مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هفدهم ، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۳۱۳ تا ۳۲۴

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی بقای کرم خاکی در راکتورهای خاک پالایی آلوده به دیزل

بهناز عبداللهی نژاد[۱]، مهدی فرزادکیا[۱،۲،*]

۱- مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

واژگان کلیدی: کرم خاکی ایزنیافتیدا، ترکیبات آروماتیک، کمپوست همزمان، بقای کرم ها

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mahdifarzadkia@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: کرم های خاکی در تشکیل خاک، حفظ ساختار و حاصلخیزی خاک اهمیت دارند و می توانند به عنوان ابزاری برای ارزیابی دگرگونی ها و تاثیرات مختلف مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثرات آلاینده دیزل بر جمعیت و بقای کرم خاکی گونه ایزنیافتیدا است.

روش بررسی: این تحقیق یک مطالعه تجربی و بنیادی-کاربردی بوده و با هدف بررسی اثرات غلظت‌های مختلف دیزل بر بقای کرم خاکی ایزنیافتیدا در راکتور حاوی لجن فعال خام و ورمی کمپوست طراحی و به مدت ۹۰ روز اجرا گردید. به هر راکتور مقدار kg ۱ خاک آلوده شده با دیزل و ورمی کمپوست و لجن فعال خام با نسبت های ۱ : ۰/۳۵ : ۰/۲۵ اضافه گردید. کرم های بالغ ایزنیافتیدا پس از سازگاری با محیط واکنش، با تعداد ۱۰ عدد و ۲۰ عدد به راکتورها با غلظت های g/L ۱۰ و ۳۰ دیزل اضافه شد.

یافته‌ها: بقا و زنده مانی کرم های خاکی و تشکیل کوکون در راکتور شماره ۳ بیشتر از سایر راکتورها مشاهده شد. همچنین میزان حذف دیزل در راکتور شماره ۳ با مشخصات نمونه خاک آلوده شده با دیزل g/kg dried soil ۱۰ + ۲۰ عدد کرم خاکی ایزنیافتیدا، با اختلاف معناداری ۵ درصد نسبت به دیگر راکتورها بیشتر است (۷۰/۵ درصد).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که تولید مثل کرم های خاکی نسبت به بقا یا تغییر وزن نسبت به غلظت های بالاتر خاک آلوده به دیزل حساس‌تر است. وجود ترکیبات نفتی در خاک برای رشد ایزنیافتیدا مضر است و اثرات حاد آن بر تولید پیله و کوکون ها مشاهده شد.

Please cite this article as: Abdollahinejad B, Farzadkia M. Investigating earthworm survival in diesel-contaminated soil remediation reactors. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):313-24.

Copyright © 2024 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

مقدمه

خاک سیستمی پویا و پیچیده است که به عنوان زیستگاه میکروارگانیسم ها، گیاهان و جانوران عمل می کند و ارتباط مستقیمی با انسان دارد. امروزه خاک های آلوده به ترکیبات نوظهور به عنوان یک نگرانی محیط زیستی و بهداشتی در نظر گرفته می‌شود، زیرا منجر به آلودگی آب های زیرزمینی و تجمع زیستی ترکیبات شیمیایی از طریق شبکه های غذایی می‌شوند و بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارند (۱).

در محیط زیست آلاینده ها دائما در تماس با آب، خاک و هوا هستند. هنگامی که آلاینده از میان این محیط ها حرکت می‌کند از فازی به فاز دیگر تغییر یافته و این تغییر فاز موجب بهم خوردن مقادیر مواد در فازهای اولیه می‌شود. عبور آلاینده ها از میان خاک فرآیندی پیوسته بوده که دارای تغییرات فازی مختلفی می‌باشد. تفاوت ها در نوع خاک می‌تواند تأثیرات ژرفی بر سرنوشت زیست‌محیطی و سمیت آلاینده های خاک داشته باشد (۲).

ترکیبات نفتی و به ویژه دیزل حاوی غلظت بالایی از آلکان‌های نسبتاً محلول با وزن مولکولی پایین بوده و برای میکروارگانیسم‌ها نسبتاً سمی است و به عنوان یک تهدید جدی برای خاک به ویژه در مناطق نفت خیز می‌باشد (۱).

از روش‌های مختلفی از جمله تصفیه بیولوژیکی، تصفیه فیزیکی/ شیمیایی و عملیات حرارتی برای پالایش خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی استفاده می‌شود (۱).

فرایندهای بیولوژیکی به دلیل راهبری آسان و همچنین عدم ایجاد آلاینده‌های ثانویه محیط زیستی در زمینه پالایش خاک بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲). ورمی کمپوست یک کود زیستی ارگانیک، سبک وزن، تمیز و بی بو بوده و ظاهری شبیه به پودر قهوه دارد. لغت verm مشتق از کلمه لاتین vermis به معنای کرم است و ورمی کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است که به مساعدت گونه هایی خاص از کرم ها، قارچ ها، باکتری ها و اکتینومیست ها انجام می پذیرد (۳). ورمی کمپوست مواد حاصل از بستر رشد کرم ها بوده که پس از دفع شدن از سیستم گوارشی این موجودات در محیط باقی می ماند. این ماده شامل فضولات کرم به همراه مواد آلی تجزیه شده و اجساد کرم هاست که برای گیاهان ارزش غذایی فراوانی دارد و خاک را حاصلخیز می کند (۴).

مواد دفع شده توسط کرم ها اغلب دارای ازت، فسفر و پتاسیمی به مراتب بیشتر از خاک های بدون کرم است و میزان عناصر میکرو نیز در این خاک ها بیشتر هستند. نسبت کربن به ازت ورمی کمپوست برابر ۲۰ و پایین تر از آن است. طول دانه‌های خشک ورمی کمپوست بین mm ۵-۱ است. ورمی کمپوست یک کود صد در صد آلی است و در اصلاح بافت فیزیکی خاک نقش بسزایی دارد. علاوه بر این، ورمی کمپوست آب را بهتر نگه می دارد و از تبخیر سطحی و یا نفوذ سریع آب به داخل عمق خاک جلوگیری می نماید (۵). کرم های خاکی یکی از ماکروفوناهای عمده خاک محسوب می‌شوند و جزء اصلی خاک را تشکیل می دهند. از مزایای وجود کرم های خاکی در خاک عبارتند از: هوادهی خاک، تفکیک خاک جهت دسترسی آسان تر توسط ریشه گیاهان، کمک به خاک جهت نگهداری آب بیشتر و تصفیه و پاکسازی مواد آلی مرده از طریق خوردن آنها و بازگرداندن آنها به زنجیره غذایی. به طور کلی کرم های خاکی می توانند به‌عنوان شاخص های بیولوژیکی در حاصلخیزی خاک محسوب شوند (۶).

کرم خاکی این مطالعه از شاخه کرم های حلقوی و خانواده لومبریسیده و جنس ایزنیا است. گونه های مختلف این جنس برای اولین بار در اروپا، سیبری، جنوب روسیه، اسرائیل و شمال آمریکا یافت شدند. رنگ این کرم قرمز، ارغوانی و یا قهوه‌ای و از قسمت شکمی متمایل به زرد بوده و تعداد بندهای آن حدود ۱۱۰-۸۰ و طول آن مابین mm ۱۳۰-۳۲ است و چون مایع داخلی لوله گوارش در این گونه بوی سیر (فوتوس = بوی بد) می‌دهد به این اسم، نام گذاری شده است (۷). عمده‌ترین محیط زیست آنها عبارتست از توده‌های کود، زمین های باغبانی حاوی مقادیر زیادی مواد آلی و نیز جنگل ها و مناطقی که پسمانده‌های چوبی و برگی فراوانی دارند (۸). در کرم پالایی و ورمی کمپوست این نوع کرم‌ها بیشترین کاربرد را در جهان دارند و جمعیت آنها متناسب با مواد غذایی در دسترس افزایش می یابد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

Zicsi در سال ۱۹۷۵ ضمن مطالعه روی چهارده گونه از کرم های خاکی دریافت که گونه ایزنیا فتیدا (E.Fetida) بیشترین حد تغذیه را نسبت به سایر گونه‌ها داشته و دگرگونی و تغییر شکل مواد غذایی در حضور این گونه بیشتر و سریعتر از سایر گونه‌ها بوده است (۹). ایزنیافتیدا در بیش از ۲۷ نقطه در ایران دیده شده است. مهمترین مناطقی که این کرم ها در آن دیده شده‌اند عبارتند از: اصفهان، تهران، شهرکرد، در شمال ایران رشت، ولی آباد انزلی ساحل غازیان، کپورچال، بابل، خرم‌آباد، تنکابن، قاسم آباد و رودبار (۱۰). در سال ۲۰۱۶، Chachina و همکاران در مطالعه ای به بررسی زیست پالایی (Bioremediation) خاک‌های آلوده به نفت و دیزل توسط کرم ایزنیافتیدا پرداختند؛ نتایج نشان داد خاک با آلاینده نفتی ۲۰ تا g/kg ۶۰ بعد از ۲۲ هفته در حضور کرم‌ها و آماده سازی زیستی حدود ۹۹ درصد کاهش یافت، در خاک آلوده به دیزل با غلظت g/kg ۴۰ در حضور کرم خاکی و آماده سازی میکروبی بعد از ۱۴ روز حدود ۳۰ درصد از گونه های کرم به دلیل سمیت با سوخت دیزل از بین رفتند و میزان تجزیه هیدروکربن های نفتی را در حضور کرم‌های خاکی حدود ۹۷ درصد نشان داد (۱۱).

در سال ۲۰۱۱، Sun و همکاران در مطالعه‌ای در دو حالت با حضور کرم خاکی و بدون حضور کرم خاکی تجزیه میکربی پایرن (Pyrene) از خاک را مورد بررسی قرار دادند که مشاهده شد با افزودن کرم خاکی، حذف پایرن از خاک بوسیله باکتری ها بطور قابل ملاحظه ای افزایش یافت (۱۲). Singh و همکاران سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای به بررسی زیست پالایی لجن آب گیری شده بعلاوه ورمی کمپوست و کرم خاکی ایزنیافتیدا پرداختند. مطالعه در ۶ راکتور با نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست و همچنین نمونه شاهد انجام شد. بیشترین میزان تخم گذاری و تشکیل کوکون (Cocoon) در زمانی که لجن فاضلاب بیشتر بود، رخ داد. میزان نیتروژن، فسفر، سدیم و pH در فرآیند کمپوست فزایش پیدا می‌کنند و زمانی که کرم خاکی نباشد کاهش پیدا می‌کنند (۱۳).

کرم‌ها قادرند در شرایط سخت محیطی و همچنین در محیط‌های دارای نوسانات زیاد رطوبتی و درجه حرارت زندگی کنند. شرایط محیطی مناسب برای رشد کرم‌ها عبارتند از: دمای ^{o}C ۲۰ رطوبت ۷۰-۶۵ درصد و pH بهینه در حد خنثی تا کمی اسیدی. وجود رطوبت بیش از حد به علت ایجاد شرایط بی هوازی سبب مرگ کرم ها می‌گردد (۱۴). اگرچه مطالعات بسیاری به بررسی حذف آلاینده‌های سخت تجزیه پذیر و آروماتیک با استفاده از فرایند ورمی کمپوست پرداخته‌اند، اما تاکنون مطالعات اندکی به میزان بقا و زنده مانی کرم های خاکی مورد استفاده در فرایند کمپوست در مواجهه با آلاینده‌های سمی پرداخته‌اند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی بقای کرم خاکی در راکتورهای کو-ورمی کمپوست خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی و دیزل است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی و بنیادی-کاربردی بوده و با هدف بررسی اثرات غلظت های مختلف دیزل بر بقای کرم خاکی ایزنیافتیدا در راکتورهای مختلف محتوی لجن فعال خام و ورمی کمپوست انجام شد؛ میزان حذف دیزل و همچنین میزان بقای کرم های خاکی به عنوان شاخص های عملکردی جهت بررسی راکتورها تعیین گردید.

مراحل اجرایی تحقیق

_ مرحله آلوده سازی خاک به دیزل

خاک مورد استفاده در این مطالعه شامل رس و ماسه با نسبت وزنی ۲۵ درصد و ۷۵ درصد بود. پس از دو مرحله استریلیزاسیون، خاک‌های تهیه شده از الک mm ۲ عبور داده شد و سپس با دیزل با غلظت‌های g/ kg dried soil ۳۰ و ۱۰ به صورت مصنوعی آلوده شدند. در این مرحله، در ابتدا مقادیر مشخص از دیزل با دقت وزن گردید و سپس با یک مقدار از استون مخلوط شد. سپس ترکیب حاصله به خاک‌های استریل شده در راکتورها اضافه گردید. این فرآیند به مدت ۷ روز تا زمان تبخیر کامل استون از خاک تکرار گردید (۱۵).

_ لجن نمونه برداری شده

لجن بیولوژیکی خام از فرآیند کانال اکسیداسیون تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران جمع‌آوری گردید و به آزمایشگاه منتقل شد. لجن نمونه‌برداری شده تا زمان انجام آزمایشات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

در یخچال و دمای ^{o}C ۴ نگهداری شد. آزمایشات مرتبط با آنالیز خصوصیات کیفی لجن بر اساس روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام شد. مشخصات نمونه لجن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات لجن نمونه برداری شده

مشخصات لجن فعال خام	
ویژگی	**مقدار**
pH	۷/۵۹
نسبت کربن به ازت	۱۸/۳۶
درصد جامدات خشک	۲/۹۵
درصد جامدات فرار	۷۹/۱۸
رطوبت (درصد)	۹۷/۰۵

- *تهیه کمپوست و کرم خاکی ایزنیافتیدا*

کمپوست و کرم خاکی ایزنیافتیدا مورد استفاده در این مطالعه از سایت کمپوست گاوی شهر هشتگرد تهیه شد (شکل ۱). به منظور سازگاری کرم خاکی با محیط راکتور و آزمایشات، در ابتدا کرم خاکی بالغ به مدت ۲۱ روز در مواجهه با غلظت مشخصی از دیزل قرار داده شد.

شکل ۱- نمونه کرم خاکی مورد استفاده در مطالعه

_ *راه اندازی راکتور ها*

پس از انجام مراحل آماده‌سازی، تعداد ۶ ظرف مکعب مستطیلی به طول ۲۱/۵ cm و عرض ۱۴/۵ cm و ارتفاع ۹/۵ cm آماده شد (شکل ۲). به هر راکتور مقدار ۱ kg خاک آلوده شده با دیزل و ورمی کمپوست و لجن فعال خام با نسبت های ۱ : ۰/۳۵ : ۰/۲۵ اضافه گردید. اطلاعات مربوط به هر یک از راکتورهای شش گانه در جدول ۲ ارائه شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

شکل ۲- آماده سازی راکتورها جهت انجام فرایند ورمی کمپوست

جدول ۲- مشخصات راکتورها

راکتورها	غلظت دیزل(g/kg)	تعداد کرم خاکی
۱	۱۰	۰
۲	۱۰	۱۰
۳	۱۰	۲۰
٤	۳۰	۰
۵	۳۰	۱۰
٦	۳۰	۲۰

_ سنجش دیزل

سنجش دیزل موجود در خاک بر اساس روش ۳۵۵۰B USEPA انجام شد (۱۶). به طور خلاصه، g ۲ خاک جهت جداسازی ذرات درشت، توسط الک mm ۲ غربال گردید و با g ۲ سولفات سدیم به منظور کاهش اثر رطوبت خاک مخلوط گردید (۱۵). سپس mm ۵ استون و mm ۵ n-هگزان به آن اضافه گردید و با استفاده از دستگاه اولتراسونیک عمل استخراج آلاینده از خاک به داخل حلال (استون) صورت گرفت. خاک به مدت min ۲ در معرض امواج اولتراسونیک قرار گرفت و گازوئیل از خاک وارد حلال شد. همچنین برای افزایش زمان تماس، نمونه به مدت h ۱ روی شیکر در rpm ۲۰۰ هم زده شد. پس از آن، نمونه ها را در حالت سکون قرارداده و مایع رویی از فیلتر µ ۰/۲۲ عبور داده شد.

_ سنجش بقا و زنده مانی کرم ها

کرم های بالغ ایزنیافتیدا پس از سازگاری با محیط واکنش، با تعداد به ترتیب ۱۰ و ۲۰ عدد به راکتورها با غلظت‌های

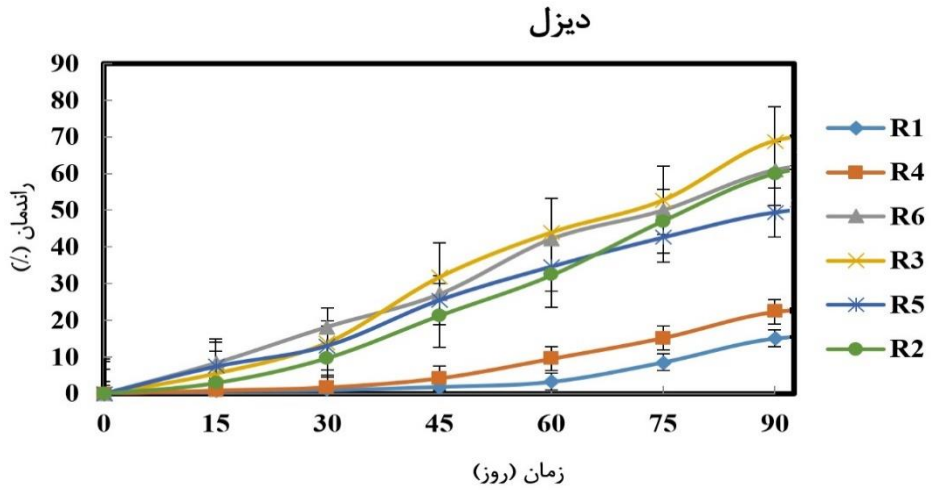
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

g/L ۱۰ و ۳۰ دیزل اضافه گردید (جدول ۲). تعداد کوکون ها (تخم کرم) و کرم های خاکی ایزنیافتیدا در ابتدا و انتهای زمان راهبری راکتورهای مختلف شمارش گردید.

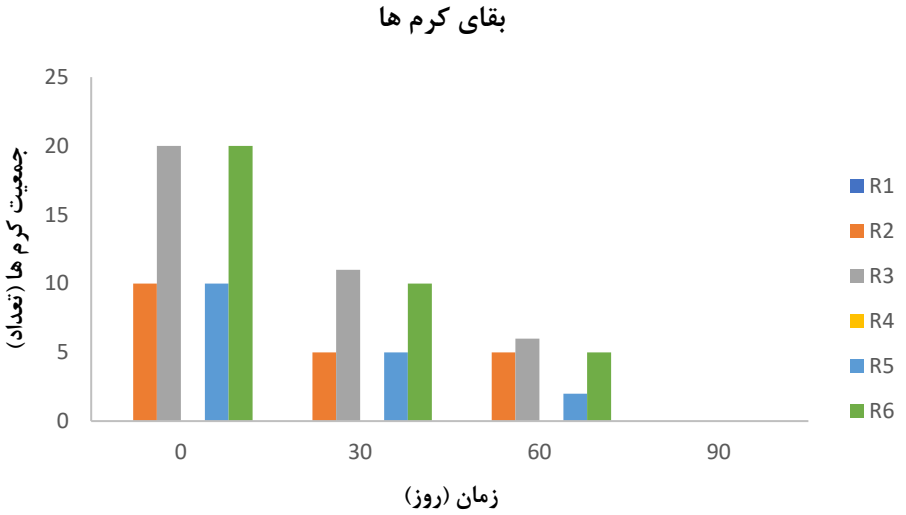
یافته‌ها

نتایج مربوط به درصد حذف دیزل در حالت‌های مختلف طراحی آزمایش

جهت تحلیل و بررسی تاثیر دیزل بر بقای کرم خاکی ایزنیافتیدا، داده‌های حاصل از راندمان حذف دیزل نیز در راکتورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. راندمان حذف دیزل در راکتورهای شش گانه در طول فرایند راهبری در نمودار ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمون آماری واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) نشان داد که میانگین میزان حذف دیزل در راکتور شماره ۳ با مشخصات نمونه خاک آلوده شده با دیزل g/kg خاک ۱۰ + ۲۰ عدد کرم خاکی ایزنیافتیدا، با اختلاف معناداری ۵ درصد نسبت به دیگر راکتورها بیشتر است (۷۰/۵ درصد) و مابقی راکتورها با فاصله اطمینان ۹۵ درصد در یک گروه قرار گرفته است ($p<۰/۰۵$).



نمودار ۱- راندمان حذف دیزل در راکتورهای مختلف در مدت زمان ۹۰ روز



نمودار ۲- تعداد کرم خاکی در حالت های مختلف طراحی آزمایش

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

نتایج مربوط به بقا و زنده مانی کرم ها در حالت های مختلف طراحی آزمایش

کرم‌های خاکی حذف آلاینده ها از خاک را تسهیل می‌کنند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را عوض می‌کنند. با مخلوط کردن آنها با مواد آلی سبب هوادهی موثر خاک می‌گردد که آلاینده در دسترس میکروارگانیسم ها قرار گیرد. نتایج مربوط به تعداد و زنده مانی کرم های خاکی در راکتورهای شش گانه در نمودار ۲ نشان داده شده است. در این مطالعه از تعداد ۲۰ عدد کرم خاکی ایزنیافتیدا در راکتور شماره ۶ با غلظت (۳۰ g/kg dried soil) استفاده شد که حدود نیمی از این تعداد در ماه اول به علت سمیت با گازوئیل از بین رفتند. کرم‌های باقیمانده با وجود اینکه بالغ شده بودند و به طور متوسط وزن ۰/۷۸ g و طول حدود ۱۰ cm در ابتدای فرآیند داشتند، اما با گذشت زمان کرم ها باریک تر و طویل شده و بعد از گذشت ۹۰ روز تمامی کرم ها از بین رفتند. در راکتور شماره ۲ با غلظت (دیزل g/kg خاک ۱۰) و ۱۰ عدد کرم خاکی ایزنیافتیدا در ماه دوم شاهد پایداری کرم خاکی بودیم که نشان دهنده وجود شرایط مناسب و وفق پذیری کرم‌ها با دیزل بوده است.

بحث

در این مطالعه، به بررسی زنده مانی کرم های خاکی ایزنیافتیدا در راکتور های کو- ورمی کمپوست خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی و دیزل است پرداخته شد. بطور کلی، میزان حذف بیشتر آلاینده‌ها با گذشت زمان را میتوان به دلایل مختلفی از جمله فرصت زمانی بیشتر کرم‌های خاکی و سایر میکروارگانیسم‌ها جهت سازگازی با محیط، تبخیر سطحی بیشتر و تجزیه طبیعی نسبت داد. مطالعه Hernández-Castellanos و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی حذف بنزو آلفا پایرن از خاک آلوده توسط کرم خاکی (Pontoscolex corethrurus) مؤید این موضوع است (۱۷). شرایط محیطی مناسب برای رشد کرم‌ها عبارتند از: دمای ۲۰ °C، رطوبت ۷۰-۶۵ درصد و pH بهینه در حد خنثی تا کمی اسیدی (۱۸). طبق مطالعه Irizar و همکاران در صورتی که ماده آلی در خاک کم باشد، کرم‌های خاکی قادر به هضم خاک نبوده، در نتیجه سمیت فلز کادمیوم در آنها افزایش یافته و باعث مرگ و میر و اختلال در تولید مثل آنها می‌شود (۱۹). مطالعه Jenabi و همکاران هم نشان دهنده این امر بود که ماده آلی به منزله انرژی برای کرم های خاکی ایزنیافتیدا هست و درصد زنده مانی آنها را افزایش می‌دهد (۲۰). کرم های خاکی مقدار TOC، کربن آلی، VS و نسبت C/N در لجن را کاهش می دهند (۲۱).

در آلودگی‌های با غلظت بالای هیدروکربن های نفتی، جمعیت باکتری‌ها کاهش می یابد و زیست پالایی خاک اتفاق نمی‌افتد. برای ارتقاء کارآمدی زیست پالایی خاک می توان به کاربرد کرم خاکی در خاک های آلوده با روش کرم پالایی اشاره کرد (۱۱). کرم‌های خاکی از ترکیبات لجن به راحتی تغذیه کرده و به سرعت آنها را به ورمی کمپوست تبدیل می کنند و حتی پاتوژن‌ها را تا حد ایمن کاهش داده و فلزات سنگین را هضم می‌کنند (۲۲). با افزایش وزن مولکولی هیدروکربن ها مقدار حذف آلاینده‌ها کاهش می‌یابد که دلیل این امر می‌تواند پایداری بالای هیدورکربن‌های سنگین‌تر و حجیم‌تر در برابر تغییرات شدید فیزیکی-شیمیایی نسبت به هیدروکربن‌های سبک‌تر باشد و البته این روند نزولی، در اوزان مولکولی بالاتر بیشتر نمود پیدا کرده و باعث تفاوت بیشتر میزان درصد حذف در آلاینده‌های نفتی می‌گردد (۲۳).

کرم‌های خاکی دارای پتانسیل بسیار بالایی در حذف هیدروکربن های مقاوم به تجزیه مانند پایرن و بسیاری از مواد شیمیایی دیگر از خاک آلوده هستند (۲۴). در این مطالعه، همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است، سمیت بسیار بالا (راکتور شماره ۶ با میزان آلایندگی ۳۰ g/kg dried soil) منجر به از بین بردن کرم های خاکی ایزنیافتیدا و یا باریک و ضعیف شدن کرم های خاکی می گردد. با این حال، کرم های خاکی ایزنیافتیدا در راکتورهای حاوی آلایندگی کمتر (راکتور شماره ۲ با میزان آلایندگی ۱۰ g/kg dried soil) قابلیت حذف آلاینده را داشتند و در طول دوره راهبری راکتور زنده ماندند.

Contreras-Ramos درصد حذف ۳ ترکیب فنانترن، آنتراسن و بنزو آلفا پایرن از خاک آلوده را بدون استفاده از کرم خاکی به ترتیب ۷۷ درصد، ۲۳ درصد و ۱۳ درصد گزارش

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

کردند. این در حالی است که میزان حذف این سه ترکیب با استفاده از کرم‌های خاکی افزایش یافت و به ترتیب ۱۰۰ درصد، ۵۱ درصد و ۴۷ درصد گزارش شد (۲۵). علاوه بر این، Andersen و همکاران (۱۹۷۹) بیان داشتند که کود حیوانی بعنوان ماده غذایی کرم خاکی بوده و اضافه نمودن آنها به خاک باعث افزایش بیومس کرم خاکی می‌گردد (۲۶). یافته‌های این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت دیزل به ۳۰ g/kg dried soil علاوه بر کاهش میزان راندمان حذف، میزان زنده مانی کرم‌ها نیز کاهش یافته و مرگ و میر افزایش می‌یابد. مطالعه‌ای که Aseman و همکاران (۲۰۱۵) بر روی حذف فلزات سنگین از خاک توسط کرم‌های خاکی ایزنیافتیدا انجام دادند، این موضوع را تایید می‌کند (۵). از محدودیت‌های این مطالعه می توان به عدم استفاده از غلظت های بالای دیزل با توجه به افزایش مرگ و میر کرم‌های خاکی اشاره کرد و علاوه بر این می‌توان به بررسی متابولیت‌ها و فعالیت‌های آنزیمی توسط کرم‌های خاکی در حذف آلاینده های سخت تجزیه پذیر از جمله ترکیبات نفتی اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، در این مطالعه به بررسی زنده مانی کرم های خاکی در مواجهه با آلاینده های نفتی در راکتورهای ورمی کمپوست تغذیه شده با لجن و کمپوست پرداخته شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که وجود ترکیبات نفتی در خاک برای رشد ایزنیافتیدا مضر است و اثرات حاد آن بر تولید پیله و کوکون‌ها مشاهده شد. نتایج این مطالعه شواهدی را ارائه می‌دهد که تولید مثل ایزنیافتیدا نسبت به بقا و تغییر وزن حساس‌تر است. جمعیت و حضور کرم‌های خاکی به‌عنوان شاخصی از سلامت خاک در نظر گرفته می‌شود و این یافته‌ها می‌تواند با استراتژی‌های اصلاح خاک‌های آلوده به دیزل مرتبط باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق این مطالعه IR.IUMS.REC.1399.1371 می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی کارایی فرآیند زیست پالایی در حذف ترکیبات نفتی از خاک‌های آلوده با استفاده از راکتور حاوی کرم خاکی" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی ایران در سال ۱۳۹۹ با کد ۱۹۵۳۸- ۶۱-۳-۹۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی ایران اجرا شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

References

1. Stumm W. Chemistry of the Solid–Water Interface. Processes at the Mineral–Water and Particle–Water Interface in Natural Systems. New York: John Wiley & Sons; 1992.

2. Abdollahinejad B, Pasalari H, Farzadkia M. Bioaugmentation and biostimulation methods for the decontamination of soils contaminated with petroleum compounds: A systematic review. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;16(1):195-228 (in Persian).

3. Graff O. Darwin on earthworms — the contemporary background and what the critics thought. In: Satchell JE, editor. Earthworm ecology. Dordrecht: Springer; 1983. p.5-18.

4. Arancon N, Edwards C, Bierman P. Influences of vermicomposts on field strawberries: part 2. effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology. 2006;97(6):831-40.

5. Aseman E, Mostafaii Gh.R, Sayyaf H, Asgharnia HA, Akbari H, Iranshahi L. Bioremediation of the soils contaminated with cadmium and chromium, by the earthworm Eisenia fetida. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;8(3). 357-366 (in Persian).

6. Zazouli MA, Bagheri Ardebilian M, Ghahramani E, Ghorbanian Alah Abad M. Principles of Compost Production Technology. Tehran: Khaniran; 2009 (in Persian).

7. Karimi Dardashti Z. The role of earthworms, manure, and lime in improving the physical properties and some chemical properties of soil in a part of the tarred forest areas of Gilan province. Tehran: University of Tehran; 1985 (in Persian).

8. John Russell E. Soil Conditions and Plants Growth. 9th ed. London: Longmans; 2002.

9. Zicsi A. Laboratory observations on the feeding ecology of earthworm species in Hungary. Advances in Soil Biology. Proceedings of the First Latin American Colloquium on Soil Biology (Progresos en biologia del suelo. Actas del Primer Coloquio Latinoamericano de Biologia del Suelo); 1996; Montevideo, Uruguay. p. 267-82.

10. Omrani GA. Soil zoological studies on earthworms in the Center and North of Iran (Bodenzoologische Untersuchungen über Regenwürmer im Zentral-und Nordiran). Giessen: University of Giessen; 1973.

11. Chachina S, Voronkova N, Baklanova O. Biological remediation of the petroleum and diesel contaminated soil with earthworms Eisenia fetida. Procedia Engineering. 2016;152:122-33.

12. Sun H, Li J, Wang C, Wang L, Wang Y. Enhanced microbial removal of pyrene in soils in the presence of earthworms. Soil and Sediment Contamination: An International Journal. 2011;20(6):617-30.

13. Singh R. Microorganism as a tool of bioremediation technology for cleaning environment: a review. In: Zhang W, editor. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences; 2014; Hong Kong, China. p. 1-6.

14. Asgharnia H, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantary R, Nasseri S, Mahvi A, Yaghmaeian K, et

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

al. Influence of bioaugmentation on biodegradation of phenanthrene-contaminated soil by earthworm in lab scale. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2014;12:1-7.

15. Momeni M, Farzadkia M, Esrafili A, Kermani M. Bioremediation of soils contaminated with diesel using bio-stimulation method in the bioreactors of vermicompost and activated sludge. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2018;27(158):179-92 (in Persian).

16. Sheng-wang P, Shi-qiang W, Xin Y, Sheng-xian C. The removal and remediation of phenanthrene and pyrene in soil by mixed cropping of alfalfa and rape. Agricultural Sciences in China. 2008;7(11):1355-64.

17. Hernández-Castellanos B, Ortíz-Ceballos A, Martínez-Hernández S, Noa-Carrazana J, Luna-Guido M, Dendooven L, et al. Removal of benzo (a) pyrene from soil using an endogeic earthworm Pontoscolex corethrurus. Applied Soil Ecology. 2013;70:62-9.

18. Domínguez J, Edwards CA, Webster M. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm Eisenia andrei. Pedobiologia. 2000;44(1):24-32.

19. Irizar A, Rodriguez M, Izquierdo A, Cancio I, Marigómez I, Soto M. Effects of soil organic matter content on cadmium toxicity in Eisenia fetida: implications for the use of biomarkers and standard toxicity tests. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2015;68(1):181-92.

20. Jenabi Haghparast R, Golchin A, Kahneh E. Effect of different cadmium concentrations on growth of eisenia fetida in a calcareous soil. Journal of Water and Soil. 2013;27(1):24-35 (in Persian).

21. Sinha RK, Herat S, Bharambe G, Brahambhatt A. Vermistabilization of sewage sludge (biosolids) by earthworms: converting a potential biohazard destined for landfill disposal into a pathogen-free, nutritive and safe biofertilizer for farms. Waste Management & Research. 2010;28(10):872-81.

22. Singh R, Embrandiri A, Ibrahim M, Esa N. Management of biomass residues generated from palm oil mill: vermicomposting a sustainable option. Resources, Conservation and Recycling. 2011;55(4):423-34.

23. Taccari M, Milanovic V, Comitini F, Casucci C, Ciani M. Effects of biostimulation and bioaugmentation on diesel removal and bacterial community. International Biodeterioration & Biodegradation. 2012;66(1):39-46.

24. Sinha RK, Valani D, Sinha S, Singh S, Herat S. Bioremediation of contaminated sites: a low-cost nature's biotechnology for environmental clean up by versatile microbes, plants & earthworms. In: Faerber T, Herzog J, editors. Solid waste management and environmental remediation. New York: Nova Science Publishers; 2009. p. 1-72.

25. Contreras Ramos SM, Alvarez-Bernal D, Dendooven L. Eisenia fetida increased removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil. Environmental Pollution. 2006;141(3):396-401.

26. Andersen C. The influence of farmyard manure and slurry on the earthworm population (Lumbricidae) in arable soil. Soil Biology as Related

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

to Land Use Practices: Environmental Protection Agency; 1980; Washington DC. p. 325-35.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Investigating earthworm survival in diesel-contaminated soil remediation reactors

Behnaz Abdollahinejad[1], Mahdi Farzadkia[1,2,*]

1- Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 03 April 2024
Revised: 26 June 2024
Accepted: 30 June 2024
Published: 16 September 2024

Keywords: E. fetida earthworm, Aromatic compounds, Co-composting, Survival of worms

***Corresponding Author:**
mahdifarzadkia@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Earthworms are important in soil formation. They maintain soil structure and fertility and can be used as indicators to evaluate various changes and impacts. Therefore, the present study was developed to investigate the effects of diesel pollutant on the population and survival of the earthworm species E.fetida in the co-vermicomposting process.

Materials and Methods: This experimental study was conducted over 90 days to investigate the effects of diesel concentration on the survival of E.fetida in the co-vermicomposting process. One kilogram of soil contaminated with diesel, vermicompost, and raw activated sludge was added to each reactor in a ratio of 0.25:0.35:1. 10. Additionally, 20 adult E. fetida were added to the reactors with diesel concentrations of 10 and 30 g/L after the adaptation process.

Results: The survival of earthworms and the formation of cocoons in reactor number 3 were higher than in other reactors. Additionally, the amount of diesel removal in reactor number 3 (diesel concentration: 10 g/kg dried soil +20 E.fetida) was higher (70.5%) compared to the other reactors.

Conclusion: The results of the study showed that earthworm reproduction is more sensitive than survival or weight change to higher concentrations of diesel-contaminated soil. The presence of petroleum compounds in the soil is harmful for the growth of E.fetida, and its acute effects on the production of earthworm cocoons were observed.

Please cite this article as: Abdollahinejad B, Farzadkia M. Investigating earthworm survival in diesel-contaminated soil remediation reactors. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):313-24.

Copyright © 2024 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-05]