

ورمی کمپوستینگ

چرخه تبدیل بقایای آلی به کود آلی کرمی



تهیه و تنظیم:

مریم سبطی - مریم غزائیان

(محقق بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان)

بهار ۱۳۹۰

۳	چکیده
۴	مقدمه
۴	ورمی کمپوستینگ (فرایند تبدیل بقایای آلی به کود آلی با ارزش)
۵	کلیات
۵	تاریخچه
۶	ورمی کمپوستینگ
۶	فواید ورمی کمپوست
۹	نقش کرمهای خاکی در چرخه نیتروژن
۱۰	بهبود خصوصیات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک
۱۰	انواع کرمها
۱۱	تکثیر کرمهای خاکی
۱۴	تغییرات دما در طول فرایند ورمی کمپوستینگ
۱۴	روش های تولید ورمی کمپوست
۱۶	مواد مورد نیاز برای ورمی کمپوست
۱۶	آماده سازی ورمی کمپوست
۱۷	احتیاط های لازم در طول فرایند ورمی کمپوستینگ
۱۸	چگونه از ورمی کمپوست استفاده کنیم
۱۸	برخی نکات مهم در تولید ورمی کمپوست
۲۰	تنوع زیستی در ورمی کمپوست
۲۲	نتایج
۲۶	فهرست منابع

چکیده

روزانه مقدار زیادی بقایای آلی تولید می شوند که چنانچه این بقایا به نحوی مصرف نشوند مشکلی جدی برای محیط زیست ایجاد می کنند. به غیر از بقایای کشاورزی مقادیر زیادی بقایای خانگی در مناطق شهری و روستایی تولید می شوند که اغلب این بقایای آلی بوسیله سوختن یا استفاده به عنوان پوشش سطحی زمین هدر می روند. این بقایا عناصر غذایی با ارزشی را تولید می کنند که می تواند بطور مؤثری برای افزایش تولیدات کشاورزی استفاده شوند .

ورمی کمپوستینگ فرایند کمپوست سازی بیولوژیکی است که از برخی گونه های کرمهای خاکی برای افزایش تبدیل بقایا، تولید بالاتر و در نهایت تولید محصول با کیفیت بهتر استفاده می شود . ورمی کمپوستینگ از چند لحاظ با کمپوستینگ تفاوت دارد، اولاً" این فرایند یک پروسه مزوفیلی می باشد که شامل مورد استفاده قرار دادن میکروارگانسیم و کرمهایی می باشد که در دمای ۱۰-۳۲ درجه سانتیگراد فعالیت می کنند، ثانياً فرآیند ورمی کمپوستینگ سریعتر از کمپوستینگ می باشد، که این امر بدلیل عبور مداوم از میان دستگاه گوارش کرم خاکی می باشد که نتیجه این فرایند تولید فضولات کرم خاکی (کود دامی کرمی) می باشد که از نظر فعالیت میکروبی و تنظیم کننده رشد گیاهی غنی می باشند . بطورمختصر ، کرمهای خاکی بخاطر یک نوع کیمیایی بیولوژیکی قادر به تبدیل آشغال به طلا می باشند.

جمعیت جهان از ۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ به ۸ میلیارد در سال ۲۰۲۰ و به ۹/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (۱۳). با توجه به افزایش تصاعدی جمعیت و تخریب و نابودی تقریباً نیمی از زمینهای قابل کشت (حدود ۲ میلیارد هکتار) به نظر می رسد تامین مواد غذایی برای بسیاری از مناطق دنیا با چالش عظیمی روبرو خواهد بود (۱۲). در این راستا استفاده از فناوریهای جدید در زمینه استفاده از کودهای زیستی بویژه موادی که بتواند ضایعات آلی را به ماده ای با ارزش غذایی بالا برای گیاهان فراهم کند، اهمیت زیادی دارد (۷). بخش عظیمی از محصولات کشاورزی اعم از زراعی، باغی و دامی که با صرف هزینه های گران تولید می شود به دلایل متعدد در چرخه تولید تا مصرف ضایع شده و از بین می رود. میزان این ضایعات در کشور ما بسیار بالاست و برای محصولات مختلف از ۱۰ تا ۵۰ درصد و بیش از آن نیز گزارش شده است (۲). این مسئله منجر به مشکلات عدیده زیست محیطی و اقتصادی در کشور شده است. اخیراً محققین بر آن شده اند تا با یافتن راه حل مناسب، از بقایای آلی و مواد دفعی غیر قابل مصرف، استفاده مفید کرده تا علاوه بر کاهش اثرات سوء زیست محیطی، گامهای موثری نیز برای کنترل و مدیریت ضایعات برداشته شود. مسلماً برای رسیدن به این اهداف می باید از عملیات جایگزینی استفاده شود که کاملاً متکی به منابع داخلی باشد تا کشاورزی پایداری که در آن افزایش بهره وری، بهبود کیفیت و بهینه کردن ساختار اقتصادی دنبال می گردد، فراهم و برقرار شود (۱۱).

ورمی کمپوستینگ (فرایند تبدیل بقایای آلی به کود آلی با ارزش)

روزانه مقدار زیادی بقایای آلی به طور مرتب تولید می شوند که چنانچه این بقایا به نحوی مصرف نشوند مشکلی جدی برای محیط زیست ایجاد می کنند. به غیر از بقایای کشاورزی، مقادیر زیادی بقایای خانگی (۷۰۰ میلیون تن در سال) در مناطق شهری و روستایی تولید می شوند که اغلب این بقایای آلی بوسیله سوختن یا استفاده به عنوان پوشش سطحی زمین هدر می روند. این بقایا عناصر غذایی با ارزشی را تولید می کنند که می تواند بطور مؤثری برای افزایش تولیدات کشاورزی استفاده شوند.

کرمهای خاکی این بقایا را به منابع با ارزش با عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه تبدیل می کنند. فرایند آماده سازی این چنین کودی ارزشمندی از تمام انواع بقایای آلی با کمک کرمهای خاکی، ورمی کمپوستینگ نامیده می شود و کود تولید شده بوسیله این کرمها ورمی کمپوست نامیده می شود.

کلیات

هر سال نزدیک به ۷۰۰ میلیون تن بقایای آلی در هند تولید می شود، که این بقایا سوخته شده یا به عنوان پوشش سطحی مورد استفاده قرار می گیرد. درحقیقت این روشها عدم استفاده درست از این بقایای با ارزش و غیر مضر را می رساند. در حالی که همه این بقایا می تواند به کمپوست با مواد غذایی با ارزش بالا تبدیل شوند. ورمی کمپوستینگ یکی از مهمترین روشهای کمپوست سازی بقایای آلی می باشد که می تواند به عنوان یک روش مناسب برای حل مشکل فوق استفاده شود. همچنین این فرایند می تواند بیشترین مواد غذایی مورد نیاز برای رسیدن به تولیدی پایدار را فراهم کند (۴).

ورمی کمپوست، رشد، کیفیت و عملکرد انواع محصولات زراعی، گلخانه ای و باغی را افزایش می دهد. فرایند ورمی کمپوستینگ به چرخه نیتروژن کمک کرده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک را بهبود می بخشد. همه انواع مواد آلی می تواند برای ورمی کمپوست سازی استفاده شود. اگرچه برگهای توتون (*Gliricidiac*) مناسب برای تکثیر کرمهای خاکی نیستند اما می تواند بوسیله کرمها تجزیه شود. دمای مناسب برای فرایند ورمی کمپوستینگ در حدود ۲۰-۳۰ درجه سانتیگراد و محدوده رطوبتی مناسب از ۳۲ تا ۶۰ درصد می باشد. این فرایند یک فرایند ساده و آسان برای رسیدن به تکنولوژی تولید ورمی کمپوست و جلوگیری یا کاهش آلودگی های زیست محیطی می باشد.

برنامه آموزشی برای گروههای کمک به زنان (¹SHGs) برای پوشش دادن از لحاظ تکنیکی به منظور تولید ورمی کمپوست و کاربرد آن برای محصولات گوناگون ارائه شده است. این برنامه بوسیله ²ICRISAT مدیریت و اداره می شود.

تاریخچه

تخریب محیط زیست تهدیدی مهم در مقابل جهان می باشد که عامل اصلی آن استفاده گسترده از کودهای شیمیایی که خود منجر به تخلیه سوختههای فسیلی، تولید دی اکسید کربن CO₂ و آلودگی منابع آب می شود. این امر منجر به کاهش حاصلخیزی خاک به دلیل بهم خوردن تعادل استفاده از کودهای شیمیایی و آسیب به تولیدات کشاورزی و تخریب خاک می شود. از طرفی خاکهای مناطق گرمسیری مبتلا به کمبود عناصر غذایی مهم هستند که این عناصر مورد نیاز می تواند بوسیله بقایای خانگی و بقایای کشاورزی فراهم شود. تخمین زده شده است که در مناطق شهری و روستایی هندوستان نزدیک به ۷۰۰ میلیون تن بقایای آلی به طور سالیانه تولید می شود که یا سوخته می شود یا بصورت پوشش سطحی مورد استفاده قرار می گیرد (۹).

1- SHGS: self-help groups

2- ICRISAT: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

این میزان بالای بقایای آلی تولید شده می تواند به عنوان یک مشکل مطرح شود. در حال حاضر بیشتر این بقایای آلی سوخته شده یا به عنوان پوشش های سطحی استفاده می شود. در طبیعت جاندارانی وجود دارد (ماکرومیکروارگانیسم) که توانایی تبدیل بقایای آلی به منابعی با ارزش با محتوای مواد غذایی مورد نیاز برای گیاه را دارند، که برای پایداری باروری خاک مفید می باشند. ریزجانداران و کرمهای خانگی موجودات بیولوژیکی مهم و کمک رسان به طبیعت به منظور پایداری مواد غذایی می باشند و همچنین تخریب های محیطی را کاهش می دهند. جمعیت کرمهای خاکی در زمینهای بدون کشت در حدود ۱۰-۸ برابر بیشتر نسبت به زمینهای کشت شده می باشد. این امر آشکارا نشان می دهد که جمعیت کرمهای خاکی با تخریب خاک کاهش می یابد بنابراین می تواند به عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی تخریب خاک استفاده شود. در این گزارش یک فرایند فناوری زیستی ارائه می شود که می تواند یک راه حل مناسب در جهت جلوگیری از مشکل انباشت بقایا و تبدیل آن به ماده مناسب برای نیاز غذایی گیاهان به منظور تولیدی پایدار را ارائه دهد.

ورمی کمپوستینگ

ورمی کمپوستینگ فرایند کمپوست سازی بیولوژیکی است که از گونه هایی از کرمهای خاکی برای افزایش تبدیل بقایا، تولید بهتر و در نهایت تولید محصول بهتر استفاده می شود. ورمی کمپوستینگ از چند لحاظ با کمپوستینگ تفاوت دارد، اولاً این فرایند یک پروسه مزوفیلی می باشد که شامل مورد استفاده قرار دادن میکروارگانیسم و کرمهایی می باشد که در دمای ۳۲-۱۰ درجه سانتیگراد فعالیت می کنند، ثانياً فرآیند ورمی کمپوستینگ سریعتر از کمپوستینگ می باشد، که این امر بدلیل عبور مداوم از میان دستگاه گوارش کرم خاکی می باشد که نتیجه این فرایند تولید فضولات کرم خاکی (کود دامی کرمی) می باشد که از نظر فعالیت میکروبی و تنظیم کننده رشد گیاهی غنی می باشند. بطور مختصر، کرمهای خاکی بخاطر یک نوع کیمیایی بیولوژیکی قادر به تبدیل آشغال به طلا می باشند.

فواید ورمی کمپوست

منبع عناصر غذایی

کرمهای خاکی انواع بقایای آلی را مصرف می کنند به طوریکه حجم بقایا را گاه تا حدود ۶۰-۴۰ درصد وزنی کاهش می دهند. وزن هر کرم خاکی در حدود ۰/۵ تا ۰/۶ گرم می باشد که به اندازه وزن بدنشان بقایای آلی (ورمی کمپوست) در روز تولید می کنند. این فضولات از نظر خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی تجزیه شده اند. محتوای رطوبتی ورمی کمپوست بین ۳۲ تا ۶۶

درصد و pH آن در حدود ۷ می باشد. فضولات کرمها درصد بالایی از عناصر غذایی ماکرو و میکرو را نسبت به کمپوست باغی

فراهم می کنند (۱)

جدول (۱) مقایسه ترکیب عناصر غذایی ورمی کمپوست و کمپوست باغی^(۳)

درصد عناصر غذایی	ورمی کمپوست	کمپوست باغی
کربن آلی	۹/۸-۱۳/۴	۱۲/۲
نیتروژن	۰/۵۱-۱/۶۱	۰/۸
فسفر	۰/۱۹-۱/۰۲	۰/۳۵
پتاسیم	۰/۱۵-۰/۷۳	۰/۴۸
کلسیم	۱/۱۸-۷/۶۱	۲/۲۷
منیزیم	۰/۰۹۳-۰/۵۶۸	۰/۵۷
سدیم	۰/۰۵۸-۰/۱۵۸	<۰/۰۱
روی	۰/۰۰۴۲-۰/۱۱۰	۰/۰۰۱۲
مس	۰/۰۰۲۶-۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۱۷
آهن	۰/۲۰۵۰-۱/۳۳۱۳	۱/۱۶۹۰
منگنز	۰/۰۱۰۵-۰/۲۰۳۸	۰/۰۴۱۴

شواهدی وجود دارد که بیان می کنند ورمی کمپوست همه عناصر غذایی را به شکل قابل دسترس در اختیار گیاه قرار می دهد و همچنین جذب عناصر غذایی بوسیله گیاهان را افزایش می دهند. سریوانس و همکاران (۲۰۰۰) اثرات کاربرد کودها و ورمی کمپوست را روی نیتروژن قابل دسترس خاک (N) مطالعه کردند. در این مطالعه نیتروژن قابل دسترس خاک بطور معنی داری با افزایش سطوح ورمی کمپوست افزایش یافت و بیشترین جذب نیتروژن در تیمار ۵۰ درصد کود توصیه شده باضافه ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. همینطور جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم بوسیله گیاه برنج هنگامی که کود بکار برده شده در ترکیب با ورمی کمپوست بود، بالاترین مقدار برآورد شد.

فعالیت افزایشی رشد گیاه

فعالیت افزایش رشد در بستر ورمی کمپوست با استفاده از روش سنجش زیستی تعیین شد به این صورت که طول جوانه زنی ذرت ۴۸ ساعت بعد از قرار دادن در عصاره ورمی کمپوست و در آب معمولی به عنوان شاهد اندازه گیری شد: نتایج زیادی نشان دادند که هورمونهای افزایشنده رشد گیاه موجود در ورمی کمپوست به مقدار فراوانی وجود دارند. (جدول ۲)

جدول ۲) مقایسه طول جوانه های ذرت در دو نوع تیمار محیط کشت

تیمار	طول اولیه (سانتی متر)	طول نهایی (سانتی متر)
آب تانک	۱۶/۵	۱۶/۶
عصاره ورمی کمپوست	۱۷/۶	۱۸/۶

رشد محصول و عملکرد

ورمی کمپوست نقشی مهمی را در افزایش رشد و عملکرد انواع محصولات زراعی، سبزیجات، گلها و میوه ها ایفا می کند. کاربرد ورمی کمپوست درصد جوانه زنی ماش را (۹۳٪) در مقایسه با تیمار شاهد (۸۴٪) افزایش داد. بعلاوه، رشد و عملکرد ماش بطور معنی داری با کاربرد ورمی کمپوست بیشتر شد.

در آزمایش گلدانی دیگر، عملکرد ماده خشک و تر لوبیای گاوی (*Vigna cngciculata*) بررسی و مشاهده شد که هنگامی که به خاک ورمی کمپوست داده شد، نسبت به تیمار کود دامی عملکرد بیشتر گردید. کارایی ورمی کمپوست در یک مطالعه مزرعه ای بوسیله دسایی و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی نیتروژنی باعث تولید ماده خشک بیشتر (برای هر گیاه ۱۶/۲ گرم افزایش) و عملکرد دانه گندم ۳/۶ تن در هکتار گردید. همچنین کاربرد ورمی کمپوست در دیگر محصولات مانند سورگوم، آفتابگردان و اکنث مثبت نشان داد.

کاربرد ورمی کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار بطور معنی داری عملکرد گوجه فرنگی را به میزان ۵/۸ تن در هکتار در زمینهای زراعی در ایالتهای Adarsha prodesh , Kothuplly در مقایسه با تیمار شاهد (۳/۵ تن در هکتار) افزایش داد. در مطالعات گلخانه ای در دانشگاه ایالتی اهایو در کلمبوس اوهایو در آمریکا نشان داد که ورمی کمپوست رشد نشای سبزیجات را افزایش داد. کاربرد ورمی کمپوست میزان رشد و میوه قابل فروش در زمان برداشت را افزایش داد. علاوه بر این نشانه هایی از خسارت روی میوه ها در زمان برداشت دیده نشد. عملکرد نخود نیز با کاربرد ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) همراه با کودهای شیمیایی (N,P,K) نسبت به زمانی که این کودها به تنهایی استفاده شدند، افزایش یافت. وادیراج و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که

کاربرد ورمی کمپوست عملکرد گیاه *Coriander* را نسبت به حالتی که فقط کود شیمیایی استفاده شده بود افزایش داد. وزن تر گل‌هایی مانند داوودی (*Chrysanthemum chinensis*) با کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست افزایش یافت. همچنین تعداد گلها در هر گیاه (۲۶)، قطر گلها (۶ سانتی متر) و عملکرد (۰/۵ تن در هکتار) با کاربرد ورمی کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی NPK افزایش معنی داری نشان داد. البته بیشترین عمر گلها (۱۱ روز) در تیماری که ورمی کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار و ۵۰٪ کود شیمیایی (NPK) مصرف شده بود، دیده شد.

کاهش نسبت C/N در خاک :

کرمهای خاکی بقایای خانگی را در حدود ۳۰ روز به ورمی کمپوست تبدیل می کنند، همچنین نسبت C/N بقایا را کاهش می دهند و در عین حال نیتروژن بیشتری را از روش سنتی کمپوست در خود حفظ می کنند.

نسبت C/N در ضایعات زیتون بدون پروسه کمپوستینگ نسبت به ضایعات زیتون ورمی کمپوست شده و کود دامی به تنهایی به ترتیب ۴۲، ۲۹ و ۱۱ بود. هر دو نوع کود ضایعاتی زیتون نیتروژن خاک را در طی ۹۱ روز مطالعه معدنی کردند، کود دامی مقدار قابل محسوسی نیتروژن را در طول دوره مطالعه معدنی کرد.

طولانی شدن فرایند معدنی شدن نیتروژن خاک بوسیله ورمی کمپوست زیتون به نسبت C/N که برابر با ۲۹ بود، نسبت داده شد که ناشی از طبیعت ترکیب کربن و نیتروژن آن بود. نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می کند که برای استفاده از ورمی کمپوست ضایعات زیتون به عنوان یک کود آلی، مدیریت پروسه ورمی کمپوستینگ بایستی به عنوان تأمین نیتروژن قابل دسترس بیشتر، تنظیم شود.

نقش کرمهای خاکی در چرخه نیتروژن

کرمهای خاکی نقش مهمی را در چرخه نیتروژن در اکوسیستم های گوناگون بخصوص تحت کشت تناوبی، جایی که استفاده از مواد شیمیایی حداقل است، ایفاء می کنند. بهادریا و راماکریشنان (۱۹۹۶) گزارش کردند که در طول دوره بین دو محصول در همان محل کشت در طی ۵ تا ۱۵ سال سیستم تناوبی، کرمهای خاکی در چرخه نیتروژن بواسطه تولید کست یا مدفوع کرمی (Cast)، تولید موکوس و تجزیه بافتهای مرده نقش مهمی را در چرخه نیتروژن دخالت دارند. هدر روی نیتروژن خاک تحت یک دوره ۱۵ ساله سیستم تناوبی بدون کرم خاکی بیشتر بود. کل نیتروژن قابل دسترسی برای جذب بوسیله گیاه بیشتر از میزان ورود نیتروژن کل به خاک بود، که این امر به دلیل افزایش تجزیه سبزیجات، بقایای محصولات و علف های هرز بود.

بهبود خصوصیات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک

مطالعات کمی روی ورمی کمپوست نشان می دهد که ورمی کمپوست منافذ درشت خاک را از محدوده ۵۰ به ۵۰۰ میکرومتر افزایش می دهد که نتیجه آن توسعه روابط آب و هوا و خاک می باشد. کاربرد مواد آلی شامل ورمی کمپوست بطور قابل توجهی روی pH خاک، جمعیت میکروبی و فعالیت های آنزیمی خاک اثر می گذارد. همچنین ورمی کمپوست نسبت مواد شیمیایی قابل حل در آب را کاهش می دهد که این اثر باعث کاهش آلودگی محیطی می شود. آلبائل (۱۹۸۸) بیان کرد که ورمی کمپوست نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتر نسبت به موادی دارد که ورمی کمپوست از آنها تهیه شده است، و این ورمی کمپوست باعث افزایش اسید هومیک می شود.

ادوارد و باروز (۱۹۹۸) گزارش دادند که ورمی کمپوست ها تخلخل تهویه ای، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالایی دارند و بدلیل سطح ویژه زیاد، ظرفیت نگهداری زیادی برای نگهداری عناصر غذایی دارند.

انواع کرمها

کرمها جانداران بدون مهره می باشند. نزدیک به ۳۶۰۰ گونه کرم خاکی در دنیا وجود دارد که به دو گروه تقسیم می شوند:

۱- کرمهای با فعالیت تونل زایی
۲- کرمهای بدون فعالیت تونل زایی .

انواع با فعالیت تونل زایی شامل *Pertima asiatica*, *Pertima elongate* و *Lumbricus terrestris* هستند که در عمق خاک زندگی می کنند، از طرف دیگر انواع بدون فعالیت تونل زایی شامل *Eudrilus eugeniae*, *Eisenia fetida* و *Perionyx excavatus* در لایه های رویی سطح خاک زندگی می کنند (شکل ۱).

انواع با فعالیت تونل زایی زرد کمرنگ، با طول ۲۰-۲۰ cm حدود ۱۵ سال عمر می کنند. انواع بدون فعالیت تونل زایی قرمز یا ارغوانی رنگ، ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر طول و ۲۸ ماه عمر می کنند.

تغذیه کرمهای بدون فعالیت تونل زایی شامل ۱۰ درصد خاک و ۹۰ درصد مواد آلی باقیمانده است. این دسته از کرمها مواد آلی را سریعتر از کرمهای با فعالیت تونل زایی تجزیه می کنند. آنها می توانند دمای بین ۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد را تحمل کنند اما ظرفیت تحمل به گرما در کرم های نوزاد و نابالغ در حدود ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و ۴۰ تا ۴۵ درصد رطوبت در توده می باشد. انواع با فعالیت تونل زایی در شب به سطح خاک می آیند. این دسته سوراخهایی را در خاک از بالا به عمق ۳/۵ متر می سازند. (۵)



a) *Eudrilus eugeniae*



b) *Eisenia fetida*



c) *Lumbricus terrestris*

شکل ۱) کرمهای بدون فعالیت تونل زایی (تولید کننده ورمی کمپوست) (a,b) و کرمهای با فعالیت تونل زایی (c)

تکثیر کرمهای خاکی

مواد آلی فراوانی برای رشد و تکثیر مجدد کرمهای خاکی ارزیابی شده اند. نوگالس و همکاران (۱۹۹۹)، سه نوع ماده اولیه بقایای آلی زیتون خشک، مواد جامد شهری و کود دامی را به عنوان مواد اولیه برای تولید ورمی کمپوست مقایسه کردند. آنها گزارش کردند که وزن کرمهای تازه متولد شده در بقایای آلی زیتون خشک بیشتر مشاهده شد. در مطالعه دیگر تاثیر کلش ذرت به عنوان مهمترین غذا در مقایسه با کلش سویا، کلش گندم، کلش نخود و پس ماند شهری برای کرمهای اپی جیک گرمسیری، *Perionyx excavatus* ارزیابی گردید.

سیدور و زاجونک (۱۹۹۰) مواد گوناگونی را برای تولید ورمی کمپوست مقایسه کردند. نسبت ۵ به ۱ بقایای پنبه با کود دامی به عنوان بهترین ماده اولیه برای تولید ورمی کمپوست مشخص شد. همچنین بقایای تنباکو به عنوان ماده اولیه نشان داد که تعداد

کرمها در ابتدا افزایش ، اما در دوره های بعدی تولید کرمها، کرمها از بین رفتند. مخلوط بقایای تنباکو با کود خرگوش با نسبت ۱:۵ نشان داد که بقایای تنباکو می تواند باعث مرگ کرمها شود .

در آزمایش تکثیری دیگر درانستیتو تحقیقات محصولات بین المللی مناطق نیمه گرم (ICRISAT) در پاتاچرا اندهارا پرادش با سه نوع کرم متفاوت (*Eudrilus evgenae*، *Eisenia fetida* و *Perionyx excavatus*) با استفاده از بقایای کاه و کلس گندم ، نخود ، برگهای درختان و *Parthenium* مخلوط شده با کود گاوی به عنوان مواد غذایی انجام گردید. در این آزمایش جمعیت کرمهای خاکی در طول دوره تلقیح بعد از ۹۰ روز بررسی گردید و مشخص شد که در بستر شامل ۳ نوع گونه کرم خاکی جمعیت ۱۲ تا ۱۸ برابر حالت انفرادی کرم ها افزایش یافت. در این آزمایش از مخلوط برگهای لگم و کود گاوی به عنوان ماده خام استفاده گردید. اگر چه ترکیبی از سه نوع کرم در یک بستر بیشترین نسبت تکثیر (۲۷ برابر) از تک تک گونه ها به تنهایی نشان داد(۱۴)(جدول ۳).

جدول ۳) آزمایش تکثیر گونه های کرم خاکی در ICRISAT، پاتاچرا هند، ۲۰۰۰

گونه های کرمها	جمعیت اولیه	جمعیت نهایی	درصد افزایش
مخلوط گونه ها	۹۰۰	۱۵۹۵۰	۱۶۱۲ (۲۷) ^۲
ایسینیا فتیدا	۹۰	۱۰۳۶	۱۰۵۱ (۱۲)
ایودریلوس ایوجنا	۵۵	۱۰۰۷	۱۷۳۱ (۱۸)
پریونیکس اکسکاواتوس	۸۵	۱۱۹۲	۱۳۰۲ (۱۴)

مخلوط برگهای لگم و کود گاوی به عنوان مواد اولیه استفاده شده است عدد نوشته شده در پرانتز در جدول بالا نشان دهنده افزایش در تعداد کرمها به درصد در ۹۰ روز بعد از خوابانیدن .

مطالعات بیشتر روی تکثیر کرمها در موسسه تحقیقاتی ICRISAT با استفاده از برگهای درختان و ساقه های توتون مخلوط با کود دامی به عنوان مواد غذایی نشان داد (جدول ۴) که جمعیت کرمها هنگامی که درمخلوط ساقه های توتون و کود دامی پرورش داده شده بودند، کاهش یافت. این نتایج نشان داد که ساقه های توتون نمی تواند برای تکثیر کرمهای خاکی مورد استفاده قرار گیرد . ساقه های توتون به جهت دارا بودن خصوصیات سمی به عنوان طعمه زهر آگین برای موش صحرائی استفاده می شود.

جدول ۴) وزن و جمعیت کرم های خاکی در چند نوع بقایای آلی

Earthworm species	Feed material	Initial		Final	
		Population	weight(g)	Population	weight(g)
Eisenia fetida	Tree Leaves(15kg)	345	20	2510	207
	Cattle manure(15kg)	510	207	1159	207
	Cattle manure(3kg)+ Gliricidia stem(6kg)	1255	101	1000	50
Eudrilus eugeniae	Tree Leaves(15kg)	311	21	2986	334
	Cattle manure(15kg)	2986	334	1522	216
	Cattle manure(3kg)+ Gliricidia stem(6kg)	2707	230	2249	100
Perionyx excavatus	Tree Leaves(15kg)	409	29	2707	230
	Cattle manure(15kg)	2707	230	2650	187
	Cattle manure(3kg)+ Gliricidia stem(6kg)	3356	365	1000	50
At 90 days after inoculation					

در مطالعه تکثیری دیگر در ICRISAT، بالاترین افزایش در جمعیت کرمها (۵۷۰ درصد) و وزن آنها (۱۰۹ درصد) هنگامی که در ماده غذایی حاوی برگ درختان (۳ کیلوگرم) و کود گاوی (۶ کیلوگرم) پرورش داده شده بودند، مشاهده شد. در حالی که وضعیت جمعیت کرمها در حالتی که در ماده غذایی حاوی خاک پرورش داده شده بودند (۷- و ۲۲-) کاهش را نشان داد (جدول ۵). همه این مطالعات نشان داد که توتون و برگ تنباکو مناسب برای تکثیر کرمها نیستند احتمالاً آلكالوئید و دیگر ترکیبات اصلی موجود در این برگها روی بقای کرمها اثر می گذارند. همچنین خاک و کود خرگوشی نبایستی با مواد غذایی کرمها مخلوط شود.

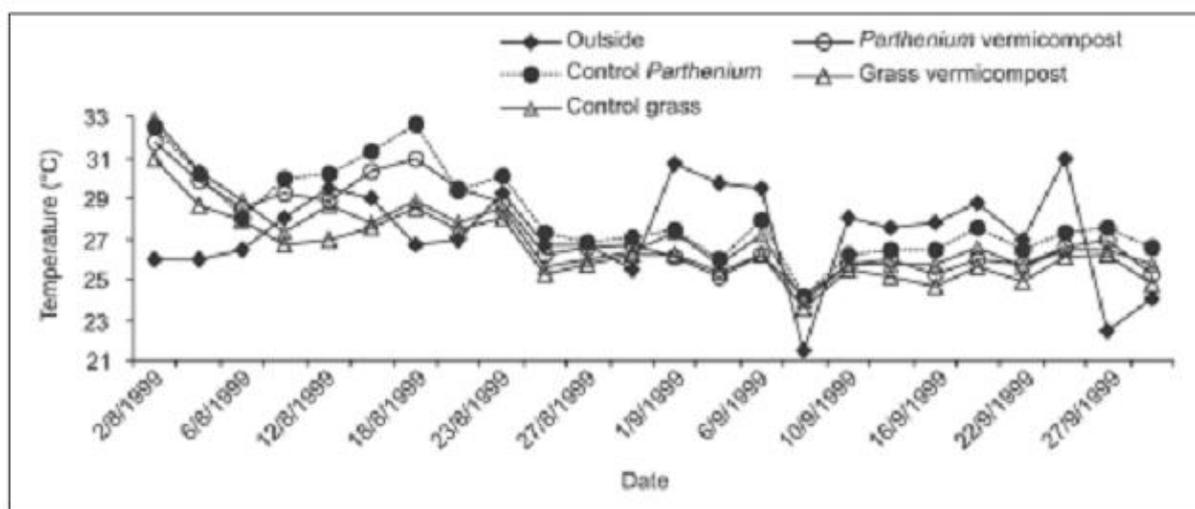
جدول ۵) مقایسه وزن و جمعیت کرمهای خاکی در چند نوع محیط کشت مرکب با استفاده از خاک و بقایای دیگر به عنوان مواد اولیه

Feed material	Initial		Final		Increase(%)	
	Population	weight(g)	Population	weight(g)	Number	Weight
Cow dung(15kg)	500	89	750	163	50	83
Tree leaves(3kg) + cow dung(3kg)	500	95	1545	125	21	32
Tree leaves(3kg) + cow dung(6kg)	500	110	3351	230	570	109
Pigeonpea leaves + pod shells + tree leaves(2kg) + cow dung(2kg)	500	98	2230	187	346	90
Pigeonpea leaves + pod shells + tree leaves(2kg) + cow dung(4kg)	500	115	1490	193	198	68
Soil(5kg) + cow dung(5kg)	1000	90	784	87	-22	-3
Soil(5kg) + cow dung(5kg) + pigeonpea leaves(1kg)	1000	75	1023	241	2	223
Soil(5kg) + cow dung(5kg) + tree leaves(1kg)	1000	160	929	170	-7	-6
At 90 days after inoculation						

تغییرات دما در طول فرایند ورمی کمپوستینگ

در طول پروسه ورمی کمپوستینگ (از ۵ تا ۶۵ روز) تغییرات زیادی در دمای بقایای گوناگون کشاورزی (گیاه و ایول *Parthenium* درختچه ای چند ساله و منبعی از لاتکس می باشد) و علف هرز بوجود می آید. از شروع پروسه تا ۱۵ روز، دما (۳۳-۳۲ درجه) در هر دو ماده اولیه *Parthenium* و *Grass* بالا بود (۳۰-۲۶ درجه). سپس یک کاهش تدریجی در دما تا ۲۴ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. البته در کمپوست *Parthenium* (بین ۲۷/۵ تا ۳۲/۸ درجه) نسبت به کمپوست علف (از ۲۶/۸ تا ۳۱/۵ درجه سانتیگراد) دمای بالاتر در طول کل دوره پروسه هضم گزارش شد. بطور کلی دمای بیشتر در تیمار شاهد (بدون کرم) نسبت به تیمارهای ورمی کمپوست (با کرم) دیده شد. از این مطالعه، پیشنهاد شد که مناسب ترین دوره برای رها کردن کرمها به بقایای آلی بین ۱۵ تا ۲۰ روز بعد از توده کردن بقایای آلی یعنی هنگامی که دما به حدود ۲۵ درجه سانتیگراد می رسد، می باشد (شکل ۲).

شکل ۲) تغییرات دما در طول فرایند ورمی کمپوستینگ



روش های تولید ورمی کمپوست

گودالهای زیر زمینی

در این روش چاله هایی به عمق ۱ متر و عرض ۱/۵ متر و طول متفاوت ساخته می شود.

ایجاد پشته در روی زمین

مواد اولیه روی یک ورقه پلاستیکی روی زمین قرار گرفته، پخش می شود و سپس با لایه ای از کود دامی پوشانده می شود. سانیتا و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر دو روش گودال و توده ای را برای آماده سازی ورمی کمپوست تحت شرایط مزرعه ای بررسی کردند. بر اساس تغییرات زیستی بقایا به عنوان معیار بررسی، روش توده برای آماده سازی ورمی کمپوست بهتر از روش گودال بود. در این

روش جمعیت کرمها ۲۱ برابر افزایش در گونه *Eudrilus evgenae* در مقایسه با ۱۷ برابر افزایش کرم در روش گودال در رده بالاتری قرار داشت. تولید بیومس نیز در روش توده (۴۶ واحد افزایش) نسبت به روش گودال (۳۱ واحد افزایش) بالاتر بود. همچنین تولید محصول ورمی کمپوست در روش توده (۵۱ کیلوگرم) نسبت به روش گودال (۴۰ کیلوگرم) بالاتر بود.

حوض هایی در روی زمین

حوض ها از مواد متفاوت مانند آجر معمولی، آجرهای توخالی، ورقه های آزیستوز و سنگهای صخره ی قابل دسترس محلی، ساخته می شوند. حوض ها می تواند با اندازه های مناسب برای اجرا ساخته شوند. در ICRICAT حوض هایی با اندازه ۱/۵ متر عرض (۵ فوت)، ۴/۵ متر طول (۱۵ فوت) و ۰/۹ متر عمق (۳ فوت) را مورد بررسی قرار دادند. هضم کننده های زیستی تجاری دیوار های تیغه ای با سوراخهای کوچک هستند که تسهیل حرکت کرمها از یک حوض به حوض دیگر را فراهم می کنند.

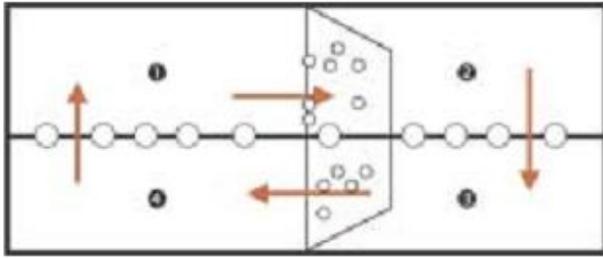
حلقه های سیمانی

ورمی کمپوست می تواند روی زمین با استفاده از حلقه های سیمانی آماده شود (ICRISAT, ۲۰۰۳). اندازه حلقه های سیمانی بایستی به قطر ۹۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر باشد. جزئیات آماده سازی ورمی کمپوست با این روش در بخش بعدی شرح داده شد.

مدل تجاری

مدل تجاری برای ورمی کمپوست سازی بوسیله ICRISAT که عبارت است از ۴ اتاقک احاطه شده بوسیله یک دیوار (۱/۵ متر عرض، ۴/۵ متر طول و ۰/۹ متر عمق) ساخته شد (شکل ۳). دیوارها با مواد گوناگون مثل آجرهای معمولی، آجرهای توخالی، سنگها، ورقه های آزیستوز و سنگهای صخره ای ساخته می شوند. در این مدل بین اتاقک ها دیوارهای بینینی با سوراخهای ریز برای تسهیل حرکت کرمها از یک اتاقک به اتاقک دیگر وجود دارد. یک خروجی در یک گوشه هر اتاقک با یک شیب اندک به منظور تسهیل جمع شدن آب اضافی وجود دارد که دوباره این آب جمع شده به عنوان شستشوی کرمها روی محصول استفاده می شود. طرح مدل تجاری در شکل ۴ نشان داده شده است.

این ۴ بخش با بقایای گیاهی یکی پس از دیگری پر می شوند. اتاقک اول بصورت لایه لایه با کود گاوی پر می شود و سپس کرمها رها می شوند. سپس اتاقک دوم بصورت لایه لایه پر می شوند. وقتی بقایای اتاقک اول فرآوری شدند کرمها به اتاقک دوم که از قبل پر شده است حرکت می کنند. سپس مواد آماده شده اتاقک اول جمع شده و جهت آزمایش به آزمایشگاه ارسال می شود.



شکل ۴) دیاگرام مدل تجاری تولید ورمی کمپوست



شکل ۳) مدل تجاری برای تولید ورمی کمپوست در ICRISAT

مواد مورد نیاز برای ورمی کمپوست

طیف وسیعی از بقایای کشاورزی، بقایای خشک برای مثال: کاه و کلش سورگوم، برنج بعد از تغذیه دام، برگهای خشک محصولات زراعی، درختان، ساقه ها، نخود کبوتری، پوست بادام زمینی، بقایای سویا، بقایای سبزیجات، گیاهان چوبی قبل از گلدهی، فیبر حاصل از درختان نارگیل، تفاله چغندر قند می تواند برای ورمی کمپوست سازی استفاده شود. علاوه بر آن، کود حیوانی، بقایای روزانه شهری، بقایای صنعتی غذایی، بقایای جامد شهرداری، گل بیوگاز و باگاس چغندر قند فاکتورهای مناسب برای تولید ورمی کمپوست می باشند. مقدار مواد خام مورد نیاز برای استفاده در حلقه های سیمانی به قطر ۹۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر یا برای گودال یا حوضچه های با اندازه ۱×۱×۱/۵ به قرار زیر می باشد:

بقایای آلی خشک (DOW)	۵۰ کیلوگرم	کود دامی (DS)	۱۵ کیلوگرم
سنگ فسفات (RP)	۲ کیلوگرم	کرم خاکی (EW)	۵۰۰-۷۰۰
آب (W)	۵ لیتر هر سه روز		

ترکیبات مواد گوناگون با نسبت زیر ساخته می شود. $DOW : DS : RP : EW : W = (5 : 1/5 : 0/2 : 50-75 : 0/5)$

در سیستم گودال میزان ۱۰۰ کیلوگرم مواد خام و ۲۰-۱۵ کیلوگرم کود گاوی برای هر متر بستر پرورش مورد نیاز می باشد.

آماده سازی ورمی کمپوست

مراحل فرایند

ورمی کمپوست سازی شامل مراحل زیر می باشد که در شکل ۴ مشاهده می شود.

ابتدا ته رینگ سیمانی را با یک لایه آجر یا سفال یا پوست نارگیل یا ورقه پلاستیکی بپوشانید. (شکل ۴a)

۲۰-۱۵ سانتیمتر بقایای آلی روی ورقه پلاستیکی پخش کنید. (شکل ۴b) سپس پودر سنگ فسفات اگر قابل دسترس بود را روی

بستر پخش کنید (این عنصر در توسعه کیفیت غذایی کمپوست کمک می کند) و در نهایت کود دامی را روی آن پخش کنید.

(شکل c-d-۴) رینگ را به طور کامل بصورت لایه هایی که در شکل کشیده شده است پر کنید و در نهایت روی رینگ را با خاک و کود گاوی پر کنید. (شکل ۴e) اجازه بدهید مواد به مدت ۱۵ تا ۲۰ روز تجزیه شوند.

هنگامی که دمای توده در طول دوره ۱۵ تا ۲۰ روزه بعد از تجزیه کاهش یافت، کرمهای انتخاب شده را (۲۰۰ تا ۵۰۰ عدد) در میان شیارهای ایجاد شده (شکل ۴f) رها کنید. رینگ را با توری سیمی یا محافظ برای حفاظت از کرمها در مقابل پرندگان پوشانید. آب را هر سه روز در میان به میزان کافی برای حفظ دمای بدن کرم (شکل ۴g) روی بستر پخش کنید.

ورمی کمپوست پس از ۲ ماه، اگر از بقایای کشاورزی استفاده شوند، آماده می شوند و اگر بقایای پرورش کرم ابریشم به عنوان مواد اولیه خام استفاده شوند در حدود ۴ هفته زمان لازم دارد. (شکل ۴h) ورمی کمپوست آماده شده در این پروسه سیاه، با وزن سبک و بدون بوی بد می باشد.

زمانی که کمپوست آماده شد آب را برای ۲ تا ۳ روز به منظور آسان کردن الک استفاده نکنید. توده کمپوست را به صورت توده های کوچک در محیط آزاد برای ۲ ساعت رها کنید. در این زمان همه کرمها به قسمت پایین توده حرکت می کنند. (شکل ۴i) سپس بخش فوقانی کود را جمع کنید قسمت های پایین تر را برای جدا کردن کرم ها از کود (شکل ۴j) الک کنید.

کشت در بستر شامل مراحل گوناگون چرخه زندگی کرم یعنی نوزادی (تخم)، جوانی و بزرگسالی می باشد. کرمهای تازه متولد شده و جوان را به مواد غذایی نیمه تجزیه شده تازه انتقال دهید و اضافی کرمهای خیلی درشت می تواند به عنوان تغذیه ماهی یا دام استفاده شود. در نهایت کمپوست را در بسته هایی بسته بندی کرده و در جای خشک نگهداری کنید.

توده های دیگر را در حدود ۲۰ روز قبل از انتقال و جمع آوری کمپوست به همان روش قبل به صورت توده در آورید.

احتیاط های لازم در طول فرایند ورمی کمپوستینگ

احتیاط های زیر بایستی در طول دوره ورمی کمپوستینگ انجام شود.

- کرم های گونه *Eisenia fetida*، *African* و *Eudrilus evgenae* مناسب و ایده آل برای آماده سازی ورمی کمپوست می باشند. اغلب گونه های هندی مناسب برای این هدف نیستند.

- مواد با منشأ گیاهی مثل علف، برگها یا سبزیجات نیز در آماده سازی ورمی کمپوست مورد استفاده قرار می گیرند.

- مواد با منشأ حیوانی مثل پوست تخم مرغ، گوشت، استخوان، فضولات مرغی و غیره مناسب برای آماده سازی ورمی کمپوست مناسب نیستند.

- بقایای توتون و برگ تنباکو مناسب برای کرم ها نیستند.

- بایستی از کرمها درمقابل پرندگان ، موریانه ها ، مورچه ها و موش های صحرائی حفاظت شود.
- رطوبت کافی بایستی درطول این فرایند حفظ شود. آب راکد یا کمبود رطوبت می تواند کرمها را بکشد.
- بعد از کامل شدن پروسه، ورمی کمپوست باید از بستر اصلی بطور تدریجی انتقال داده شود وبا مواد زاید تازه جایگزین گردد.

چگونه از ورمی کمپوست استفاده کنیم

- ورمی کمپوست می تواند برای همه محصولات کشاورزی، باغی، آرایشی و سبزیجات در هر مرحله از محصول استفاده شود.
- برای محصولات مزرعه ای عمومی:** در حدود ۳-۲ تن درهکتار ورمی کمپوست مخلوط با بذر در زمان کاشت یا با کاربرد در ردیف کاشت هنگامی که نشاها به ارتفاع ۱۵-۱۲ cm هستند استفاده گردد و آبیاری معمولی انجام گیرد.
- برای باغات میوه:** ۵ تا ۱۰ کیلوگرم برای هر درخت بسته به سن گیاه استفاده می شود. برای کاربرد مؤثر یک حلقه به عمق (۱۵-۱۸ cm) در دور گیاه حفر می گردد سپس یک لایه نازک کود دامی خشک و استخوان همراه با ۵-۲ کیلوگرم ورمی کمپوست به آن اضافه کرده و سپس آب روی سطح آن اسپری کرده و در نهایت با خاک پوشش می دهند.
- برای سبزیجات:** برای افزایش رشد گیاهان نشاء شده، ورمی کمپوست استفاده شده به میزان ۱ تن در هکتار در بستر به کاربرده می شود. این ماده در ایجاد نشاء های مقاوم و سالم کمک می کند. اما برای محصولات نشایی، ورمی کمپوست به میزان ۵۰۰-۴۰۰ گرم برای هر گیاه در زمان کاشت و ۴۵ روز بعد از کاشت (قبل از آبیاری) بکار برده می شود.
- برای گلهای:** ورمی کمپوست به میزان ۱۰۰۰-۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بکاربرده می شود.
- برای سبزیجات و گل ها ورمی کمپوست در اطراف گیاه اضافه می شود سپس با خاک پوشانده شده و مرتب آبیاری می شود.

برخی نکات مهم در تولید ورمی کمپوست

- مواد آلی را می توان با توجه به تعداد کرم به طور پیوسته به بستر کرم اضافه نمود. پس از تبدیل مواد به ورمی کمپوست کرم ها را باید به بسترهای جدید که دارای غذای کافی باشد منتقل نمود. انباشتن بیش از حد مواد غذایی در بستر، سبب ایجاد بوی نامطبوع و ترکیبات سمی می گردد. در این حالت بایستی از اضافه نمودن مواد جدید به بستر خودداری نمود. غذاهای خیلی مرطوب به علت ایجاد شرایط بی هوازی نیز بوی نامطبوع تولید می نمایند، برای جلوگیری از این عمل، کف بستر باید دارای زهکش باشد. برای جلوگیری از هجوم مگس، سطح بستر را بایستی با پوشش مناسب پوشانند.

شکل ۵) تا ا فرایند ورمی کمپوستینگ



Plastic sheet placed below the ring



Layer of raw material placed on polythene sheet



Rock phosphate powder sprinkled on organic material



Cow dung slurry



Cement ring sealed with cow dung



Earthworms are released near cracks



Cement ring covered with gunny bag



Processed vermicompost



Compost sieved



Heaping of vermicompost

تنوع زیستی در ورمی کمپوست

در مطالعه ای نمونه ورمی کمپوست جمع آوری گردیده و جهت تعیین تنوع و جمعیت میکروبی مورد آنالیز قرار گرفتند. نمونه های جمع آوری شده در ظروف استریل از ورمی کمپوست های موجود در رینگ ها گرفته شد. همچنین نمونه ای از مواد خشک تجزیه شده که کرمها هنوز در آن رها نشده بودند گرفته شد و تنوع زیستی و جمعیت میکروبی نیز در آنها مورد بررسی قرار گرفت. جمعیت میکروبی کل باکتریها، قارچها و اکتینومسیت ها با استفاده از تکنیک رقت سازی انجام گردید و تعداد واحدهای کلنی تشکیل شده (1cfu) در هر گرم خاک و کمپوست در روی یک محیط مناسب (Agar-HI , ^3PDA , ^2NA) مورد بررسی قرار گرفت.

-
- 1- Colony Forming Unit
 - 2- Nutriant Agar
 - 3- Potato Dextrose Agar

چندین محقق گزارش کردند که کرمها نقش مهمی در جمعیت مؤثر ارگانسیم های خاک بخصوص در جمعیت میکروبی خاک ایفا می کنند. مطالعه اخیر بالاتر بودن جمعیت های میکروبی را در مواد آلی تجزیه شده در طی فرایند ورمی کمپوست سازی نشان داد. این افزایش جمعیت ممکن است به علت دما و pH در مواد خام تجزیه شده باشد، که در مقایسه با کمپوست ترموفیل که دما در آن خیلی بالاست، ورمی کمپوست از نظر تنوع میکروبی و فعالیت و جمعیت آنها غنی تر می باشد.

مطالعاتی توسط Szczech و همکاران در ۱۹۹۳ انجام شد متوجه شدند که بوسیله ورمی کمپوست می توانند یکسری پاتوژن ها و عوامل بیماری زا را در خاک سرکوب کنند. همینطور در مطالعاتی توسط استفن و داورن (۱۹۹۷) و استفن و همکاران (۱۹۴۴) انجام شد به اهمیت کرم های خاکی در سرکوب بیماری ها و پاتوژن های موجود در خاک پی بردند.

جدول ۶: جمعیت میکروبی از نمونه های ورمی کمپوست

بقایا	باکتری ها	قارچ ها	اکتینومیست ها
ورمی کمپوست	۵۴*۱۰ ^۶	۸*۱۰ ^۴	۱*۱۰ ^۴
بقایای مواد آلی جزئی تجزیه شده برای ورمی کمپوست	۶۹*۱۰ ^۶	۱۱*۱۰ ^۴	۲*۱۰ ^۴

در این تحقیق جدایه های قارچی در نمونه ها تا سطح گونه شناسایی شدند (جدول ۷). تنوع زیاد جمعیت در هر ۲ نمونه دیده شد. *Aspergillus*، *Fusarium*، *Mucor*، *Cladosporium* و *Trichoderma* جنس های معمول در هر دو نمونه بودند. جنسهای مثل *Absidia* و *Stachbotrys* نیز از مواد آلی خشک کمی تجزیه شده در تهیه ورمی کمپوست جداسازی شدند.

این شواهد بطور آشکار نشان می دهد که تنوع قارچی در مواد تجزیه شده قبل از فرایند ورمی کمپوستینگ بیشتر از ورمی کمپوست آماده می باشد.

مواد مترشحه از بزاق کرم شامل ترشحات سلولزی، آمیلاز، اینورتاز، پروتئاز و فسفاتاز می باشد. کرمها، میکروبهای خاک را در طول هضم مواد آلی مصرف می کنند. اخیراً تخمین زده شده است که کرمهای خاکی حتماً و بناچار مجبور به تغذیه میکروبهها بخصوص قارچها برای نیازهای نیتروژنی و پروتئینی خود هستند. این امر ممکن است دلیلی برای تنوع کمتر قارچها و شمارش میکروبی کمتر در ورمی کمپوست های آماده شده باشد. در هر دو نمونه در صد قارچ *Aspergillus* بیشتر از سایر گونه های قارچی بود. *Trichoderma* و *Penicillium* با فعالیت های آنتی بیوتیکی می توانند به عنوان یک کنترل کننده پاتوژن مورد استفاده قرار گیرند. مطالعات اندکی بر روی مقابله و جلوگیری پاتوژنهای گیاهی خاک بوسیله ورمی کمپوست بررسی گردیده

است. بازداری عوامل بیماری زا بوسیله ورمی کمپوست به فعالیت های رقابتی یا میکرو ارگانسمهای آنتاگونیستی و ترکیبات آنتی بیوتیکی در طی فرایند ورمی کمپوستینگ نسبت داده شده است.

جدول ۷) لیست قارچهای جدا شده از بقایای آلی خشک تجزیه شده برای ورمی کمپوست

Partially decomposed dry organic waste for vermicompost	Vermicompost
<i>Alternaria citri</i>	<i>Absidia cylindrospora</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Aspergillus cervinus</i>	<i>Aspergillus clavotonicus</i>
<i>Aspergillus terreus</i>	<i>Aspergillus terreus</i>
<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Aspergillus sydowii</i>
<i>Aspergillus niveus</i>	<i>Aspergillus nidulans</i>
<i>Aspergillus sclerotiorum</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Fusarium semitactum</i>
<i>Fusarium samucinum</i>	<i>Fusarium nivale</i>
<i>Fusarium dimerum</i>	<i>Mucor circinelloides</i>
<i>Mucor racemosus</i>	<i>Stachbotrys chartarum</i>
<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Trichoderma viride</i>
<i>Penicillium thomii</i>	
<i>Penicillium citrinum</i>	
<i>Trichoderma viride</i>	
<i>Thermomyces lanuginous</i>	

نتایج

تولید مواد آلی فاسد شدنی و دسترسی به این مواد اخیراً یک مشکل اساسی می باشد. تجدید خاکهای تپاه شده بوسیله حفاظت خاک سطحی و توانایی نگهداری محصول خاک بحثی مهم در سطح بین المللی می باشد. دسترسی به پایداری محیط خاک بواسطه استفاده از کودهای آلی با کیفیت خوب، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک را سبب می شود که در نتیجه آن مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه توسط این خاک را فراهم می کند. همچنین توسعه پایداری و مقاومت گیاهان در مقابل آفات و بیماریها یکی دیگر از فواید ورمی کمپوست می باشد. با کاهش زمان پروسه هوموس سازی و با ظهور روشهای حداقل از دست رفتن مواد غذایی در طول تجزیه این رویا به حقیقت می پیوندد. کرمهای خاکی می توانند به عنوان ابزاری مناسب و سودمند بواسطه فعالیتشان باشند. آنها به عنوان مردان شخم زن می باشند و هدیه ای طبیعی به منظور تولید کردن هوموس که مهمترین ماده برای تأمین نیازهای غذایی محصولات را تشکیل می دهند، باشند. ورمی کمپوست عناصر غذایی با ارزشی مثل نیتروژن (% ۱/۵ - ۱)، فسفر (% ۰/۸) مثل پتاسیم (% ۰/۷)، عناصر غذایی میکرو، آنزیمها، هورمونهای گیاهی و آنتی بیوتیکهای مورد نیاز برای رشد گیاه را فراهم می کند.

- سرعت رشد گیاهان و عملکرد محصول را افزایش می دهد .
- کمیت و کیفیت میوه ها ، سبزیجات و گلها را افزایش می دهد.
- محتوای هوموس خاک را حفظ می کند.
- باعث تولید آسان و قیمت پایین می شود.
- باعث کاهش شوری و اسیدی کردن خاک می شود.
- حمله آفات کاهش می یابد.

استفاده از اثرات ورمی کمپوست برای کشاورزان ، صنعت ، محیط زیست و اقتصاد به شرح زیر می باشد:

برای کشاورزان

- افزایش محصول بواسطه افزایش کیفیت خاک
- افزایش کمیت و کیفیت محصولات
- ایجاد درآمد برای افراد بدون زمین
- افزایش باروری خاک
- افزایش عملکرد محصول با آبیاری کمتر
- کاهش ریسک از بین رفتن محصولات بخاطر حمله آفات

برای صنعت

- تکنولوژی کاهش آلودگی با قیمت قابل اجرا

روی محیط زیست

- بقایا تولید آلودگی نمی کنند. بطوری که آنها مواد با ارزش برای افزایش حاصلخیزی خاک می شوند .
- تخلیه آبهای زیرزمینی کمتر می شود
- کاهش شوری و فرسایش خاک

برای اقتصاد ملی

- واردات کمتر کودهای شیمیایی کشاورزی و جلوگیری از خروج ارز
- ترقی اقتصاد روستایی
- صادرات بیشتر محصولات کشاورزی با بقایای کمتر آفت کش

- هزینه کمتر جهت تامین آب

- استفاده بیشتر از زمینهای بایر

انواع مواد آلی مورد استفاده برای تهیه ورمی کمپوست

ورمی کمپوست می تواند از همه انواع بقایای مواد آلی تهیه شوند مثل :

- بقایای کشاورزی

۱ - بقایای آلی خشک (کاه سورگوم، کاه برنج بعد از تغذیه دام، آشغال بادام زمینی، آشغال گندم)

۲ - بقایای سبزیجات

۳ - بقایای سویا

۴ - علف های هرز بخصوص پارتنیوم قبل از گلدهی (علف هرز مهاجم در نقاط گرمسیری)

۵ - آشغال چغندر قند

۶ - بقایای پرورش کرم ابریشم

۸ - بقایای ماکیان و لبنیات سازی

۷ - کود حیوانی

۹ - بقایای صنایع غذایی

۱۱ - گل بیوگاز

۱۰ - بقایای جامد شهرداری

۱۲ - باگاس حاصل از چغندر قند

آماده سازی ورمی کمپوست

ورمی کمپوست می تواند به چندین روش در سطوح سایه دار تهیه شود :

۱ - روی زمین بصورت توده

۲ - گودال (تا عمق ۱ متری)

۳ - در یک حصار با یک دیوار (۱ متر ارتفاع) ساخته شده با خاک و سنگ های صخره ای یا مواد آجری شکسته یا سیمانی

۴ - در رینگ های سیمانی

روش آماده سازی ورمی کمپوست مشابه برای همه روشها می باشد. آماده سازی در حلقه های سیمانی در (شکل ۱۲-۱) شرح داده

شده است.

روش مرحله ای

- بخش زیری یک حلقه سیمانی را با یک لایه پلاستیک بپوشانید .

- یک لایه ۲۰-۱۵ cm نازک از بقایای آلی روی صفحه پخش کنید.
- سپس پودر سنگ فسفات روی این لایه پخش کنید.
- دوغاب کود گاوی را آماده کنید.
- یک لایه از دوغاب کود گاوی را روی آن پخش کنید.
- سپس حلقه را به طور کامل با این مواد به صورت لایه لایه پر کنید.
- قسمت روی حلقه را با کود دامی و خاک پر کنید.
- اجازه دهید مواد برای ۲۰ روز تجزیه شوند.
- بعد از ۲۰ روز کرمهای جدا شده را به میان شیرها اضافه کنید .
- حلقه را با توری سیمی یا پوشش محافظ برای جلوگیری از گرفتن کرمها بوسیله پرندگان پوشانید.
- در فاصله ۳ روز در میان به منظور نگاه داشتن رطوبت مورد نیاز و دمای بدن کرمها آب به این محیط اضافه کنید.
- کمپوست را بعد از ۲ ماه بررسی کنید.
- ورمی کمپوست طی ۲ تا ۲ ماه و نیم آماده است.
- این ورمی کمپوست آماده شده سبک است و هیچ بویی ندارد.
- هنگامی که کمپوست آماده شد، این مواد را از حلقه جدا کنید و بصورت یک توده مخروطی در آورید.
- اجازه دهید این توده ۲ تا ۳ ساعت بماند تا کرمها به آرامی از توده به عمق پایینتر توده روند.
- قسمت بالایی توده را جدا کنید.
- سپس قسمت پایین تر توده را به منظور جدا کردن کرمهایی که می تواند دوباره برای آماده سازی ورمی کمپوست استفاده شوند، الک کنید.
- کمپوست را در بسته هایی بسته بندی کرده و در جای خنک نگهداری کنید.

تکرار مجدد پروسه

- در حدود ۲۰ روز قبل از انتقال کمپوست از رینگهای سیمانی، مواد آلی، سنگ فسفات و دوغاب کود گاوی را به صورت لایه لایه در رینگ دیگری بریزید.
- همان مراحل قبلی را دوباره تکرار کنید و از کرمهای جدا شده از ورمی کمپوست آماده شده مرحله قبلی استفاده کنید.

فهرست منابع

- ۱ - خاوازی، ک و محمد جعفر ملکوتی. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. وزارت جهاد کشاورزی.
- ۲ - خلاصه مقالات نخستین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. ۱۳۸۲. ۲۹ مهر ماه. پیشگفتار. دانشکده کشاورزی - دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳ - رضی، ل. اصغرزاده، ا. ملکوتی، م. ج. کافی، م. ۱۳۸۴. شاخص های کیفی کمپوست سازی. نشریه فنی شماره ۴۱۷، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
- ۴ - سماوات، س. ۱۳۸۰. چگونگی تولید ورمی کمپوست از ضایعات شهری و کشاورزی. نشریه فنی ۲۱۰، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
- ۵ - صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. ویژه نامه کودهای بیولوژیک. مجله علمی پژوهشی خاک و آب تهران. جلد ۱۲، شماره ۳، صفحه ۲۳-۲۵.
- ۶ - عبادی، ز. گرامی، ع و کیانوش سامی. ۱۳۸۶. مطالعه رشد و تکثیر کرم خاکی (*Eisenia fetida*) بر بستر پرورش حاوی ضایعات مختلف صنعتی و کشاورزی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۶.
- ۷ - محمدی آریا، م. لکزیان، ا. حق نیا، غ. بشارتی، ح و امیر فتوت. ۱۳۸۹. تاثیر تیوباسیلوس و آسپرژیلوس بر فراهمی فسفر از خاک فسفات غنی شده با گوگرد و ورمی کمپوست. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۹-۱.

- 8- Bhadauria, T and Ramakrishnam, P.S. 1996. Role of earthworm in nitrogen cycle during the cropping phase of shifting agriculture (jhum) in northeast India. *Biology and Fertility of soils*. 22: 350-354.
- 9- Bhiday, MR. 1994. Earthworm in agriculture, *Indian farming* 43(12): 31-34.
- 10- Desai, VR. Sabale, RN and Raundd PV. 1999. Integrated nitrogen management in wheat coriander cropping system. *Journal of Maharashtra Agricultural universities* 24(3): 273- 275.
- 11- Fosgate, O. T. and M. R. Babb. 1972; Biodegradation of animal waste by lumbricus terrestris. *J. of dairy science*. Vol. 55. No. 6. PP. 870-872.
- 12- Hofte, R. G. and Sorensen, R. C. 1969. Micronutrient availability in three soil material as affected by application of Zinc, lime and sulfur. *Soil science society of American journal*, 30: 284-286.
- 13- Lal, R. 2000. soil management in the developing countries. *Soil science*, 165(1): 57-72.
- 14- Nagavallem, KP. Wani, SP. Lacroix, S. Padmajas, VV. Vineela, C. Baburao, M. Sahrawat, KL. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global themr on Agroecosystems*, report. No. 8.
- 15- Nogales, R. Melgar, R. Guerrero, A. Lozada, G. Beniteze, E. Thompson, R. Gomez, M and Garvin, MH. 1999. Growth and reproduction of *Eisenia anderi* in dray olive cake mixed with other organic waste. *Pedobiologia*. 43(6): 744-752.

- 16- Sreenivas, C. Muralidhar, S and Rao, MS. 2000. Vermicompost, available compost of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. *Annals of agricultural Research* 21(1): 108-113.
- 17- Sunitha, N. D. Giraddi, R. S. Kulkarni, K. A and Lingappa, S. 1997. Evaluation methods of vermicomposting under open field conditions. *Karnataka hournal of Agricultural science* 10(4): 987- 990.
- 18- Szczech, M. Rondonanski, W. Brzeski, MW. Smolinska, U and Kotowski, J. 1993. Suppressive effect of commercial earthworm compost on someroot infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture and Horticulture*. 10(1): 47-52.
- 19- Vadiraj, BA. Siddagangaiah, D and Potty, SN. 1998. Response of coriander cultivars to graded levels of vermicompost. *Journal of spices and Aromatic crops* 7(2): 141-143.

Abstract

Every day large amounts of organic residues produce that if the residues don't consume, cause to serious problem for environment. Apart from agricultural residues, large amount of house made residues produce in urban and rural places that much residues waste by burning or using as a superficial covering. The residues produce valuable nutrient elements that they can use for increment of agricultural production.

Vermicomposting is a simple biotechnological process of composting, in which certain species of earthworm are used to enhance the process of waste conversion and produce a better end product. Vermicomposting differs from composting in several ways. It is a mesophilic process, utilizing microorganisms and earthworms that are active at 10-32^{0C} (not ambient temperature but temperature within the pile of moist organic material). The process is faster than composting; because the material passes through the earthworm gut, a significant but not yet fully understood transformation takes place, whereby the resulting earthworm castings(worm manure) are rich in microbial activity and plant growth regulators, and fortified with pest repellence attributes as well. In short, earthworm, through a type of biological alchemy, are capable of transforming garbage into 'gold'.