که محلول به جوش آید و بخار قهوه‌ای از ظرف بیرون نیاید حرارت داده شدند. بعد از سردشدن، یک میلی‌لیتر اسیدپرکلریک ۷۰٪ به نمونه‌ها اضافه شد و نمونه‌ها در دمای۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که دیگر بخار سفیدی از نمونه‌ها متصاعد نشود حرارت داده‌شدند. بعد از سرد شدن ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به هر نمونه اضافه شد و در دمای۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد همانند مرحله قبل حرارت داده‌شدند. پس از اینکه نمونه‌ها کاملاً سرد شدند آنها را با کاغذ صافی، فیلتر کرده و با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده‌شدند و در ظرف پلاستیکی تا زمان تجزیه نگهداری شدند. برای هر عنصر، نمونه شاهد نیز همانند مرحله فوق آماده شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ورژن۶) انجام شد. برای آنالیز از رویه ANOVA استفاده شد مقایسه میانگین ها در صورت معنی دار شدن F با آزمون دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از برنامه Excel، نرم افزار MS Office استفاده شد.

نتایج

تاثیر غلظت‌های مختلف کادمیوم، زمان و ماده آلی بر وزن کرم‌ها

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن کرم‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل این تیمارها بر وزن کرم‌ها معنی‌دار است- (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین اثر ساده غلظت‌های کادمیوم نشان داد که با افزایش غلظت، وزن کرم‌ها کاهش یافته است به طوری که تیمار شاهد و ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک، بیشترین میانگین وزن را داشته، و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دارند، تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک نیز با میانگین وزن ۰/۲۳۵ گرم، کمترین وزن را داشته و به جز با تیمار ۶۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار دارد (شکل ۱). با گذشت زمان نیز به وزن کرم‌ها اضافه شده به‌طوری که در هر مرحله وزن کرم‌ها با مرحلهٔ دیگر تفاوت معنی‌دار دارد (شکل ۲). افزایش مادهٔ آلی به خاک نیز موجب افزایش معنی‌دار وزن کرم‌ها شده است (شکل۳). مقایسه میانگین اثر متقابل زمان × غلظت نیز نشان داد که در همهٔ غلظت‌ها با گذشت زمان به وزن کرم‌ها افزوده شده اما این افزایش در تیمارهای شاهد و ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک بیش از سایر تیمارها بوده است. اثر متقابل مادهٔ آلی سطوح کادمیوم هم نشان داد که افزایش مادهٔ آلی علی رغم افزایش غلظت‌های کادمیوم، توانسته باعث بالا رفتن وزن کرم‌ها شود.

تعداد کوکون تولید شده

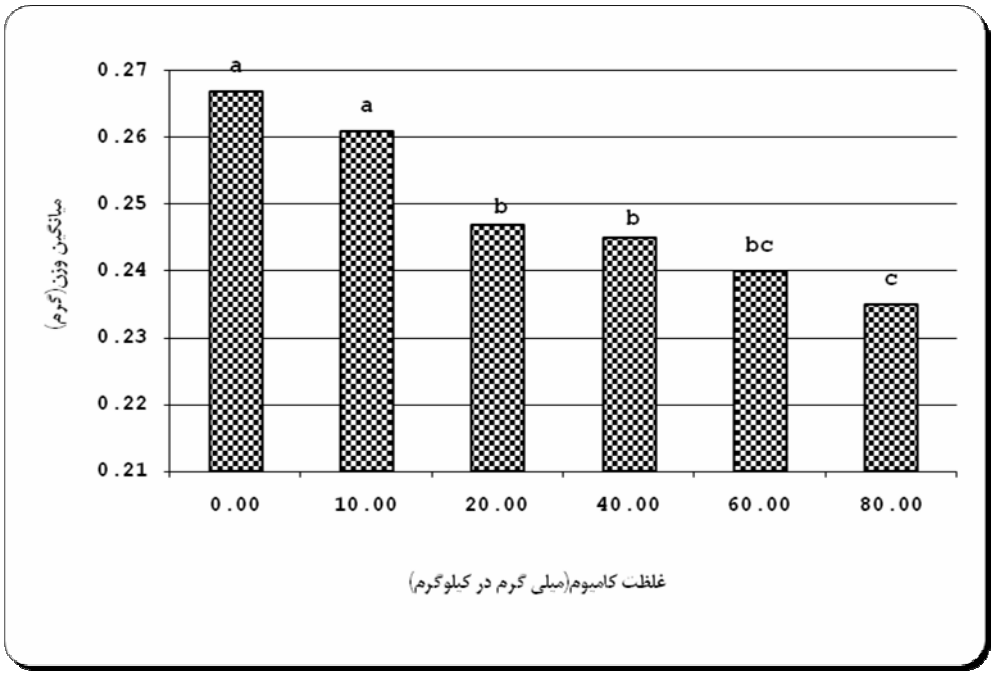
با افزایش کادمیوم به خاک، تنها اثر سادهٔ غلظت‌های کادمیوم و زمان بر تعداد کوکون‌های تولید شده معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین کوکون تولید شده در غلظت‌های مختلف کادمیوم نشان داد که با افزاش غلظت کادمیوم، تعداد کوکون کاهش یافته است به- طوری که بیشترین کوکون در تیمار شاهد مشاهده شده است اما این تیمار با تیمارهای ۱۰ و ۴۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم تفاوت معنی‌دار ندارد.

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش

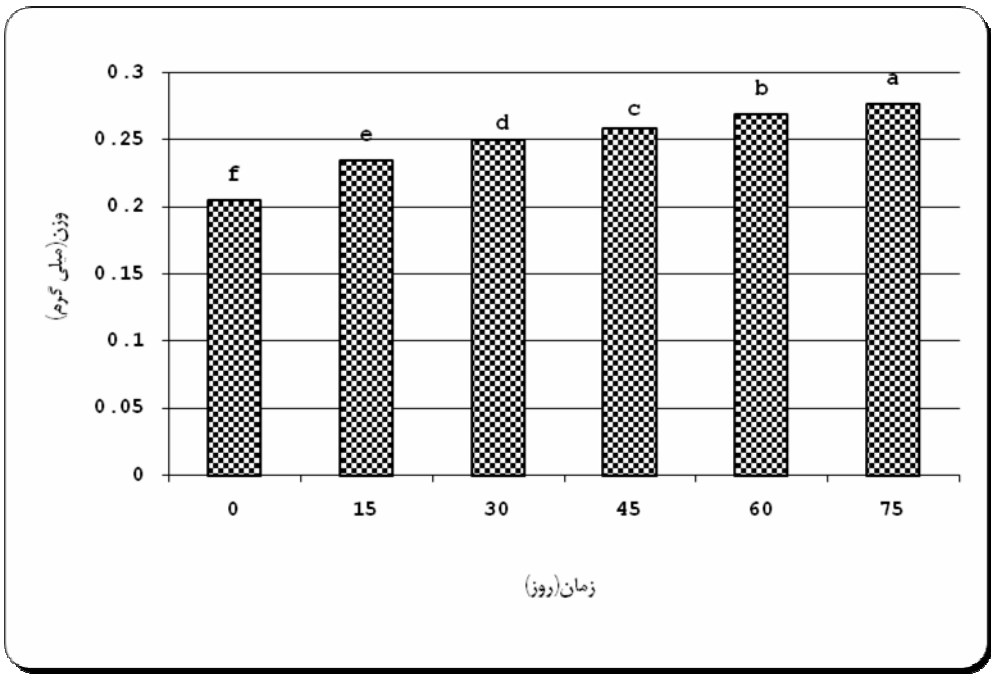
pH	EC	O.C	$CaCO_3$	N	P	K	Cd	بافت
	dS/m		٪			$mg\ kg^{-1}$		
7.6	1.2	1.34	9.3	0.06	13	128	0	لوم رسی

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن کرم‌ها در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
کادمیوم	۵	۰/۰۲۷۴	۰/۰۰۵۵	۱۶/۰۷	۰/۰۰۰۱
زمان	۵	۰/۱۲۲۵	۰/۰۲۴۵	۷۱/۸۷	۰/۰۰۰۱
مادهٔ آلی	۱	۰/۰۳۲۳	۰/۰۳۲۳	۹۴/۶۳	۰/۰۰۰۱
مادهٔ آلی × کادمیوم	۵	۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۴۸	۱۴/۵۱	۰/۰۰۰۱
کادمیوم × زمان	۲۵	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۰۵۹	۱/۷۲	۰/۰۲۳۵
مادهٔ آلی × زمان	۵	۰/۰۲۳۱	۰/۰۰۴۶	۱۳/۵۴	۰/۰۰۰۱
مادهٔآلی×زمان×کادمیوم	۲۵	۰/۰۵۷۶	۰/۰۰۰۳		
خطای آزمایشی	۱۴۴	۰/۳۰۲۳			
کل	۲۱۵				



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن کرم‌ها درغلظت‌های مختلف کادمیوم در خاک آهکی



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن کرم‌ها طی زمان در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

کمترین کوکون تولیدی هم به تیمار ۸۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک تعلق دارد (شکل ۴). تعداد کوکون تولید شده در زمان‌های ۶۰ و ۷۵ روزه هم با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند اگرچه بیشترین تعداد کوکون در ۶۰ روز مشاهده شده است (شکل ۵).

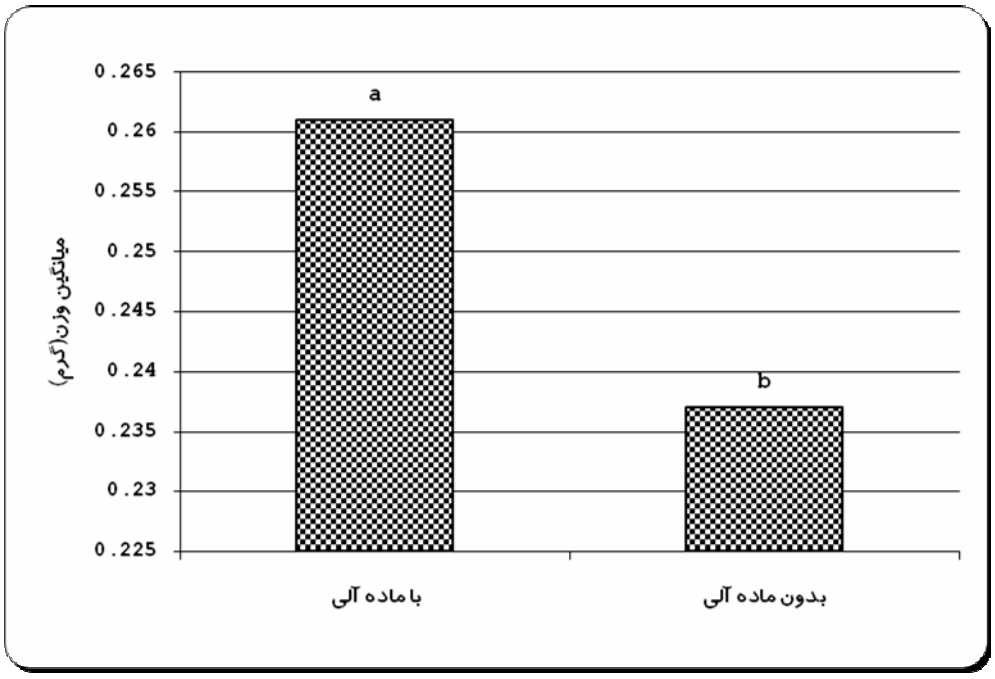
درصد زنده مانی

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد که درصد زنده‌مانی کرم‌ها در خاک‌های آغشته به کادمیوم تحت تأثیر سطوح کادمیوم، زمان، مادهٔ آلی، اثر متقابل مادهٔ آلی × کادمیوم و زمان × مادهٔ آلی قرار دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین درصدهای زنده‌مانی در سطوح کادمیوم

نشان داد که بیشترین درصد زنده‌مانی در تیمار صفر میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک مشاهده شده است و با افزایش غلظت کادمیوم در خاک، درصد زنده‌مانی روند کاهشی معنی‌داری داشته است (شکل ۶). مقایسه میانگین درصدهای زنده‌مانی در زمان‌های مختلف نشان داد که با گذشت زمان تلفات کرم‌ها افزایش یافته به‌طوری که پس از گذشت ۷۵ روز، حدود ۲۷ درصد از کرم‌ها تلف شده‌اند. درصد زنده-مانی کرم‌ها در ۱۵ و ۳۰ روز اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (شکل ۷). افزایش مادهٔ آلی به خاک نیز توانسته است حدود ۴ درصد از تلفات کرم‌ها نسبت به تیمارهای فاقد مادهٔ آلی بکاهد (شکل ۸). افزایش مادهٔ آلی به خاک توانسته در کلیهٔ غلظت‌های کادمیوم منجر به افزایش درصد زنده‌مانی شود.

بحث

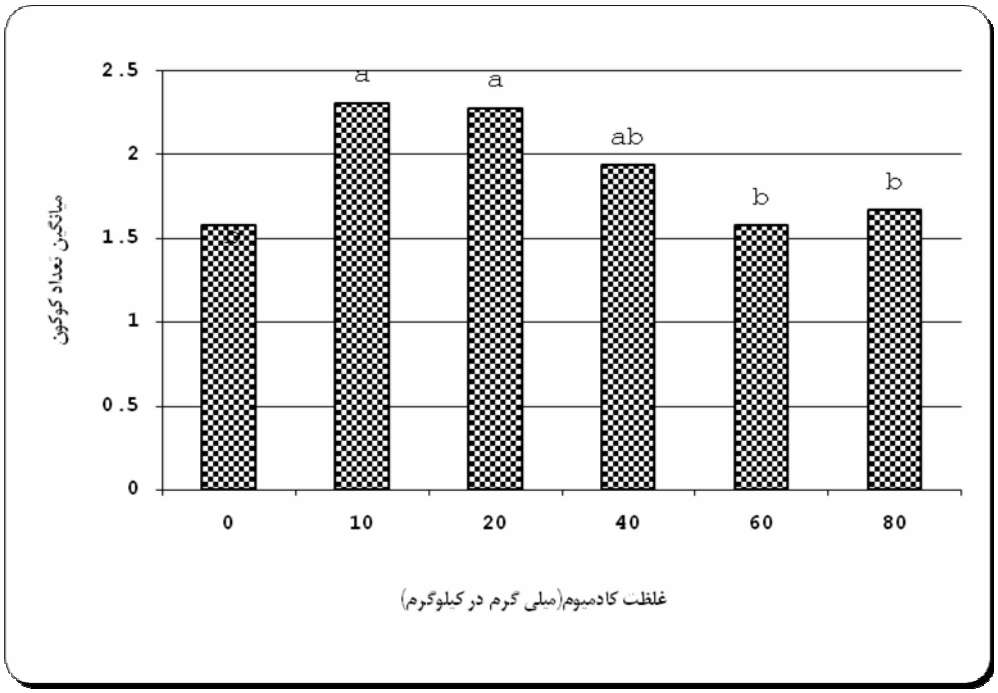
در خاک‌های تیمار شده با کادمیوم، با افزایش غلظت عنصر در خاک، وزن کرم‌ها کاهش یافت و بیشترین وزن در تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم در کیلوگرم) ثبت شد. اسپورگئون و همکاران (۳۲) نیز اثر کادمیوم، مس، سرب و روی را بر وزن کرم خاکی ایزنیا فتیدا بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که وزن کرم‌هایی که در تیمار شاهد و غلظت‌های پایین فلزات قرار گرفته بودند پس از گذشت یک هفته افزایش کمی داشت. اما در هفته‌های بعدی وزن کرم‌ها کاهش یافت به طوری که بعد از ۵۶ روز، تفاوت معنی‌داری ($P > ۰/۰۵$) در وزن کرم‌ها بین تیمارها با شاهد وجود نداشت.



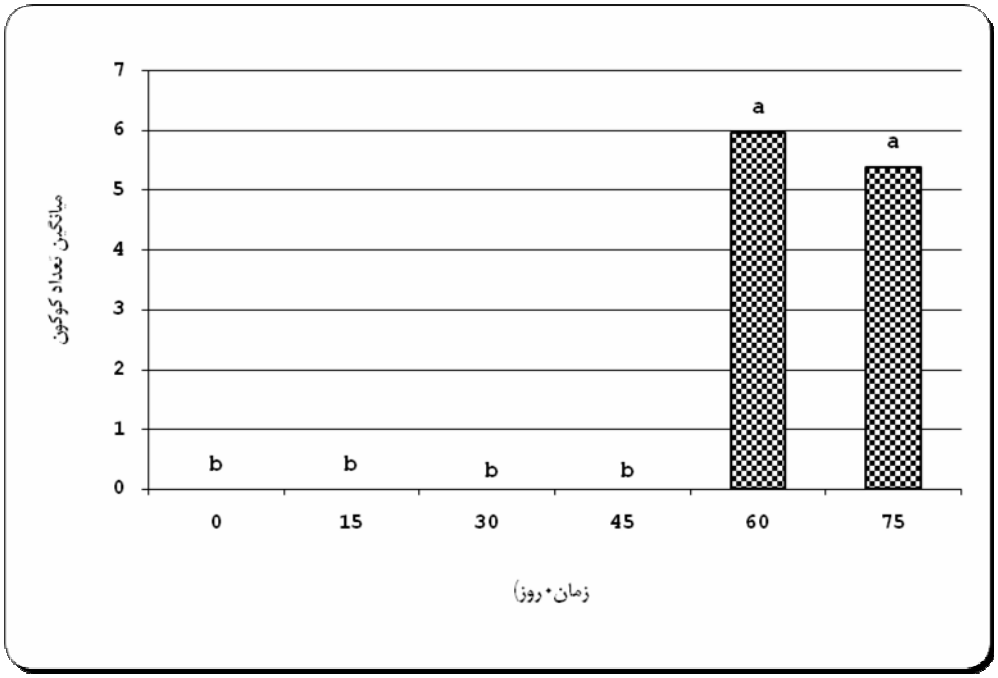
شکل ۳ – مقایسه میانگین وزن کرم‌ها در اثر افزودن ماده آلی در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

جدول ۳- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد کوکون تولید شده در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
کادمیوم	۵	۲۰/۸۳	۴/۱۷	۳/۵۶	۰/۰۰۴۴
زمان	۵	۷۷۱/۵۵	۱۵۴/۳۱	۱۳۱/۷۳	۰/۰۰۰۱
مادهٔ آلی	۱	۳/۱۳	۳/۱۳	۲/۶۷	۰/۱۰۴۰
کادمیوم × مادهٔ آلی	۵	۱/۴۸	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۹۳۷۹
کادمیوم × زمان	۲۵	۴۴/۲۸	۱/۷۷	۱/۵۱	۰/۰۶۶۲
مادهٔ آلی × زمان	۵	۶/۷۶	۱/۳۵	۱/۱۵	۰/۳۳۴۰
مادهٔآلی×کادمیوم×زمان	۲۵	۱۹۷/۹۶	۱/۱۷		
خطا	۱۴۴	۱۰۴۶/۰۰			
کل	۲۱۵				



شکل٤- مقایسه میانگین تعداد کوکون تولیدشده توسط کرم ها در غلظت‌های مختلف کادمیوم در خاک آهکی

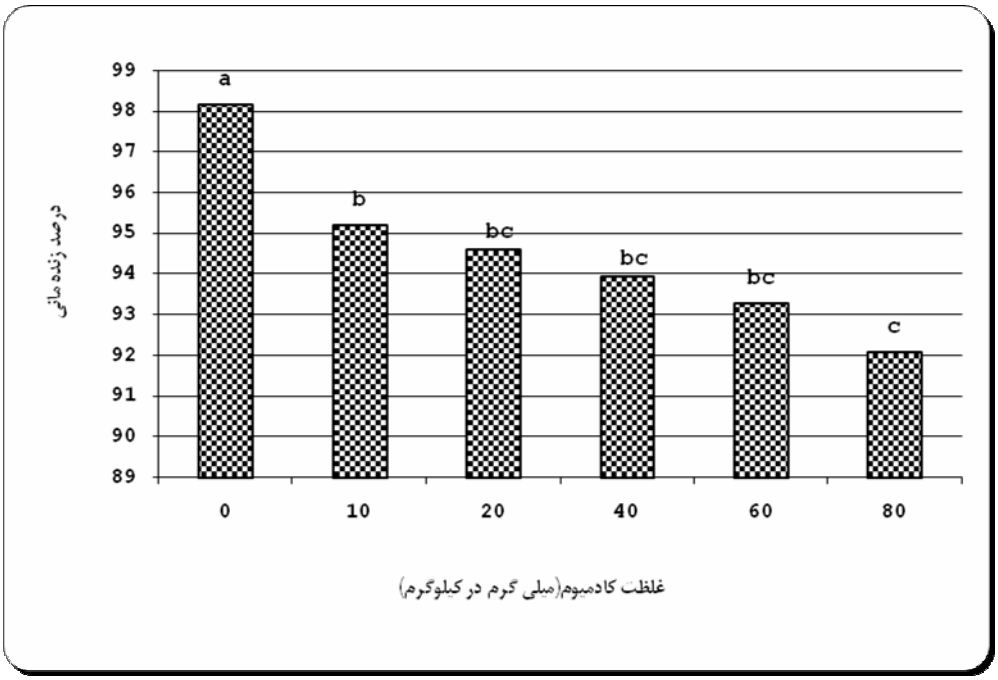


شکل ٥- مقایسه میانگین تعداد کوکون تولیدشده توسط کرم‌ها طی زمان در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

به عقیده آنها افزایش وزن اولیه احتمالاً می‌تواند به دلیل بلع خاک توسط کرم‌ها باشد. شایان ذکر است که حداقل غلظت‌های مورد استفاده در آزمایش آنها، برای سرب و روی ۱۰۰میلی‌گرم در کیلوگرم و برای کادمیوم و مس به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که تفاوت نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج ما می‌تواند به دلیل غلظت‌های مختلف و نوع بستر کشت باشد، آنها از بستر مصنوعی شماره۲۰۷ توصیه شده بوسیله OECD (۲۳) استفاده کردند.

جدول ٤- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد زنده‌مانی کرم‌ها در خاک آهکی آغشته به کادمیوم

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Pr>F
غلظت کادومیوم	۵	۷۷۵/۲۸	۱۵۵/۰۵	۴/۳۸	۰/۰۰۱۰
زمان	۵	۱۸۶۰/۷۸	۳۷۲/۱۵	۱۰/۵۰	۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۱	۴۴۸۲/۶۷	۴۴۸۲/۶۷	۱۲۶/۵۲	۰/۰۰۰۱
ماده آلی×کادمیوم	۵	۵۲۶/۳۹	۱۰۵/۲۸	۲/۹۷	۰/۰۱۳۹
کادمیوم×زمان	۲۵	۴۳۵/۹۴	۱۷/۴۴	۰/۴۹	۰/۹۷۹۶
ماده آلی×زمان	۵	۱۲۱۱/۸۹	۲۴۲/۳۸	۶/۸۴	۰/۰۰۰۱
ماده آلی×کادمیوم×زمان	۲۵	۳۸۰/۳۹	۱۵/۲۱	۰/۴۳	۰/۹۹۲۱
خطا	۱۴۴	۵۱۰۲/۰۰	۳۵/۴۳		
کل	۲۱۵	۱۴۷۷۵/۳۳			



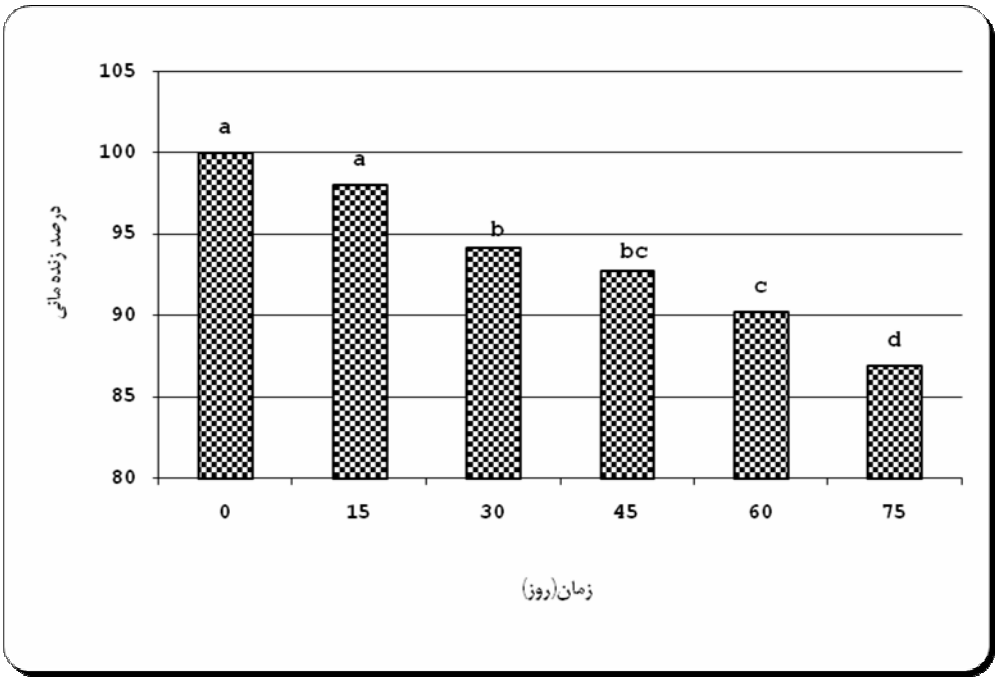
شکل ٦ – مقایسه میانگین درصد زنده‌مانی کرم‌ها در غلظت‌های مختلف کادمیوم در خاکی آهکی

کادمیوم بیشترین تاثیر را بر تعداد کوکون تولید شده داشته است (P< ۰/۰۰۴ خاک آهکی)، به‌طوری که حتی افزایش ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک، منجر به کاهش تعداد کوکون تولید شده گردیده است. اسپورگئون و همکاران (۳۲) گزارش کردند که افزایش غلظت‌های پایین کادمیوم (۵میکروگرم)، سرب (۱۰۰میکروگرم) و روی (۱۰۰میکروگرم) موجب بالارفتن تعداد کوکون تولیدی نشده است. در تحقیق ما تعداد کوکون تولید شده، نسبت به برخی گزارشات محققین کمتر بوده است که احتمالا می‌تواند به دلیل در دسترس نبودن غذای مناسب برای کرم‌ها باشد. به‌طوری که وان گستل و همکاران (۳۴) میزان تولید ۰/۲ کوکون/کرم/هفته را برای کرم‌هایی که با کود حیوانی تغذیه نشده بودند ثبت کردند در حالی که۱/۲ تا ۲ کوکون/کرم/هفته برای کرم‌های تغذیه شده با کود حیوانی گزارش کردند.

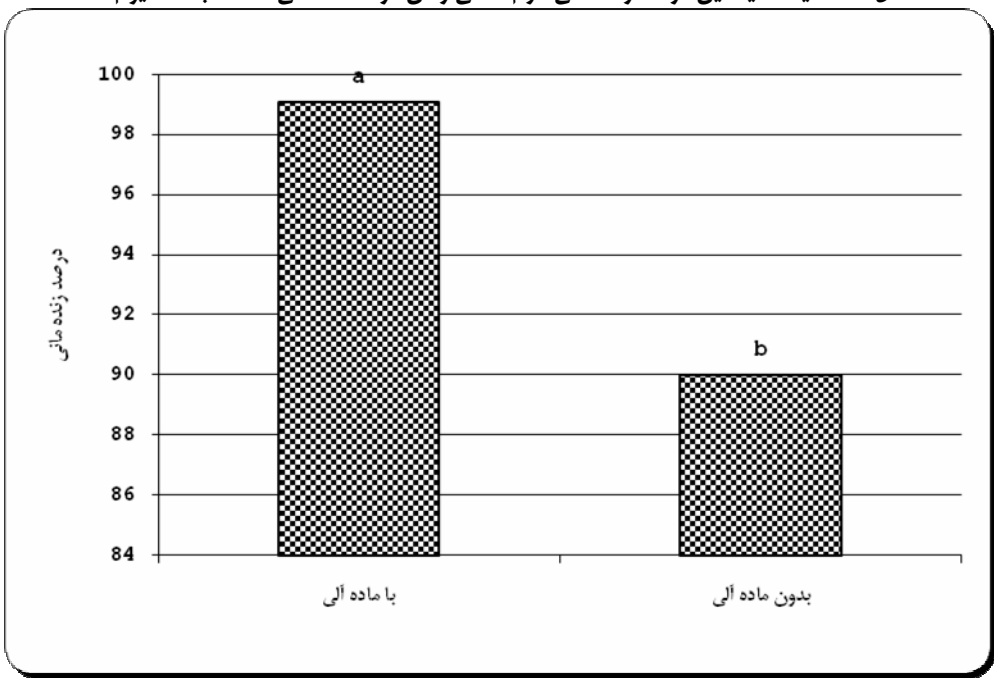
در خاک‌های تیمار شده با کادمیوم، با افزایش عنصر به خاک درصد زنده‌مانی کرم‌ها کاهش معنی‌دار داشته است. اسپورگئون و همکاران (۳۲) نیز گزارش کرده‌اند که غلظت‌های بالای کادمیوم (۳۰۰ میکروگرم) اثر معنی‌داری بر تلفات کرم‌ها نداشت. به عقیده مورگان و مورگان (۲۱) مقاومت بالای کرم‌های خاکی به اثرات سمی کادمیوم، احتمالا می‌تواند به دلیل سم‌زدایی آن توسط پروتئین‌های متالوتیونین در کانال‌های غذایی پشتی[1] باشد.

در مجموع با مقایسه شاخص‌های مورد بررسی مشخص شد که تغییر وزن کرم‌ها در پاسخ به آلودگی خاک با کادمیوم سریع‌تر می‌باشد و پس از آن درصد زنده‌مانی کرم‌ها می‌تواند به عنوان عامل تعیین کننده مورد استفاده قرار گیرد.

1- Posterior alimentary



شکل ۷- مقایسه میانگین درصد زنده‌مانی کرم‌ها طی زمان در خاک آهکی آغشته به کادمیوم



شکل ۸- مقایسه میانگین درصدزنده مانی در اثر افزودن ماده آلی به خاک آهکی آغشته به کادمیوم

تفاوت‌های گزارش شده در مقالات از اثرات عناصر بر پارامترهای رشدی کرم خاکی می‌تواند بـه دلیـل زمـان‌هـای متفـاوتی باشـد کـه جانوران در تماس با آلاینده ها قرار می‌گیرند. به طوری که زمان‌هـای آزمایش از چند ساعت تا چند هفته متغیر است. البته برای موجوداتی با طول عمر زیاد مثل کرم خاکی، آلودگی به سموم موجود در خـاک یـا مزرعه ممکن است در طول زندگی موجود که تـا حـدود ۴ سـال نیـز می‌رسد ادامه داشته باشد (۶). غلظت کادمیوم در بدن کرم زمانی می‌تواند به حد سمیت برسد که زمان تمـاس کـرم بـا آن طـولانی باشـد بنابراین اثرات بالقوه فلزات ممکن است در آزمایش‌های کوتـاه مـدت نادیده گرفته شود یا کم برآورد شود. کرم‌های خاکی نـسبت بـه سـایر

بی‌مهرگان خاکزی حساسیت بیشتری به آلودگی فلزات سنگین دارند (۴). غلظت‌های بالای فلزات سنگین در خاک بر تراکم، تولید کوکون، رشد، زنده مانی و تکامل جنسی کرم‌های خاکی موثر است (۳۱).

غلظت‌های بالای یک آلاینده می‌تواند به طریق مستقیم و غیر مستقیم بر رشد کرم‌های خاکی اثرگذار باشد. آلاینده‌ها می‌توانند از طریق مستقیم بر فیزیولوژی کرم‌های آلوده، یا تغییر تعادل انرژی و در نتیجه تلاش کرم برای جلوگیری از تجمع آلاینده در بافت‌های حساس خود اثرگذار باشند. در کرم‌های خاکی کادمیوم، سرب و قسمت عمده روی بوسیله پیوند یا گرانول کلراگوسیت[1] یا پروتین‌های شبه متالوتیونین[2] در بافت‌های کلروژئوژنوس[3] (۲۰) سم زدایی می‌شوند. این افزایش تقاضا برای مصرف انرژی بیشتر، قطعا نتیجه‌اش کاهش انرژی قابل دسترس برای رشد و تکامل کرم است (۵). مکانیسم های فوق علاوه بر رشد، در بلوغ جنسی و تولید کوکون توسط کرم نیز موثرند.

بنابر گزارش لیانگ و زو (۱۸) تغییر وزن نسبت به درصد زنده‌مانی، شاخص حساس‌تری در شناسایی اثرات سمی آلاینده در کرم‌های خاکی می‌باشد. از آنجایی که بیوماس منعکس کننده رشد جمعیت بوده و تعداد، بیانگر تکثیر و زنده‌مانی است می‌توان چنین نتیجه گرفت که رشد کرم‌های خاکی قبل از اینکه تکثیر و زنده‌مانی رخ دهد، تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

اسپورگئون و هوپکین (۳۱) گزارش کرده‌اند که گونه‌هایی از کرم خاکی که نسبت به کادمیوم، سرب، روی و مس حساس‌ترند، نسبت به گونه‌های مقاوم‌تر، غده کلسیمی آن‌ها که کار آن تشکیل پیوند با روی و سرب و سم زدایی آن‌هاست، ترشحات کمتری دارد. فوریه و همکاران (۹) گزارش کرده‌اند که اگر چه تجمع فلز به مقدار جذب آن وابسته است اما این دو را نباید با هم اشتباه گرفت. ممکن است که بسیاری از گونه‌ها کادمیوم جذب شده را بدون پیوند با آن دفع کنند، اما این دفع، احتمالا بعد از بروز اثرات تخریبی کادمیوم رخ می‌دهد. گونه‌های دیگر ممکن است با کادمیومی که جذب کرده‌اند پیوند تشکیل دهند. بنابراین رابطه بین تجمع و اندازه بدن به احتمال زیاد همانند رابطه بین جذب و اندازه بدن نیست. زمانی که فلزاتی مثل کادمیوم وارد بدن کرم می‌شوند، ممکن است وارد اجزاء بیولوژیکی قابل دسترس شده و اثر سمی داشته باشند یا اینکه در اجزاء بیولوژیکی غیر قابل دسترس ذخیره شده و با تشکیل پیوند غیر فعال شوند (۱۷). بنابراین تنها بخشی از کادمیومی که وارد بدن می‌شود ممکن است اثر سمی نداشته باشد. به‌طوری که مورگان و مورگان (۲۲) بیان کردند که گونه‌های اندوجیک نسبت به گونه‌های انه‌سیک[4] یا اپی‌جیک[5]، غلظت بیشتری کادمیوم در بدن خود انباشته می‌کنند.

منابع

۱- حق پرست تنها م.ح.۱۳۷۲. خاکزیان و خاک‌های زراعی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی رشت.

۲- علی احیایی م. و بهبهانی زاده ع.ا.۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک، جلد اول، نشریه شماره ۸۹۳، موسسه تحقیقات خاک و آب.

3- Allen H.E. 1997. Standards for metal should not be based on total concentrations. SETAC-Europe news, 8: 7-9.

4- Bengtsson G., Gunnarsson T., and Rundgren S. 1986. Effects of metal pollution on the earth-worm *Dendrobaena rubida* (Sav.) in acidified soils. Water, Air and Soil Pollution, 28:361–383.

5- Donker M.H., Zonneveld C., and Van Straalen N.M. 1993. Early reproduction and reproductive allocation in metal adapted populations of the terrestrial isopod *Porecllio scaber*. Oecologia, 96: 316-323.

6- Edwards C.A., and Bohlen P.J.1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3rd. Chapman & Hall, London.

7- EPA. 1996. Ecological Effects Test Guide lines. Earthworm subchronic toxicity test. United States Environmental Protection Agency.

8- Fisher R. F., and D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. New York: John Wiley and Sons. 489 p.

9- Fourie F., Reinecke S.A., and Reinecke A.J. 2007. The determination of earthworm species sensitivity differences to Cadmium genotoxicity using the comet assay, Ecotoxicology and Environmental Safety, 67:361–368.

10- Hartwig A. 1998.Carcinogenicity of metal compounds: possible role of DNA repair inhabitation. Toxicology Letters, 102-103:235-239.

11- Homa J., Niklinska M., and Plytycz B. 2003. Effect of heavy metals on coelomocytes of the earthworm *Allolobophora chlorotica*. Pedobiologia, 47: 640–645.

12- Hopkin S.P. 1989. Ecophysiology of metals in invertebrates. Elsevier Applied Science, London.

13- IARC. 1994. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 58. Beryllium,

1- Chloragocytes
2- Metallothoonein
3- Chloragogenous
4- Anecic
5- Epigeic

Cadmium, Mercury, and exposures in the glass manufacturing industry.
14- Irwin R. J., Vanmouwerik M., Stevens L., Seese M. D., and Basham W. 1997.Environmental contaminants encyclopedia. National Parks Service, Water Resources Division, Fort Collins, Colorado. US government.
15- Katz S. A., and Jennis S. W. 1983. Regulatory compliance monitoring by Atomic Absorption Spectroscopy. VCH, Weinheim/New York.
16- Kiewiet A.T., Ma W.C.1991. Effect of pH and calcium on lead and cadmium uptake by earthworms in water. Ecotoxicology and Environmental Safety, 21: 32–37.
17- Lanno R.P., Leblanc S.C., Knight B.L., Tymowski R., and Fitgerald D.G. 1998. Application of body residues as a tool in the assessment of soil toxicity. In: Advances in earthworm Ecotoxicology.,(Eds) Sheppard, S., Bembridge, J., Holmstrup, M. and Posthuma, L., SETAC Press, Pensacola, Fl.
18- Liang J., and Zhou Q. 2003. Single and Binary-Combined Toxicity of Methamidophos, Acetochlor and Copper Acting on Earthworms *Esisenia Foelide* Bull.Environ.Contam.Toxicol., 71:1158–1166.
19- Luoma S.N., and Rainbow P.S. 2005. Why is metal bioaccumulation so variable? Biodynamic as a unifying concept. Environmental Science and Technology, 39: 1921-1931.
20- Morgan A.J., and Morris B. 1982. The accumulation and intracellular compartementation of cadmium, lead, zinc and calcium in two earthworm species (*Dendrobaena rubida* and *Lumbricus rubellus*) living in highly contaminated soil. Histochemistry, 75: 269–285.
21- Morgan J.E., and Morgan A.J. 1992. Heavy metal concentrations in the tissues, ingesta and faces of ecophysiologically different earthworm species. Soil Biology and Biochemistry, 24: 1691-1697.
22- Morgan J.E., and Morgan A.J. 1993. Seasonal changes in the tissue metal (Cd, Zn and Pb) concentrations in two ecophysiologically dissimilar earthworm species- pollution monitoring implications. Environmental Pollution, 82: 1-7.
23- OECD. 1984. Guideline for the testing of chemicals no. 207. Earthworm, acute toxicity tests. OECD-guideline for testing chemicals. Paris, France.
24- Prinsloo M.W., Reinecke S.A., Przybylowicz W.J., Mesjasz-Przybylo wicz J., and Reinecke A.J. 1999. Micro-PIXE studies of Cd distribution in the nephridia of the earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta).Nucl. Instrum. Methods B., 158:317–322.
25- Reinecke A.J., and Reinecke S.A. 1996. The influence of heavy metals on the growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Pedobiologia, 40: 439–448.
26- Reinecke A.J., and Reinecke S.A. 2004. Earthworms as test organisms in Ecotoxicological assessment of toxicant impacts on ecosystems. In: Edwards, C.A.(ed)Earthworm ecology. CRC, BocaRaton, FL, Pp 299– 320.
27- Reinecke A.J. 1992. A review of ecotoxicological test methods using earthworms.In:In: Greig-Smith, P.W., Becker, H., Edwards, P.J., Heimbach, F. (Eds.), Ecotoxicology of Earthworms. Intercept, Hants, Pp.7–19.
28- Renella G., Mench M., Land L., and Nannipieri P. 2005. Microbial activity and hydrolase synthesis in long-term Cd-contaminated soils. Soil Biology and Biochemistry, 37: 133-139.
29- Richardson M.L., and Gangollil S. 1993. The Dictionary of Substances and their Effects, vol.2C.Royal Society of Chemistry, London, UK.
30- Siekierska E., and Urbanska-Jasik D. 2002. Cadmium effect on the ovarian structure in earthworm *Dendrobaena veneta*(Rosa). Environmental Pollution, 120: 289-297.
31- Spurgeon D.J., and Hopkin S.P. 1995. Extrapolation of the laboratory- based OECD earthworm toxicity test to metal-contaminated field sites. Ecotoxicology, 4:190–205.
32- Spurgeon D.J., Hopkin S.P., and Jones D.T. 1994. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): Assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial eco -systems. Environmental Pollution, 84:123–130.
33- Vallee B.L., and Ulmer D. 1972. Biochemical effects of mercury, cadmium, and lead. Annual Review of Biochemistry, 41: 91-128.
34- VanGestel C.A.M. 1992. The influence of soil characteristics on the toxicity of chemicals for earthworms: a review. In: Ecotoxicology of Earthworms, Greig-Smith, P.W., Becker, H., Edwards, P.J., Heimbach, F. (Eds.) Intercept, Hants.
35- Waisberg M., Joseph P., Hale B., and Beyersmann D. 2003. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. Toxicology, 192: 95-117.
36- Water Research Commission of South Africa. 1997. Permissible utilization and disposal of sewage sludge. 1st edn.
37- Weber R.E. 1978. Respiration. In: Physiology of Annelids, Mill, P. J.(ed). Academic Press. London.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 24-35

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۳۵-۲۴

Effect of Different Cadmium Concentrations on Growth of *Eisenia fetida* in a Calcareous Soil

R. Jenabi Haghparast[1]*- A. Golchin[2]- E. Kahneh[3]

Received: 16-04-2011
Accepted: 27-01-2013

Abstract

Heavy metals are entered to the environment by mining and by applying sewage sludge and agricultural inputs to soils. These metals have detrimental effects on environment and soil organisms. An experiment was conducted to determine the cadmium affects on earthworms (*Eisenia fetida*) in a calcareous soil amended with 0 and 5% organic matter. The concentrations of Cd in soils were 0,10,20,40, 60 and 80 mg kg^{-1} and growth parameters of the earthworms were measured with 15 day intervals over 75 days. Survival, growth and cocoon production of earthworms were determined. The results showed that addition of organic matter to soils reduced the toxic effects of cadmium to earthworms. In soils contaminated with Cd the weights of the earthworms decreased with increasing the concentrations of this metal and cadmium had the highest negative effects on cocoon production. The highest earthworm's mortality was recorded in soils contaminated with cadmium.

Keywords: Earthworm, *Eisenia fetida*, Cadmium, Survival, Cocoon, Organic matter

1-Former MSc Student of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Znajan University and MSc of Soil Science, Jehade Agriculture Organization of Guilan Province
(*- Corresponding Author Email: r.jenabi@yahoo.com)
2- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Znajan University
3- MSc of Soil Science Department, Agriculture and Natural Research Center of Guilan