

تولید کمپوست گامی در جهت توسعه سیستم مدیریت پسماندهای روستایی

مهیار صفا^۱

لاله قفقازی^۲

چکیده

با توجه به ارتباط مستقیم نحوه مدیریت پسماندهای جامد در سطح روستاها با بهبود وضعیت سلامت و بهداشت ساکنین روستایی و نیز با توجه به تأکید بر بهبود وضع زیست محیطی روستا به عنوان اولین و مهم ترین وظیفه دهیاری‌ها، موضوع استفاده از کودهای آلی در قالب واحدهای کوچک تولید بیوکمپوست خانگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

از آنجا که بخش عمده‌ای از خاک‌های ایران جزو خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و مقدار مواد آلی آن‌ها کمتر از یک درصد است استفاده از کودهای آلی نه تنها باعث افزایش تولید محصولات کشاورزی خواهد شد بلکه از فرسایش و تخریب خاک جلوگیری نموده و نیل به کشاورزی پایدار را ممکن می‌سازد. به طور کلی به کارگیری انواع مختلف سیستم‌های کمپوست بستگی زیادی به شرایط محلی دارد. در این مقاله به مهم‌ترین فاکتورهای کنترل فرآیند پردازش کمپوست در روستاها (هوادهی، درجه حرارت، مقدار رطوبت، اسیدیته و نسبت کربن به ازت) پرداخته و پارامترهای کلیدی برای تعیین محل مناسب جهت تولید کمپوست خانگی و ورمی کمپوست را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. در انتها روش‌های تولید بیوکمپوست خانگی و ورمی کمپوست در مقیاس خانگی مورد بحث قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی: کمپوست خانگی - ورمی کمپوست - پسماندهای روستایی - پسماندهای آلی

۱- کارشناس سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور

۲ - کارشناس ارشد علوم محیط زیست

مقدمه

در حال حاضر یکی از مهمترین مشکلات بهداشتی موجود در سطح روستاهای کشور تجمع پسماندها و پراکندگی آنها در سطح حریم روستایی و نواحی پیرامون آنها می باشد که لزوماً توجه به آن بسیار ضروری است.

در این میان پسماندهای کشاورزی عمده ترین اجزای پسماندهای روستایی را تشکیل می دهند. این پسماندها براساس تعاریف ارایه شده در قانون مدیریت پسماندها؛ شامل فضولات، لاشه حیوانات، محصولات کشاورزی فاسد یا غیرقابل مصرف و..... می شوند. براساس ماده هفت قانون مدیریت پسماندها، مدیریت اجرایی پسماندهای عادی و کشاورزی در مناطق روستایی به عهده دهیاری ها و در خارج از حریم شهرها و روستاها به عهده بخشداری ها می باشند.

مواد آلی به علت اثر سازنده ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاکها شناخته شده اند. خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک از نظر مواد آلی بسیار فقیر هستند. مقدار مواد آلی در بیش از ۶۰ درصد خاکهای زیر کشت در ایران کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آنها کمتر از نیم درصد است. با توجه به اینکه دستیابی به عملکرد بالقوه خاکهای تحت کشت بدون تأمین مواد آلی کافی در خاک امکان پذیر نمی باشد، لذا مطالعه کلیه راههایی که بتوان مواد آلی را در خاک افزایش داده و یا مواد آلی موجود در آن را حفظ نمود؛ از اولویت خاصی برخوردار می باشد.

از میان روش های مختلف مطرح در سیستم مدیریت پسماندهای روستایی، بازیافت این پسماندها در قالب فرآیند تولید کمپوست، یکی از مناسب ترین روش های دفع این ضایعات می باشد. تولید کمپوست در واقع یک فرآیند تجزیه بیولوژیکی است که در طی آن مواد زائد آلی و فسادپذیر تحت شرایط هواز یا بی هوازی به مواد آلی مفید برای گیاهان تبدیل می شوند. در واقع نوعی از فرآیند تولید کمپوست، به شکل ساده و سنتی، از قرنهای پیش توسط کشاورزان و باغداران در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گرفته است. بدین صورت که پسماندهای گیاهی و فضولات حیوانی به شکل توده هایی بر روی هم انباشته شده و یا در درون حوضچه هایی ریخته می شدند تا در اثر فعالیت طبیعی میکروارگانیسمها تجزیه و در نهایت برای کاربری های کشاورزی مورد استفاده واقع شوند.

مدت زمان لازم برای این فرآیندها معمولاً بیش از شش ماه بوده و بطور سنتی، بجز پوشاندن توده ها با لایه ای نازک از خاک و یا یکی دوبار زیرورو کردن در سال؛ هیچ کنترل ویژه ای بر روی آنها صورت نمی پذیرد.

در مزارع و روستاهای کشورمان باتوجه به آنکه نوع مواد قابل کمپوست در ارتباط با تعداد جمعیت، نوع روش کشاورزی و دامداری، رژیم غذایی، آداب اجتماعی، اوضاع اقتصادی و شرایط اقلیمی هر منطقه متفاوت است، باید مقوله تولید کمپوست با دیدی علمی و کارشناسانه مورد توجه قرار گیرد.

کمپوست روستایی از فضولات حیوانی (دامی)، بقایای کشاورزی و دیگر مواد مشابه تهیه می گردد. نیروهای کارآموزش دیده و ماهر در روستاها، کشاورزان را با مزایا و روش آماده سازی کمپوست آشنا می کنند.

با توجه به امکانات موجود در روستاهای کشور، توجیه فنی - اقتصادی و سهولت عملکرد، تولید بیوکمپوست به روش خانگی یا به کمک کرمها (ورمی کمپوست) در بسیاری از این مناطق، مناسب و عملی می باشد. بیوکمپوست (کود کمپوستی که فقط از پسماندهای آلی منشاء می گیرد) شامل بخش آلی زباله ها (مواد زائد آلی خانگی جداسازی شده از مبدأ) و پسماندهای باغ ها و مزارع (عمدتاً باقیمانده برگها و ضایعات کشاورزی) می باشد.

از این رو و به منظور توسعه و بهبود سیستم های تولید کمپوست در سطح روستاها، حوزه معاونت امور دهیاریهای سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور؛ اقداماتی را جهت بازیافت و دفع پسماندهای آلی از طریق دهیاریها در مناطق روستایی در قالب تولید بیوکمپوست خانگی، آغاز نموده است.

در مقاله حاضر، شرح مختصری از مشخصات کلی و انواع روش ها و مراحل ساخت کمپوست خانگی و ورمی کمپوست در روستاها ارائه شده است.

■ اهمیت تولید بیوکمپوست در روستاها

به طور کلی فواید اصلی استفاده از بیوکمپوست در روستاها را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

تهیه کمپوست به روش خانگی و نیز ورمی کمپوست نسبت به سایر روشها زمین بسیار کمی برای آماده سازی و بازیافت نیاز دارد.

این روش تأثیر بسیار مثبتی بر حفظ محیط زیست و بهداشت روستا و کاهش آلودگی ها خواهد داشت.

بیوکمپوست رطوبت و درجه حرارت خاک را متعادل نموده، و همچنین از فرسایش خاک جلوگیری می کند.

محصول نهایی با ارزش بوده و برای اهالی روستا سوددهی خواهد داشت. بیوکمپوست حاصله رشد گلها، سبزیجات، درختچه ها و گیاهان زراعی و باغی را تقویت نموده و بعنوان اصلاح کننده خاک بکار می رود.

■ انتخاب مواد قابل کمپوست

تجربیات نشان داده است که بهترین انتخاب برای مواد قابل کمپوست شامل: خرده های علف، برگ، چمن و علف خشک، ضایعات کشاورزی، پسماند سبزیجات، علفهای هرز غیرسمی، فضولات دامی (گاو و گوسفند)، بقایای هرس باغات، خاک اره و سایر ترکیبات مشابه می باشد و در این بین بدترین انتخاب شامل موارد زیر است:

قطعات گوشت، چربیها و روغن، گیاهان آفت دار، علفهای هرز سمی، گیاهان آغشته به قارچ کش و سموم شیمیایی (در صورتی که کمتر از یک ماه از سم پاشی گذشته باشد).

■ مواد افزودنی

مواد افزودنی به آن دسته موادی گفته می شود که به توده کمپوست جهت کمک به بهبود فرآیند کمپوست سازی اضافه می شود. برای کمک به کمپوست سازی؛ مواد اولیه با نیتروژن بالا همانند فضولات حیوانی و همچنین مواد افزودنی با کربن بالا همانند خاک اره، کاه، تراشه چوب مورد نیاز است. اندازه ذرات مسئله مهمی است که باید در نظر گرفته شود. مواد افزودنی باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا اجازه جریان هوا را در داخل توده کمپوست بدهند البته نه آنقدر که توده راسرد نمایند. محدوده اندازه ذرات این مواد از ۰/۲۵ تا ۲ اینچ با توجه به شرایط پیشنهاد می شود.

■ شرایط کلیدی در تولید کمپوست روستایی

معمولاً کمپوست سازی یک فرآیند هوازی کنترل شده است که در طی آن باکتریها، قارچها و سایر میکروارگانیسمها مواد آلی را به یک ترکیب پایدار مشابه هوموس تبدیل میکنند. از آنجائیکه میکروارگانیسمها نقش اصلی را به عهده دارند، بنابراین باید بهترین شرایط برای زندگی آنها فراهم شود.

پنج شرط اساسی زیر برای ایجاد بهترین زیستگاه برای میکروارگانیسمها و نهایتاً تولید کمپوست مرغوب مورد نیاز است:

۱- نسبت مناسب کربن به نیتروژن (C/N)

میکروارگانیسمها جهت فعالیت نیازمند منبع کربن برای تأمین انرژی و ماده اولیه سلولهای جدید و نیز، تأمین نیتروژن برای پروتئین سازی خود هستند. از اینرو توجه خاص به نسبت کربن و نیتروژن در داخل مواد اولیه کمپوست و در طی فرآیند تهیه آن ضروری است. با توجه به نوع مواد اولیه و شرایط فرآیند معمولاً بهترین محدوده نسبت کربن به نیتروژن بین ۲۵ به ۱ تا ۳۰ به ۱ پیشنهاد می گردد.

۲- رطوبت مناسب

میکروارگانیسمها جهت جابجایی در درون توده کمپوست و انتقال مواد مغذی به آب و رطوبت کافی نیازمندند. میزان رطوبت داخل توده از حد ۴۰ تا ۶۵ درصد قابل قبول است اما ترجیحاً محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد پیشنهاد می گردد.

۳- هوادهی خوب

هوادهی اولاً برای تأمین اکسیژن مورد نیاز تجزیه مواد آلی ثانیاً برای حذف آب ناشی از رطوبت بالای مواد اولیه و ثالثاً برای کاهش حرارت ناشی از تجزیه مواد آلی، ضروری است.

سطح اکسیژن باید بالای ۵ درصد نگهداری شود. محدوده نهایی حدود ۵ تا ۱۵ درصد است. در روشهای ساده تهیه کمپوست که از جریان طبیعی هوا استفاده می شود، با کمک نیروی انسانی عمل زیرورو کردن توده مواد صورت می گیرد. اضافه کردن مواد ترکیبی- ساختمانی همانند کاه، پوسته و برگ درختان و برگرداندن و همزدن توده کمپوست در طی فرآیند به هوادهی کمک می نماید.



۴- درجه حرارت کنترل شده

درجه حرارت در توده کمپوست عامل بسیار مهمی در فعالیت میکروارگانیسمها به حساب می آید. دمای بین ۴۳ تا ۶۵ درجه سانتیگراد (۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه فارنهایت) قابل قبول است اما دمای بالای ۷۰ درجه سانتیگراد برای میکروارگانیسمها کشنده می باشد. ترجیحاً محدوده مناسب دمایی بین ۵۴ تا ۶۰ درجه سانتیگراد (۱۳۰ تا ۱۴۰ درجه فارنهایت) پیشنهاد می شود. حفظ دما بالای ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳ روز کلیه عوامل بیماری زای داخل توده را از میان می برد.



۵- اسیدیته (PH)

کمپوست سازی در حد (PH) قلیایی بین ۵/۵ تا ۹ انجام پذیراست و بهترین PH، در حدود ۷ (محیط خنثی) توصیه می شود.

■ انتخاب محل (Site Selection)

بطور کلی برای تعیین محل مناسب برای جهت تولید کمپوست خانگی، ورمی کمپوست و یا حتی در مقیاس های بزرگتر شرایط ذیل باید مورد توجه قرار بگیرند :

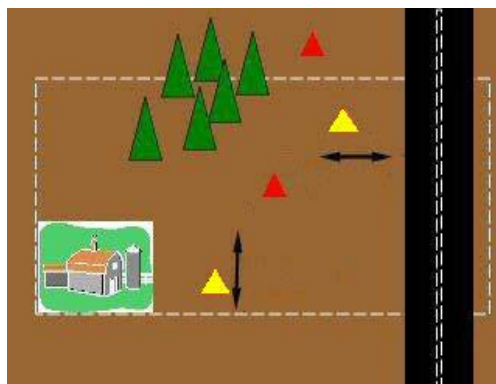
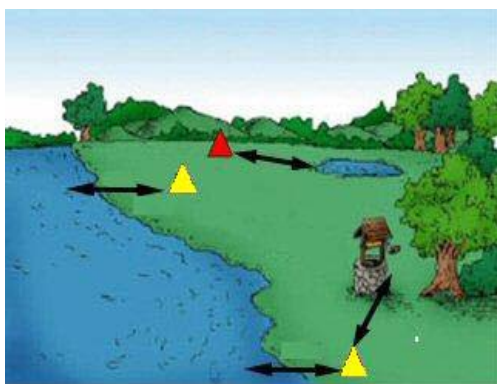
الف) محل تولید کمپوست با توجه به شرایط محل، فاصله مناسب از منابع آبی همانند رودخانه، چشمه، چاه و..... داشته باشد و محدوده مالکیت زمین کشاورزی نیز رعایت شود.

ب) پسماندهای آلی به طریقی کمپوست شوند که سبب آلودگی آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی و خاک منطقه نگردند.

ج) واحدها و فرآیند تولید کمپوست مورد قبول و تأیید کارشناسان ذیصلاح قرار گرفته و یا منطبق بر مفاد دستورالعمل ارسال شده از طرف حوزه معاونت امور دهیاریها باشند.

دیگر ملاحظات آنکه باید در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- ✓ شرایط خاک محل و زهکشی آن
- ✓ جهت باد
- ✓ توجه به زیبایی محل
- ✓ توسعه آینده (عمدتاً در مورد واحدهای مقیاس بزرگ)



مکان گزینی تولید کمپوست با توجه به فاصله مناسب از ذخیره گاههای آبی و مرز مالکیت زمین

نمایشگر محل های مناسب توده کمپوست



نمایشگر محل های نامناسب توده کمپوست



■ روش های تولید کمپوست

علاوه بر روشهای معمول تولید کمپوست همانند توده های ساکن، ویندرو و Bin Composting (ساخت کمپوست در جایگاه های مناسب)، ساختارهای کمپوست سازی متعددی در دنیا در سطح روستاها مورد استفاده قرار می گیرند که در اشکال زیر نمونه ای از آنها معرفی می گردند.

الف) روش ویندرو
Windrow



ب) تولید کمپوست در
جایگاه های مناسب
Bin Composting



پ) روش توده ای
Hoop Structure



ت) استفاده از بسته های علوفه
Square Straw Bale
Structure



ث) کمپوست خانگی
در مقیاس کوچک



■ مراحل ساخت و تهیه کمپوست خانگی

با استفاده از محفظه‌های مناسب می‌توان شرایط بهینه برای تبدیل زباله به کود آلی مانند رطوبت توده، درجه حرارت و تهویه مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌های فعال کننده و یا حتی کرم‌های خاکی را فراهم نمود. مراحل قدم به قدم زیر برای تولید توده‌های کمپوست خانگی به منظور استحصال بهترین نتیجه ارائه می‌گردد:

● لایه اول

در این لایه حدود ۷/۵ الی ۱۰ سانتیمتر بوته و چوب و خاشاک خرد شده یا سایر مواد خشک و سفت بر روی سطح خاک در کف محفظه تولید کمپوست ریخته می‌شود. این مواد به سیرکولاسیون و گردش هوا در قاعده توده بسیار کمک می‌کند.

● لایه دوم

در این لایه حدود ۱۵ الی ۲۰ سانتیمتر، تراشه‌های مخلوط، برگ، خرده‌های چمن، پسماندهای مواد غذایی و ... قرار داده می‌شوند. این لایه به مانند یک اسفنج مرطوب عمل می‌کند.

● لایه سوم

حدود ۱ سانتیمتر خاک، منبع خوبی جهت اضافه کردن میکروارگانیسم‌های مورد نیاز به توده می‌باشد.

● لایه چهارم (اختیاری)

در این بخش حدود ۵ الی ۷/۵ سانتیمتر فضولات دامی جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها قرار داده می‌شود. برای کاهش اسیدیته توده می‌توان مقداری آهک، خاکستر چوب یا فسفات روی لایه فضولات حیوانی پاشید. اگر فضولات دامی مورد نظر خشک باشند باید به آن آب اضافه شود.

● لایه پنجم

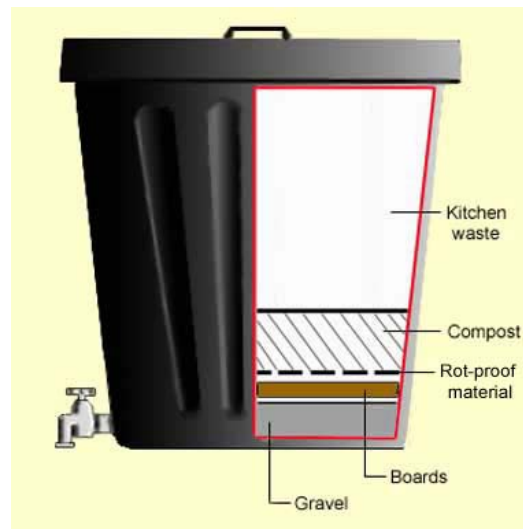
مراحل ۱ الی ۴ تا موقعی که ظرف پر شود باید تکرار گردند. در شرایط هوای گرم و تابستانی بهتر است

که در بالای توده گودال کوچکی جهت جمع‌آوری آب باران در نظر گرفته شود.

درجه حرارت یک توده مناسب در مدت چهار الی پنج روز به حدود ۶۰ درجه سانتیگراد خواهد رسید. در طی این مدت، توده کمپوست به میزان قابل ملاحظه‌ای نشست می‌یابد. این امر نشانه خوبی از عملکرد صحیح توده می‌باشد. پس از حدود دو هفته توده را به مدت چند ثانیه بهم زده و در صورت نیاز باید به آن آب اضافه شود. کمپوست حاصله پس از دو الی سه ماه آماده مصرف خواهد بود. توده‌ای که در اواخر بهار تهیه شده باشد می‌تواند در فصل پاییز مورد استفاده قرار

گیرد و به همین ترتیب توده‌ای که در اواخر پاییز ساخته شده می‌تواند در بهار توسط کشاورزان و روستاییان استفاده شود. با افزایش تعداد دفعات زیرورو کردن توده، سرعت فرآوری و رسیدن کمپوست نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد.

نمونه ای از محفظه مورد استفاده برای ساخت کمپوست خانگی



■ مراحل ساخت و تهیه کمپوست به کمک کرم‌های خاکی (Vermi Composting)

یکی از روش‌های مهم تهیه کمپوست خانگی استفاده از کرم‌های خاکی می‌باشد. در این روش کرم‌ها نقش اساسی را در چرخه تبدیل مواد آلی به هوموس به عهده دارند.



۱- انتخاب کرم‌های مناسب

هر کرمی دارای شرایط محیطی ویژه خود می‌باشد. برخی در اعماق خاک و پاره‌ای دیگر در خاک باغچه و شماری نیز در زیر تنه پوسیده درختان زندگی می‌کنند. اما کرم مناسب کمپوست‌سازی، کرم نوع قرمز می‌باشد. طول کرم‌های قرمز بالغ بین ۵ تا ۱۰ سانتیمتر و وزن ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ تا آنها نزدیک به ۵۰۰ گرم می‌باشد (این وزن بستگی به سن کرم‌ها، مقدار رطوبت و مواد مغذی موجود در خاک خواهد داشت).

از میان گونه‌های متفاوت کرم‌ها، نوع *Eisenia Foetida* برای تولید کمپوست از همه مناسب‌تر می‌باشد. از آنجا که کرم‌های قرمز در برابر تغییرات دما (بین ۴/۴ تا ۳۲/۲ درجه سانتیگراد) مقاوم هستند و همچنین مقدار زیادی از مواد را در روز (هم وزن خود) به کمپوست تبدیل می‌کنند، از همین رو برای کمپوست سازی مناسب هستند. کرم‌های قرمز در شرایط گرم، مرطوب، تاریک و پر از مواد مغذی خیلی سریع تکثیر می‌شوند.

۲- روش تهیه کمپوست به کمک کرم‌های خاکی

در آغاز کار باید جعبه‌هایی مناسب کمپوست‌سازی تهیه نمود. ابعاد مناسب و مورد نیاز برای تهیه کمپوست‌سازی در این روش به قرار زیر پیشنهاد می‌گردد :

طول :	۱-۲	متر
عرض :	۰/۷-۱	متر
ارتفاع :	۰/۳۵-۰/۵	متر



برای این جعبه‌ها باید شکاف‌ها و سوراخ‌هایی در کف و بدنه در نظر گرفت تا هوا به آسانی عبور نماید. چنین جعبه‌هایی، گنجایش حداقل تولید ۳ کیلوگرم کود در هفته را خواهند داشت.

مناسب‌ترین نوع بستر برای کرم‌ها نوع سلولزدار آن می‌باشد. بافت الیافی سلولز رطوبت و هوای کافی را در درون جعبه نگاه می‌دارد. برای اینکه قسمت ته جعبه بعد از مدتی توسط کرم‌ها از بین نرود، می‌توان از ورقه‌های روزنامه و یا مقوا استفاده نمود (بهتر است که روزنامه یا مقوا رنگی نباشند). روی روزنامه‌ها را تا ارتفاع یک سانتیمتر خاک ریخته (ترجیحاً خاک آمیخته با گیاهان پوسیده شده، رس و شن) و حدود ۲ برابر آن آب بدان اضافه گردد. در این صورت محیط به سبب داشتن رطوبت نسبی ۶۰ الی ۸۰ درصد شرایط مناسبی برای فعالیت کرم‌ها می‌باشد.

سپس پسماندهای آلی (ضایعات کشاورزی یا دامداری) را بایستی به صورت لایه لایه به بستر اضافه نمود. کرم‌های خاکی با حرکت عمودی به سمت بالا و لایه‌های جدید حاوی مواد غذایی ساخت کود آلی را شروع می‌کنند. این کرم‌ها با عمل حفاری که به طور مداوم انجام می‌دهند به هوا اجازه می‌دهند تا به عمق بیشتری از بستر نفوذ نموده و در نتیجه با فراهم آوردن شرایط مناسب هوازی، سرعت و جریان تبدیل ضایعات و زباله‌ها را بیشتر می‌نماید. در این روش مواد زائد پس از حدود ۴۵ روز آماده برداشت می‌باشد یعنی وقتی که بیوهوموس تولید گردید، قابل سرند بوده و می‌توان محصول را مورد استفاده قرار داد. برای ساخت بیوکمپوست در این روش نیاز به انتقال حداقل ۱۰۰-۴۰ کرم خاکی به داخل محفظه تهیه کود می‌باشد.

نمونه ای از محفظه های مورد استفاده جهت تهیه ورمی کمپوست



منابع

- ۱- عمرانی، قاسم علی؛ "مواد زائد جامد"، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، جلد اول، تهران، ۱۳۷۳.
- ۲- جوادی ابهری، نیما؛ "بررسی فرآیندهای تولید کمپوست و ارائه روشهای مناسب برای ایران"، ویژه نامه مدیریت مواد زائد، شماره ۶، آبان ۱۳۸۲.
- 3- Michel, F.C; Heimlich, J.E and A.J.Hoitink; "Composting at Home", Ohio State University, Extension Fact Sheet, 2002.
- 4- "Home Composting", University of Maine Cooperative Extension, Bulletin #1143, 2004.
- 5- <http://www.enfo.ie/leaflets/>
"Household Composting", Environment Protection Agency, Melbourne, Australia, 2002.
- 6- <http://www.wasteonline.org.uk/resources/>
"Compost information sheet", 2003.
- 7- http://www.arc.govt.nz/arc/library/j55818_2.pdf
"Household Composting Guide", Auckland Regional Council, 2002.
- 8- Misra R.V. and R. N. Roy "On-Farm Composting Methods" FAO, Rome, 2003.