نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۷۸-۱۶۶

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 1, Mar.-Apr. 2014, p. 166-178

بررسی تاثیر تیمار آهک‌دهی بر فرآیند تولید ورمی‌کمپوست از ترکیب‌های متفاوت ضایعات رستورانی با کود گاوی

بهروز عظیم زاده[1*]- محمدعلی بهمنیار[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۵

چکیده

با افزایش شهرنشینی، تغییر سبک زندگی و عادت‌های غذایی مردم، میزان مواد زاید تولیدی به سرعت در حال افزایش است و ترکیب این ضایعات نیز تغییر کرده است. تولید ورمی‌کمپوست از جمله بهترین روش‌های تبدیل مواد زاید آلی به مواد مفید اصلاح‌کننده خاک با استفاده از کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها است. بدین منظور با جمع‌آوری ضایعات رستورانی و آشپزخانه‌ای و ترکیب آنها با کودگاوی (مواد حجیم کننده) به صورت نسبت‌های ۱:۰ (۱۰۰ درصد کود گاوی)، ۲:۱ (۳۴ ٪ ضایعات رستورانی + ۶۶ ٪ کود گاوی) و ۱:۱ (۵۰ ٪ ضایعات رستورانی + ۵۰ ٪ کود گاوی) مطالعه‌ای به منظور تاثیر تیمار آهک‌دهی بر فرآیند ورمی‌کمپوست صورت گرفت. هر ترکیب بستر به ۲ تیمار بدون آهک و با آهک (۱درصد) تقسیم شد. فرآیند ورمی-کمپوست‌شدن با تلقیح ۱۰ عدد کرم‌خاکی گونه ایزنیا فوتیدا[3] با وزن کل ۰/۱۷±۴/۴۶ گرم آغاز شد. این مطالعه در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی با ۶ واحد تیماری در ۳ تکرار ایجاد گردید. در طول مدت آزمایش نمونه‌هایی از هر تکرار برداشته و خصوصیات شیمیایی شامل، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل دسترس مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در پایان بیوماس کل و جمعیت نابالغ کرم‌های خاکی نیز توزین شدند. نتایج نشان داد با افزایش سهم ضایعات رستورانی و آهک‌دهی میزان عناصر غذایی مورد بررسی افزایش معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) نشان داده است. همچنین در انتهای فرآیند میزان هدایت الکتریکی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل تبادل به طور میانگین در کل تیمارها به ترتیب ۱۲، ۵۳، ۵۱ و ۱۹ درصد افزایش و pH، ماده آلی و C/N نیز به ترتیب ۵، ۱۹ و ۴۶ درصد کاهش داشته است. بررسی رشد و نمو کرم‌های خاکی نیز نشان داد تیمارهای ترکیب بستر و آهک‌دهی و نیز اثر متقابل آنها بر تغییرات بیوماس کل و نابالغ تاثیر فزاینده‌ای داشته است. بطوریکه تیمار ۲:۱ آهک-دهی شده با ۱۵۶ درصد افزایش بیوماس کل، بالاترین درصد افزایش رشد و نمو را در بین تیمارها به همراه داشته است.

واژه‌های کلیدی: ورمی‌کمپوست، ضایعات رستورانی، آهک‌دهی، خصوصیات شیمیایی، بیوماس کرم خاکی

مقدمه

یکی از مشکلات بشر در قرن حاضر، مواد زاید آلی و شیوه دفع آنهاست. افزایش روز افزون جمعیت و گسترش شهرها، حجم عظیمی از مواد زاید آلی تولید می‌شود که در حال حاضر بخش عمده‌ای از آنها دفن می‌گردند. فرآیند دفن زباله بسیار هزینه‌بر بوده و علاوه بر آن، این عمل خطرات زیادی را برای محیط زیست و سلامت انسان به دنبال دارد. استفاده مجدد از ضایعات نه تنها گام موثری در جهت حفظ محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن می‌باشد بلکه با تبدیل مواد زاید به مواد قابل استفاده منافع اقتصادی فراوانی عاید خواهد شد. بخاطر محدود بودن منابع تجدید ناپذیر طبیعی، استفاده از مواد زاید در آینده اجتناب ناپذیر است (۵). از میان روش‌های متعددی که برای مواد زاید آلی به کودهای آلی وجود دارد روش‌های تهیه کمپوست و ورمی‌کمپوست مناسب‌ترین آنها می‌باشند (۱۱). فرآیند تولید ورمی-کمپوست اکسیداسیون زیستی و پایداری مواد آلی در اثر فعالیت مشترک کرم‌های خاکی و ریزجانداران است (۱۶). کرم‌های خاکی باعث اختلاط، خرد شدن و تهویه مواد در حال تجزیه می‌شوند، بنابراین پایدار شدن مواد آلی سرعت می‌گیرد (۳). با استفاده از این روش‌ها مواد زاید به مواد غنی از عناصر غذایی تبدیل شده و همچنین

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: b.azimzadeh@gmail.com)
۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

3- *Eisenia foetida*

Archive of SID
www.SID.ir

ورمی‌کمپوست حاوی جمعیت زیادی از ریزجاندارن مفید، عوامل کلات‌کننده، ترکیبات پایدار هوموسی و هورمون‌های گیاهی است (۳ و ۱۶). بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین قابلیت دسترسی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه از مهمترین مزایای ورمی‌کمپوست می‌باشد (۲ و ۴).

شناخت فاکتورهای محیطی، عوامل موثر بر پتانسیل و ظرفیت اکولوژیکی کرم‌های خاکی برای تولید ورمی‌کمپوست بسیار مهم بوده و باید روز به روز باید تقویت گردد. تحقیقات گسترده به منظور بهینه-سازی شرایط رشد و تولید مثل کرم‌های خاکی به منظور دستیابی به راندمان بالا در فرآیند ورمی‌کمپوست، لازم بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است. میربلوک و همکاران (۴) بیان داشتند که هوادهی تاثیر معنی‌داری روی تعداد کرم های نوزاد، کپسول ها و بیوماس کرم های خاکی داشته و نیز اضافه کردن خاک به محیط رشد کرم های خاکی اثر مثبتی در رشد و تکثیر آنها دارد. در مطالعه‌ای دیگر پرامانیک و همکاران (۲۴) با بررسی تاثیر تیمارهای آهک‌دهی و تلقیح باکتری‌های آزاد تثبیت کننده نیتروژن بر تغییرات عناصر غذایی (N، P و K) و فعالیت آنزیمی در فرآیند ورمی‌کمپوست شدن ضایعات آلی، نشان دادند که افزایش توام آهک (۵ گرم بر کیلوگرم) و تلقیح ریزجانداران باعث افزایش میزان عناصر غذایی ورمی‌کمپوست تولیدی و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز شده است.

یکی از عوامل بسیار مهم در فعالیت کرم‌های خاکی کیفیت و نوع تغذیه آنها است (۱۴). کرم‌های خاکی قادر به تغذیه از محدوده وسیعی از مواد زاید آلی بوده و مطالعات بسیاری روی قابلیت تولید ورمی-کمپوست از ضایعات حیوانی، لجن فاضلاب، ضایعات صنعتی و کشاورزی شده است (۴). در جدول ۱ به برخی از این مطالعات اشاره شده است.

به دلیل ماهیت اسیدزایی و خصوصیات زیان‌بار ضایعات رستورانی و آشپزخانه‌ای بر رشد و نمو کرم‌های خاکی (۶ و ۲۲)، تحقیقات کمی در مورد قابلیت استفاده از آنها و تمهیدات مدیریتی در فرآیند تبدیل آنها به ورمی‌کمپوست صورت گرفته است. به همین دلیل این مطالعه با هدف بررسی چگونگی تاثیر احتمالی تیمار آهک-دهی بر بهبود شرایط شیمیایی و رشد و نمو کرم‌های خاکی در فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن ضایعات رستورانی همراه با کود گاوی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد زاید رستورانی و پیاده سازی تیمارهای پیش-کمپوست

مواد زاید مصرفی که شامل زباله‌های رستورانی بود از رستوران‌های سطح شهر ساری جمع‌آوری شد. ترکیب غالب این زباله‌ها شامل پسماندهای غذایی (برنج، گوشت و استخوان)، خرده نان، میوه و سبزیجات بود. تمام ترکیبات به منظور کاهش رطوبت در هوای آزاد قرار داده شد. پس از خشک‌شدن، این مواد بوسیله یک دستگاه خردکننده، خرد و از الک ۵ میلیمتری عبور داده شدند (۳۱). پیش از آغاز مرحله ورمی‌کمپوست‌شدن، به منظور خروج کامل گازهای سمی که در اثر فساد ترکیبات آلی بوجود می‌آیند و نیز تثبیت حرارتی، بیولوژیکی و کاهش نسبت کربن آلی به نیتروژن کل (C/N) و در نهایت فراهم آمدن شرایط محیطی لازم برای رشد و تکثیر کرم‌های خاکی در ضایعات رستورانی، مرحله‌ای تحت عنوان پیش-کمپوست‌شدن هوازی، پس از ترکیب آنها با کود گاوی (به عنوان مواد حجیم کننده) با توجه به رژیم‌های ارائه شده در جدول ۲، به مدت ۳ هفته در بشکه‌های پلاستیکی مجزایی که مرتب هوادهی می‌شدند، صورت پذیرفت (۱۷). همچنین رژیم ۱۰۰ درصد کود گاوی به منظور ایجاد تیمار کنترل در مطالعه گنجانده شد.

جدول ۱- برخی مطالعات موردی بر روی قابلیت تبدیل ضایعات آلی به ورمی‌کمپوست

محققین/ سال	ضایعات مصرفی	گونه کرم خاکی	شماره مرجع
پرورش و همکاران، ۱۳۸۳	لجن فاضلاب شهری	*Eisenia foetida*	(۱)
میربلوک و همکاران، ۱۳۸۷	ملاس چغندرقند	*Eisenia foetida*	(۴)
آدی و نور، ۲۰۰۹	تفالهٔ قهوه و ضایعات آشپزخانه‌ای	*Lumbricus rubellus*	(۶)
الویرا و همکاران، ۱۹۹۸	لجن کارخانه کاغذسازی	*Eisenia andrei*	(۱۵)
سوتار، ۲۰۰۹	کود دامی	*Perionyx excavates* و *Perionyx sansibaricus*	(۲۸)
سوتار، ۲۰۰۹	ضایعات فروشگاه سبزیجات	*Eisenia foetida*	(۲۹)

جدول ۲- تیمارهای فرآیند پیش‌کمپوست و ترکیبات تشکیل دهنده آنها

تیمار	رژیم (نسبت بستر و مواد زاید)
۱:۰	۱۰۰٪ کود گاوی (شاهد)
۱:۱	۱ نسبت ضایعات رستورانی + ۱ نسبت کود گاوی
۲:۱	۱ نسبت ضایعات رستورانی + ۲ نسبت کود گاوی

Archive of SID

www.SID.ir

پیاده سازی واحدهای ورمی‌کمپوست

بعد از گذشت دوره پیش‌کمپوست شدن، به میزان ۳۰۰ گرم (وزن خشک) از هر واحد پیش‌کمپوست برداشته و با توجه به تیمارهای ارائه شده در جدول ۳، هر تیمار در ۳ تکرار در داخل ظروف پلاستیکی که دارای سوراخ‌های تهویه در ته و بدنهٔ خود هستند، تخلیه شدند.

در کل تعداد ۱۸ واحد ورمی‌کمپوست یا راکتورهای زیستی[1] آماده شد. به منظور زهکشی مناسب و برقراری تهویه، یک لایه کوکوپیت به میزان ۵۰ گرم در قسمت زیرین تمامی راکتورهای زیستی به صورت یکسان جایگذاری شدند (شکل ۱).

اعمال تیمار آهک

قبل از عملیات آهک‌دهی، برای درک میزان آهک‌دهی یک بررسی اولیه در مورد وضعیت اسیدیته کمپوست‌های اولیه حاصل از رژیم‌های مختلف انجام شد. به همین منظور، سوسپانسیون‌هایی با نسبت ۱:۱۰ (w/v) از کمپوست‌ها و آب مقطر تهیه و بعد از عبور از صافی، pH و EC عصاره‌ها قرائت شد (۲۹). نتایج به دست آمده در جدول ۴ قابل مشاهده است.

با افزایش سهم ضایعات رستورانی pH توده کمپوست اولیه به دلیل افزایش ترکیبات اسیدی، کاهش و EC افزایش می‌یابد. عموم گونه‌های مختلف کرم‌های خاکی محیطی با pH خنثی تا کمی قلیایی و شوری کم را ترجیح می دهند (۲۴). بدین منظور برای بهبود شوری عملیات سه بار شستشو با آب مقطر و برای pH تیمار آهک‌دهی مدنظر قرار گرفت. به منظور ایجاد تیمارهای آهک‌دهی نیاز است که میزان آهک مصرفی محاسبه شود. بدین منظور، میزان آهک‌دهی برابر با مقدار آهکی که بتواند اسیدیته خنثی تا قلیایی در تمام واحدها ایجاد کند، انتخاب شد. مقادیر مختلف (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ گرم) آهک با ۳۰۰ گرم وزن خشک کمپوست با رژیم ۱:۱مخلوط و pH آن در سوسپانسیون ۱:۱۰ (w/v) کمپوست و آب مقطر بعد از ۲۴ ساعت قرائت شد (۲۹). نتایج حاصل در شکل ۲ ارائه شده است.

با توجه به منحنی برازش یافته میزان ۳ گرم آهک در ۳۰۰ گرم کمپوست (یک درصد (w/w)) که باعث ایجاد اسیدیته خنثی (pH برابر ۷) در بستر می‌گردید، برای آهک‌دهی واحدها انتخاب شد، سپس به میزان لازم آهک توزین و در راکتورهای زیستی مورد نظر تیمار آهک‌دهی صورت گرفت. به منظور ایجاد تعادل در محیط راکتورهای زیستی آهک داده شده، آهک به طور کامل با کمپوست اولیه اختلاط و با رطوبت مناسب، به مدت یک هفته خوابانیده شد.

1- Bioreactor

تلقیح کرم‌های خاکی

به تعداد ۱۰ عدد کرم بالغ با وزن کل ۰/۱۷ ± ۴/۴۶ گرم به هر واحد اضافه گردید. تمامی واحدها در یک محیط تاریک و سایه دار در شرایط گلخانه‌ای قرار داده شدند. در طول آزمایش شرایط دمایی و رطوبتی این محیط شامل، دمای بیشینه ۳۵ درجه سانتیگراد، دمای کمینه ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی گلخانه بین ۴۰ تا ۴۵ درصد بوده است. همچنین هر ۳ روز یک بار بعد از تلقیح کرم‌ها به راکتورهای زیستی، میزان رطوبت واحدها بین ۸۰-۷۵ درصد وزنی به وسیله پاشش آب مقطر به محیط و نیز هم زدن تنظیم گردید. قابل ذکر است زیر رو کردن راکتورهای زیستی به نحوی صورت گرفت که لایه کوکوپیت مورد استفاده در کف با تیمار اصلی اختلاط پیدا نکند.

اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

در طول انجام مطالعه (۳ ماه) در هر مرحله از زمان نمونه‌برداری (شامل ۳ مرحله با فاصله زمانی ۱ ماه) به میزان ۱۰ گرم وزن خشک از ورمی‌کمپوست تولید شده جدا و سپس برای آنالیزهای شیمیایی آماده شدند. اندازه‌گیری pH و EC در عصاره ۱:۱۰ (w/v) ورمی-کمپوست به آب انجام گرفت (۲۹). درصد کربن آلی به روش سوزاندن تر (والکی-بلاک) (۳۳)، درصد نیتروژن کل به روش کلدال (۹)، میزان فسفر قابل دسترس به روش اولسن (۲۳) و میزان پتاسیم قابل تبادل به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند (۲۶).

تعیین خصوصیات بیولوژیکی کرم‌های خاکی

به منظور بررسی اثر تیمارهای مورد بررسی بر میزان تولید مثل و رشد و نمو کرم‌های خاکی، در انتهای فرآیند کرم‌های بالغ و نابالغ از راکتورهای زیستی جدا و پس از شستشو، بیوماس زنده آنها توزین شد.

تحلیل و بررسی‌های آماری

این مطالعه با ۳ فاکتور شامل، ترکیب بستر، آهک‌دهی و زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل با ۳ تکرار انجام شد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار Statistix V.8.0 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد با روش LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی مواد اولیه مصرفی

به منظور آگاهی از خصوصیات شیمیایی، ارزش تغذیه‌ای و نحوه مدیریت تولید فرآیند ورمی‌کمپوست از ضایعات رستورانی، مواد اولیه مصرفی برای ایجاد راکتورهای زیستی، مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند.

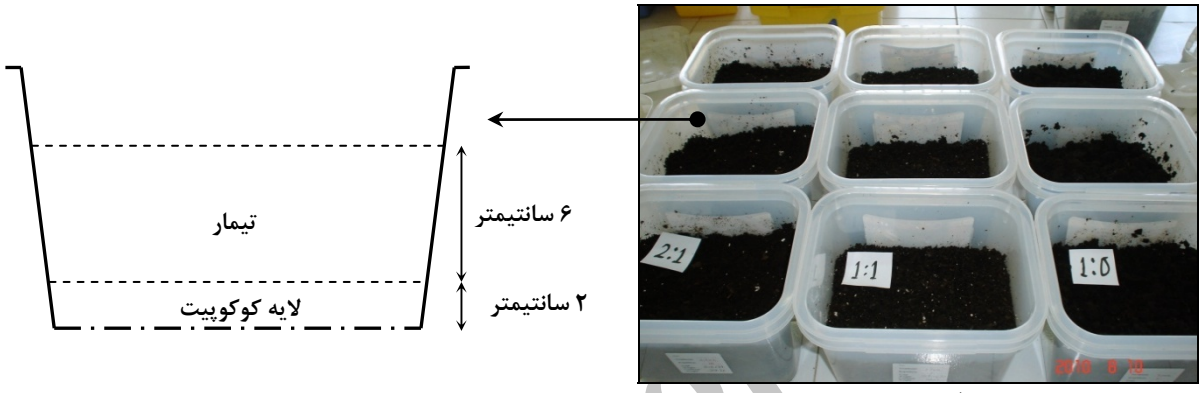
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تیمارها و ترکیبات تشکیل دهنده آنها

تیمار	رژیم (نسبت بستر و مواد حجیم کننده)*	توصیف جرمی بر اساس وزن خشک (گرم)
۱:۰	۱۰۰٪ کود گاوی	۳۰۰
۱:۱	۵۰ ٪ ضایعات رستورانی + ۵۰ ٪ کود گاوی	۱۵۰ + ۱۵۰
۲:۱	۳۴ ٪ ضایعات رستورانی + ۶۶ ٪ کود گاوی	۱۰۰ + ۲۰۰
آهک+۱:۰	۱۰۰٪ کود گاوی + تیمار آهک	۳ + ۳۰۰
آهک+۱:۱	۴۹ ٪ ضایعات رستورانی + ۵۰ ٪ کود گاوی + ۱ ٪ آهک	۳ + ۱۵۰ + ۱۵۰
آهک+۲:۱	۳۳ ٪ ضایعات رستورانی + ۶۶ ٪ کود گاوی + ۱ ٪ آهک	۳ +۱۰۰ + ۲۰۰

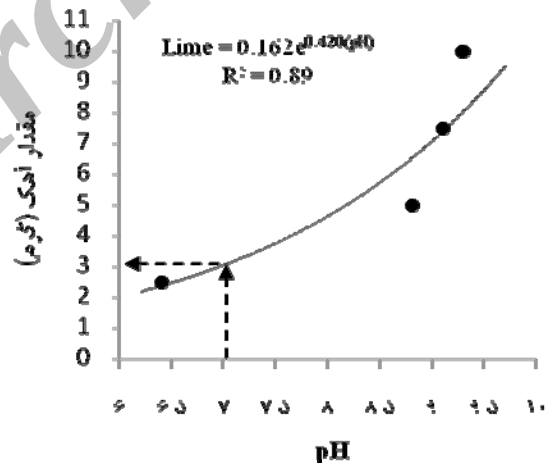
*- قابل توجه است در قسمت زیرین تمامی تیمارها به میزان ۵۰ گرم کوکوپیت به صورت لایه ایی مجزا قرار داده شده است.



شکل ۱- ساختار راکتورهای زیستی با نسبت مختلف ضایعات رستورانی و کود گاوی

جدول ٤- میزان EC و pH کمپوست‌های تولیدی از فرآیند پیش‌کمپوست‌شدن

کمپوست اولیه	EC (dS m^{-1})	pH
۱:۰	۱/۲۸	۷/۷
۱:۱	۵/۳۷	۵/۰
۲:۱	۴/۶۳	۵/۴



شکل ۲- منحنی تغییرات pH بعد از آهک‌دهی در سطوح مختلف در کمپوست با رژیم ۱:۱

نتایج این تجزیه در جدول ۵ قابل مشاهده است. مقادیر بالای پتاسیم، فسفر و نیتروژن در ضایعات رستورانی نسبت به ترکیبات

Archive of SID

www.SID.ir

حجیم‌کننده مورد استفاده، نشان دهنده قابلیت این ترکیبات در افزایش حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی پس از بازیافت و تبدیل به ورمی‌کمپوست است (۶). pH بسیار پایین و اسیدی ضایعات رستورانی از عوامل بازدارنده تغذیه کرم‌های خاکی از آنها بوده است که مؤید اهمیت تیمار آهک‌دهی است.

با توجه به نسبت بالای کربن آلی به نیتروژن کل (C/N) ترکیبات اولیه مصرفی (۷۰-۳۵)، انجام تثبیت زیستی اولیه و کاهش این نسبت با انجام دوره پیش‌کمپوست‌شدن قبل از فرآیند ورمی-کمپوست‌شدن، در نظر گرفته شد. ترکیب کودگاوی به عنوان ماده حجیم‌کننده با ضایعات رستورانی به صورت نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ باعث کاهش سهم ضایعات رستورانی در بستر نهایی و تعدیل pH و هدایت الکتریکی گردید که در ادامه از خصوصیات زیان‌بار آن در فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن کاسته شد.

خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست تولیدی

در انتهای آزمایش ورمی‌کمپوست‌های تولیدی در واحدهای مختلف دارای ظاهر همگن‌تری نسبت به بستر اولیه خود داشتند. نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و متقابل تیمارهای مورد بررسی بر خصوصیات شیمیایی مورد تجزیه به ترتیب در جدول ۷ و شکل ۲ ارائه شده است. باتوجه به اثر اصلی pH، این پارامتر در تمامی تیمارها نسبت به شروع فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن کاهش داشته است و با گذشت زمان میزان آن کاهش معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) نشان داده است. کاهش pH ممکن است به دلیل تولید CO_2 ، آمونیاک، NO_3^- و اسیدهای آلی بوسیله تجزیه میکروبی در طول فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن باشد (۱۵ و ۲۹).

با توجه به شکل ۳ (الف) تیمارهایی که آهک‌دهی شده‌اند با pH بالاتر، پس از ۲ ماه از شروع فرآیند کاهش شدیدی در میزان pH نشان داده‌اند و سپس این تغییرات در ماه سوم تقریباً ثابت شده است. درحالیکه در تیمارهایی که آهک‌دهی نشده‌اند، روند عکس است. این نتایج ممکن است به دلیل رفتار متفاوت کرم‌های خاکی در ایجاد سازگاری با شرایط محیطی تیمارهای آهک‌دهی شده با نشده باشد.

جدول ۵- خصوصیات شیمیایی مواد مصرفی در آزمایش

مواد	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	K_{ex} ($g\ kg^{-1}$)	P_{av} ($g\ kg^{-1}$)	OC (٪)	TN (٪)	C/N
کود گاوی نیمه پوسیده	۷/۶	۱/۳	۱/۹	۵/۲	۷۰/۷	۱/۱۶	۶۹/۵
کوکوپیت	۷/۱	۱/۴	۱/۱	۵/۵	۵۸/۱	۰/۹۵	۵۹/۵
ضایعات رستورانی	۴/۳	۵/۹	۳/۸	۶/۵	۵۷/۰	۱/۶۷	۳۴/۴

EC، K_{ex}، P_{av}، OC، TN و C/N به ترتیب نمایانگر هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن آلی به نیتروژن کل است.

جدول ٦- میانگین خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست تولیدی تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی

تیمار	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	K_{ex} ($g\ kg^{-1}$)	P_{av} ($g\ kg^{-1}$)	OC (٪)	TN (٪)	C/N
ترکیب بستر*							
۱:۰	۷/۴ a**	۱/۳ c	۳/۶ c	۵/۰ c	۷۰/۱ a	۱/۵ c	۳۵/۱ a
۲:۱	۷/۳ a	۲/۷ b	۵/۲ b	۶/۱ b	۶۱/۷ b	۲/۴ b	۲۷/۱ b
۱:۱	۷/۴ a	۳/۸ a	۶/۵ a	۷/۵ a	۵۰/۶ b	۲/۹ a	۲۶/۴ b
آهک‌دهی							
بدون آهک	۷/۳ b	۲/۶ a	۵/۲ a	۶/۷ a	۶۱/۷ a	۲/۱ b	۴۰/۰ a
با آهک	۷/۴ a	۲/۵ a	۵/۱ a	۵/۷ b	۵۹/۹ a	۲/۴ a	۲۸/۱ b
زمان							
ماه اول	۷/۶ a	۲/۵ b	۳/۸ c	۵/۰ c	۶۶/۷ a	۱/۷ c	۳۹/۸ a
ماه دوم	۷/۳ b	۲/۴ b	۵/۰ b	۶/۴ b	۶۱/۵ b	۲/۴ b	۲۶/۹ b
ماه سوم	۷/۲ c	۲/۸ a	۶/۷ a	۷/۳ a	۵۴/۲ c	۲/۷ a	۲۱/۹ c

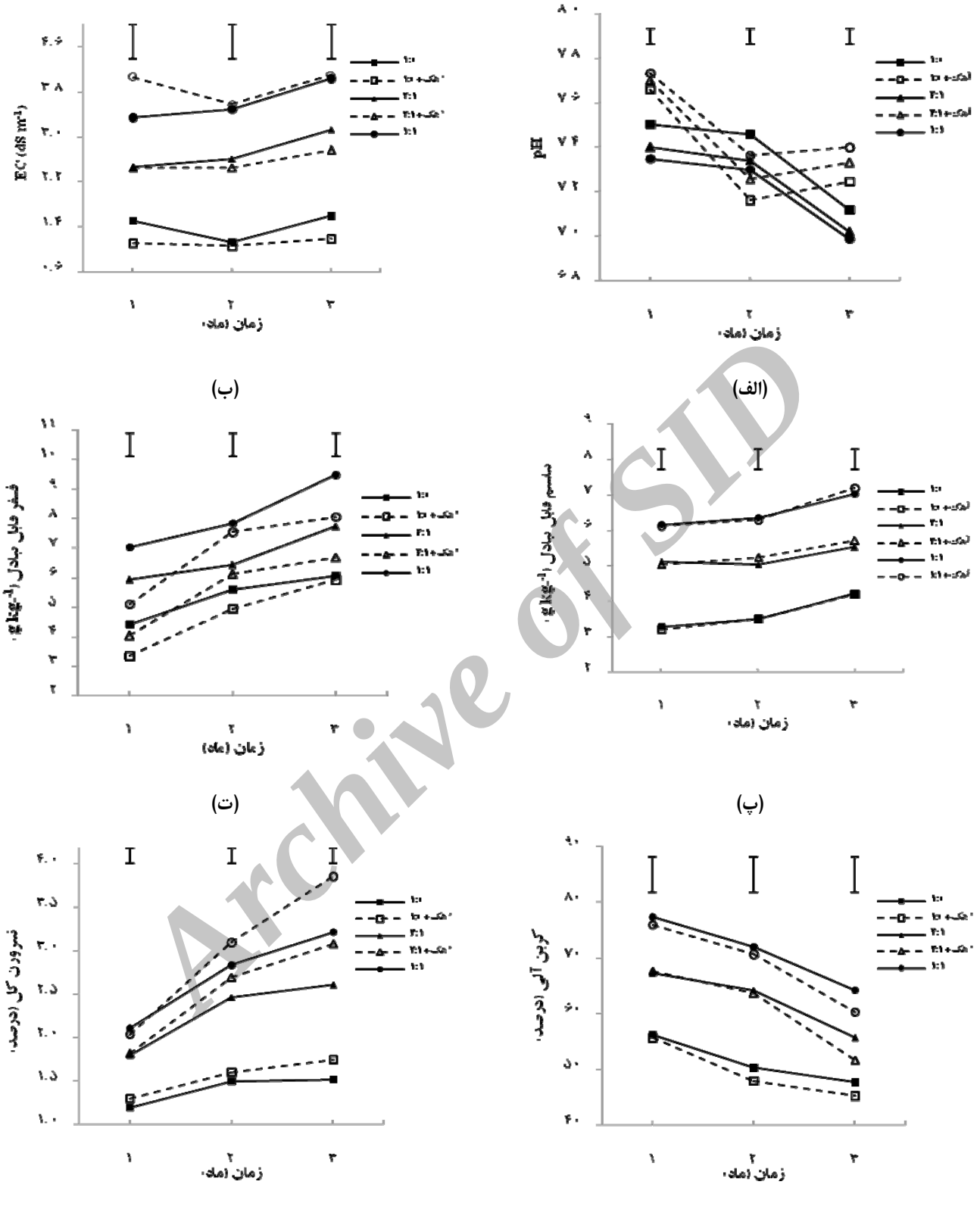
*- ۱:۰، ۱:۱ و ۲:۱ نمایانگر نسبت ضایعات رستورانی به کود گاوی است.

**- در هر ستون و در هر تیمار حرف غیرمشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

EC، K_{ex}، P_{av}، OC، TN و C/N به ترتیب نمایانگر هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن آلی به نیتروژن کل است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- میانگین تغییرات خصوصیات شیمیایی طی مدت آزمایش تحت تاثیر متقابل تیمارهای مورد بررسی

(شاخص (I) در نمودارها نشان دهنده میزان حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد می‌باشد).

Archive of SID

www.SID.ir

در تیمارهای آهک‌دهی شده در اثر فعالیت بیشتر کرم‌های خاکی در نتیجه افزایش میزان تجزیه و تخریب موادآلی نسبت به تیمارهایی که آهک‌دهی نشده‌اند، pH سریع‌تر کاهش یافته است، در مقابل، در تیمارهای آهک‌دهی نشده زمان بیشتری لازم بوده است تا کرم‌های خاکی با ایجاد سازگاری به سطح فعالیت مناسب رسیده و باعث کاهش pH در بستر خود شوند.

هدایت الکتریکی ورمی‌کمپوست‌های تولیدی در تیمارهای مختلف با گذشت زمان، بالاتر از مقادیر اولیه خود نشان دادند (شکل ۳ (ب)). اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) موجود در هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشته شده در زمان‌های متفاوت ممکن است به دلیل افزایش نمک‌های محلول با گذشت زمان در اثر فعالیت کرم‌های خاکی باشد. همچنین با توجه به جدول ۵ تیمارهایی که حاوی نسبت‌های بالاتری از ضایعات رستورانی هستند هدایت الکتریکی بالاتری نیز دارند. به ترتیب در ترکیب بسترهای ۱:۱، ۲:۱ و ۱:۰ که میزان متفاوتی ضایعات رستورانی دارند، هدایت الکتریکی افزایش معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) نشان داده است. اما بین سطوح مختلف تیمار آهک‌دهی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

با توجه به شکل ۳ (پ) و جدول ۶ غلظت پتاسیم قابل تبادل در ورمی‌کمپوست نهایی نسبت به غلظت اولیه، در تمامی تیمارها افزایش معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نشان داده است. همچنین با افزایش سهم ضایعات رستورانی میزان این عنصر بطور معنی‌داری در ترکیب بستر ۱:۱ بیشتر از ۲:۱ و ۱:۰ بوده است. همان طورکه که در جدول ۶ آمده است فاکتور آهک‌دهی تاثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم قابل تبادل نداشته است. تریپاتی و باردواج (۳۲) و سوتار (۳۰) نیز افزایش میزان پتاسیم را به ترتیب در بازیافت ضایعات آشپزخانه‌ای و لجن کارخانجات کشت و صنعت از طریق فناوری ورمی‌کمپوست گزارش کرده‌اند. این محققین افزایش میزان پتاسیم در ورمی‌کمپوست را نشان‌دهنده افزایش نرخ معدنی‌شدن ترکیبات آلی حاوی پتاسیم و همچنین عناصر دیگر به دلیل فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی در دستگاه گوارش کرم‌های خاکی بیان کردند.

در بررسی اثر اصلی ترکیب بستر، میزان فسفر در بین تیمارهایی با ترکیب بستر ۱:۱ و ۲:۱ اختلاف معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) وجود داشته و با افزایش سهم ضایعات رستورانی این میزان افزایش نشان داده و نیز فاکتور آهک‌دهی اثر منفی بر میزان فسفر قابل دسترس ورمی‌کمپوست‌های تولید شده، داشته است (جدول ۵). این امر ممکن است به دلیل افزایش pH (۷/۸-۷/۲) در اثر اضافه کردن آهک به محیط و در نتیجه کاهش حلالیت فسفر به دلیل تشکیل ترکیبات نامحلول فسفر-کلسیم باشد (۱۸). گوش و همکاران (۱۸) در مطالعه تغییر شکل فسفر در طول فرآیند ورمی‌کمپوست شدن نشان دادند که فسفرهایی که به فرم فسفر-کلسیم تثبیت شده‌اند در طول ورمی‌کمپوست‌شدن به کندی رها می‌شوند و مقادیر کم رها شده می‌تواند به دلیل آزاد شدن CO_2 در طول تجزیه مواد آلی و افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مانند تری‌کلسیم فسفات به ترکیبات کم محلولی مانند دی‌کلسیم فسفات یا مونوکلسیم فسفات باشد. از طرفی ممکن است به دلیل تیمار آهک فسفر قابل دسترس آزاد شده در اثر معدنی-شدن فسفر آلی، دوباره به شکل‌های غیرمحلول فسفر-کلسیم رسوب کند (۲۱). در ادامه همان طور که در شکل ۳ (ت) قابل مشاهده است با گذشت زمان و شدت یافتن معدنی‌شدن میزان فسفر قابل دسترس افزایش معنی‌داری در بین تیمارها داشته است. افزایش فسفر قابل دسترس در طول فرآیند ورمی‌کمپوست شدن ممکن است به دلیل معدنی شدن فسفر موجود در تیمارها به دلیل فعالیت آنزیم فسفاتاز باکتری‌های موجود در دستگاه گوارشی و مدفوع کرم‌های خاکی باشد. گوش و همکاران (۱۸) بیان کردند که کرم‌های خاکی در طول فرآیند ورمی‌کمپوست با تبدیل فسفر نامحلول به فرم فسفر محلول از طریق آنزیم فسفاتاز موجود در معده، می‌توانند فسفر را برای گیاهان دسترس‌پذیرتر کنند. همچنین بایون و بینت (۸) دلیل اصلی افزایش فسفر در طول فرآیند ورمی‌کمپوست شدن را وجود فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی در مدفوع کرم‌های خاکی برشمرده‌اند.

با گذشت زمان و افزایش مدت زمان فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن میزان کربن آلی در تمامی تیمارها در مقایسه با بستر اولیه خود در شروع فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن نشان داده است (شکل ۳ (ث)) و با توجه به جدول ۵ اختلاف میان ماه‌های مختلف فرآیند ورمی‌کمپوست شدن معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) است. آهک‌دهی اثر معنی‌داری بر میزان کربن آلی تیمارها نداشته است، اما تیمارهایی که آهک‌دهی شده‌اند کربن آلی کمتری نسبت به تیمارهایی که آهک‌دهی نشده اند، دارا بودند. کرم‌های خاکی از طریق تغییر شرایط زیستی مواد اولیه، که در نتیجه تصعید دی‌اکسیدکربن از طریق تنفس میکروبی و معدنی شدن مواد آلی را به همراه دارد، باعث کاهش میزان مواد آلی می‌شوند. نتایج بدست آمده بوسیله محققان بسیاری مانند الویرا و همکاران (۱۵) و کاأُر و همکاران (۲۰) این موضوع را تایید کرده است. سوتار (۳۰) گزارش کرده است که هضم کربوهیدرات‌ها و دیگر پلی‌ساکاریدها در بستر اولیه بوسیله تلقیح کرم‌های خاکی ممکن است به کاهش کربن بستر در طول ورمی‌کمپوست‌شدن ضایعات آلی منتج شود. همچنین قسمتی از کربن بستر اولیه ممکن است در اثر فرآیند اسیمیلاسیون[1] به بیوماس کرم‌خاکی تبدیل شده باشد که در نتیجه باعث کاهش میزان کربن بستر اولیه در تیمارها شده باشد.

با توجه به شکل ۳ (ج) فرآیند ورمی‌کمپوست شدن در نهایت

1- Assimilation

Archive of SID

www.SID.ir

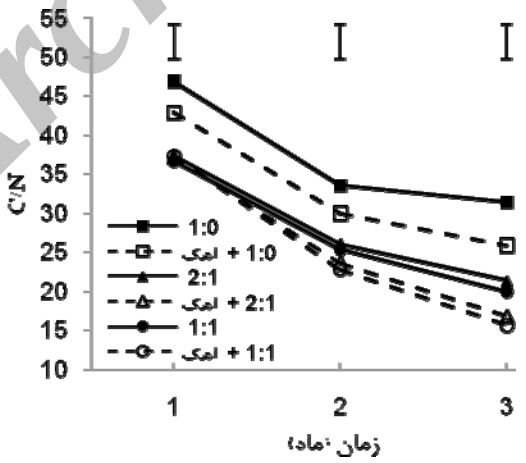
باعث افزایش معنی‌داری در میزان نیتروژن کل تیمارها شده است. این افزایش در تیمارهایی که حاوی آهک و سهم ضایعات آلی بیشتری بوده‌اند بیشتر بوده است. هَند و همکاران (۱۹) گزارش کرده‌اند که فعالیت گونه ایزنیا فوتیدا در کودگاوی باعث افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن نیتراتی می‌شود. همچنین پرامانیک و همکاران (۲۴) نیز بیان داشتند اضافه کردن آهک به بستر کرم‌های خاکی جدای از ترکیب بستر اولیه، باعث افزایش ۳ الی ۱۲ درصدی نیتروژن ورمی‌کمپوست تولیدی شده است. افزایش میزان نیتروژن موجود در ورمی‌کمپوست بستگی به میزان اولیه نیتروژن در ترکیبات بستر اولیه و نیز درجه پوسیدگی این ترکیبات در طول فرآیند ورمی-کمپوست شدن دارد. از دست رفتن کربن آلی، کاهش در pH، معدنی-شدن ترکیبات آلی حاوی پروتئین‌ها و تبدیل نیتروژن آمونیومی به نیتراتی ممکن است دلیل افزایش نیتروژن در ورمی‌کمپوست باشد (۷، ۱۰ و ۲۴). علاوه بر این، مواردی هم‌چون ترشح موکوس، مواد دفعی نیتروژنی، هورمون‌های محرک رشد و آنزیم‌ها از کرم‌های خاکی در میزان نیتروژن بستر نهایی اهمیت دارد (۳۲).

نسبت کربن آلی به نیتروژن کل (C/N) نشان دهنده درجه تجزیه و پوسیدگی مواد آلی است. نسبت C/N بسیار مهم است زیرا گیاهان نمی‌توانند نیتروژن ترکیبات آلی را طی فرآیند معدنی‌شدن جذب کنند مگر آنکه این شاخص در آنها کمتر از ۲۰ باشد (۶ و ۳۲). فعالیت کرم‌های خاکی باعث تسریع معدنی شدن مواد آلی، تجزیه پلی-ساکاریدها، مواد هوموسی و در نتیجه کاهش نسبت کربن آلی به نیتروژن کل می‌شوند (۱۲). با توجه به شکل ۴ فرآیند ورمی‌کمپوست-شدن در نهایت باعث کاهش معنی‌دار نسبت C/N در تمامی تیمارها شده است. این کاهش در تیمارهایی که حاوی آهک و سهم ضایعات آلی بیشتری بوده‌اند، بیشتر بوده است. به دلیل افزایش فعالیت کرم‌های خاکی در ترکیب بسترهای ۱:۱ و ۲:۱ نسبت به ۱:۰ نسبت C/N کاهش بیشتر و معنی‌داری نشان داده است اما این اختلاف بین دو سطح ۱:۱ و ۲:۱ معنی دار نبوده است.

میزان تغییرات خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست تولیدی در انتهای فرآیند به صورت اختلاف نسبی ماه سوم به ماه اول در جدول ۸ به تفکیک تیمار ارائه شده است. بالاترین درصد افزایش عناصر غذایی مورد بررسی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) مرتبط با تیمارهایی است که آهک‌دهی شده و از سهم ضایعات رستورانی بالاتری بهرمند هستند و به طور میانگین در کل تیمارها به ترتیب ۵۳، ۵۱ و ۱۹ درصد تقریباً افزایش داشته است. همچنین در بین تیمارهای حاوی آهک میزان کربن آلی با بهبود شرایط تجزیه و تبدیل درصد کاهش بالاتری داشته است. pH نیز به طور میانگین با کاهش حدوداً ۵ درصدی در بین تیمارها اختلاف چندانی در بین تیمارها نشان نداده است.

تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر رشد و نمو و تکثیر کرم‌های خاکی

شکل ۵ نمودار تغییرات بیوماس کل کرم‌های خاکی در ابتدا و انتهای فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار میزان بیوماس کل در انتهای آزمایش افزایش معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) در مقایسه با شروع آزمایش نشان داده است. میزان بیوماس کل در اثر اعمال تیمار آهک‌دهی به خصوص در بستر ۲:۱ و ۱:۱، افزایش بیشتری نشان داده است.



شکل ٤- میانگین تغییرات C/N طی مدت آزمایش تحت تاثیر ترکیب بستر و آهک‌دهی

(شاخص (I) در نمودارها نشان دهنده میزان حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد می‌باشد).

Archive of SID

www.SID.ir

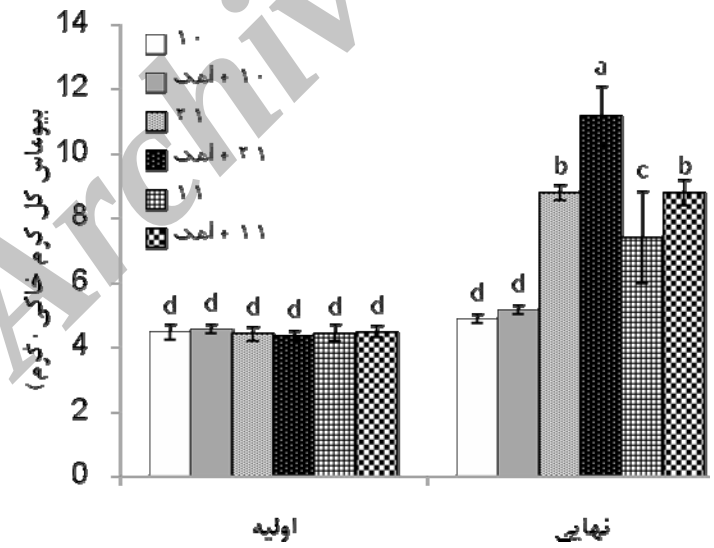
جدول ۷- درصد تغییرات خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست پس از ۳ ماه فرآیند ورمی‌کمپوست‌شدن

تیمار	خصوصیات شیمیایی						
	pH	EC	K_{ex}	P_{av}	OC	TN	C/N
۱:۰	−۵/۱	+۵/۹	+۲۸/۷	+۳۷/۲	−۱۵/۳	+۲۶/۷	−۳۳/۱
۲:۱	−۵/۱	+۲۶/۴	+۸/۳	+۳۰/۵	−۱۷/۲	+۴۵	−۴۲/۹
۱:۱	−۴/۹	+۲۰/۶	+۱۴/۱	+۳۴/۸	−۱۶/۸	+۵۲/۶	−۴۵/۵
آهک+۱:۰	−۵/۴	+۷/۳	+۳۰/۸	+۷۷/۱	−۱۸/۷	+۳۴/۶	−۳۳/۶
آهک+۲:۱	−۴/۸	+۱۲/۴	+۱۳/۴	+۶۶/۲	−۲۳/۶	+۶۹/۲	−۵۴/۹
آهک+۱:۱	−۴/۳	+۰/۹	+۱۷/۴	+۵۷/۹	−۲۰/۷	+۸۹/۲	−۵۸/۱
میانگین	−۴/۹	+۱۲/۲	+۱۹/۱	+۵۰/۶	−۱۸/۷	+۵۲/۹	−۴۵/۷

EC، K_{ex}، P_{av}، OC، TN و C/N به ترتیب نمایانگر هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن آلی به نیتروژن کل است.

همچنین با تغییر رژیم غذایی و افزایش سهم ضایعات رستورانی، بیوماس جمعیت کرم خاکی تفاوت معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) نشان داده است. بطوریکه بیشترین و کمترین میزان بیوماس ثبت شده به ترتیب در ترکیب بستر ۲:۱ و ۱:۰ مشاهده شده است. تیمارهای ۲:۱ آهک-دهی شده، ۱:۱ بدون آهک و ۱:۱ آهک‌دهی شده به ترتیب با میزان ۱۵۶، ۹۹ و ۹۶ درصد، بیشترین افزایش بیوماس کل را در انتهای فرآیند نشان داده است. همچنین تیمارهای ۱:۰ بدون آهک و ۱:۰ آهک دهی شده با ۹ و ۱۳ درصد افزایش نسبت به شروع فرآیند کمترین نرخ افزایش بیوماس کل کرم‌خاکی را نشان داده است. همچنین آدی و نور (۶) در بررسی کاربرد فرآیند ضایعات آشپزخانه‌ای و تفالهٔ قهوه در فرآیند ورمی‌کمپوست شدن با استفاده از گونه لامبیریکوس رابلوس[1]، اذعان داشتند که تجزیه پروتئین حیوانی موجود در ضایعات آشپزخانه‌ای بوسیله میکروارگانیسم های غیرهوازی باعث خفگی کرم ها و در نتیجه کاهش تعداد و وزن بیوماس نهایی کرم‌های خاکی در تیمارهای حاوی ضایعات آشپزخانه‌ای شده است. همچنین بو و رایحه متعفن تولید شده از فساد و متابولیسم غیرهوازی میکروارگانیسم‌ها باعث جذب مگس و حشرات موذی شده که در ادامه با ایجاد لاروهای جوان آنها باعث گسترش آفات و بیماری در واحدهای تولید ورمی‌کمپوست می‌شوند (۶).

اثر متقابل تیمارهای ترکیب بستر و آهک‌دهی بر تغییرات بیوماس جمعیت نابالغ کرم خاکی در شکل ۶ ارائه شده است. ترکیب بسترهای ۲:۱، ۱:۱ و ۱:۰ به ترتیب بیشترین میزان این شاخص را دارا بودند. همچنین در تیمارهایی که آهک‌دهی شده بودند.



شکل ۵- تغییرات بیوماس کل کرم‌خاکی در طول آزمایش تحت تاثیر فاکتورهای مورد بررسی

(شاخص (I) در نمودار نشان دهنده انحراف معیار (SD) می‌باشد).

1 - *Rumblicus rubellus*

Archive of SID

www.SID.ir

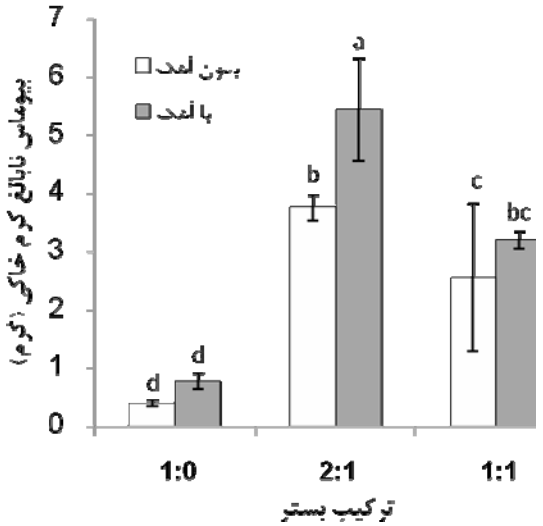
میزان بیوماس نابالغ همانند بیوماس بالغ کرم‌های خاکی افزایش معنی‌داری نشان داده است. بسیاری از محققان مشاهده کرده‌اند که با افزایش آهک در خاک‌هایی که pH اسیدی دارند، تعداد و فعالیت کرم‌های خاکی افزایش نشان داده است (۱۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۷). اسپرینگت و سایرز (۲۷) در آزمایشی مجزا که در آن افزایش کلسیم به خاک از طریق منابع مختلف صورت می‌گرفت، نتیجه گرفتند که افزایش تولید کَست[1] و وزن نسبی کرم‌های خاکی در اثر اضافه کردن نمک‌هایی مانند کلسیم کربنات ($CaCO_3$) و کلسیم دی‌هیدرات ($Ca(OH)_2$) به دلیل افزایش pH محلول خاک است و در تیمارهایی که منبع کلسیم آنها نمک‌های کلسیم سولفات ($CaSO_4$) و کلسیم دی‌نیترات ($Ca(NO_3)_2$) بوده، افزایش کلسیم به دلیل عدم تغییر pH تاثیری بر فعالیت کرم‌های خاکی نداشته است.

در بخش پیشین ذکر شد، اثر متقابل ترکیب بستر و آهک‌دهی با بهبود کیفیت رژیم غذایی، شرایط محیطی و میزان رشد و نمو کرم‌های خاکی، بر تغییرات بیوماس نابالغ تاثیر چشمگیری داشته است. در ترکیب بستر ۲:۱ به همراه آهک‌دهی بیشترین و در ترکیب بستر ۱:۰ بدون آهک‌دهی کمترین میزان بیوماس نابالغ ثبت گردید.

نتیجه‌گیری

انجام عملیات‌های اصلاحی مانند پیش‌کمپوست شدن به منظور کاهش نسبت C/N و همچنین اضافه نمودن مقداری آهک برای افزایش pH اولیه بسترهای تغذیه‌ای اسیدی لازم می‌باشد. ضایعات رستورانی به عنوان یک ماده غذایی غنی از پروتئین و کربوهیدرات‌ها باعث افزایش رشد و نمو کرم‌های خاکی شده و اعمال تیمار آهک-دهی نیز به دلیل افزایش نسبی pH بستر اولیه، شرایط ایده‌آلی را برای رشد و نمو آنها فراهم آورده است.

از طرفی این شرایط به افزایش ارزش کودی ورمی‌کمپوست تولید شده نیز کمک کرده، بطوریکه با افزایش سهم ضایعات رستورانی و آهک‌دهی میزان عناصر غذایی مورد بررسی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) افزایش معنی‌داری نشان دادند. ترکیب بستر ۱:۱ به همراه ۱ درصد آهک با توجه به خصوصیات شیمیایی، بیشترین ارزش کودی را دارا بوده است. در حالیکه ترکیب بستر ۲:۱ با یک درصد آهک بیشترین تاثیر را در افزایش بیوماس کل و جمعیت نابالغ کرم‌های خاکی داشته است و ترکیب بستر ۱:۱ از این نظر در مرتبه دوم قرار گرفته است. بطور کلی از آنجا که ارزش کودی ورمی‌کمپوست‌ها از نقطه نظر حاصلخیزی و سود آوری مهم تلقی می‌شود، ترکیب بستر ۱:۱ با یک درصد آهک می‌تواند در بازیافت ضایعات رستورانی توصیه شود.



شکل ٦- اثر متقابل ترکیب بستر وآهک‌دهی بر تغییرات بیوماس جمعیت نابالغ کرم خاکی

(شاخص (I) در نمودار نشان دهنده انحراف معیار (SD) می‌باشد).

سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به دلیل حمایت‌های مالی و تأمین شرایط لازم برای اجرای این مطالعه قدرانی می‌نماییم.

منابع

۱- پرورش ع.، موحدیان عطار ح. و محمدیان ل. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت شیمیایی و ارزش کودی ورمی‌کمپوست تهیه شده از لجن فاضلاب شهری اصفهان. آب و فاضلاب، ۵: ۳۳-۲۹.

1- Cast

Archive of SID

www.SID.ir

۲- فرجی ذ.ع.، علیخانی ح.ع.، ثواقبی غ.ر.، صالح راستین ن. ۱۳۸۵. فناوری ورمی کمپوست، حلقه‌ای جایگزین در چرخه مواد، جهت نیل به بهداشت محیط زیست و توسعه پایدار. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

۳- هاشمی‌مجد ک. و جماعتی ثمرین ش. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات ساختمانی مواد آلی در طول فرآیندهای تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست. مجله علوم آب و خاک- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۷(۶۳): ۲۳-۳۵.

۴- میربلوک آ.، لکزیان ا. و حق نیا غ.ح. ۱۳۸۷. تاثیر هوادهی، خاک و ملاس چغندر بر رشد و نمو کرم خاکی (*Eisenia foetida*) در بستر کود گاوی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲(۲): ۳۵-۲۶.

۵- یوسفی ذ.ا.، عموئی ع.ا.، اصغرنیا ح.ع.، نعمتی ع. و واعظزاده م. ۱۳۹۰. قابلیت تولید ورمی‌کمپوست از پسماندهای خانگی توسط کرم‌های خاکی. مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، ۱۴(۱): ۳۵-۳۰.

6- Adi A.J., and Noor Z.M. 2009. Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. Bioresource Technology, 100:1027-1030.

7- Amlinger F., Gotz B., Dreher P., Geszti J., and Weissteiner C. 2003. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: Dynamics of mobilization and availability. European Journal of Soil Biology, 39:107-116.

8- Bayon L.R.C., and Binet F. 2006. Earthworm changes the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. Soil Biology and Biochemistry, 38:235-246.

9- Bremner J.M., and Mulvaney R.G. 1982. Nitrogen total. p. 595-624. In A.L. Page et al. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

10- Contreras-Ramos S.M., Escamilla-Silva E.M., and Dendooven L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. Biology and Fertility of Soils, 41:190-198.

11- Dominguez J. 1997. Comparison of vermicomposting and composting. Biocycle, 38:57-59.

12- Dominguez J., Edwards C.A., and Webster M. 2002. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia Andrei*. Pedobiologia, 44:24-32.

13- Edwards C.A. and Lofty J.R. 1977. Biology of Earthworms, 2nd ed. Chapman & Hall, London.

14- Edwards C.A., Dominguez J., and Neuhauser E.F. 1998. Growth and reproduction of *Parionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management. Biology and Fertility of Soils, 27:155-161.

15- Elvira C., Sampedro L., Benitez E., and Nogales R. 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot scale study. Bioresource Technology, 63:205-211.

16- Fernández-Gómez M.J., Romero E., and Nogales R. 2010. Feasibility of vermicomposting for vegetable greenhouse waste recycling. Bioresource Technology, 101:9654-9660.

17- Garg V.K., Kaushik P., and Dilbaghi N. 2006. Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 65:412-419.

18- Ghosh M., Chattopadhyay G.N., and Baral K. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. Bioresource Technology, 69:149-154.

19- Hand P., Hayes W.A., Frankland J.C., and Satchell J.E. 1988. The vermicomposting of cow slurry. Pedobiologia, 31:199-209.

20- Kaur A., Singh J., Vig A.P., Dhaliwal S.S., and Rup P.J. 2010. Cocomposting with and without *Eisenia fetida* for conversion of toxic paper mill sludge to a soil conditioner. Bioresource Technology, 101:8192-8198.

21- Mandal L.N. 1964. Effect of time, starch and lime on the transformation of inorganic phosphorus in a waterlogged rice soil. Soil Science, 97:127-132.

22- Nair J., and Okamitsu K. 2010. Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. Waste Management, 30: 977-982.

23- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, US Department of Agriculture, Vol: 939.

24- Pramanik P., Ghosh G.K., Ghosal P.K., and Banik P. 2007. Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic waste under liming and microbial inoculants. Bioresource Technology, 98:2485-2494.

25- Satchell J.E. 1983. Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture. Chapman & Hall, London.

26- Simard R.R. 1993. Ammonium acetate extractable elements. p. 39-43. In R. Martin and S. Carter (eds.) Soil Sampling and Methods of Analysis, Lewis Publisher, FL.

27- Springett J.A. and Syers J.K. 1984. Effect of pH and calcium content of soil on earthworm cast production in the laboratory. Soil Biology and Biochemistry, 16:185-189.

28- Suthar S. 2009(a). Growth and fecundity of earthworms: *Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus* in cattle waste solids. Environmentalist, 2:78-84.

29- Suthar S. 2009(b). Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. Ecological Engineering, 35:914-920.

Archive of SID

www.SID.ir

30- Suthar S. 2010. Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. Ecological Engineering, 36:703-712.
31- Tognetti, C., Mazzarino, M.J., and Laos, N. 2011. Comprehensive quality assessment of municipal organic waste composts produced by different preparation methods. Waste Management. 31: 1146-1152.
32- Tripathi G., and 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.
33- Walkley A., and Black I.A. 1934. Estimation of organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Science, 37:29-31.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 1, Mar.-Apr. 2014, p. 166-178

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۳، ص. ۱۷۸-۱۶۶

Liming Treatment Effect on Vermicomposting Process of Different Combination of Restaurant Wastes and Cow Dung

B. Azimzadeh[1]* - M.A. Bahmanyar[2]

Received:21-07-2013
Accepted:04-02-2014

Abstract

With rising urbanization and change in lifestyle and food habits, the amount of waste material has been increasing rapidly and its composition changing. Vermicomposting is the best method of converting waste material into a useable soil amendment with the use of earthworms and microorganisms. The study began with collecting restaurant waste (as organic waste) from restaurants. The selected wastes were mixed with cow-dung (as bulk material) in various bed combination ratios: 1:0 (100% cow dung), 2:1 (34% restaurant waste + 66% cow dung), and 1:1 (50% restaurant waste + 50% cow dung). For study of liming effect on vermicomposting process, two types of treatments were prepared by adding 1% (w/w) and without limestone in bed combinations. Vermicomposting step started by inoculation 10 fold earthworms *Eisenia foetida* with 4.46 ± 0.17 g total biomass, approximately. The investigation was conducted in a factorial complete randomized design with six treatments and three repetitions. In during of study, the sampling carried out 3 time per 1 month from each bioreactor and some chemical properties such as pH, electrical conductivity (EC), organic carbon (OC), total nitrogen (TN), exchangeable potassium (K_{ex}) and available phosphorus (P_{av}) were measured. At the end of study total and immature biomasses of earthworms were determined. The results shown that with increasing in the proportion of waste restaurant and adding 1% lime have led to a rise in nutrients content (TN, K_{ex} and P_{av}) of vermicompost, significantly. Respectively, vermicomposting has also led to 12%, 53%, 51%, and 19% increasing in EC, TN, P, and K and 5%, 19, and 46% decreasing in pH, OC, and C/N as compared to beginning of the process. Also, bed combination, liming treatment factors, and interaction of them have led to a growth in total and immature biomasses of earthworms. 2:1 vermibed with 1% lime has highest growth and reproductive rate (156% total biomass) between other treatments after 3 month.

Keywords: Vermicompost, Restaurant wastes, Liming, Chemical characteristics, Earthworm biomass

Archive of SID

1- Former MSc Student of Soil Science Department, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Taberestan (GABIT), Sari, Iran.
(*-Corresponding Author Email: b.azimzadeh@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, Iran.

www.SID.ir