

بررسی پتانسیل بازیافت زباله شهری تولیدی در سطح شهر مشهد به کمک تکنولوژی تولید ورمی کمپوست

سعید قیصری*^۱

sa_gheisari345@yahoo.com

شهناز دانش^۲

سید محمود موسوی^۳

چکیده

تحقیق حاضر در راستای کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از مدیریت نامطلوب زباله های شهری و با هدف امکان سنجی بازیافت زباله های تولید شده در سطح شهر مشهد از طریق به کارگیری آنها به عنوان بستر برای تولید ورمی کمپوست با استفاده از یک گونه کرم خاکی اپی ژیک به نام *Eisenia fetida* انجام پذیرفت. این تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با یک نوع بستر (شامل مخلوط زباله شهری و کود گاوی) و در ۵ سطح اختلاط مواد بستر (شامل ۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰ و ۱۰۰ درصد وزن خشک مواد بستر زباله شهری و مابقی کود گاوی) به مدت ۸۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه ۵ تیمار و در ۳ تکرار (در مجموع ۱۵ واحد آزمایشگاهی) ساخته شد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد زباله شهری به عنوان تیمار شاهد مدنظر قرار گرفت. جهت ارزیابی آماری نتایج از نرم افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین داده ها نیز به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام پذیرفت. به منظور بررسی و مقایسه تیمارهای مختلف و مشخص شدن تأثیر اضافه کردن کود گاوی به زباله شهری در کیفیت مواد بستر، پارامترهای بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی مختلفی در طی مدت تحقیق اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در تمامی تیمارها با گذشت زمان تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ افزایش قابل ملاحظه ای یافته است و ماکزیمم آن مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد زباله شهری) می باشد. همچنین مشاهده شد در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار pH ، TVS ، TOC ، C/N و C/P مواد بستر دارای کاهش و مقدار TKN ، TP ، TK و EC مواد بستر دارای افزایش قابل ملاحظه ای می باشد. در کل نتایج این تحقیق مؤید این نکته اساسی بود که زباله های شهری بدون نیاز به اضافه کردن هیچ گونه مواد غذایی مکمل (منجمله کود گاوی) می توانند به نحو شایانی برای تولید ورمی کمپوست مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: زباله شهری مشهد، ورمی کمپوست، بازیافت، محیط زیست، *Eisenia fetida*.

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران - محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۳- دانشیار، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

مقدمه

پیشین بر روی این عامل متمرکز بوده است. گارگ و همکاران در سال ۲۰۰۶ پتانسیل تجزیه انواع مختلف مواد زاید آلی (مواد زاید آشپزخانه، مواد زاید کشاورزی و مواد زاید صنعتی) به کمک کرم خاکی گونه *Eisenia fetida* را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تولید ورمی کمپوست به کمک کرم خاکی *Eisenia fetida*، تکنولوژی مناسبی برای تجزیه و بازیافت انواع مختلف مواد زاید آلی می باشد (۷).

سوتار در سال ۲۰۰۶ امکان بازیافت زایدات درخت صمغ^۳ که در کارخانجات تولید چسب، ایجاد می شود را از طریق تکنولوژی ورمی کمپوست مورد مطالعه قرار داد (۸). نتایج این تحقیق نشان داد که این ماده زاید در ترکیب با کود گاوی و خاک اره با نسبت ۲۰:۲۰:۶۰، برای تولید ورمی کمپوست مناسب می باشد. کاوشیک و گارگ در سال ۲۰۰۴ پتانسیل کرم خاکی *Eisenia fetida* را برای تجزیه لجن صنایع نساجی به صورت مخلوط با کود گاوی و یا مواد زاید کشاورزی مورد بررسی قرار دادند (۹). در این مطالعه بیشترین میزان رشد و تکثیر کرمهای خاکی در بستری که فقط شامل کود گاوی بود، مشاهده شد. این مطالعه مؤید این نکته اساسی بود که فرآیند تولید ورمی کمپوست، گزینه مناسبی برای بازیافت لجن صنایع نساجی (مخلوط با کود گاوی) می باشد.

گوپتا و همکاران در سال ۲۰۰۷ از مخلوط بقایای نیهای آبی با کود گاوی به عنوان ماده اولیه برای تولید ورمی کمپوست استفاده کردند (۱۰). بر اساس نتایج این تحقیق، مشخص شد که نیهای آبی به صورت مخلوط با کود گاوی (به ترتیب با نسبت های ۲۵ درصد و ۷۵ درصد)، می تواند به عنوان یک بستر مناسب برای تولید ورمی کمپوست مورد استفاده قرار گیرند.

حسینعلی علیخانی در سال ۱۳۸۵ در یک مطالعه تحقیقاتی کاربرد ضایعات کارخانجات چوب و کاغذ ایران (چوکا)، شامل خاک اره و بقایای پوست درختان را به عنوان بخشی از مواد اولیه ارزان قیمت در فرآیند تولید کود ورمی

Vermi معادل لاتین کلمه "کرم"^۱ است و تولید ورمی کمپوست^۲ نیز به فرآیندی اطلاق می گردد که در آن از کرمهای خاکی برای تولید کمپوست استفاده می شود (۲۱). در فرآیند تولید ورمی کمپوست از طریق تجزیه مواد زاید آلی به کمک انواع خاصی از کرمهای خاکی، یک نوع کود آلی بسیار مغذی، تمیز و بی بو با توانایی اصلاح خاک تولید می گردد که علاوه بر کاهش خطرات بهداشتی و زیست محیطی ناشی از زایدات آلی، روش بازگردش آنها را به طبیعت به صورت کود مصرفی تسریع می نماید و می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در صنایع کشاورزی و باغداری باشد و از مشکلات زیست محیطی زیادی که در نتیجه مصرف بی رویه کودهای شیمیایی ایجاد می شود، نیز جلوگیری نماید.

هند و همکاران فرآیند تولید ورمی کمپوست را به عنوان یک تکنولوژی کم هزینه برای پروسه و تصفیه کردن مواد زاید آلی تعریف می کنند (۳). لازم به ذکر است کود ورمی کمپوست نسبت به کود کمپوست متداول دارای کیفیت و خواص بهتری است (۴).

به طور کلی حدود ۳۰۰۰ گونه مختلف از کرمهای خاکی وجود دارد که اندازه آنها از ۰/۶ تا ۳۳۰ سانتیمتر متغیر می باشد (۲). طبق تحقیقات انجام شده از میان این ۳۰۰۰ گونه کرم خاکی تنها دو گونه *Eisenia fetida* و *Lumbricus rubellus* بیشترین کاربرد را در تولید ورمی کمپوست دارند و این به دلیل راندمان کار، سهولت در تکثیر و شرایط زیست محیطی لازم است که برای زندگی ترجیح می دهند (۱، ۲، ۵ و ۶).

در سالهای پیشین تحقیقات گوناگونی در خصوص استفاده از فرآیند تولید ورمی کمپوست برای بازیافت انواع زایدات آلی انجام پذیرفته است. از آن جا که نوع بستر از نظر کیفیت ورمی کمپوست تولیدی و میزان رشد و تکثیر کرمهای خاکی دارای اهمیت زیادی می باشد، لذا بیشتر تحقیقات

1- Worm

2- Vermicomposting

قرار دادند (۱۴). نتایج این تحقیق حاکی از این بود که گونه *Eisenia fetida* نسبت به دو گونه دیگر، قادر به تحمل رنج وسیعتری از تغییرات درجه حرارت می باشد و بنابراین این امکان وجود دارد که این گونه در مناطق گرم (تا درجه حرارت ۴۳ درجه سانتیگراد) و همچنین در نواحی سرد (تا ۵ درجه سانتیگراد) پرورش پیدا کند، لیکن دو گونه دیگر برای کاربرد در ظروف روباز پرورش کرم دارای محدودیت بودند (۱۴).

متأسفانه با وجود اثرات مفید و مثبت کرمهای خاکی و افزایش سرعت معدنی شدن و هوموسی شدن بقایای آلی، فرآیند تولید ورمی کمپوست در کشور ما گسترش چندانی نیافته است. لذا با توجه به حجم عظیم زایدات آلی در شهرهای بزرگ، صنایع و بخش کشاورزی و همچنین مشکل کمبود مواد آلی در خاکهای کشورمان، لزوم فرهنگ سازی و انجام تحقیقات گسترده در این زمینه بیش از پیش احساس می شود. بررسیها نشان می دهد یکی از زایدات آلی که هر روزه در حجم زیادی تولید شده و نیازمند مدیریت می باشد، زباله های شهری است. به عنوان مثال طبق اطلاعات ارائه شده از سوی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، در شهر مقدس مشهد با جمعیت بیش از ۲ میلیون نفر و حضور سالانه بیش از ۱۲ میلیون زائر، روزانه بالغ بر ۱۷۰۰ تن زباله شهری تولید می شود که ۷۶ درصد آنها را مواد زاید آلی تشکیل می دهند. بدیهی است این حجم عظیم زباله اگر به شیوه مطلوبی مدیریت نشود، می تواند باعث بروز مشکلات زیست محیطی زیادی همچون آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی، آلودگی خاک، شیوع بیماریهای مختلف و غیره گردد. بنابراین با توجه به مطالب فوق و با مدنظر قرار دادن این نکته که استفاده از زباله شهری برای تولید ورمی کمپوست می تواند از جنبه های اقتصادی و زیست محیطی بسیار مفید باشد و در تحقیقات پیشین به نحو مطلوبی استفاده از آن برای تولید ورمی کمپوست مورد بررسی قرار نگرفته است، تحقیق حاضر در جهت نیل به اهداف ذیل به انجام رسیده است.

- امکان بازیافت زباله های تولید شده در سطح شهر مشهد از طریق به کارگیری آنها به عنوان بستر برای

کمپوست مورد بررسی قرار داد (۱۱). توصیه نهایی این تحقیق استفاده از ۳۰ درصد ضایعات پوسیده و قدیمی کارخانه و ۷۰ درصد مابقی کود گاوی جهت تولید ورمی کمپوست بود.

زهرآبادی و همکاران در سال ۱۳۸۴ چگونگی تکثیر و پرورش کرم خاکی *Eisenia fetida* بر روی ضایعات و بقایای مختلف کشاورزی (تفاله گوجه فرنگی، ضایعات سیب زمینی، تفاله جو، باگاس، خاک اره و خاک) را در مخلوط با کود حیوانی در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به همراه شاهد (کود حیوانی) مورد بررسی قرار دادند (۱۲). در این تحقیق بیشترین نسبت میزان تکثیر کرمهای خاکی در تیمار گوجه فرنگی در سطح ۷۵ درصد و کمترین در تیمار تفاله جو مشاهده شد (۱۲).

به این ترتیب برخی دیگر از مطالعات پیشین نیز بر روی شناسایی مناسبترین گونه های کرم خاکی کمپوست ساز و همچنین پیدا نمودن شرایط محیطی مناسب برای هر کدام از گونه های کرم خاکی متمرکز بوده است. تریپاتی و باردواچ در سال ۲۰۰۴ پتانسیل یک گونه کرم خاکی غیر بومی به نام *Eisenia fetida* و یک گونه کرم خاکی بومی به نام *Lampito mauritii* را از جنبه های مختلف شامل میزان تولید بیومس، سیکل زندگی و مناسب بودن برای تولید ورمی کمپوست در محیط نیمه خشک ناحیه Jodhpur در Rajasthan هند مورد مقایسه قرار دادند (۱۳). نتایج این تحقیق نشان داد که گونه *Eisenia fetida* به مراتب بهتر می تواند در مناطق نیمه خشک و بیابانی Rajasthan نسبت به گونه *Lampito mauritii* پرورش یابد. همچنین بر اساس اندازه گیریهای انجام شده در این تحقیق، مشخص شد مقدار بهینه درصد رطوبت و pH برای گونه *Eisenia fetida* به ترتیب برابر ۷۰ درصد و ۶/۵ و برای گونه *Lampito mauritii* به ترتیب برابر ۶۰ درصد و ۷/۵ می باشد (۱۳).

رینک و همکاران در سال ۱۹۹۲ در یک کار تحقیقاتی تأثیر درجه حرارتهای مختلف را روی رشد و تکثیر سه گونه کرم خاکی اپی ژیک شامل *Eudrilus eugeniae*، *Perionyx excavates* و *Eisenia fetida* مورد بررسی

گرفت. زباله شهری مورد استفاده در این تحقیق نیز از زباله های ورودی به سالن کارخانه کمپوست شهر مشهد که عملیات جداسازی نسبی مواد معدنی شامل سنگ، شیشه، پلاستیک و غیره بر روی آنها انجام گرفته بود، تهیه گردید. لازم به ذکر است در آزمایشهای اولیه انجام شده در تحقیق حاضر مشخص شد که اگر زباله شهری به صورت شسته نشده و تازه مورد استفاده قرار بگیرد، کرمهای خاکی نمی توانند در بستر مذکور به نحو مطلوبی فعالیت نموده و حتی تعدادی از کرمهای خاکی از بستر خارج می شوند که این موضوع احتمالاً مربوط به بوی بسیار نامطبوع زباله تازه، می باشد. نتایج آزمایشهای اولیه تحقیق حاضر نشان داد که زباله مصرفی بایستی حداقل ۲۳ روز عملیات پری کمپوست را پشت سر بگذارد. بنابراین در این مطالعه زباله مصرفی از پایلی که به مدت ۲۳ روز عملیات پری کمپوست را به منظور پشت سر گذاشتن مرحله ترموفیلیک اولیه، در سالن تخمیر طی کرده بود، برداشته شد. زباله های مصرفی پس از عملیات حذف تکمیلی مواد معدنی شامل سنگ، شیشه و غیره که به صورت دستی بر روی آنها انجام پذیرفت، به منظور حذف املاح مضر و کاهش بو، مورد شستشو قرار گرفته و سپس برای ساخت تیمارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است در طی مرحله پری کمپوست زباله مصرفی در فواصل زمانی مشخص در سالن تخمیر هوادهی و هم زنی شد. علاوه بر این دمای داخل توده زباله و دمای محیط نیز اندازه گیری شد. در نمودار شماره (۱) تغییرات دمایی پایلی زباله مورد استفاده در این مطالعه در طی مرحله پری کمپوست در سالن تخمیر به همراه تغییرات دمای محیط سالن آرایه شده است.

تولید ورمی کمپوست با استفاده از یک گونه کرم

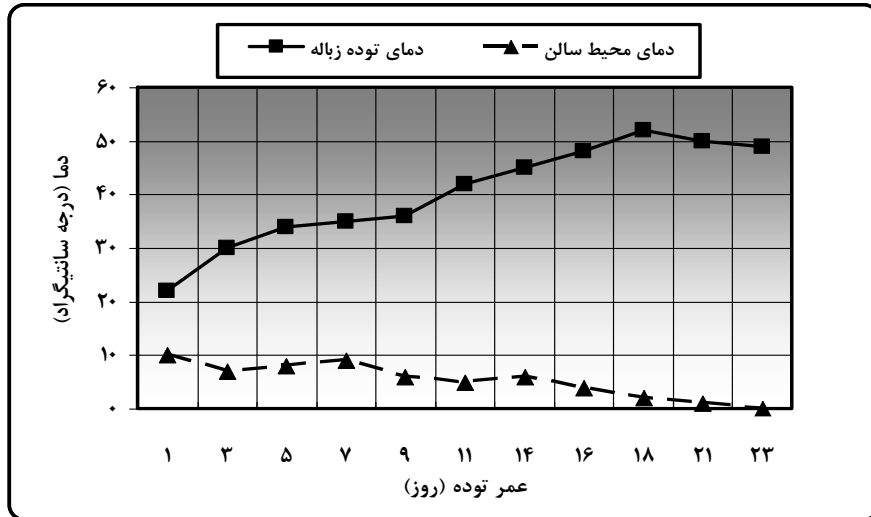
خاکی ایپی ژیک به نام *Eisenia fetida*.

- بررسی تأثیر اضافه کردن کود گاوی به زباله شهری در تسریع فرآیند تولید ورمی کمپوست و افزایش فعالیت کرمهای خاکی.
- دستیابی به مناسبترین درصد اختلاط زباله شهری با کود گاوی.

روش بررسی

این تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با یک نوع بستر (شامل مخلوط زباله شهری و کود گاوی) و در ۵ سطح اختلاط مواد بستر (شامل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد وزن خشک مواد بستر زباله شهری و مابقی کود گاوی) به مدت ۸۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه ۵ تیمار و در سه تکرار (در مجموع ۱۵ واحد آزمایشگاهی) ساخته شد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد زباله شهری به عنوان تیمار شاهد مدنظر قرار گرفت. واحدهای آزمایشگاهی مذکور در طی مدت تحقیق در داخل سالن ورمی کمپوست کارخانه کمپوست شهر مشهد، واقع در کیلومتر ۵ جاده قدیم مشهد- نیشابور (محل انجام طرح) نگهداری شدند.

ضایعات مورد استفاده در این تحقیق شامل زباله شهری و کود گاوی بود. کود گاوی مورد نیاز از محل دپوی کود موجود در سایت کارخانه کمپوست شهر مشهد (محل انجام طرح) تهیه گردید. در ابتدا به منظور جدا نمودن ذرات درشت، کود گاوی با استفاده از یک الک (سایز ۳ میلیمتر) به صورت دستی سرنده شد و در مرحله بعد به منظور حذف املاح مضر و کاهش EC در سه مرحله مورد شستشوی کامل (با پخش شدن روی صفحه فلزی سوراخدار و پاشیدن آب بر روی آن) قرار



شکل ۱- منحنی تغییرات دمایی توده زباله مصرفی و محیط سالن تخمیر در طی مرحله پری کمپوست

گردید. در جدول شماره (۱) مشخصات فیزیکوشیمیایی مواد اولیه مورد استفاده برای ساخت بسترهای ورمی کمپوست مشخص می باشد.

پس از فرآوری مواد اولیه و قبل از ساخت تیمارهای اصلی از مواد اولیه شامل زباله شهری و کود گاوی نمونه برداری شده و مشخصات فیزیکوشیمیایی آنها به روشهای متداول تعیین

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی مواد اولیه مورد استفاده برای تهیه تیمارهای مختلف

مقدار		واحد	پارامتر
کود گاوی	زباله شهری		
۷/۹۵	۷/۵۹	-	pH
۱/۳۲	۰/۴۵	ms/cm	EC
۵۲۱/۶	۶۸۴/۷	درصد از وزن خشک	TVS
۲۷۶/۸۴	۳۴۰/۱	درصد از وزن خشک	TOC
۱۴/۴	۱۲/۳	درصد از وزن خشک	TKN
۱۳/۳۵	۷/۱	درصد از وزن خشک	TP
۱۹	۷/۱۵	درصد از وزن خشک	TK
۱۹/۲۳	۲۷/۶۵	-	C:N
۲۰/۷۴	۴۷/۹	-	C:P

بستر (بر اساس وزن خشک) که شامل درصدهای مختلفی از زباله شهری و کود گاوی بود، ریخته شده و هر ظرف به عنوان یک تیمار محسوب شد. در جدول شماره (۲) درصد وزنی هر کدام از ضایعات در تیمارهای مختلف مشخص است.

در این تحقیق برای ساخت تیمارها از سطلهای پلاستیکی بیضوی شکل با ابعاد ۳۷×۴۹ سانتیمتر، وزن یک کیلوگرم و حجم تقریبی ۱۵ لیتر استفاده شد. پس از فرآوری مواد اولیه، در داخل هر کدام از ظروف حدود ۲ کیلوگرم مواد

جدول ۲- درصد وزنی هر کدام از ضایعات در تیمارهای مختلف

کود گاوی (%DW)	زباله شهری (%DW*)	تیمار
۰	۱۰۰	A (شاهد)
۲۰	۸۰	C
۴۰	۶۰	E
۶۰	۴۰	G
۸۰	۲۰	I

*درصد وزن خشک

خاکی مهم هستند. به منظور کنترل شرایط محیطی برای رشد کرمهای خاکی، در این تحقیق پارامترهای درجه حرارت و رطوبت مواد بستر هر ۵ روز یک بار و پارامترهای pH و EC هر ۱۰ روز یک بار برای تیمارهای مختلف اندازه گیری شده و رطوبت مواد بستر پس از اندازه گیری مجدداً با اضافه کردن مقادیر مشخصی آب در حدود ۷۰ درصد وزنی تنظیم می گردید.

به منظور اندازه گیری پارامترهای فیزیکیوشیمیایی، در فواصل زمانی مذکور نمونه های همگنی از هر تیمار تهیه شد. روش نمونه برداری مورد استفاده در این تحقیق منطبق بر روش های استاندارد ارایه شده در سایر منابع علمی معتبر بود. به این صورت که در هر مرحله نمونه برداری در ابتدا از هر کدام از تیمارها مقدار مشخصی نمونه برداشته شده و سپس در آن به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک می گردید. در ادامه با توجه به اندازه بزرگ مواد موجود در نمونه ها و به منظور یکنواخت کردن نمونه برداشته شده از هر تیمار و افزایش دقت آزمایشها، نمونه خشک شده در آن توسط آسیاب برقی کاملاً به حالت پودر تبدیل می شد. سپس از این پودر که برای هر نمونه به صورت مجزا تهیه می شد برای تعیین پارامترهای فیزیکیوشیمیایی مختلف استفاده می گردید (۹، ۱۰ و ۱۶).

به استثنای پارامترهای pH و EC که اندازه گیری آنها بر روی نمونه مرطوب اولیه صورت گرفت، اندازه گیری بقیه پارامترها بر روی نمونه کاملاً خشک و آسیاب شده، انجام پذیرفت. pH و EC از طریق تهیه سوسپانسیون با نسبت (w/v) ۱:۱۰ و به کمک دستگاه pH متر و EC متر دیجیتال،

پس از تهیه تیمارهای مختلف و تنظیم رطوبت آنها (حدود ۷۰ درصد وزنی)، عمل تلقیح تیمارها با اضافه کردن ۵۰ جفت کرم خاکی بالغ، با وزن تقریبی ۲۵۰-۴۰۰ میلی گرم از گونه *Eisenia fetida* به هر ظرف انجام شد. کرمهای مذکور دارای اندازه یکنواخت بوده و از بستر پرورش کرمهای خاکی سالن ورمی کمپوست کارخانه کمپوست شهر مشهد، تهیه شدند. در طی مدت تحقیق رطوبت بسترها در محدوده ۶۰-۷۰ درصد و دمای بسترها در محدوده ۲۴-۱۳ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد که طبق توصیه های ارایه شده در اکثر مراجع برای رشد کرمهای خاکی گونه *Eisenia fetida* مناسب می باشد (۱ و ۱۵). جهت ممانعت از کاهش رطوبت مواد بستر و همچنین جلوگیری از تابش مستقیم نور به بستر کرمهای خاکی و به وجود آوردن امکان فعالیت کرمها در سطح بستر، سطوح تیمارهای مختلف توسط گونیهای نخی پوشانیده شد. به منظور بررسی روند تغییرات ایجاد شده در خصوصیات مواد بستر در اثر فعالیت کرمهای خاکی، پارامترهای مختلف فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیکی به شرح جدول شماره (۳)، در طی مدت انجام تحقیق در کلیه تیمارها اندازه گیری شدند. لازم به ذکر است پارامترهای TK، TP، TKN و TK از نظر ارزش کودی ورمی کمپوست تولیدی، پارامترهای TVS و TOC از جهت تشخیص مقدار تثبیت مواد بستر در طی مدت تحقیق که از نظر تولید بو حایز اهمیت است و پارامترهای pH و EC از نظر مناسب بودن کود تولیدی برای استفاده در بخش کشاورزی دارای اهمیت می باشند. پارامترهای بیولوژیکی شامل تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ نیز هم از نظر اقتصادی و هم از جهت تشخیص مناسبترین تیمار برای رشد و تکثیر کرمهای

کجدال، TNa و TK با دستگاه Flame photometer و TP با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند (۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲).

درصد رطوبت از طریق قرار دادن نمونه در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت، TVS از طریق قرار دادن نمونه در کوره الکتریکی در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴/۵ ساعت، TOC به روش والکلی بلاک، TKN به روش

جدول ۳ - پارامترها و فواصل زمانی اندازه‌گیری آنها در طی مدت تحقیق

پارامتر	زمان اندازه‌گیری (روز)	روش اندازه‌گیری
درجه حرارت	شروع و هر ۵ روز	دماسنج دیجیتال
درصد رطوبت	شروع و هر ۵ روز	حرارت دادن در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت (۱۸ و ۲۱)
pH	شروع و هر ۱۰ روز	دستگاه pH متر دیجیتال (۱۶، ۱۷ و ۱۸)
EC	شروع و هر ۱۰ روز	دستگاه EC متر دیجیتال (۱۶، ۱۷ و ۱۸)
TVS	شروع و هر ۱۵ روز	حرارت دادن در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴/۵ ساعت (۱۸)
TOC	شروع ، ۳۰ و ۸۰ (انتهای دوره)	والکلی بلاک (۱۸ و ۲۲)
TKN	شروع ، ۳۰ و ۸۰ (انتهای دوره)	کجدال (۱۸ و ۲۰)
TP	شروع ، ۳۰ و ۸۰ (انتهای دوره)	دستگاه اسپکتروفتومتر (۱۸)
TK	شروع ، ۳۰ و ۸۰ (انتهای دوره)	دستگاه Flame photometer (۱۸ و ۱۹)
تعداد کرمهای بالغ	شروع و ۸۰ (انتهای دوره)	دستی
بیومس کرمهای بالغ	شروع و ۸۰ (انتهای دوره)	ترازوی دیجیتال

پارامترهای فیزیکوشیمیایی و مقایسه درصد افزایش یا کاهش آنها (نسبت به سطح اولیه) در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق ارائه شده است. همان طور که از نمودارهای مذکور مشخص است، در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار TOC، TVS، pH، C/N و C/P مواد بستر کاهش و مقدار TKN، TP، TK و EC مواد بستر افزایش قابل ملاحظه ای یافته است و تکنولوژی تولید ورمی کمپوست به طور قابل ملاحظه ای خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد بستر را اصلاح نموده است.

روند تغییرات pH نشان می‌دهد که در طی مدت تحقیق در تمامی تیمارها مقدار pH مواد بستر در ابتدا با روند مشابهی (تا ۳۰ روز برای تیمارهای A، C و E و تا ۲۰ روز برای تیمارهای G و I) افزایش و سپس با روند همسانی کاهش یافته

در این طرح نتایج حاصل از هر مرحله با استفاده از نرم افزار SPSS بر مبنای طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و معنی دار بودن اختلاف با دقت $p \leq 0.05$ تعیین شد. مقایسه میانگین داده ها نیز به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده گردید و در نمودارها از حروف برای مشخص نمودن تفاوت بین میانگینها استفاده شد. وجود حداقل یک حرف مشترک بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ بین آنها بود.

یافته ها

بررسی تغییرات فیزیکوشیمیایی در تیمارهای مختلف : در نمودارهای شماره (۲) و (۳) به ترتیب روند تغییرات

سالن بیشتر است که با توجه به پوشیده بودن سطح مواد بستر توسط گونیهای نخی، منطقی به نظر می رسد.

بررسی روند تغییرات EC در تیمارهای مختلف نشان می دهد که مقدار آن در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش یافته است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری، بین درصد افزایش EC در تمامی تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد و حداکثر و حداقل آن به ترتیب مربوط به تیمارهای A (۱۸۷ درصد افزایش) و I (۵۷ درصد افزایش) می باشد. دلیل افزایش EC در طی مدت تحقیق می تواند 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 توام کرمهای خاکی و میکروارگانیسمها، بیشتر ترکیبات آلی به فرمهای قابل دسترس معدنی تبدیل شده و در محیط آزاد می شوند. در این خصوص نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۷ و ۲۴).

همان گونه که از نمودارهای شماره (۲-c) و (۲-d) مشخص است، مقادیر پارامترهای TVS و TOC در تمامی تیمارها دارای روند کاهشی در طی مدت تحقیق می باشد. بررسی نمودارهای فوق نشان می دهد که عمده کاهش مذکور مربوط به ۶۰ روز اولیه تحقیق بوده و پس از آن کاهش TVS و TOC مواد بستر به شدت کند شده است. این موضوع بیان کننده این واقعیت است که عملاً بعد از گذشت ۶۰ روز، مواد بستر کاملاً تثبیت شده اند و پتانسیل تولید بو در آنها، به طور کامل از بین رفته است.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان می دهد بین درصد کاهش پارامترهای TVS و TOC در تمامی تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. درصد کاهش TVS از ۳۹ درصد در تیمار A تا حدود ۲۰ درصد در تیمار I و درصد کاهش TOC از ۳۰ درصد در تیمار A تا حدود ۱۱ درصد در تیمار G متغیر می باشد. کاهش پارامترهای فوق می تواند ناشی از تجزیه مواد آلی که مربوط به فعالیتهای میکروبی و تغذیه ای کرمهای خاکی است، باشد. به عبارت دیگر فعالیت کرمهای خاکی، تجزیه بیولوژیکی مواد آلی را از طریق بهبود شرایط خرد اقلیم مناسب برای فعالیتهای

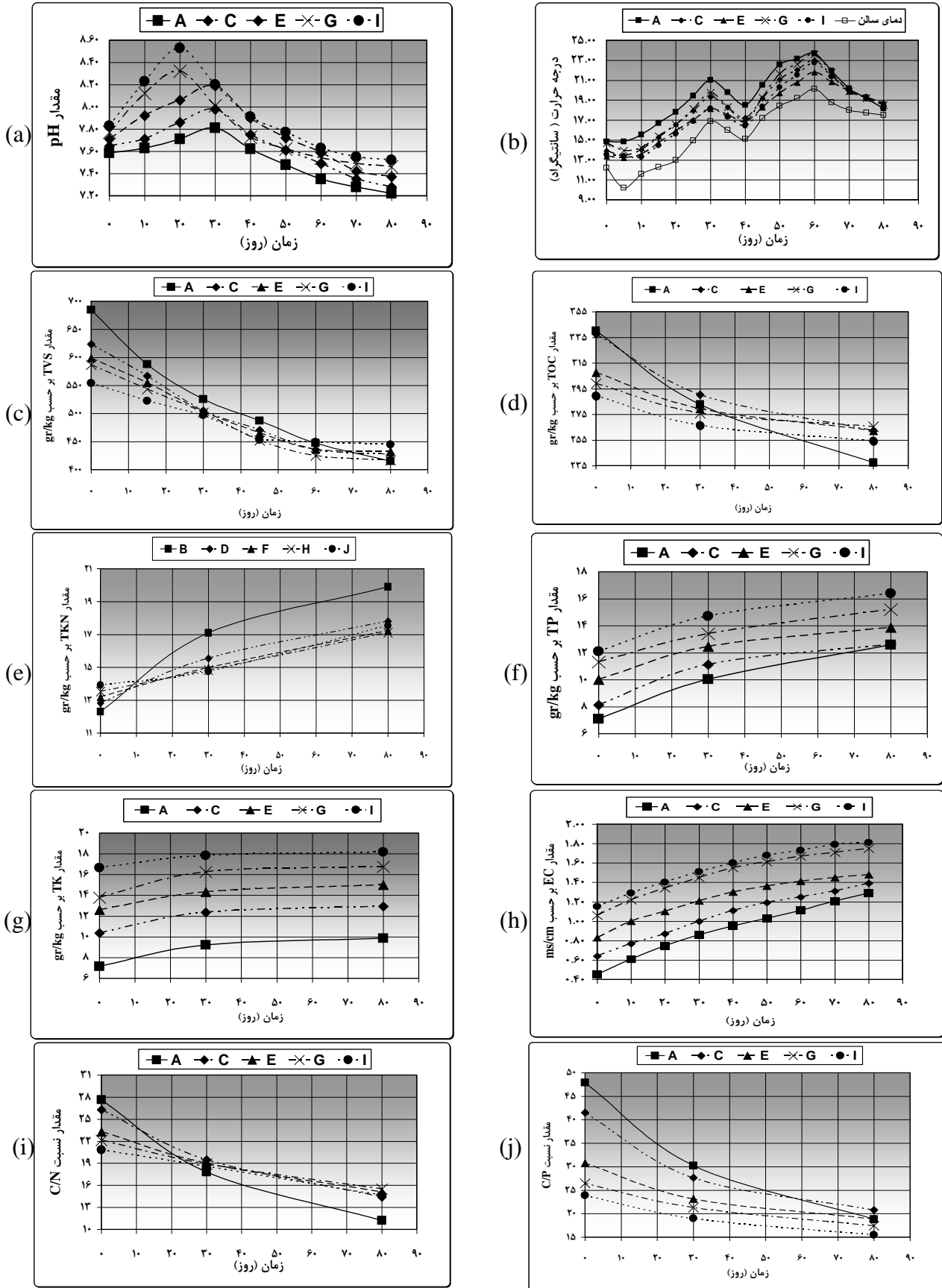
است. افزایش اولیه pH مواد بستر می تواند به این دلیل باشد که در ابتدا عمل تجزیه مواد غذایی توسط میکروارگانیسم هوازی موجود در بستر، منجر به تبدیل پروتئینها به آمونیوم و تولید ترکیبات قلیایی شده است و بنابراین pH در فاز اولیه افزایش یافته است. در مرحله بعد تبدیل ترکیبات پیچیده به فرمهای ساده تر در طی فاز تثبیت مواد غذایی توسط میکروارگانیسمها، باعث تشکیل اسیدهای ضعیف شده که در مقایسه با تشکیل ترکیبات قلیایی غالب گردیده و در نتیجه pH کاهش یافته است. نتایج ارایه شده در نمودارهای شماره (۲-a) و (۳-a) نشان می دهد که در کل مقدار pH کمپوست نهایی در تمامی تیمارها نسبت به مقدار اولیه آن تعدیل شده و به pH خنثی نزدیک شده است که از نظر کاربرد در زمینهای کشاورزی کشورمان که اغلب قلیایی می باشند، مناسب می باشد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نیز حاکی از این است که بین درصد کاهش pH در تمامی تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد و حداکثر و حداقل آن به ترتیب مربوط به تیمارهای A (۴/۸ درصد کاهش) و I (۳/۹۵ درصد کاهش) می باشد. افزایش اولیه pH در ابتدای دوره (۶ تا ۱۵ روز) و سپس کاهش آن (تا ۳۰ روز) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از مخلوط خاک، کود گاوی و مواد زاید آشپزخانه به کمک گونه *Perionyx excavatus* توسط سینگ و همکاران نیز گزارش شده است (۲۱). عطیه و همکاران 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 (۲۳).

در نمودار شماره (۲-b) روند تغییرات درجه حرارت مواد بستر و سالن تولید ورمی کمپوست در طی مدت تحقیق ارایه شده است. بررسی نتایج ارایه شده در این نمودار نشان می دهد که درجه حرارت مواد بستر در طی مدت تحقیق در محدوده ۲۴-۱۳ درجه سانتیگراد قرار دارد که طبق توصیه های ارایه شده در اکثر مراجع برای رشد کرمهای خاکی گونه *Eisenia fetida* مناسب می باشد (۱ و ۱۵). همچنین نتایج مذکور نشان می دهد که درجه حرارت مواد بستر در تمامی موارد با اختلاف ۱ تا ۵ درجه سانتیگراد از درجه حرارت محیط

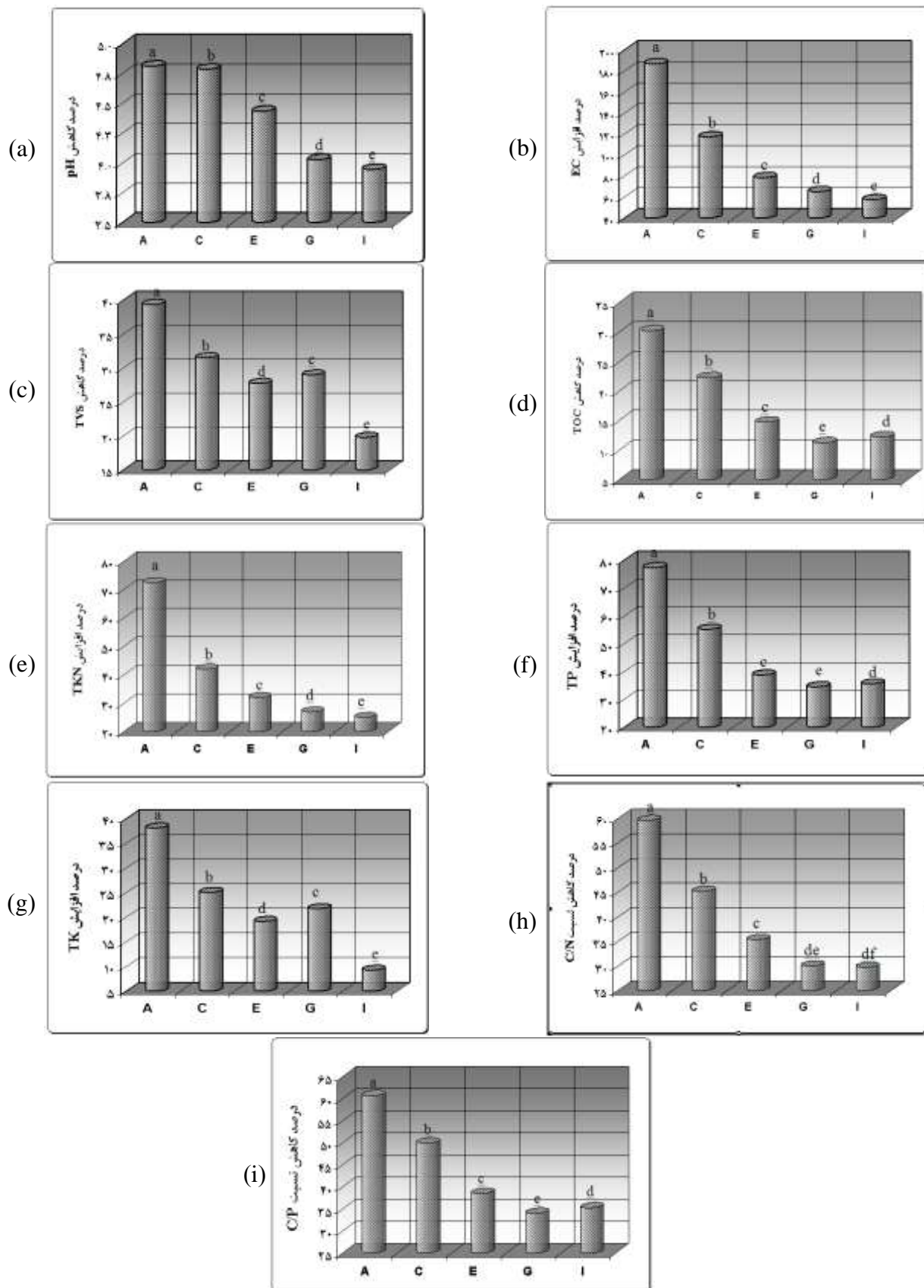
علل دیگر افزایش TKN مواد بستر باشند که در سایر تحقیقات نیز به آنها اشاره شده است. در خصوص دلایل افزایش TP و TAP مواد بستر نیز علاوه بر دلیل اصلی مذکور می توان به وجود آنزیمهای محلول کننده فسفر در روده کرمهای خاکی و فعالیت میکروارگانیزمهای محلول کننده فسفر موجود در فضولات کرمهای خاکی اشاره نمود.

سایر پژوهشگران نیز افزایش مقدار TKN و TP مواد بستر را در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست گزارش کردند. گارگ و همکاران افزایش ۳۴۰ تا ۴۸۳ درصدی TKN و ۳۸ تا ۵۵۰ درصدی TP مواد بستر را (نسبت به سطح اولیه) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از انواع مختلف مواد زاید آلی (شامل مواد زاید آشپزخانه، زایدات کشاورزی، لجن و فیبر صنایع نساجی و مواد زاید سازمانی) به کمک گونه *Eisenia fetida* گزارش کردند (۷). گوپتا و همکاران نیز افزایش ۱۰۹ تا ۱۶۳ درصدی TKN و ۵۵ تا ۱۱۹ درصدی TAP مواد بستر را (نسبت به سطح اولیه) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از نيزارهای آبی به کمک گونه *Eisenia fetida* نشان دادند (۱۰).

میکروبی، افزایش داده که در نتیجه باعث کاهش TVS و TOC مواد بستر در طی فرآیند می شود. در این خصوص نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۲۵ و ۲۶).
بر خلاف پارامترهای TVS و TOC مقدار پارامترهای TKN و TP مواد بستر در تیمارهای مختلف دارای روند افزایشی در طی مدت تحقیق بود (نمودارهای شماره e-۲ و f-۲). درصد افزایش TKN از ۷۲ درصد در تیمار A تا حدود ۲۵ درصد در تیمار I و درصد افزایش TP از ۷۷ درصد در تیمار A تا حدود ۳۴ درصد در تیمار G متغیر می باشد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نیز حاکی از این بود که بین درصد افزایش TKN و TP مواد بستر در بین تمامی تیمارها، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. افزایش TKN و TP مواد بستر در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست را می توان به کاهش TOC مواد بستر نسبت داد. به عبارت دیگر تجزیه مواد آلی و کاهش TOC مواد بستر منجر می شود که حجم و وزن مواد بستر کاهش یافته و در نتیجه مقدار نیتروژن و فسفر در واحد وزن مواد بستر افزایش یابد. به هر حال تغییر فرم نیتروژن از آلی به معدنی توسط فعالیت سوخت و ساز میکروارگانیزمهای واسطه ای و اضافه شدن ترشحات، مخاط و مواد دفعی سرشار از نیتروژن توسط کرمهای خاکی به مواد بستر، می توانند از جمله



شکل ۲- بررسی روند تغییرات پارامترهای فیزیکوشیمیایی در تیمارهای مختلف در طی دوره تحقیق



شکل ۳- مقایسه درصد افزایش یا کاهش (نسبت به سطح اولیه) پارامترهای فیزیکوشیمیایی در تیمارهای مختلف

سطح ۰/۰۵ نبودند، در بین سایر تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود داشت. محدوده درصد کاهش نسبت C/N و C/P به ترتیب در محدوده ۶۰ درصد در تیمار A تا حدود ۳۰ درصد در تیمار I برای نسبت C/N و ۶۱ درصد در تیمار A تا حدود ۳۴ درصد در تیمار G برای نسبت C/P متغیر بود. آزاد شدن بخشی از کربن آلی به صورت دی اکسید کربن در پروسه تجزیه میکروبی مواد بستر و بنابراین افزایش نیتروژن و فسفر در واحد وزن مواد بستر می تواند دلیل اصلی کاهش نسبتهای C/N و C/P در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست باشد. سایر محققان نیز در این خصوص نتایج مشابهی را گزارش کرده اند (۸ و ۲۶). لازم به ذکر است پوینسیلوت (۲۷) و گلوئک (۲۸) برای تعیین پایداری کمپوست و ورمی کمپوست، گستره ۱۵ تا ۲۰ را برای نسبت C/N گزارش کردند. در تحقیق ما مقدار نسبت C/N تیمارهای مختلف در انتهای تحقیق و پس از گذشت ۸۰ روز از فرآیند، در محدوده ۱۱ تا ۱۶ قرار داشت که نشان می دهد در همه تیمارها ورمی کمپوست به طور کامل به مرحله بلوغ رسیده است.

بررسی تغییرات بیولوژیکی در تیمارهای مختلف: در این قسمت تیمارهای مختلف از جنبه پارامترهای بیولوژیکی شامل تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ (کرمهای دارای کمر بند جنسی) مورد بررسی قرار گرفته اند. در جدول شماره (۴) خلاصه نتایج این بررسی مشخص می باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که در تمامی تیمارها با گذشت زمان تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ افزایش قابل ملاحظه ای یافته است. نمودار شماره (۴) درصد افزایش بیومس کرمهای خاکی را در طی مدت تحقیق در تیمارهای مختلف مشخص می نماید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد که بین تعداد کرم خاکی افزایش یافته و درصد افزایش بیومس در بین تمامی تیمارها، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. درصد افزایش بیومس (نسبت به سطح اولیه) از ۴۶۸ درصد در تیمار A تا ۱۳۲ درصد در تیمار I متغیر است. همچنین بیشترین تعداد کرم خاکی در انتهای تحقیق مربوط به تیمار A (۳۱۱ عدد) و کمترین آن مربوط به تیمار I (۱۵۰ عدد) می باشد. در کل نتایج ارائه شده در جدول شماره (۴) حاکی از این است که تیمار A

همان طور که از نمودارهای شماره (۲-g) و (۳-g) مشخص است، میزان TK مواد بستر در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش قابل ملاحظه ای یافته است. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان می دهد بین درصد افزایش TK در بین تمامی تیمارها، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. بررسی نتایج حاکی از این است که درصد افزایش TK از ۳۸ درصد در تیمار A تا حدود ۹ درصد در تیمار I متغیر می باشد. سایر محققان نیز به افزایش مقدار پتاسیم مواد بستر در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست اشاره نموده اند.

سوتار افزایش ۴۵ تا ۹۰ درصدی پتاسیم قابل تبادل را (نسبت به سطح اولیه) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از برخی مواد زاید ناشی از فعالیتهای کشاورزی به کمک گونه *Perionyx excavatus* نشان داد (۲۵). گارگ و همکاران نیز افزایش ۱۰۶ تا ۴۰۱ درصدی TK را (نسبت به سطح اولیه) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از انواع مختلف مواد زاید آلی (شامل مواد زاید آشپزخانه، زایدات کشاورزی، لجن و فیبر صنایع نساجی و مواد زاید سازمانی) به کمک گونه *Eisenia fetida* گزارش کردند (۷). لازم به ذکر است کرمهای خاکی از طریق ایجاد شرایط محیطی مناسب برای ریزجامعه گیاهی موجود در دستگاه گوارششان، میزان تجزیه مواد غذایی بلعیده شده را افزایش داده و از این رو منجر به آزاد شدن بیشتر مواد معدنی می شوند.

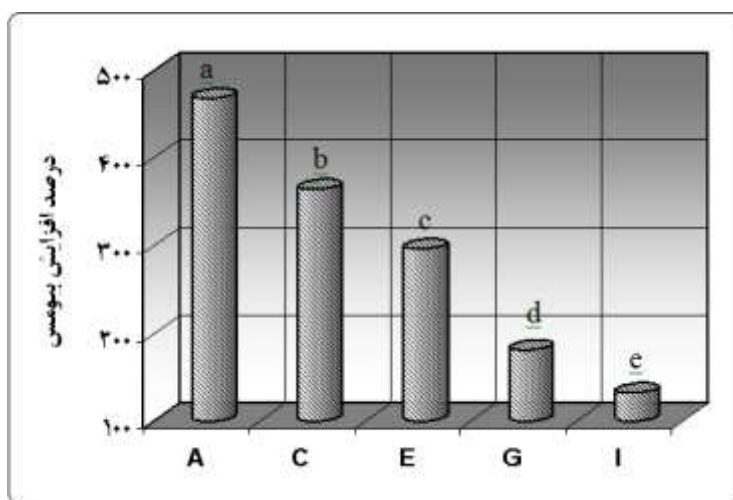
همچنین بررسی نتایج در تحقیق حاضر مؤید کاهش قابل ملاحظه در نسبت های C/N و C/P در تمامی تیمارها در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست بود. بررسی نمودارهای شماره (۲-i) و (۲-j) نشان می دهد که عمده کاهش نسبتهای C/N و C/P مواد بستر مربوط به ۶۰ روز اول تحقیق می باشد و پس از آن کاهش نسبتهای مذکور کند شده است. این موضوع نشان می دهد که پس از گذشت ۶۰ روز مواد بستر تقریباً تثبیت شده اند و ورمی کمپوست آماده شده است. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد بین درصد کاهش نسبت C/P در بین تمامی تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. برای درصد کاهش نسبت C/N در تیمارهای مختلف نیز به استثنای تیمارهای I و G که دارای اختلاف معنی داری در

اولیه) در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از مخلوط ضایعات تولیدی در صنایع چسب، کود گاوی و خاک اره به کمک گونه *Perionyx excavatus* نشان داد(۸). گوپتا و همکاران نیز در طی فرآیند تولید ورمی کمپوست از نیهای آبی به کمک گونه *Eisenia fetida* افزایش ۱/۵ تا ۱۸ برابری در مقدار کل بیومس کرمهای خاکی در تیمارهای مختلف را گزارش کردند(۱۰).

با دارا بودن بیشترین افزایش در تعداد و بیومس کرمهای خاکی و دارا بودن بیشترین نرخ رشد، بیومس خالص تولید شده و متوسط وزن هر کرم در انتهای تحقیق، دارای شرایط مناسبتری نسبت به سایر تیمارها برای رشد و تکثیر کرمهای خاکی *Eisenia fetida* می باشد و تیمار I از این لحاظ دارای کمترین مقادیر می باشد. سایر محققان نیز نتایج نسبتاً مشابهی را در این خصوص گزارش کردند. سوتار افزایش ۴ تا ۳۸ درصدی در مقدار بیومس هر کرم خاکی را (نسبت به سطح

جدول ۴- تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ در تیمارهای مختلف

نرخ رشد	بیومس خالص تولید شده (mg/worm)	افزایش بیومس (درصد)	انتهای تحقیق			ابتدای تحقیق			نام تیمار
			متوسط وزن هر کرم (mg)	وزن کل بیومس (gr)	تعداد (عدد)	متوسط وزن هر کرم (mg)	وزن کل بیومس (gr)	تعداد (عدد)	
۳/۴۵	۲۷۶	۴۶۸	۶۱۰	۱۸۹/۷۱	۳۱۱	۳۳۴	۳۳/۴۰	۱۰۰	A
۲/۶۳	۲۱۰	۳۶۴	۵۶۰	۱۶۲/۴۰	۲۹۰	۳۵۰	۳۵/۰۰	۱۰۰	C
۲/۲۳	۱۷۸	۲۹۶	۵۴۵	۱۴۵/۵۲	۲۶۷	۳۶۷	۳۶/۷۰	۱۰۰	E
۲/۲۸	۱۸۲	۱۸۱	۵۲۳	۹۵/۷۱	۱۸۳	۳۴۱	۳۴/۱۰	۱۰۰	G
۲/۱۹	۱۷۵	۱۳۲	۴۹۶	۷۴/۴۰	۱۵۰	۳۲۱	۳۲/۱۰	۱۰۰	I



شکل ۴- مقایسه درصد افزایش بیومس کرمهای خاکی در تیمارهای مختلف در طی مدت تحقیق

بحث و نتیجه گیری

سطح شهرها از اهمیت زیادی به لحاظ اقتصادی و زیست محیطی برخوردار می باشد. بنابراین توصیه نهایی این تحقیق این است که با توجه به کمبود مواد آلی خاکهای کشاورزان، مشکلات زیست محیطی استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، مرغوبیت کود ورمی کمپوست در مقایسه با سایر کودهای آلی (همچون کمپوست و کودهای حیوانی)، حجم عظیم زباله تولیدی در جوامع شهری و مشکلات مربوط به دفع آنها، از زباله تولید شده در سطح شهرها برای تولید ورمی کمپوست در مقیاس صنعتی استفاده گردد. بدیهی است در این صورت علاوه بر حل مشکلات مربوط به دفع زباله های شهری، می توان سالانه از طریق بازیافت بخش آلی زباله ها مقادیر فراوانی کود آلی ورمی کمپوست که مرغوبترین کود آلی می باشد، تولید نمود و از آن برای رشد و شکوفایی صنعت کشاورزی کشور استفاده نمود. در این صورت علاوه بر حل بحرانهای زیست محیطی ناشی از مدیریت نامناسب زباله های شهری و مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، سالیانه مقادیر قابل توجهی بیومس کرم خاکی نیز تولید می شود. این بیومس تولیدی به عنوان یک منبع پروتئینی ایده آل برای تغذیه دام، طیور و آبزیان محسوب شده و می تواند از جنبه اقتصادی حائز اهمیت باشد.

سپاس گذاری

این تحقیق از محل اعتبارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد و در محل کارخانه کمپوست (کود آلی) شهر مشهد انجام پذیرفت. از مدیر عامل محترم سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد جناب آقای مهندس نجفی و همکارانشان، قدردانی به عمل می آید.

منابع

1. Card, A.B., Anderson, J.V. and Davis, J.G., Vermicomposting Horse Manure. Colorado State. University Cooperative Extension.
2. Sharma, S., et al., 2005. Potentiality of Earthworm for Management and in Other Uses-A Review. American Science.

همان طور که اشاره شد نتایج این تحقیق نشان داد که در تمامی تیمارها با گذشت زمان تعداد و بیومس کرمهای خاکی بالغ افزایش قابل ملاحظه ای یافته است و ماکزیمم آن مربوط به تیمار A (شامل ۱۰۰ درصد زباله شهری) و مینیمم آن مربوط به تیمار I (شامل ۲۰ درصد زباله شهری + ۸۰ درصد کود گاوی) می باشد. همچنین مشاهده شد در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار pH , TVS , TOC و C/N و C/P مواد بسترکاهش و مقدار TK , TP , TKN و EC مواد بستر افزایش قابل ملاحظه ای یافته است و تیمار A نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین درصد افزایش در پارامترهای TK , TP , TKN و EC و بیشترین درصد کاهش در پارامترهای pH , TVS , TOC و C/N و C/P در طی مدت تحقیق بوده که نشان می دهد در این تیمار شرایط مناسبتری برای کرمهای خاکی مهیا گشته و بنابراین کرمهای خاکی بهتر توانسته اند در آن فعالیت کنند و ورمی کمپوست مرغوبتری تولید نمایند. علاوه بر این مشخص شد که ورمی کمپوست تولیدی در تمامی تیمارها (به خصوص تیمار شاهد) از نظر ارزش کودی غنی بوده و از جهت pH برای استفاده در خاک های قلیایی کشاورزان مناسب می باشد. همچنین بررسی روند تغییرات پارامترهای TVS , TOC و نسبت های C/N و C/P نشان داد که پس از گذشت ۶۰ روز مواد بستر به طور کامل تثبیت شده و پتانسیل تولید بو در آنها از بین رفته است و پس از گذشت ۶۰ روز، ورمی کمپوست تقریباً آماده استفاده می باشد. در کل از نتایج مذکور می توان چنین استنباط نمود که زباله شهری بدون نیاز به اضافه کردن هیچ گونه مواد غذایی مکمل (منجمله کود گاوی) و پس از عملیات فرآوری اولیه شامل جداسازی مواد معدنی، شستشوی اولیه و پشت سر گذاشتن مرحله پری کمپوست به مدت ۲۳ روز، می تواند به نحو شایانی برای تولید ورمی کمپوست مورد استفاده قرار گیرد و اضافه کردن کود گاوی به زباله شهری نه تنها باعث بهبود شرایط نمی شود بلکه دارای تأثیر عکس بوده و با افزایش درصد کود گاوی در تیمارها، خصوصیات مثبت آنها کاهش یافته است. این موضوع با توجه به حجم بالای زباله های تولید شده در

- استفاده از ضایعات مختلف کشاورزی». دانش کشاورزی. صفحات ۱۰۸-۹۹.
13. Tripathi, G., Bhardwaj, P., 2004. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida*(Savigny) and *Lampito mauritii*(Kinberg). *Bioresource Technology*. 92, 275-283.
 14. Reinecke, A.J., Viljoen, S.A. and Saayman, R.J., 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida*(Oligochaeta) for vermicomposting in southern Africa interm of their temperature requirement. *Soil Biology and Biochemistry*. 24, 1295-1307.
 15. Sherman, R., 2003. Raising Earthworm Successfully. North Carolina Cooperative Extension Service.
 16. Garg, V.K., Kaushik, P. and Dilbaghi, N., 2006. Vermicomposting of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and Environmental*. 65, 412-419.
 17. Inbar, Y., Hadar, Y. and Chen. Y., 1993. Recycling of cattle manure : The composting process and characterization of maturity. *J. Environ. Qual.* 22, 857-863.
 18. Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R., 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (2nd edition). American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Publisher: Madison, Wiscosin, USA.
 19. Simard, R., 1993. Ammonium acetate expectable elements. In: Martin, R., Carter, S., Soil sampling and method of analysis. Lewis Publisher, Florida, USA. 39-43, 105.
 20. Singh, R., Pradhan, K., 1981. Determination of nitrogen and protein by khjeldahl method. In: Forage Evaluation Science. Pvt. Publisher Ltd., New Delhi, 23.
 3. Hand, P., et al., 1988. The vermicomposting of cow slurry. *Earthworms in Waste and Environmental Management*, 49-63.
 ۴. علیخانی، حسینعلی. ۱۳۸۵. «مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کمپوست معمولی (سرد) و ورمی کمپوست». همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار.
 5. Dickerson, G.W., 2001. Vermicomposting. Extention Horticulture Specialist. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economic. Guide H-164.
 6. Rees, L., 2007. Vermicomposting: a brief guide. Soil Association. Food and Farming Department.
 7. Garge, P., Gupta, A. and Satya, S., 2006 . Vermicomposting of different type of waste using *Eisenia foetida* : A Comparative study. *Bioresource Technology*. 97, 391-395.
 8. Suthar, S., 2006. Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Bioresource Technology*. 97, 2474-2477.
 9. Kaushik, P., Garg, V.K., 2004. Dynamics of biological and chemical parameters during vermicomposting of solid textile mill sludge mixed with cow dung and agricultural residues. *Bioresource Technology*. 94, 203-209.
 10. Gupta, R., et al., 2007. Development of a water hyacinth based vermireactor using an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*. 98, 2605-2610.
 ۱۱. علیخانی، حسینعلی. ۱۳۸۵. «بررسی پتانسیل کاربرد ضایعات کارخانجات چوب و کاغذ ایران (چوکا) شامل : خاک اره و بقایای پوست درختان به عنوان بخشی از مواد اولیه ارزان قیمت در فرآیند تولید کود ورمی کمپوست». همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار.
 ۱۲. عبادی، زهرا و همکاران. ۱۳۸۴. « بررسی امکان پرورش کرم خاکی (*Eisenia fetida*) و تولید ورمی کمپوست با

- agriculture wastes. *Bioresource Technology*. 98, 1608-1614.
26. Tripathi, G., Bhardwaj, P., 2004. Decomposition of kitchen waste amended with cow manure using an epigeic species(*Eisenia fetida*) and an anecic species(*Lampito mauritii*). *Bioresource Technology*. 92, 215-218.
27. Poincelot, R.P., 1974. Scientific examination of the principles and practice of composting. *Compost. Sci.* 15, 24-31.
28. Goluke, C.G., 1981. Principles of biological resource recovery. *Biocycle*. 22,36-44.
21. Singh, N.B., et al., 2005. Effect of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus*, *Applied Ecology and Environmental Research*. 4, 85-97.
22. Walkley, A., Black, I.A., 1934. Chromic acid titration for determination of soil organic matter. *Soil Sci.* 63, 251.
23. 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.
24. Wang, P., et al., 2004. Maturity indicates for composted dairy and pig manures. *Soil Biol. Biochem.* 36, 767-776.
25. Suthar, S., 2007. Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus*(Perrier) during recycling of some