

Capabilities of Vermicompost Produced from Domestic Waste using Earthworms *Esenia foetida* in Ghochan

Mahin Karbar

* M.SC. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
hesar1389ek@yahoo.com

Aliasghar Najaf Poor

Associated Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Science Research Center, School of Public Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Hossein Alidade

Associated Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Science Research Center, School of Public Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Habibollah Esmaily

Associated professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Received: 2016/11/15

Accepted: 2016/12/15

ABSTRACT

Introduction: Daily excreted large amounts of waste from human communities in different ways. A significant portion of this waste consists of organic material. The rECycling of these materials and using them in different ways prevent the damage caused to the environment and conserve resources and energy is human attention. One of the appropriate methods of disposal of these wastes, production of organic fertilizer, vermicompost is.

ObjECTives & (hypothesis OR questions): Given that the municipality Ghochan, rotted cow manure and dried leaves of the trees used to produce vermicompost In this study the vermicompost production of cow manure, fruit waste, paper, sawdust and leaves (as carbon source) and germination index vermicompost is examined To finally be able to obtain the best additive to produce vermicompost.

Materials & Methods: 5 treatments that are used to carry out the plan include: cow manure- Fruit lesions- Sawdust- leaf- Paper- Composition of the waste.

Results: Used waste includes waste sawdust, fruit, paper, leaf and composition of the waste is suitable for vermicomposting is *Eisenia fetida* earthworms and proper nutrition. Waste paper to produce vermicompost alone is not suitable and it is better to prepare vermicompost should be used in combination with other organic wastes..

Conclusion: Changes of ash and carbon and C / N ratio indicates the fact that virtually After 70 days, the bedding materials are firmly established.

Document Type: Research article

Keywords: vermicompost- Fruit lesions- Sawdust- leaf- Paper- Composition of the waste.

► **Citation:** Karbar M, Najaf poor A, Alidade H, Esmaily H. Capabilities of Vermicompost Produced from Domestic Waste using Earthworms *Esenia foetida* in Ghochan. *Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2016;2 (4) : 333-342.

بررسی قابلیت تهیه ورمی کمپوست از پسماند زائدات خانگی شهر قوچان با استفاده از کرم خاکی ایزنیا فتیدا

چکیده

زمینه و هدف: روزانه مقادیر زیادی زباله از اجتماعات انسانی به روش‌های مختلف دفع می‌شود. بخش چشمگیری از این زباله‌ها را مواد آلی تشکیل می‌دهند که بازیافت این مواد و بهره‌گیری از آن‌ها به روش‌های مختلف به دلیل جلوگیری از آسیب به محیط زیست و حفظ منابع و انرژی مورد توجه انسان قرار دارد. یکی از روش‌های مناسب بازیافت این مواد، تولید کود آلی، ورمی کمپوست می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف قابلیت تولید ورمی کمپوست از ضایعات میوه و کاغذ و خاک اره و برگ (به عنوان منبع کربن دار) مورد بررسی قرار گرفت تا در نهایت بتوان بهترین ماده افزودنی جهت تولید ورمی کمپوست را بدست آورد و زمان تولید را نیز تا حدی کاهش داد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه این مطالعه به مدت ۱۰۰ روز، از دی ماه سال ۱۳۹۳ تا فروردین سال ۱۳۹۴ و با هدف بررسی قابلیت تولید ورمی کمپوست از کود گاوی (۸۵ درصد) در ترکیب با ضایعات میوه، کاغذ، خاک اره و برگ (به عنوان منبع کربن دار ۱۵ درصد) و فاکتورهای مؤثر بر ورمی کمپوست شامل درصد رطوبت، میزان خاکستر، کربن، کل نیتروژن، pH، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر، هدایت الکتریکی و همچنین شاخص جوانه‌زنی ورمی کمپوست انجام شد. به منظور بررسی اثر درصدهای حجمی مختلف کود تولیدی در رشد گیاه ترتیباً از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه استفاده شد.

یافته‌ها: در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار pH، TC، C/N و مقدار TN، P و EC مواد بستر افزایش یافته بود. در انتهای تحقیق در تیمار کود گاوی و ضایعات کاغذ (تیمار C) مقداری ضایعات کاغذ مشاهده شد. کود به‌دست آمده از تیمار D (برگ درخت) با سطح ۳۰ درصد حجمی دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی و تیمار A (خاک اره) دارای بیشترین میانگین (۴۱/۳۳) در تعداد بذر جوانه زده بود. تیمار C (ضایعات کاغذ) بیشترین میانگین در ارتفاع جوانه‌زنی داشت.

نتیجه‌گیری: ضایعات مورد استفاده شامل ضایعات خاک اره، میوه، کاغذ، برگ و ترکیب ضایعات جهت تولید ورمی کمپوست مناسب است و غذای مناسب برای کرم خاکی *Eisenia fetida* می‌باشد. ضایعات کاغذ به تنهایی جهت تهیه ورمی کمپوست مناسب نمی‌باشد و بهتر است جهت تهیه ورمی کمپوست به صورت ترکیب با سایر مواد زائد آلی استفاده شود. بررسی تغییرات درصد خاکستر و کربن و نسبت C/N بیان کننده این واقعیت است که عملاً بعد از گذشت ۷۰ روز، مواد بستر کاملاً تثبیت می‌شوند. در قسمت جوانه‌زنی ورمی کمپوست تولیدی، سطح ۱۵ درصد حجمی تهیه شده از کود ورمی کمپوست تولیدی، جهت رشد گیاه و جوانه‌زنی مناسب است و در نتیجه کود تولیدی از ورمی کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلید واژه‌ها: برگ درخت، خاک اره، ضایعات میوه، کاغذ و ترکیب ضایعات، ورمی کمپوست

مهمین کاربر

کارشناس ارشد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.
ایمیل: hesari284ek@yahoo.com

علی اصغر نجف‌پور

دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات مدیریت و عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

حسین علی‌دادی

دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات مدیریت و عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

حبیب‌الله اسماعیلی

دانشیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

◀ **استاد:** کاربر م، نجف‌پور ع، علی‌دادی ح، اسماعیلی ح. بررسی قابلیت تهیه ورمی کمپوست از پسماند زائدات خانگی شهر قوچان با استفاده از کرم خاکی ایزنیا فتیدا. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۵؛ ۲: (۴): ۳۳۳-۳۴۲.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۵

اصول بهداشت و بهسازی محیط در هر شهر ایجاب می کند که زیاله ها در حداقل زمان از منازل و محیط زندگی انسان دور شده و در اسرع وقت دفع شوند. یکی از روش های بازیافت و استفاده مجدد، تبدیل زائدات به کود کمپوست است که در کشورهای مختلف انجام می شود. کمپوست فرآیند پیوسته ای است که توسط میکروارگانیسم ها انجام و مواد آلی به مواد پایدار تبدیل شده که کمپوست نامیده می شوند. به عبارت دیگر تولید کمپوست یک فرآیند تجزیه بیولوژیکی ضایعات تحت شرایط کنترل شده می باشد (۱). در ایران به دلیل عادات غذایی و الگوی مصرف، بیش از ۶۵ درصد زیاله ها، مواد فسادپذیر و قابل تبدیل به کمپوست هستند. در نتیجه امکان تبدیل بخش عمده زیاله های شهری به کمپوست فراهم شده است (۲). از طرف دیگر استفاده از کمپوست برای اراضی کشاورزی کشور ضروری است و کود کمپوست می تواند به وفور استفاده شود. یکی از انواع مرغوب کمپوست اصطلاحاً ورمی کمپوست نامیده می شود. ورمی کمپوست از دو لفظ ورمی به معنی کرم و کمپوست تشکیل شده است (۳) و در عمل عبارت است از بکارگیری انواع خاصی از کرم های خاکی که به دلیل توان رشد و تکثیر بسیار سریع آن ها، بقایای آلی را با سرعت زیاد مصرف و به کود آلی ورمی کمپوست تبدیل می کنند. از مزیت های عمده ورمی کمپوست نسبت به کمپوست معمولی می توان نداشتن بوی بد و نامطبوع، pH تعدیل شده، EC کم و غلظت قابل جذب بالای عناصری چون K، P و N را نام برد. به ویژه اسیدهای آلی تولید شده در حین فرآوری ورمی کمپوست، اکثراً موادی آلی هستند که عناصر غذایی ریز مغذی از جمله Cu، Zn، Fe و ... را به خود جذب کرده و به تدریج در اختیار گیاه قرار می دهند (۴، ۵).

ورمی کمپوست در واقع حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است که توسط گروه خاصی از کرم های کمپوست و به کمک برخی ریز موجودات خاکی خصوصاً باکتری ها و اکتینومیسیت ها انجام می پذیرد. مناسب ترین گونه برای تولید ورمی کمپوست، گونه

ایزینیا فتیدا بوده که به رنگ قهوه ای مایل به قرمز و کوچک تر از کرم های خاکی معمولی می باشد. مواد دفع شده از سیستم گوارش این دسته از کرم ها با مواد آلی اولیه تفاوت زیادی دارد. این مواد در حین عبور از سیستم گوارشی کرم، دارای خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاص و منحصر به فردی می شود که به عنوان یک کود آلی ممتاز مطرح می باشد. وجود اسیدهای آلی مذکور به علاوه ترشحات سیستم گوارشی و نیز مواد مترشحه از سطح بدن کرم های مذکور، وجود آنزیم های متفاوت و هورمون های مختلف و بسیاری از دیگر ترکیبات ناشناخته موجب شده تا ورمی کمپوست نیز در ردیف مواد دارای خاصیت تحریک رشد گیاه قرار گیرد (۶، ۷). ورمی کمپوست به دلیل وجود فضله های گلوله ای شکل کرم ها، دارای وزن مخصوص ظاهری کمتری نسبت به کمپوست معمولی می باشد که باعث افزایش تخلخل، تهویه و نفوذپذیری آب در خاک می شود. به علاوه این کود به دلیل داشتن ظرفیت نگهداری رطوبت بالا، همواره مقادیر مناسبی آب قابل استفاده را در اختیار گیاه قرار می دهد که از بروز تنش های شدید رطوبتی در گیاه جلوگیری می کند. با توجه به اینکه در شهرداری قوچان، از کود گاوی پوسیده و برگ خشک درختان جهت تولید ورمی کمپوست استفاده می شود و طول دوره فرآیند ورمی کمپوست حدود ۷۰ روز می باشد، در این مطالعه قابلیت تولید ورمی کمپوست از ضایعات میوه، کاغذ، خاک اره و برگ (به عنوان منبع کربن دار) با استفاده از پارامترهای فیزیکی (رطوبت)، شیمیایی (خاکستر، pH، کربن، کل نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر، هدایت الکتریکی) و همچنین شاخص جوانه زنی ورمی کمپوست تولیدی مورد بررسی قرار گرفت تا در نهایت بتوان بهترین ماده افزودنی جهت تولید ورمی کمپوست را به دست آورد و زمان تولید را نیز تا حدی کاهش داد (۸، ۹).

روش کار

این مطالعه به مدت ۱۰۰ روز، از دی ماه سال ۱۳۹۳ تا فروردین سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. ترکیبات کربن دار مورد استفاده در این مطالعه

شامل کود گاوی، ضایعات میوه، کاغذ، خاک اره و برگ بودند. جهت تهیه کود گاوی از کودی که عمری نزدیک ۶ ماه داشت، استفاده شد. کود گاوی مورد نظر ابتدا با آب فراوان شسته شد تا شیرابه آن خارج شود و سپس به مدت ۱ تا ۳ روز در محیط رها شد تا pH آن تعدیل گردد و آب آن کاملاً خارج شود. ضایعات میوه از میوه فروشی‌های سطح شهر قوچان تهیه شد که شامل پوست موز، سیب‌زمینی و سیب بود. خاک اره از نجاری‌های سطح شهر قوچان و کاغذ از کاغذهای بازیافتی ادارات بود. ابتدا ترکیبات کربن‌دار مورد استفاده در تحقیق به صورت دستی خرد شد و به منظور جلوگیری از آسیب رساندن به کرم‌های خاکی، ترکیبات فوق به مدت ۲ هفته در تماس با آب قرار گرفت تا محیط برای رشد کرم‌ها مناسب شود. پس از تهیه تیمارها، ترکیبات موجود در آن‌ها به خوبی با هم مخلوط شده و درصد رطوبت آن‌ها در محدوده ۵۰ تا ۶۵ درصد تنظیم شد و در نهایت در محیط اتاق با دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. حداقل ارتفاع مفید مواد پر شده حدود ۱۵ سانتی‌متر بود. ظروف مورد استفاده در تهیه تیمارها، ظروف بیضی شکل و با حجم ۱۰ لیتر بود. در داخل هر ظرف حدود ۷ کیلوگرم مواد بستر ریخته شد. به منظور انجام فرآیند ورمی کمپوست از کرم‌های خاکی بالغ گونه *Eisenia foetida* استفاده شد. کرم خاکی گونه ایزنیا فتیدا از یک تولیدی کود ورمی کمپوست در شهر قوچان تهیه شد. بنابراین تعداد ۱۰۰ کرم بالغ به وزن هر کدام یک گرم به تیمارها وارد گردید.

۵ تیمار مختلف استفاده شده در این تحقیق شامل:

- ۱- ۸۵ درصد کود گاوی + ۱۵ درصد زائدات خاک اره (تیمار A)
- ۲- ۸۵ درصد کود گاوی + ۱۵ درصد زائدات میوه (تیمار B)
- ۳- ۸۵ درصد کود گاوی + ۱۵ درصد زائدات کاغذ (تیمار C)
- ۴- ۸۵ درصد کود گاوی + ۱۵ درصد زائدات میوه برگ درختان (تیمار D) (تیمار مورد استفاده در شهرداری قوچان - شاهد)
- ۵- ۸۵ درصد کود گاوی + ۱۵ درصد زائدات ترکیبی (میوه، خاک اره، کاغذ، برگ) (تیمار E) بود.

در شهرداری قوچان، از کود گاوی پوسیده و برگ خشک درختان جهت تولید ورمی کمپوست استفاده می‌شود. به منظور

مقایسه محیط‌های کشت از محیط کشت مورد استفاده در شهرداری قوچان (کود گاوی و برگ) به عنوان محیط شاهد استفاده شد. از لحاظ میزان نور و با توجه به نور گریز بودن کرم‌های خاکی، بسترها در اتاقی سایه قرار داده شدند. زیر و رو کردن بسترها به صورت دستی و ماهیانه یک مرتبه و مرطوب کردن تیمارها نیز هفته‌ای ۲ مرتبه انجام گردید. به منظور نمونه‌برداری از هر تیمار، ابتدا تیمار مربوطه را به ۵ ناحیه تقسیم کرده و از هر منطقه یک نمونه برداشت و سپس آن‌ها را با هم مخلوط کرده و از آن یک نمونه ترکیبی در حد ۱۰۰ گرم برداشت شد. نمونه‌برداری در زمان شروع فرآیند (روز صفر) و ۳۰ روز بعد از شروع فرآیند، ۵۵ روز، ۷۰ روز و ۱۰۰ روز پس از شروع کار یعنی در ۵ مرحله انجام شد. آزمایشات مربوط به تعیین رطوبت، pH، هدایت الکتریکی، کربن، ازت و فسفر با استفاده از روش‌های تجزیه شیمیایی خاک و آب مؤسسه تحقیقات آب و خاک و روش‌های پیشنهادی کتاب روش‌های استاندارد (۱۰، ۱۱) و در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مشهد انجام و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت تعیین قابل استفاده بودن کود کمپوست تولیدی آنالیز سمیت انجام گردید که هرچه کود رسیده‌تر و بالغ‌تر باشد، میزان فیتوتوکسین‌ها کمتر و در نتیجه تعداد بیشتری بذر جوانه می‌زند و در واقع کیفیت کود تولیدی بیشتر است. جهت انجام آنالیز سمیت از آزمون جوانه‌زنی گیاه در عصاره کمپوست استفاده شد؛ بدین منظور مخلوط کمپوست و آب مقطر با نسبت‌های ۳۰، ۱۵، ۰ و ۴۵ درصد حجمی تهیه شد و به مدت ۲ ساعت در دستگاه مخلوط‌کن قرار داده شد و سپس مواد معلق آن توسط کاغذ صافی گرفته شد. عصاره به‌دست آمده در پتری دیش ریخته شده و ۵۰ عدد بذر تره تیزک (شاهی) به آن اضافه گردید. با شمارش تعداد بذر جوانه زده پس از ۶ روز، درصد جوانه‌زنی مشخص گردید. مراحل فوق در انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد انجام شد (۱۲، ۱۳). به منظور بررسی اثر درصدهای حجمی مختلف کود تولیدی در رشد گیاه ترتیزک از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه استفاده شد.

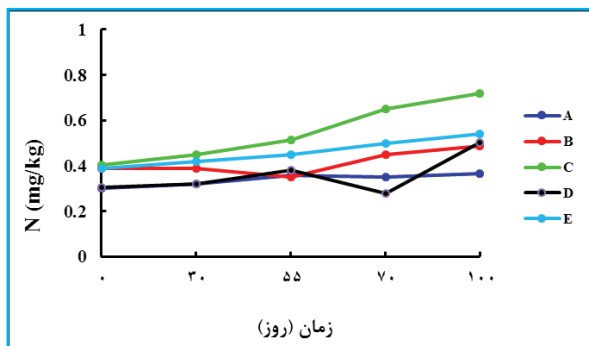
یافته‌ها

مشخصات فیزیکوشیمیایی تیمارهای مختلف در ابتدای مطالعه

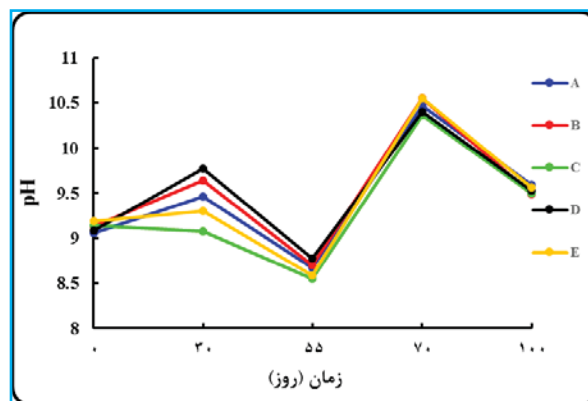
جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی تیمارهای مختلف در ابتدای تحقیق

پارامتر	واحد	ضایعات				
		A کود گاوی و خاک اره	B کود گاوی و ضایعات میوه	C کود گاوی و ضایعات کاغذ	D کود گاوی و برگ درخت	E کود گاوی و ترکیب ضایعات
رطوبت	%	۶۲/۳	۵۳/۲	۵۶/۸	۵۵/۶	۴۸
pH	-	۹/۰۶	۹/۱۳	۹/۱۴	۹/۰۹	۹/۱۹
EC	μs/cm	۸۲۲/۹۶	۸۵۱/۷۶	۹۱۶/۵۶	۷۹۷/۷۶	۱۰۲۴/۵۶
TN	mg/kg	۰/۳	۰/۳۸۸۵	۰/۴۰۵	۰/۳۰۵	۰/۳۹
خاکستر	%	۹/۰۶	۹/۱۳	۹/۱۴	۹/۰۹	۹/۱۹
TC	%	۸/۵۴	۷/۷۷	۷/۷۱	۷/۰۳۳	۸/۰۸
N/ C	-	۲۸/۴۷	۲۰	۱۹/۰۴	۲۳/۰۶	۲۰/۷۲
TP	g/kg	۳/۰۵	۲/۱۹	۲/۵۵	۱	۲/۴۵

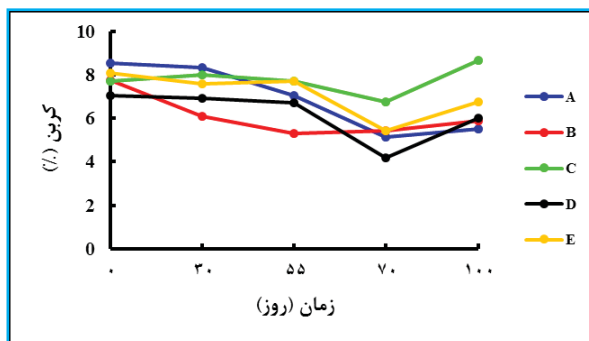
در نمودارهای زیر روند تغییرات پارامترهای مختلف تیمارها در طی مدت ۱۰۰ روز تحقیق آورده شده است.



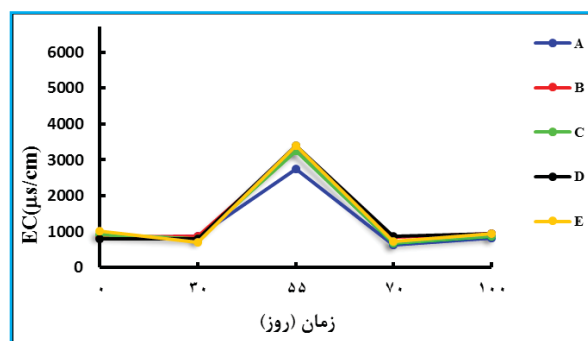
نمودار ۳. روند تغییرات نیتروژن (mg/kg) در تیمارهای مورد مطالعه



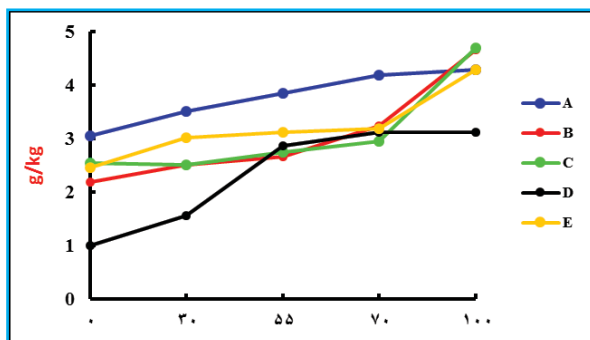
نمودار ۱. روند تغییرات pH در تیمارهای مورد مطالعه



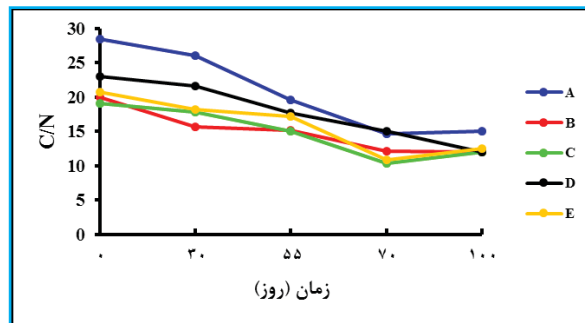
نمودار ۴. روند تغییرات درصد کربن در تیمارهای مورد مطالعه



نمودار ۲. روند تغییرات هدایت الکتریکی (μs/cm) در تیمارهای مورد مطالعه



نمودار ۶. روند تغییرات فسفر (g/kg) در تیمارهای مورد مطالعه



نمودار ۵. روند تغییرات C/N در تیمارهای مورد مطالعه

برای اثبات اینکه کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی مناسب می‌باشد یا نه، آزمون جوانه‌زنی و رشد گیاه انجام شد که نتایج حاصله از پارامتر جوانه‌زنی و رشد گیاه به شرح جدول ۲ در انتهای مطالعه در تمام تیمارها اندازه‌گیری و آورده شده است.

جدول ۲. بررسی شاخص جوانه‌زنی ورمی کمپوست تولیدی به وسیله بذرهای ترتیزک

پارامتر	تعداد بذر جوانه زده (از ۵۰ عدد)	ارتفاع (cm)	جوانه‌زنی (%)
آب مقطر	۳۰	۳/۶۵	۶۰
کود گاوی	۴۳	۵/۲۳	۸۶
	۴۰	۵/۲۶۵	۸۰
	۴۲	۵/۰۹	۸۴
تیمار A	۴۲	۵/۷۲	۸۴
	۳۷	۴/۲۲۹	۷۴
	۴۵	۵/۰۸	۹۰
تیمار B	۳۸	۵/۷	۷۶
	۴۲	۴/۳۴	۸۴
	۴۳	۵/۷۹	۸۶
تیمار C	۳۴	۵/۶۶	۶۸
	۳۵	۵/۶۵	۷۰
	۴۲	۶/۶۶	۸۴
تیمار D	۳۹	۵/۵۰۴	۷۸
	۴۶	۴/۳۴	۹۲
	۳۷	۴/۹۵	۷۴
تیمار E	۴۴	۵/۵۴۳	۸۸
	۳۶	۵/۴۷	۷۲
	۳۵	۴/۸۶	۷۰

بحث

بهینه برای رشد کرم‌های خاکی *Eisenia fetida* بین ۱۰ تا ۳۵

در مطالعه ادوارد و همکاران (سال ۲۰۰۰) محدوده درجه حرارت درجه، مقدار رطوبت بین ۶۰ تا ۹۰ درصد و pH بین ۵ تا ۹ به

گردید، لذا مقدار رطوبت در توده کمپوست مورد استفاده بین ۴۸-۶۳ درصد متغیر بود.

نمودار ۲ روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق را نشان می‌دهد. مقدار هدایت الکتریکی بعد از ۵۵ روز از شروع تحقیق افزایش یافته و در زمان ۷۰ روز بعد از شروع تحقیق به کمترین مقدار رسیده بود. به طور کلی روند تغییرات EC نشان داد که مقدار آن در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش و سپس کاهش یافته بود. دلیل افزایش EC می‌تواند مربوط به عمل معدنی شدن مواد آلی و حضور بیشتر یون‌ها در مواد بستر باشد، زیرا در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست در اثر فعالیت توأم کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها، بیشتر ترکیبات آلی به فرم‌های قابل دسترس معدنی تبدیل شده و در محیط آزاد می‌شوند. دلیل کاهش EC می‌تواند مربوط به جذب و تجمع بیولوژیکی املاح در بدن کرم‌های خاکی باشد. با توجه به نتایج آزمایشات مشخص شد که به طور کلی کرم‌های خاکی ایزنیا فوتیدا باعث کاهش میزان هدایت الکتریکی خاک می‌شوند، یعنی در اثر جذب و یا تجمع بیولوژیکی برخی املاح در بدن آن‌ها از میزان املاح موجود در خاک کم می‌شود. پیر صاحب و قیصری (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی در خصوص روند تغییرات هدایت الکتریکی مواد بستر در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از کود گاوی به کمک گونه ایزنیا فتیدا گزارش کردند (۱۸، ۱۹) نمودار ۵ روند تغییرات درصد کربن آلی (TC) در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق را نشان می‌دهد. مقدار درصد کربن در ابتدای تحقیق در محدوده ۸/۵۴-۷/۰۳۳ درصد بود. مقادیر درصد کربن در تمامی تیمارها دارای روند کاهشی بود. نتایج نشان داد که عمده کاهش مذکور مربوط به ۷۰ روز اولیه تحقیق بوده و پس از آن کاهش درصد کربن مواد بستر کند شده بود. این موضوع بیان‌کننده این واقعیت است که عملاً بعد از گذشت ۷۰ روز، مواد بستر کاملاً تثبیت شده‌اند و پتانسیل تولید بو در آن‌ها به طور کامل از بین رفته است. روند افزایش درصد خاکستر و کاهش درصد کربن مؤید آن است که فعالیت کرم‌های خاکی،

دست آمد و لذا در مدت زمان انجام این مطالعه سعی شد که دمای محیط تیمارها بین ۸-۱۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار رطوبت در این فاصله زمانی ۱۰۰ روز بین ۴۸-۶۳ درصد قرار گیرد. pH در توده ورمی کمپوست در محدوده ۹/۱۹-۹/۰۶ متغیر بود. (نمودار ۱) (۱۴)

با توجه به نمودار ۱ مقدار pH در هر ۵ تیمار در ابتدای تحقیق در محدوده ۹/۱۹-۹ قرار داشت. بعد از مدت ۳۰ روز از شروع تحقیق، pH در ۵ تیمار مورد نظر افزایش و در زمان ۵۵ روز کاهش پیدا کرد. افزایش اولیه pH می‌تواند به این دلیل باشد که در ابتدا عمل تجزیه مواد غذایی توسط میکروارگانیسم‌ها و هوازی موجود در بستر منجر به تبدیل پروتئین‌ها به آمونیوم و تولید ترکیبات قلیایی شده است و لذا pH در فاز اولیه افزایش یافته است. در مرحله بعد تبدیل ترکیبات پیچیده به فرم‌های ساده‌تر در طی فاز تثبیت مواد غذایی توسط میکروارگانیسم‌ها باعث تشکیل اسیدهای ضعیف شده که در مقایسه با تشکیل ترکیبات قلیایی غالب شده و در نتیجه pH کاهش یافته است. افزایش اولیه pH در ابتدای دوره و سپس کاهش آن در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از مخلوط کود گاوی و مواد زاید آشپزخانه به کمک گونه *Perionyx excavates* توسط سینگ و همکاران (سال ۲۰۰۵) نیز گزارش شده است. (۱۵) آتیه و همکاران (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی را در خصوص روند تغییرات pH مواد بستر در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از کود گاوی به کمک گونه *Eisenia Andrei* گزارش کردند (۱۶).

کنترل رطوبت در طی فرآیند کمپوست نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. اگر مقدار رطوبت کمتر از ۴۰ درصد باشد، فعالیت میکروارگانیسم‌ها کند می‌شود و در صورتی که به کمتر از ۲۰ درصد برسد، فعالیت میکروبی متوقف می‌شود. رطوبت بیش از ۸۰ درصد نیز باعث می‌شود تا مواد کمپوست شونده به یکدیگر فشرده شده و تأمین اکسیژن با مشکل مواجه شود (۱۷). در این بررسی جهت تأمین رطوبت مورد نیاز، مرطوب کردن تیمارها هفته‌ای ۲ مرتبه با پاشیدن آب بر روی تیمارها انجام

ساختار خاک و مواد غذایی را اصلاح می‌کند؛ به‌طوری‌که تجزیه مواد آلی تشدید شده و بنابراین میزان معدنی شدن مواد آلی در حضور کرم‌های خاکی بیشتر روی می‌دهد. دیگر مطالعات انجام شده در زمینه افزایش درصد خاکستر در طی فرآیند ورمی کمپوست نیز مطلب فوق را تأیید می‌کند که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

در مطالعه آتیه و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تغییرات بیوشیمیایی کود گاو در اثر فعالیت کرم خاکی *Eisenia anderi*، درصد به‌دست آمده خاکستر در هفته اول ۵ درصد و در هفته ششم ۸ درصد بود. (۲۰) نتایج تحقیقاتی که در زمینه کربن کل انجام گرفته، مؤید کاهش درصد کربن کل بر اساس روال به‌دست آمده در این بررسی بود. الویرا و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه‌ای بر روی مخلوط لجن خمیر کاغذسازی و لجن صنایع لبنی در انتهای دوره ورمی کمپوست پس از ۶ ماه، کاهش ۲۰ تا ۴۳ درصدی کربن کل را به‌دست آوردند (۲۱).

نمودار ۳ روند تغییرات نیتروژن را در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، مقدار نیتروژن در تیمارهای A تا E در ابتدای تحقیق در محدوده ۰/۳-۰/۴۰۵ mg/kg قرار داشت. هر ۵ تیمار مورد نظر بیشترین مقدار نیتروژن را در انتهای دوره تحقیق داشتند.

آتیه و همکاران در بررسی روند تغییرات غلظت ازت کل در فرآیند ورمی کمپوست کود گاو در مدت ۴ ماه، افزایش مقدار ازت کل را به‌دست آوردند (۲۰). بنزال و کاپور (۲۰۰۰) در مطالعه خود بر روی کمپوست زائدات نیشکر و پسماندهای خردل مخلوط با کود گاو به مدت ۹۰ روز توسط *E. Fetida* افزایش ازت در آن را به‌دست آوردند (۲۲، ۲۳). روند تغییرات C/N در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق در نمودار ۶ نشان داده شده است. نسبت کربن به ازت یا همان C/N یکی از پارامترهای بسیار مهم در آماده‌سازی بستر کرم‌های خاک می‌باشد. نسبت کربن به ازت مناسب برای فرآیند ورمی کمپوست در منابع مختلف متفاوت گزارش شده است، برخی محققین آن

را ۳۰-۲۵ گزارش کرده‌اند، ولی نسبت کربن به ازت ۳۰-۱۵ بهترین نسبت برای فرآیند ورمی کمپوست گزارش شده است؛ و همان‌گونه که از نمودارها مشخص است، نسبت C/N در اکثر تیمارها با گذشت زمان کاهش یافته و در محدوده ۱۵-۱۰ که برای ورمی کمپوست مناسب می‌باشد، قرار داشت. بنزال و کاپور (۲۰۰۰) بر روی فرآیند ورمی کمپوست کود گاو، ضایعات نیشکر، خردل و مخلوطی از آن‌ها کار کردند و به این نتیجه رسیدند که با گذشت زمان نسبت C/N کاهش می‌یابد و این کاهش در حضور کرم‌های خاکی بیشتر است (۲۲).

در این مطالعه مقدار فسفر در تیمارهای A تا E در ابتدای تحقیق در محدوده ۰/۵-۳/۱ (g/kg) بود. در انتهای تحقیق تیمار C (کود گاوی و کاغذ) بیشترین مقدار فسفر (۴/۶۹ g/kg) و تیمار D (کود گاوی و برگ درخت) کمترین مقدار فسفر (۳/۱۱ g/kg) را داشت. روند افزایش مقدار فسفر از شروع کار تا روز ۱۰۰ در تیمارهای B، C و E ادامه داشت. روند افزایش فسفر در تیمارها دال بر معدنی شدن ترکیبات آلی فسفردار در طی فرآیند است که این حالت در فاصله زمانی شروع کار تا روز ۱۰۰ روی داد. روند تغییرات کاهش فسفر در طی روزهای ۷۰ تا ۱۰۰ در تیمارهای A و D به دلیل جذب فسفر آزاد شده در بافت‌های کرم‌های خاکی می‌باشد. در مطالعه ای که نجوا و تامپسون انجام دادند غلظت فسفر در ورمی کمپوست‌های حاصله افزایش یافته بود و با توجه به مدت زمان فرآیند، کیفیت مواد مورد استفاده کرم‌ها، شرایط آزمایش، افزایش فسفر در تیمارها متفاوت بود. (۲۴) مقایسه نتایج این تحقیقات با نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در همه موارد در انتهای فرآیند مقدار فسفر افزایش می‌یابد. به طور کلی بررسی نمودارها نشان داد که کرم‌های خاکی ایزینیا فوتیدا باعث افزایش ازت و فسفر در خاک می‌شوند، یعنی پس از تغذیه مواد زائد اولیه طی فرآیندهایی در داخل بدن کرم‌های خاکی بر میزان ازت و فسفر اولیه افزوده شده و در محصول کمپوست به‌دست آمده این دو ماده مغذی و مفید برای رشد گیاهان نسبت به میزان آن‌ها در مواد اولیه افزایش می‌یابد.

خاکستر و کربن و نسبت C/N بیان کننده این واقعیت است که عملاً بعد از گذشت ۷۰ روز، مواد بستر کاملاً تثبیت شده‌اند و پتانسیل تولید بو در آن‌ها به طور کامل از بین رفته است و لذا پس از گذشت ۷۰ روز، ورمی کمپوست تقریباً آماده استفاده می‌باشد. در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ضایعات مورد استفاده شامل ضایعات خاک اره، میوه، کاغذ، برگ و ترکیب ضایعات جهت تولید ورمی کمپوست مناسب است و غذای مناسب برای کرم خاکی *Eisenia fetida* می‌باشد. در قسمت جوانه‌زنی ورمی کمپوست تولیدی، سطح ۱۵ درصد حجمی تهیه شده از کود ورمی کمپوست تولیدی، جهت رشد گیاه و جوانه‌زنی مناسب است و در نتیجه کود تولیدی از ورمی کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل پایان‌نامه دانشجویی با کد ۹۳۱۵۶۵ می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشکده بهداشت مشهد و مسئول محترم آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت و همچنین مدیریت محترم فضای سبز شهرداری قوچان آقای مهندس نیکروح و همچنین آقای مهندس پرهیزکار تشکر و قدردانی می‌شود.

لازم به ذکر است پارامترهای TN-TP از نظر ارزش کودی ورمی کمپوست تولیدی، پارامتر TC از جهت تشخیص مقدار تثبیت مواد بستر در طی مدت تحقیق که از نظر تولید بو حائز اهمیت است و پارامترهای EC، pH از نظر مناسب بودن کود تولیدی برای استفاده در بخش کشاورزی دارای اهمیت می‌باشند. نمونه‌هایی که حاوی مقداری ضایعات کاغذ می‌باشد که بعد از مدت زمان ۱۰۰ روز به کود تبدیل نشده‌اند، نشان دهنده این موضوع هستند که ضایعات کاغذ به تنهایی قابلیت تبدیل به کود ورمی کمپوست را ندارند و بهتر است جهت تبدیل به کود به صورت ترکیب با سایر زائدات آلی مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۲ شاخص جوانه‌زنی ورمی کمپوست تولیدی به وسیله بذره‌ای ترتیزک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است بذره‌ای جوانه زده در آب مقطر بدون کود دارای کمترین ارتفاع جوانه‌زنی بودند. میانگین ارتفاع جوانه‌زنی در ۵ تیمار مختلف در کود ورمی با سطح ۱۵ درصد حجمی مقدار ۵/۶۲۵۴ سانتی‌متر و در کود با سطح ۳۰ درصد حجمی عدد ۴/۹۵۵۸ و کود با سطح ۴۵ درصد حجمی عدد ۵/۴۶۸ سانتی‌متر بود؛ و تیمار A (خاک اره) دارای بیشترین میانگین (۴۱/۳۳) در تعداد بذر جوانه زده بود. تیمار C (ضایعات کاغذ) دارای بیشترین میانگین در ارتفاع جوانه‌زنی بود. با توجه به این ارقام می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سطح ۱۵ درصد حجمی تهیه شده از کود ورمی کمپوست تولیدی، جهت رشد گیاه و جوانه‌زنی سطح مناسبی می‌باشد و در نتیجه کود تولیدی از ورمی کمپوست برای استفاده در بخش کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد (۱۶، ۲۵).

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر در تمامی تیمارها با گذشت زمان

مقدار pH، TC، C/N مواد بستر کاهش و مقدار TN، TP و EC مواد بستر افزایش یافته بود. همچنین با توجه به مشاهده خرده ریزه‌های کاغذ در انتهای مطالعه در داخل تیمار کاغذ می‌توان به این نتیجه رسید که ضایعات کاغذ به تنهایی جهت تهیه ورمی کمپوست مناسب نمی‌باشد و بهتر است جهت تهیه ورمی کمپوست به صورت ترکیب با سایر مواد زائد آلی استفاده شود. بررسی تغییرات درصد

References

1. Esfahani MN, Mohsenzade A, Abbasi KN. An innovation for organic crop production by compost fertilizer of Isfahan municipal's waste as bionematicide and biofertilizer. *Acta FytotEchnica et ZootEchnica*. 2016;18(5):7-9.
۲. عبدلی م، زاده محقق و قاضی مج. ارزیابی توانایی انطباق فناوری های نو مدیریت پسماندها در کشور. محیط شناسی. ۲۰۰۷؛ ۳۳(۴۲).
3. Adamipour N, Heiderianpour M, Zarei M. Application of vermicompost for reducing the destructive effects of salinity stress on tall fescue turfgrass (*Festuca arundinacea* Schreb.'Queen'). *Journal of Science and TEchnology of Greenhouse Culture*. 2016;7(25)
۴. حسینی علی ع، باقری و لیلی م. مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کمپوست معمولی و ورمی کمپوست (Vermicompost).
5. Past V, Mesdaghinia A, Naderi M. Determination of Toxic Metals Pollution using Extraction (TCLP) in Six Brands of Vermicompost Produced from Bio-Wastes in Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;9(2):289-98.
6. Olfati J-A, Rasouli F. Casing with leached vermicompost improve oyster mushroom biological efficiency. *Iran Agricultural Research*. 2016;35(1):95-9.
7. Ashoorzadeh H, Torkashvand AM, Khomami AM, Guilan I. Choose a Planting Substrate and Fertilization Method to Achieve Optimal Growth of *Araucaria excelsa*. *Journal of Ornamental Plants*. 2016;6(3):201-15.
8. Ravindran B, Wong JW, Selvam A, Sekaran G. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. *Bioresource tEchnology*. 2016.
9. Rao KR, Mushan L. Fungal Diversity of Vermicompost Produced from the Major Municipal Solid Waste-Tendu (*Diospyros melanoxylon*) Leaf Litter Generated from Solapur City.
۱۰. نوری ج و پور هاشمی سع و ارجمندی رو علیمردانی ف. تعیین موقعیت قوانین مدیریت پسماندها در مقایسه تطبیقی با حقوق فرانسه و بهره‌مندی از ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام راهبردی (SPACE). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۰۱۴؛ ۱۶(۲):۱۱۱-۲۸.
11. Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE. Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association.; 1915.
12. Said-Pullicino D, Erriquens FG, Gigliotti G. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource tEchnology*. 2007;98(9):1822-31.
13. Bernal DÁ, Hernández MAL, Osben HRB, Ramos SMC, Mora M. VERMICOMPOST AS AN ALTERNATIVE OF MANAGEMENT FOR WATER HYACINTH. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2016;32(4):425-33
- 14-Edwards CA, Dominguez J. Vermicomposting of sewage sludge effect of bulking materials on growth and reproduction of the earthworms *E. andri*. *Pedobiologia* 2000;44:24-32.
- 15-Singh, N.B., et al., 2005. Effect of initial substrate PH on vermicomposting using *perionyx excavatus*. *applied ECology and environmental research*. 4, 85-97.
16. Atiyeh RM, Domínguez J, Subler S, Edwards CA. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 2000;44(6):709-24.
17. Martin AM. Bioconversion of waste materials to industrial products: Springer Science & Business Media; 2012.
۱۸. قیصری و دانش. بررسی پتانسیل استفاده از فرآیند تولید ورمی کمپوست برای بازیافت ضایعات سبزیجات میادین تره بار (مطالعه موردی- ضایعات سبزیجات میادین تره بار شهر مشهد). علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۲۰۰۹.
۱۹. پیرصاحب، م - شرفی، ک - شایان، س. تولید ورمی کمپوست در مقیاس خانگی با کرم خاکی ایزنیا فتیدا. طلوع بهداشت. فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد. سال یازدهم. ۱۳۹۱. شماره دوم.
- 20-Atiyeh, R.M., et al., 2000. changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworm (*Eisenia Andrei*, Bouche) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 44, 709-724
- 21-Elvira C, GoicoEchea M, Sampedro L, Mato S, Nogales R. Bioconversion of solid paper-pulp mill sludge by earthworms. *Bioresource TEchnology*. 1996;57(2):173-7
22. Bansal S, Kapoor K. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource tEchnology*. 2000;73(2):95-8.
23. Haghighi M, Barzegar MR, da Silva JAT. The effect of municipal solid waste compost, peat, perlite and vermicompost on tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) growth and yield in a hydroponic system. *International Journal of RECYcling of Organic Waste in Agriculture*. 2016;5(3):231-42.
24. Ndegwa PM, Thompson SA. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconcentration of biosolids. *Bioresource TEchnology* 2001; 76: 107-112.
25. 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.